



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO  
CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA GEÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**ROSA ELIDETH AULIS GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. JAVIER ARELLANO GIL**

**MÉXICO, D.F, CD. UNIVERSITARIA, JUNIO 2015**



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a esas personas que me brindaron su amistad y su apoyo a lo largo de mis diferentes etapas de la vida.*

*A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi abuela Chila le dedico este trabajo ya que me apoyo en todo momento sin rendirse nunca, evadiendo todos los obstáculos.*

*A mi tío José Luis (Charrín) le dedico este trabajo por apoyarme a lo largo de mi carrera y nunca dejarme caer ante la adversidad.*

*A mis bisabuelos Juan y Rosa por brindarme parte de mi sabiduría y experiencias que me han ayudado a lo largo de mi vida.*

*A mi hijo Juan y a Alfredo por ser una gran motivación en mi vida.*

*A mi tía Mirla, mi mamá Virginia, mi hermana Citlally, mi hermano Luis Alberto, mi tía Isidra mis primos Juan y Luis por apoyarme en este difícil camino.*

*A mis amigos Guillermo (Memazo), Bárbara, Lupita, Karina, Christopher, Canseco, Robertazo, Gaby, Nadia, Andrés Manuel (Peje), Yahir, Yadhira, Emmanuel, Francisco, Elaine, Omar, Jesus Leynes (Chuchin), Joshua, Nayelli, Edmundo, Hermes y Cristina, que formaron parte de esta gran pandilla geológica.*

*A mis amigos de la infancia Erika, Jessica, Paulina, Goyo, Germán, Lucia, Santiago, Claudia, por esa etapa tan maravillosa.*

*Al Ing. Javier Arellano Gil por su apoyo, paciencia y tiempo en este trabajo.*

*Al Ing. Bernardo Martell Andrade por ser un maestro de vida.*

*A cada uno de mis sinodales: M. C. Noé Santillán, Ing. Javier Arellano, Ing. José Luis Arcos, Ing. Bernardo Martell y M. C. Iza Canales por su paciencia, dedicación y tiempo a lo largo de este trabajo.*

*A mi alma mater la Universidad Nacional Autónoma de México por representar uno de los máximos orgullos de mi vida.*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES.</b>	<b>5</b>
I.1 Introducción.	6
I.2 Objetivos.	7
I.3 Metas.	7
I.4 Localización.	7
I.5 Fisiografía.	9
I.5.1 Orografía.	9
I.5.2 Hidrografía.	9
I.5.3 Clima.	9
I.5.4 Vegetación.	10
I.5.5 Vías Terrestres.	11
I.6 Antecedentes	13
<b>CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO.</b>	<b>18</b>
II.1 Estratigrafía	19
II.1.1 Unidades Estratigráficas.	20
II.1.1.1 Unidad lechos o capas rojas (almagre).	20
II.1.1.2 Formación Salina.	20
II.1.1.3 Formación Caliza Chinameca.	20
II.1.1.4 Formación Caliza Sierra Madre.	21
II.1.1.5 Formación Méndez.	21
II.1.1.6 Conglomerado Uznapa.	21
II.1.1.7 Formación Nanchital.	22
II.1.1.8 Formación La Laja.	22
II.1.1.9 Formación Depósito.	23
II.1.1.10 Formación Encanto.	23
II.1.1.11 Formación Concepción Inferior.	24
II.1.1.12 Formación Concepción Superior.	24
II.1.1.13 Formación Filisola.	25
II.1.1.14 Formación Paraje Solo.	26
II.1.1.15 Reciente.	26
II.2 Aspectos Estructurales.	27
II.3 Evolución Geológica.	31
<b>CAPÍTULO III. SISTEMA PETROLERO.</b>	<b>43</b>
III.1 Roca Generadora.	43
III.2 Roca Almacenadora.	44
III.3 Roca Sello.	46
III.4 Trampa.	46
III.5 Migración.	50
III.6 Sincronía.	50

III.7 Play Cinco Presidentes.	51
<b>CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LAS ROCAS ALMACENADORAS.</b>	<b>52</b>
IV.1 Análisis de la Formación Concepción Superior.	54
IV.2 Análisis de la Formación Concepción Inferior.	54
IV.3 Análisis de la Formación Encanto.	58
<b>CAPÍTULO V. ASPECTOS ECONÓMICOS.</b>	<b>69</b>
V.1 Historia de producción.	71
V.2 Volumen Original 3P, Producción Acumulada, Reserva remanente de gas y aceite.	73
V.3 Estrategias de Recuperación.	79
V.4 Factores que afectan la recuperación.	81
V.5 Indicador de rentabilidad.	83
V.6 Contratos Integrales.	85
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>90</b>

## RESUMEN

La economía de México está vinculada directa o indirectamente con la industria petrolera en sus respectivas ramas, siendo el petróleo y el gas natural los recursos energéticos mayor importancia en nuestra vida cotidiana.

En el sureste de nuestro país, en la Cuenca Salina del Istmo se han realizado diversos estudios enfocados a la exploración y explotación petrolera. Operativamente la Región Sur está dividida en un activo regional exploratorio y los activos integrales Cinco Presidentes, Bellota-Jujo, Macuspana, Muspac y Samaria Luna.

En particular el Campo Cinco Presidentes, se caracteriza por tener un área de 19 km<sup>2</sup> con una columna estratigráfica compuesta esencialmente de terrígenos que fueron depositados durante el Cenozoico, la que fue intrusionada por una estructura salina en forma de diapiro.

El Campo Cinco Presidentes empezó a ser estudiado y perforado en 1960, y de la fecha a la actualidad se han perforado un total de 358 pozos convirtiéndose en una de los campos más importantes de México. De acuerdo a su nivel de desarrollo, se encuentra en su etapa de madurez, debido a que ha rebasado el tope máximo de producción previsto en el esquema original de recuperación primaria, por lo que se han implementado recursos tecnológicos modernos de recuperación secundaria y mejorada, que se fundamentan en una evaluación integral desde los puntos de vista geológico-petrolero. La explotación de las reservas remanentes de este campo requiere de diversas herramientas y tecnologías modernas que permitan optimizar la recuperación de hidrocarburos.

En general para este campo se dispone de información sísmica de buena calidad, además de la información litológica obtenida de los pozos, los que se complementan con los registros geofísicos de pozo, encontrándose en la columna local, secuencias sedimentarias del Jurásico Superior, del Cretácico y del Cenozoico. Los estudios Paleogeográficos que se efectuaron en la región, permiten interpretar que en el Jurásico Medio el clima, fue extremadamente árido, por lo que se produjo alta evaporación de las aguas epicontinentales, con el depósito de gruesas capas de sal, los que fueron sepultados de forma progresiva y a partir del Mioceno se movilizó la sal formando en el área de estudio un diapiro salino denominado "Yucateco", y múltiples estructuras salinas en áreas próximas. Las unidades estratigráficas de interés petrolero están conformadas por una secuencia terrígena integrada por la Formación Encanto, Concepción Superior y Concepción Inferior, formando un

conjunto de yacimientos productores de aceite y gas, los cuales se encuentran distribuidos en bloques fallados y fracturados por la presencia de un cuerpo salino.

El sistema petrolero del Campo Cinco Presidentes, se compone de la siguiente manera: roca generadora de edad del Tithoniano, cuyo kerógeno es tipo II; la roca almacenadora son areniscas constituidas por las formaciones Encanto, Concepción Inferior y Concepción Superior; roca sello son lutitas del Paleoceno-Oligoceno Superior; la migración ocurrió en diferentes niveles estratigráficos, desde el Cretácico y principalmente en el Cenozoico; las trampas de tipo estructural en combinación con las trampas del tipo estratigráfico, todos estos elementos están relacionados con un espacio y tiempo determinado por lo que si existe sincronía.

Para efectuar un análisis petrofísico del Campo se utilizó la información de registros geofísicos, entre los que se incluyen el SP y la normal corta Amplificada de Resistividad, con los que es posible interpretar las principales características de las rocas almacenadoras de las formaciones Encanto, Concepción Inferior y Concepción Superior, pertenecientes al Mioceno, con valores de porosidad y permeabilidad altos. En los registros geofísicos se observa una forma de “Embudo”; otra forma característica es la de “bloque o cajón”, las que se presentan en la parte central del campo, lo que permite interpretar un carácter tabular a estas areniscas, aunque en algunos casos sufren adelgazamientos o acuñamientos hacia la parte alta de la sal. Las morfologías indican el ambiente de depósito, mismo que corresponde a una planicie deltaica con sus diferentes canales distributarios, en condiciones de alta energía.

En año 2014, el Campo Cinco Presidentes tuvo una producción de aceite de 8.03 mbd y de gas de 13.65 mmpcd, con una reserva remanente de 1P: 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmpc de gas. Las reservas 2P corresponden a 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmpc de gas y finalmente las reservas 3P de 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmpc de gas. Se estima un volumen original de 1009 mmb, 964 mmpc, así como factores de recuperación de 31.1% y 44.9 %.

Los altos costos de inversión para el descubrimiento de nuevos yacimientos direccionan a considerar a los campos maduros como una opción para su rejuvenecimiento, representando un reto para su adecuado desarrollo. La importancia de mantener o incrementar el volumen en producción de hidrocarburos ha traído como consecuencia la mejora de los factores de recuperación, lo que ha incrementado la reserva probada, la que se requiere de un proceso de recuperación para reactivar la economía, esto se consigue mediante objetivos específicos, mediante un contrato integral.

## ABSTRACT

Mexico's economy is tied directly or indirectly to the oil industry in its respective fields, being the oil and natural gas the most important energy resources in our daily lives.

In southeastern of our country, in the Salina del Istmo Basin several studies focused on oil drilling exploration have been realized. Operationally the Southern Region is divided into an exploratory regional active and the integral actives Cinco Presidentes, Bellota-Jujo, Macuspana, Muspac and Samaria Luna.

In particular, the field Cinco Presidentes is characterized by having an area of 19 km<sup>2</sup> with a stratigraphic column essentially constituted of terrigenous which were deposited during the Cenozoic and were intruded by a salt diapir shaped structure.

The Field Cinco Presidentes began to be studied and drilled in 1960, since that date to the present 358 wells have been drilled, becoming the field in one of the most important fields of Mexico. According to their level of development, the field is in its mature stage, because it has exceeded the production ceiling provided for the original scheme of primary recovery; therefore, modern technological resources of secondary recovery have been implemented, which are based on a comprehensive evaluation from the point of view of geological petroleum. The exploitation of the remaining reserves of this field requires several tools and modern technologies that allow optimize oil recovery.

In general, for this field is available seismic data of good quality, besides the lithological information from wells, which are complemented by geophysical well logs. The local stratigraphic column is composed of sedimentary sequences of the Jurassic, Cretaceous and Cenozoic. The paleogeographic studies that were conducted in the region allow us to interpret that the Middle Jurassic climate was extremely dry, so there was high evaporation of epicontinental waters depositing thick layers of salt, which were buried in a progressive and from Miocene salt mobilized forming a salt diapir called "Yucateco" and several salt structures in the neighboring areas. The stratigraphic units of petroleum interest are formed by a terrigenous sequence composed of the Encanto, Concepción Superior and Concepción Inferior Formations, which form oil and gas producers reservoirs, which are divided into fault blocks and broken by the presence of a saline body.

The oil field system Five Presidents, made up as follows: generating rock Tithonian age, which is type II kerogen, the reservoir rock is sandstone formed by the House, Lower and Upper Concepcion Formations; cap rock shale are Paleocene - Oligocene; migration occurred at different stratigraphic levels from the Cretaceous and mainly in the Cenozoic; structural traps in combination with stratigraphic traps, all these elements are related to a given space and time so if there is synchrony.

Geophysical information records, among which include the SP and the Amplified short normal resistivity was used to make a petrophysical analysis of the field, in base of that it is possible to interpret the main characteristics of the rocks Encanto, Concepcion Inferior and Concepción Superior Formations, which correspond to the Miocene age, with high values of porosity and permeability. Geophysical logs in a form of "funnel" is observed; otherwise characteristic is to "block or drawer," which occur in the middle of the field, allowing a tabular character interpret these sandstones, although in some cases suffer thinning or wedging into the top of the salt. The morphologies indicate the depositional environment, it corresponds to a delta plain distributary channels with different, at high energy.

In 2014, the field Cinco Presidentes had a production of 8.03 mbd oil and gas of 13.65 mmcf, with remaining reserves of 1P: 21.5 mmb oil, 28.3 Bcf of gas. The 2P reserves are 21.5 mmb oil, 28.3 Bcf of gas and finally 3P reserves of 21.5 mmb oil, 28.3 Bcf of gas. And original volume 1009 mmb, 964 Bcf, and recovery factors of 31.1% and 44.9% is estimated.

The high investment costs for the discovery new sources routed to consider mature fields as an option for rejuvenation, representing challenging for its proper development. The importance of keeping or increasing the volume of oil production has resulted in improved the recovery factors and this has increased the proved reserve, which requires a recovery process to revive the economy, this is achieved by objectives specific, through a comprehensive agreement.

CINCO PRESIDENTES



# CAPÍTULO 1 GENERALIDADES



## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Por las variaciones en las características geológicas de las cuencas sedimentarias que se tienen en México, se tienen numerosos campos y yacimientos con características diferentes.

El conocimiento de manifestaciones naturales de hidrocarburos en la Cuenca Salina del Istmo a principios y mediados del siglo pasado, generó el descubrimiento de diversos campos al sur del Estado de Veracruz y en el norte de Tabasco. Debido al auge petrolífero en México, se efectuaron diversos estudios geológicos, los que iniciaron en 1902, tiempo en que se realizaron las primeras perforaciones en la parte norte del Istmo de Tehuantepec, región que se conoce en la actualidad como la Cuenca Salina del Istmo (Pérez, 1959).

Un campo petrolero, como Cinco Presidentes comprende un conjunto de yacimientos de hidrocarburos relacionado a una determinada condición geológica.

En la figura 1.1 se muestra una sección con pozos y registros geofísicos del Campo Petrolero Cinco Presidentes, donde se tienen diversos horizontes arenosos productores que están cubiertos por rocas arcillosas.

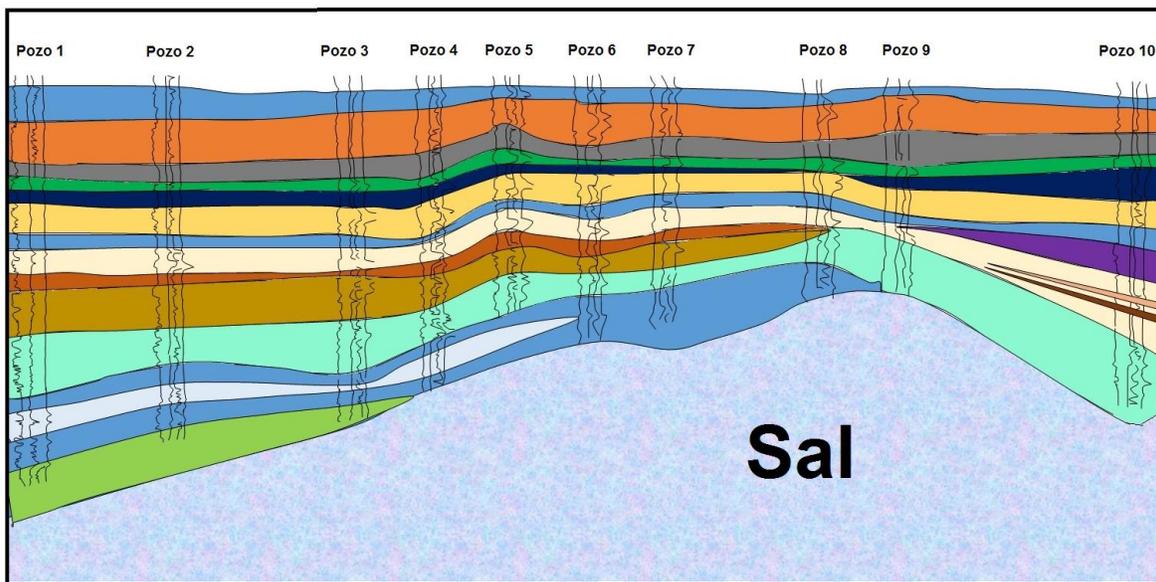


Figura 1.1 Sección del campo petrolero Cinco Presidentes (modificada de Ramírez, 1992).

En la Cuenca Salina del Istmo se han efectuado múltiples trabajos de exploración que han dado como resultado la localización de importantes yacimientos de hidrocarburos; los más importantes se encuentran alojados en las secuencias turbidíticas y deltaicas del Cenozoico, ejemplo de ello, son los campos de Cinco Presidentes, Sánchez Magallanes, Ogarrio y Bacal; todos pertenecientes al Activo Integral Cinco Presidentes.

## I.1 INTRODUCCIÓN

La economía de nuestro país está vinculada directa o indirectamente con la industria petrolera en sus diferentes ramas, siendo el petróleo y el gas natural los recursos energéticos de mayor importancia en nuestra vida cotidiana.

En el sureste de nuestro país, en particular en el área que ocupa el Campo Cinco Presidentes se han realizado diversos estudios enfocados a la exploración petrolera, que de acuerdo a su nivel de desarrollo, se encuentra en su etapa de madurez. El concepto de un campo maduro corresponde a aquel donde se ha rebasado el tope máximo de producción previsto en el esquema original de explotación, porque al estar produciendo por más de 10 años, entra en una fase de declinación, siendo el rejuvenecimiento una opción costosa pero en muchos casos rentable.

En México la mayor parte de los campos en desarrollo son maduros, por lo que se necesita la implementación de recursos tecnológicos modernos, por lo que para que se tenga éxito, se requiere de una evaluación integral desde los puntos de vista geológico-petrolero. La explotación de las reservas de este campo requiere de diversas herramientas que permitan optimizar la recuperación de hidrocarburos.

En este documento se efectúa un análisis de las características geológicas y petroleras del Campo Cinco Presidentes, en la cuenca Salinas del Istmo, para generar información que permita maximizar la recuperación de hidrocarburos remanentes.

El primer capítulo se centra en aspectos como la localización, fisiografía, antecedentes históricos e importancia económica del campo estudiado.

En el segundo se aborda el aspecto geológico regional de la zona en estudio como son la evolución geológica, la estratigrafía, la geología estructural y la sedimentología.

En el tercer capítulo se efectúa un análisis del sistema petrolero del campo, relacionando todos los componentes del mismo.

En el cuarto capítulo se trata lo relacionado al desarrollo del campo considerando la recuperación secundaria, que es vital en el desarrollo de campos maduros.

En el capítulo cinco se aborda lo relacionado a los aspectos económicos, como son las reservas, la producción y los costos.

## **I.2 OBJETIVOS**

- Analizar y describir las principales características sedimentológicas, estratigráficas y estructurales del campo en estudio.
- Analizar y describir el sistema petrolero y los principales plays.
- Describir la importancia económica del campo considerando la nueva legislación sobre energía.
- Describir los elementos importantes que se involucren en el desarrollo eficiente del campo.
- Proponer una metodología sobre exploración petrolera en áreas de oportunidad próximas que permitan incrementar las reservas y en consecuencia la producción.

## **1.3 METAS.**

- Elaborar un documento que contenga de forma integral la información geológica y petrolera del Campo Cinco Presidentes, así como las características más importantes de las rocas almacenadoras.
- Describir las características de los principales elementos estructurales, sedimentológicas y evolución geológica que ha tenido este campo desde un punto de vista local y regional.
- Describir los atributos y características geológicas de los yacimientos que componen al campo cinco presidentes y sus principales plays.

## **I.4 LOCALIZACIÓN**

El Campo Cinco Presidentes se localiza en la Cuenca Salina del Istmo en su sector continental (Figura 1.2), abarcando principalmente los estados de Veracruz y Tabasco; hacia la parte norte limita con el Golfo de México, al sur con la Sierra de Chiapas, al oeste con el Pilar Reforma-Akal o Provincia Mesozoica Chiapas-Tabasco (Escalera et al Hernández, 2010). Tiene un área aproximada de 19 km<sup>2</sup>.

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

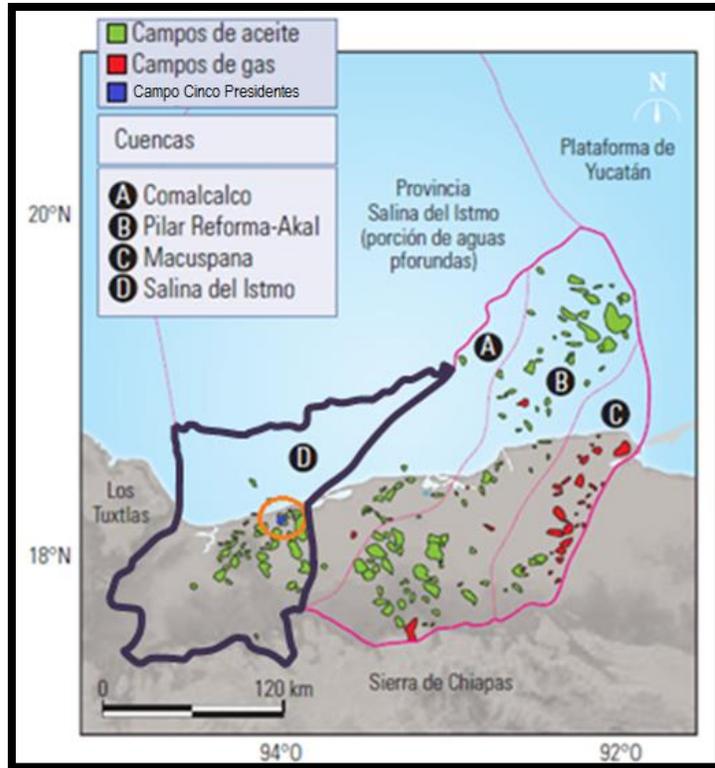


Figura 1.2. Localización de la cuenca Salina del Istmo (modificada de Escalera et al Hernández, 2010).

En la figura 1.3 podemos observar la ubicación geográfica del Campo Cinco Presidentes, el que se encuentra alojado en el Activo Integral Cinco Presidentes de la Región Sur.

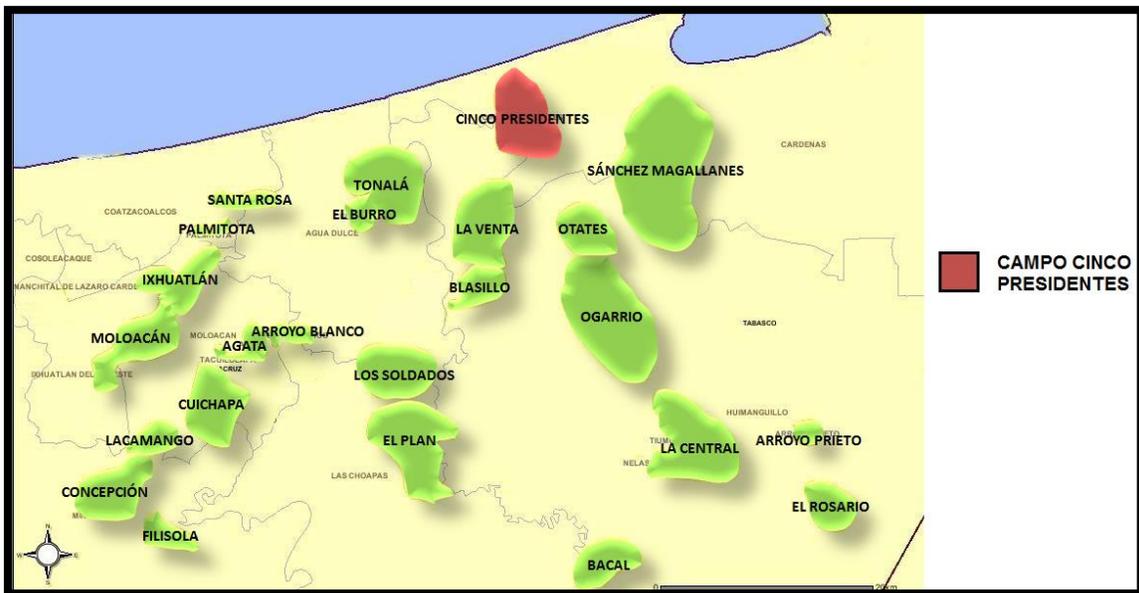


Figura 1.3 Localización del Campo Cinco Presidentes (modificada de Rojas, 2010).

## I.5 FISIOGRAFÍA

### I.5.1 OROGRAFÍA

El área donde se ubica el Campo Cinco presidentes esta compuesto por lomeríos dentro de la planicie costera del Golfo de México, donde se tiene geformas pequeñas cuyo relieve no rebasa de los 500 m sobre el nivel medio del mar.

### I.5.2 HIDROGRAFÍA

La hidrogeografía de la región se compone de un río, que desemboca en la Laguna Yucateco, que cubre un área aproximadamente de 3 km<sup>2</sup>, en la parte central del campo. Este río nace al suroeste del campo Sánchez Magallanes, forma la laguna y desemboca en el Río Chicozapote, el cual es afluente del Río Tonalá el que desemboca al mar. En cuanto al clima, el campo se ubica en una zona tropical donde predominan terrenos bajos y pantanosos (Figura 1.4).

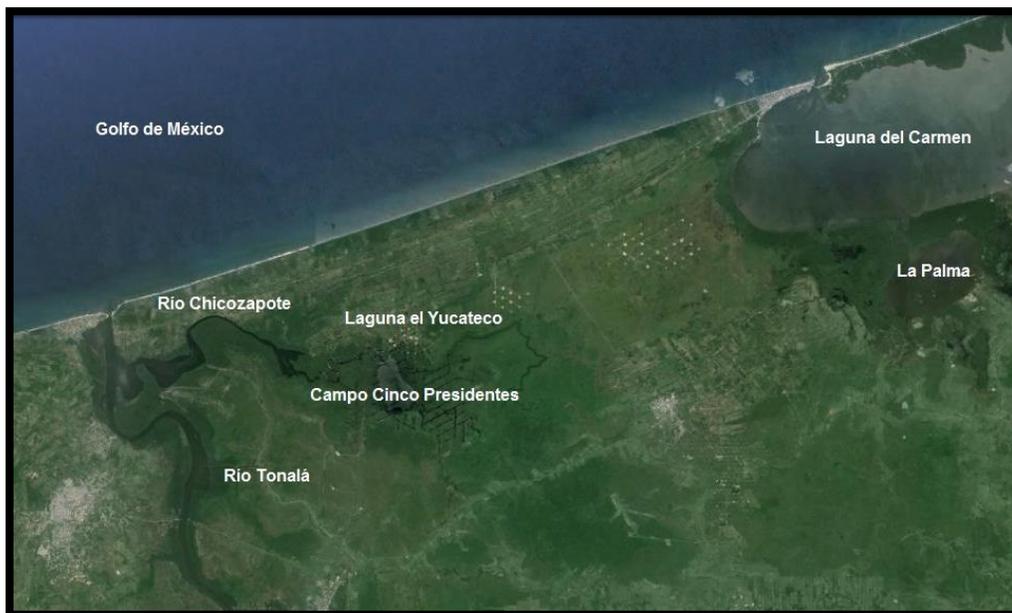


Figura 1.4 Hidrografía de la región (modificada del Google earth, 2015).

### I.5.3 CLIMA

El clima que predomina en esta región es cálido, en los meses de abril y mayo se registra una temperatura de 42 °C y en invierno hasta de 14°C, siendo la temperatura media anual de 27° C (Figura 1.5).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Los vientos dominantes, son calientes o fríos dependiendo de su dirección y de la época del año. Los huracanados y fríos soplan del Norte y se presentan en otoño e invierno y los que soplan del Sur, en época de secas, son vientos calientes y sofocantes.

La precipitación media estatal es de 2550 mm anuales, las lluvias se presentan todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre.

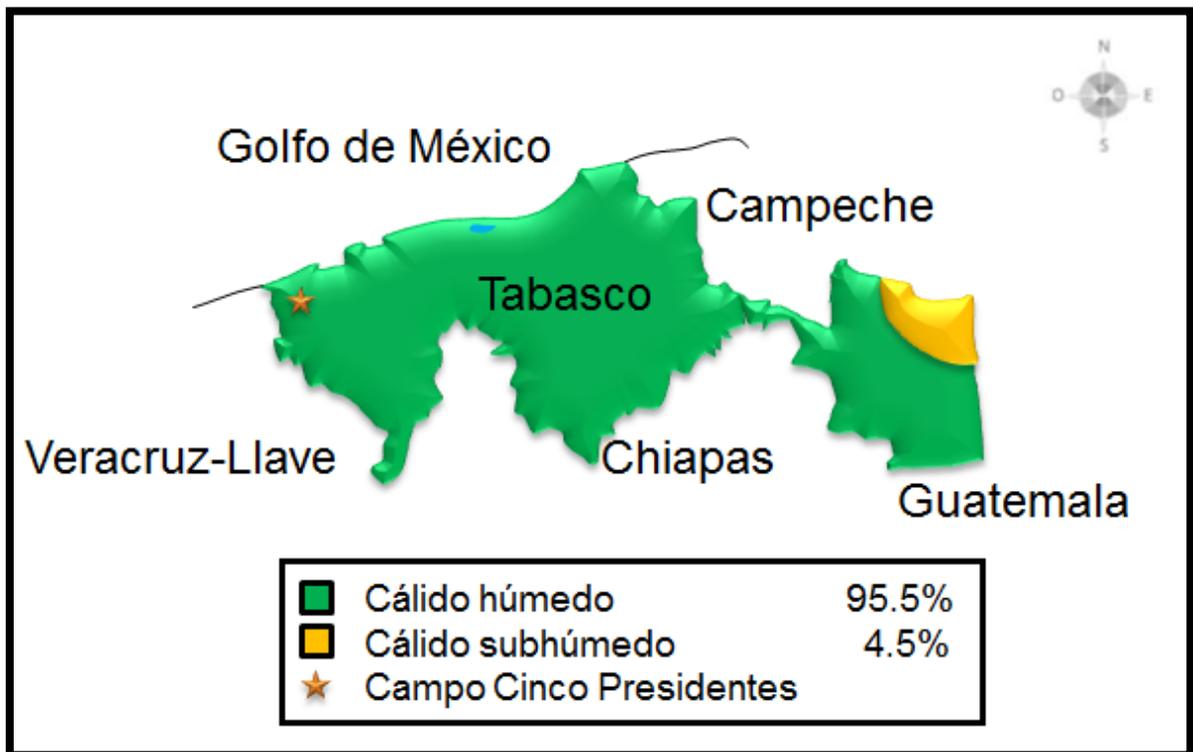


Figura 1.5 Climas correspondientes a la zona en estudio (modificado de INEGI, 2014).

### I.5.4 VEGETACIÓN

Corresponde principalmente a gramíneas, manglares cerca de la zona pantanosa y en los límites de la costa; se aprovecha el terreno para el cultivo de cocos, así como maíz, cacao y frutas tropicales (Figura 1.6).



Figura 1.6 Manglares del Estero del Río Tonalá-Laguna El Yucateco, Veracruz. Fotografía aérea panorámica (J. Acosta-Velázquez, 2008).

#### **I.4.5 VÍAS TERRESTRES**

Para el acceso principal al Campo se tiene el camino pavimentado La Venta-Cinco Presidentes, con un desarrollo de 6.3 km.

Dentro del área productora se tiene un camino de terracería, el cual facilita el acceso a los pozos.

En la figura 1.7 se muestra los diferentes puntos de acceso hacia el campo, ya sea por vía terrestre o traves de la Laguna el Yucateco.

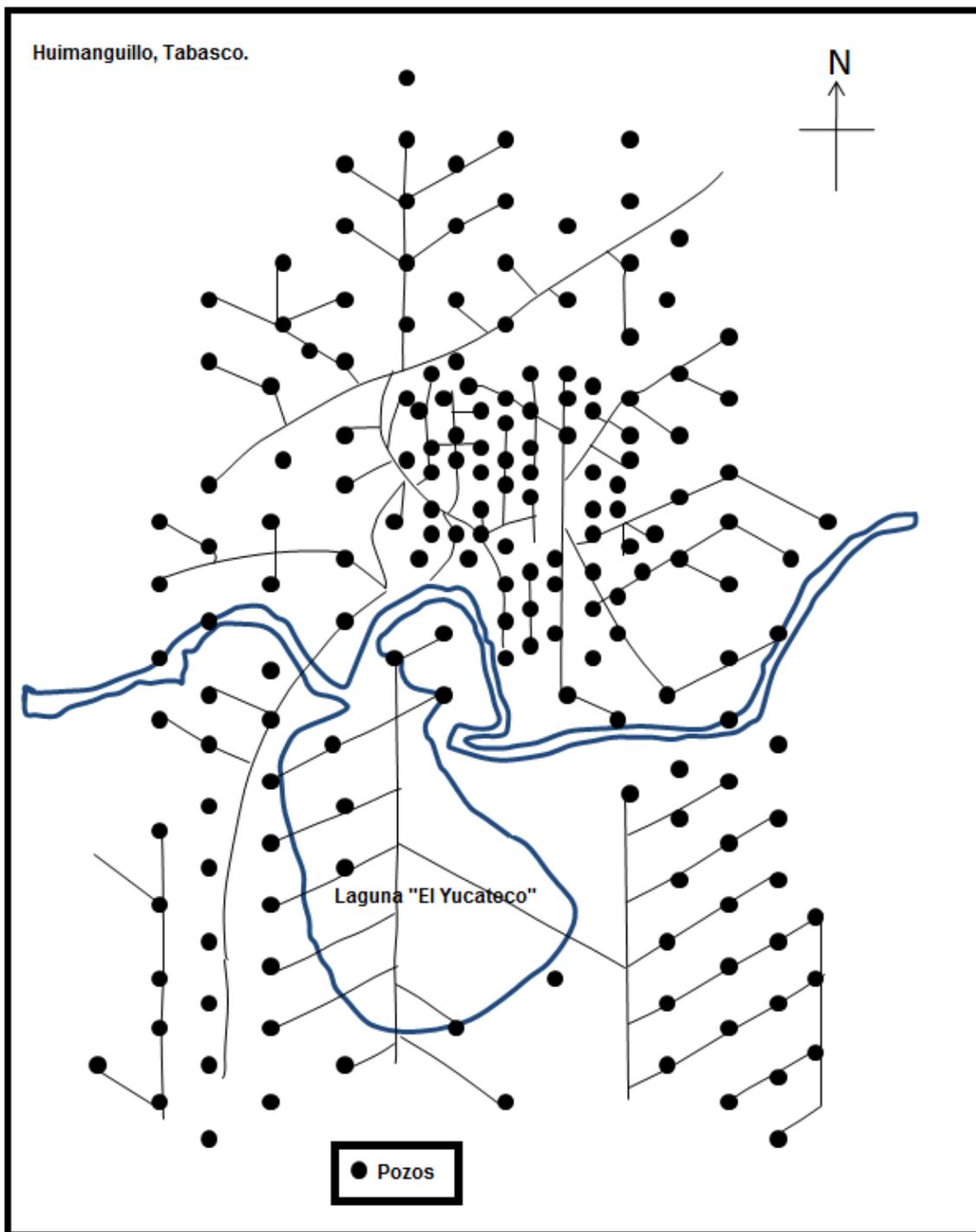


Figura 1.7 Caminos de acceso a los pozos del Campo Cinco Presidente (Durán, 1969).

## I.6 ANTECEDENTES

Las actividades de exploración realizadas en la última década son el resultado de la evolución en la aplicación de métodos y tecnologías de vanguardia relacionadas con los avances científicos y tecnológicos, cuya aplicación depende de la asignación de recursos económicos (CNH, 2011). En el área del Campo Cinco Presidentes se tiene documentado la realización de estudios de exploración desde principios del siglo pasado.

En 1886 Simón Sarlat, Gobernador de Tabasco en esas épocas, autorizó las primeras perforaciones en busca de petróleo en la Cuenca de Macuspana (Barbosa, 1997). Weetman Dickinson Pearson adquirió terrenos para la exploración y explotación de petróleo en la zona del Istmo de Tehuantepec a escasos 20 Km de distancia de la Cd. de Minatitlán. Con los posteriores estudios en la Cuenca Salina se perforaron el pozo Potrerillo-1 en 1902, el cual resulto improductivo, seguido de los pozos Amézquita-1 y 2, los Potrerillo-2 y 3 en 1903; posteriormente en 1905 se realizaron otros trabajos por la compañía Pearson And Son, y por la compañía “El Águila”. En 1923 varias compañías realizaron exploraciones en La Venta, Tabasco (Flores Planchu, 1986).

Fue hasta 1949 que Petróleos Mexicanos (PEMEX) orientó la explotación a nuevos espacios petroleros, en los municipios de Macuspana, Centla y Huimanguillo, fundándose en 1951 la primera ciudad de Petróleos Mexicanos, Ciudad PEMEX, localizándose los primeros campos petroleros como Fortuna Nacional (1949), El Tortuguero (1950), El Cantemoc (1953), etc.

Los primeros Campos petroleros del Activo Cinco Presidentes fueron descubiertos al inicio de la década de los años 60, del siglo pasado.

El entonces director general de PEMEX, Jesús Reyes Heróles (1964-1970), impulsó la perforación exploratoria y dejando en segundo término el desarrollo. En su administración ocurrió la localización de los más importantes yacimientos en el sureste de México, pero no inició su explotación.

Además, de los pozos mencionados, se perforaron en la parte central y norte de Tabasco, los Pozos Fénix número 1, Comalcalco número 1 y Guerrero número 1; contribuyendo en el conocimiento de la estratigrafía de la zona.

En la tabla 1.1 se muestran los campos petroleros del estado de Tabasco, y su año de descubrimiento entre los años de 1905 a 1971.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

<b>Campos petroleros</b>	<b>Año</b>
<b>San Cristobal</b>	1905
<b>Soledad</b>	1910
<b>Tecuanapa</b>	1910
<b>Ixhuatlan-Teapa</b>	1911
<b>Concepción-San Carlos</b>	1921
<b>Filisola</b>	1923
<b>Teapa Nuevo</b>	1928
<b>Tonalá</b>	1928
<b>El Burro</b>	1931
<b>El Plan</b>	1931
<b>Cuichapa</b>	1938
<b>Progreso</b>	1940
<b>Acalapa</b>	1947
<b>Sarlat</b>	1948
<b>Moloacán</b>	1948
<b>Fortuna Nacional</b>	1949
<b>Tortuguero</b>	1949
<b>Fortuna Nacional</b>	1949
<b>Ramón Grande</b>	1951
<b>José Colomo</b>	1951
<b>Cantemoc</b>	1953
<b>La Venta</b>	1954
<b>Vernet</b>	1954
<b>Bitzal</b>	1955
<b>Chilapilla</b>	1956
<b>Ogarrio y Sánchez Magallanes</b>	1957
<b>Mecoacán</b>	1958
<b>Cobo y Hormiguero</b>	1959
<b>La Central</b>	1959
<b>Túpilco-El Golpe</b>	1959
<b>Cinco Presidentes, Samaria</b>	1960
<b>Crisol</b>	1961
<b>Usumacinta, Almendro, San Ramón y Carrizo</b>	1962
<b>Tasajero y Platanal</b>	1963
<b>Otates</b>	1964
<b>Moloacán</b>	1964
<b>Los Soldados</b>	1964
<b>San Román</b>	1964
<b>Carrizo</b>	1964
<b>El Golpe</b>	1964
<b>Usumacinta</b>	1964

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

<b>El Plan</b>	1964
<b>Tupilco</b>	1964
<b>Mangar</b>	1965
<b>Santuario, San Román y Castarrical</b>	1967
<b>Tintal y Tucán</b>	1968
<b>Pigua</b>	1969
<b>Laguna Nueva</b>	1970
<b>Rodador</b>	1971
<b>Narváez</b>	1971

Tabla 1.1 Campos Petroleros en explotación de 1905-1971 en el estado de Tabasco (modificado de Sánchez, 1998).

En la figura 1.8 podemos observar la ubicación de los campos en el que fueron descubiertos entre los años de 1938 a 1974 del distrito Istmo- Tabasco.



Figura 1.8 Campos descubiertos de 1938 a 1974 del Distrito Istmo-Tabasco (Viniegra, 1974).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

El Campo Cinco Presidentes fue descubierto el 1 de mayo de 1960 con el pozo Yucateco No. 1, que resultó productor de aceite y gas en la Formación Encanto del Mioceno Medio; su nombre fue otorgado debido a que el gobernador del estado de Tabasco, el Lic. Carlos A. Madrazo Becerra inauguró la Planta de Absorción de la Venta, el 18 de marzo de 1963. La ciudad de Huimanguillo, Tabasco se honró con la presencia del Lic. Adolfo López Mateos, Presidente de México y los ex-presidentes Gral. Lázaro Cárdenas del Río, Lic. Adolfo Luis Cortines, Lic. Miguel Alemán Valdez y el Gral. Abelardo L. Rodríguez.

En 1974 entró en operación la primera planta endulzadora para aprovechamiento de gas de los yacimientos de Chiapas y Tabasco. Además, el complejo petroquímico de la Cangrejera, un proyecto diseñado por PEMEX desde 1974 para atender economías de escala, ya contaba con 12 plantas terminadas.

En 1977 el Gobierno Federal dio un fuerte impulso a la industria petrolera en la región, lo que permitió al Activo Cinco Presidentes consolidarse como una de las más importantes áreas productoras, con un potencial que justificó el incremento de 36 equipos de perforación en 1972, a 46 en 1974. Hacia 1977, la cifra llegó a 50 y, con la contratación de compañías perforadoras, se logró incrementar a 134 en 1980 (Venegas, 2010).

El activo Integral Cinco Presidentes del operador PEMEX Exploración y Producción, de la Región Sur, se creó en 1998 como parte de la reestructuración de PEMEX, teniendo un giro de activo. En 2009 se perforaron pozos como Cinco Presidentes Flanco-1, Ogarrio-1319, Rabasa-1, con buenos resultados.

En 2010 se encontraron nuevos pozos en los campos ya estudiados en las cuencas del sureste como: Nagun-1, Bricol-2DL, Brillante-1, Guaricho-501, Juspi-101A, Kayab-1 ADL, Palapa-301, Pachira-1, Tsimin-1DL, Utsil-1 y Xux-1.

En 2011, PEMEX inició la implementación de los primeros Contratos Integrales (EP) en tres áreas de campos maduros en la Región Sur. Las tres áreas iniciales fueron Magallanes, Santuario y Carrizo.

Se descubrieron nuevos yacimientos a partir de la perforación de los siguientes pozos: Hokchi-101, Kinbe-1, Kayab, Nen-1, Pareto-1, Piklis-1, Sihil-8, Tokal-1, Tsimon-1DL y Xanab-101. Los buenos resultados muestran que existe una perspectiva favorable en la búsqueda de hidrocarburos en nuestro país (PEMEX, 2012).

El año 2012 fue muy exitoso en la exploración de hidrocarburos ya que, se realizaron importantes descubrimientos de yacimientos en las Cuencas del Sureste

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

a partir de la perforación de los siguientes pozos: Jolote-101, Ixtoc-22, Navegante-1, Sunuapa-401 y Teotleco-101 (PEMEX, 2013).

De 2014 a 2015 los pozos terminados de forma exitosa en las Cuencas del Sureste fueron Muspac 201, Chiquib-1, cactus-2001 y Caraballo-1 (CNH, 2015).

Actualmente la industria petrolera continúa con un intenso programa de exploración y desarrollo en la búsqueda de nuevos yacimientos, además en la mejora de la recuperación secundaria y mejorada de campos maduros.

En los años recientes se han efectuado diferentes trabajos de adquisición sísmica en donde se ubican la mayoría de los principales yacimientos productores, encontrándose que la sísmica 3D permite obtener atributos con buena resolución, lo que ha permitido interpretar las características sedimentológicas, estratigráficas y estructurales, obteniendo un mejor conocimiento del sistema petrolero.



## II. MARCO GEOLÓGICO

Este segmento del trabajo tiene como objetivo tratar los aspectos sedimentológicos, estratigráficos, estructurales, así como la evolución geológica del Campo Cinco Presidentes.

En lo que respecta a la geología regional, la Cuenca Salina del Istmo forma parte de las Cuencas del Sureste de México, caracterizada por estar conformada de rocas carbonatadas arcillosas, areniscas y lutitas, las que en muchos casos están intrusionadas por estructuras salinas complejas (Rojas, 2010). Las rocas que rellenan la mayor parte de la cuenca están compuestas de terrígenos que fueron depositados durante el Cenozoico en forma de abanicos aluviales, deltas, plataformas clásticas así como turbiditas; estas últimas se formaron hacia las partes más bajas en aguas profundas (depocentro de la cuenca), cuya evolución se relaciona con el levantamiento del Macizo y la Sierra de Chiapas durante la Orogenia Chiapaneca, lo que permitió el desarrollo de una cuenca foreland en el Cenozoico (Quezada-Muñetón, 1987).

La Cuenca Salina del Istmo limita en la parte occidental con la Falla del Istmo, al oriente por la Falla de Comalcalco, al sur con el frente de la Sierra de Chiapas y finalmente al Norte con el Golfo de México (Figura 2.1).

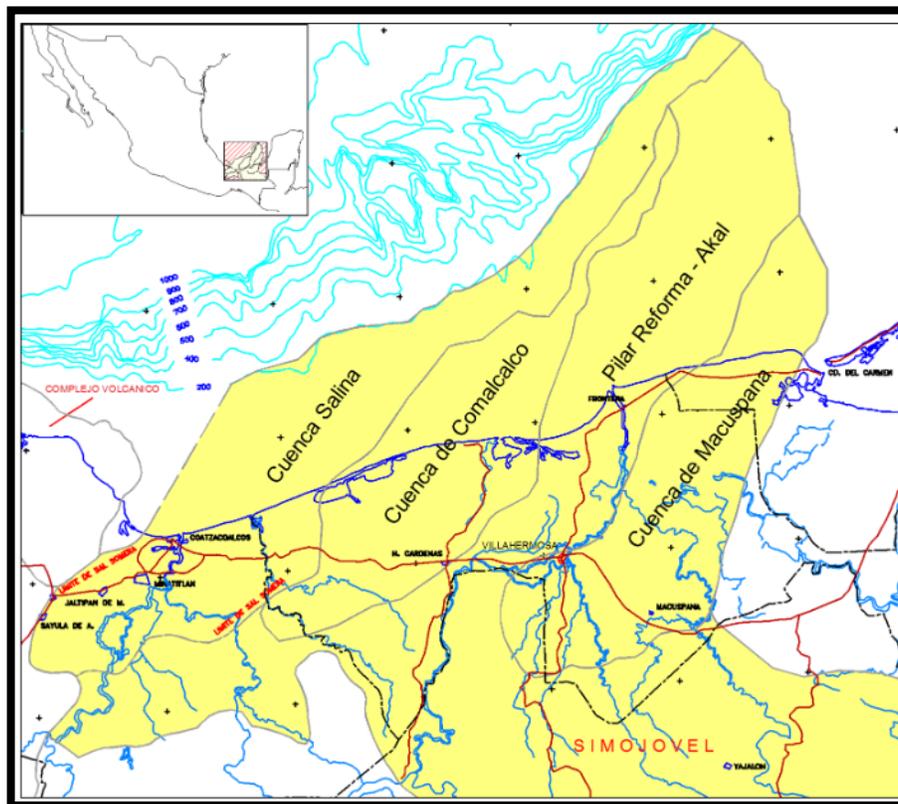


Figura 2.1 Localización de la Cuenca Salina del Istmo (CNH, 2014).

## II.1 ESTRATIGRAFÍA.

En lo que respecta a la columna estratigráfica que se encuentra en el subsuelo de la Cuenca Salina del Istmo, esta se compone de 16 formaciones geológicas, de las cuales 5 son Mesozoicas y las restantes 11 son Cenozoicas.

En general en este campo, además de la información litológica obtenida de los pozos, se tiene información interpretada a partir de la sísmica y de los registros geofísicos de pozo, encontrándose que la columna local está constituida por una alternancia de cuerpos arenosos y lutíticos de espesores variables que van del Mioceno Inferior al Reciente. Sin embargo, la columna estratigráfica regional tiene unidades más antiguas del Jurásico y Cretácico.

En la tabla 2.1 se muestra la columna estratigráfica de la Cuenca Salina y la del Campo Cinco Presidentes; lo que permite hacer comparaciones además de que se observa una variación en el cuerpo salino y en las secuencias estratigráficas que se formaron a finales del Mioceno y a principios del Plioceno.

ESTRATIGRAFÍA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES								
ERA	PERIODO	ÉPOCA	SERIE	CUENCA SALINA DEL ISTMO FORMACIÓN	CAMPO CINCO PRESIDENTES FORMACIÓN	REL CON DOMOS SALINOS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVIÓN		FORMACIONES POSTERIORES SIMULTÁNEAS A LA FORMACIÓN DE DOMOS SALINOS		
		PLEISTOCENO		GRAVAS DE TERRAZAS				
	NEÓGENO	PLIOCENO		PARAJE SOLO			PARAJE SOLO	
		MIOCENO	SUP.	FILISOLA	FILISOLA			
			MED.	CONCEPCIÓN SUP.	CONCEPCIÓN SUP.			
			INF.	CONCEPCIÓN INF.	CONCEPCIÓN INF.			
			ENCANTO DEPOSITO	ENCANTO				
		OLIGOCENO	SUP.	OLIGOCENO	ANHIDRITA		ANHIDRITA	
			MED.	CONGL. NANCHITAL				
	INF.		LALAJA					
	EOCENO	SUP.	LUTITAS NANCHITAL (GUARUMO)	ANHIDRITA				ANHIDRITA
		MED.						
		INF.	CONGLOMERADO UZNAPA					

Tabla 2.1 Estratigrafía del Cenozoico de la Cuenca Salina del Istmo comparada con la del Campo Cinco Presidentes (modificado de Ramírez, 1992; Rojas, 2010).

## **II.1.1 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS.**

### **II.1.1.1 UNIDAD LECHOS O CAPAS ROJAS (ALMAGRE).**

Esta formación está constituida por areniscas y lutitas de color rojo, hematíticas, mezcladas en ocasiones con yeso. Su espesor es de unos cuantos centímetros hasta varios metros. Su localidad tipo es en la estructura Chinameca-Higueras cerca de la población Chinameca, Veracruz (Andraca, 1997).

Subyace a la Caliza Chinameca. Se considera del Jurásico Inferior, con base en que presenta características similares a la Formación Todos Santos y Cahuwasas.

Las características del tipo y tamaño del sedimento y la materia orgánica que contiene consideran un medio de depósito continental, fluvial y lacustre.

### **II.1.1.2 FORMACIÓN SALINA.**

Corresponde con una gruesa capa de sal que forma domos salinos, diapiros y canopies, cuya edad es Jurásico Medio (Calloviano), la cual se encuentra subyaciendo formaciones Mesozoicas, Paleógenas-Neógenas; esta masa salina fue identificada en la interpretación sísmica, en los registros eléctricos debido a su alta resistividad y a la muestras de canal durante la etapa de perforación.

El espesor de la unidad de sal se desconoce debido a que está muy fuertemente deformada y a que no ha sido atravesada en su totalidad por las perforaciones de pozos petroleros, en ocasiones es atravesada como sal alóctona, por lo que su espesor se considera variable, pudiendo ser desde unos centímetros hasta varias centenas de metros, además del alto nivel de deformación que representan; se compone de sal, anhidrita y de yeso de color gris claro o blanco (Canseco, 1982).

### **II.1.1.3 FORMACIÓN CALIZA CHINAMECA.**

Formada por estratos gruesos de caliza compacta de color gris con tonalidades oscuras que varían a beige, presenta bandas delgadas de pedernal, material bituminoso y estratos de areniscas, su espesor es de 60 m hasta los 400 m.

Sobreyace a los Lechos Rojos y a la Formación Salina y subyace a la Formación Caliza Sierra Madre. De acuerdo a su contenido fosilífero se le asigna una edad del Jurásico Superior (Tithoniano); encontrando fósiles del género: Kossmatia purissima, Idoceras, Waagenic, Halobie, Berriasella, Neocomites, Caprinos. Su ambiente de depósito corresponde a una plataforma carbonatada (Rojas, 2010).

Se correlaciona con las formaciones Pimienta y San Andrés del Jurásico Superior en el área de Poza Rica, Veracruz.

#### **II.1.1.4 FORMACIÓN CALIZA SIERRA MADRE.**

Esta formación es del Albiano-Cenomaniano. Está formada por una secuencia de calizas del tipo mudstone-wackestone, de color gris y blanco compactadas, alternadas con capas delgadas, con un contenido fosilífero de rudistas de la clase Radiolites. Se depositó en aguas someras de plataforma carbonatada. Su espesor es de 800 a 1900 m. Es discordante con la Caliza Chinameca y subyace a la Formación Méndez.

#### **II.1.1.5 FORMACIÓN MÉNDEZ.**

Fue definida por Jeffreys en el año de 1910, su localidad tipo se encuentra al oriente de la Estación Méndez de la línea ferroviaria de San Luis Potosí a Tampico; también aflora en los sinclinales del frente este de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Tamaulipas y Veracruz (Hidalgo, 2006).

Está constituida por una serie de margas arenosas de color gris, sin estratificación. Hacia la parte norte se compone de calizas margosas compactas de color gris oscuro, alternadas con lutitas en estratos de 2 a 40 cm, estratificadas.

Su espesor es muy variable, presentando espesores máximos de 900 m; su espesor promedio es del orden de los 200 m. Aflora en las márgenes sur y sureste de la Cuenca Salina, donde se encuentra fuertemente plegada y los espesores varían de 100 a 150 m.

Esta formación es correlacionable con la Formación Atoyac de la plataforma de Córdoba y con la Formación Necoxtla de la Cuenca de Zongolica. Viniegra (1965), considera que su edad corresponde con la parte más alta del Cretácico Superior.

Por la fauna que contiene se le asigna una edad Campaniano-Maestrichtiano, ya que los reportes paleontológicos indican la presencia de los fósiles Globotruncánidos y Clavulinoides trilaterata. La microfauna presente está constituida por Globotruncánidos, Heteroelícidos y Globigerínidos (Rojas, 2010).

Las facies son arcillosas con carbonatos y cenizas volcánicas por lo que se interpreta se acumuló en un ambiente de aguas someras, en mar abierto con influencia volcánica proveniente del occidente.

#### **II.1.1.6 CONGLOMERADO UZNAPA.**

Esta formación es de carácter local cuyo depósito ocurrió en el Eoceno Inferior, que se compone de fragmentos de rocas ígneas, areniscas y calizas; con espesores de 1800 a 200 metros. Aflora en el Río Uznapa, Chachijapa y en la proximidades de Coatzacoalcos, donde subyace a la Formación lutitas Nanchital (Tejero, 1955).

### **II.1.1.7 FORMACIÓN NANCHITAL**

Unidad estratigráfica del Eoceno Superior, que está constituida de lutitas alternadas con bandas de areniscas de grano fino, cuyo color tiene tonalidades de pardo a gris verdoso. Su ambiente de depósito corresponde a aguas profundas presentando espesores de 300 a 1100 metros en la localidad de Cerro Pelón; otros afloramientos se encuentran en el Cerro de Nachital. Subyace sobre Conglomerado Uznapa y sobreyace con el conglomerado Nanchital.

### **II.1.1.8 CONGLOMERADO NANCHITAL**

Tejero (1955) lo consideró como parte de la “Series Nanchital” la que se compone de lutitas, conglomerado y areniscas de edad Oligoceno Inferior.

Corresponden a lutitas alternadas con conglomerados y areniscas. Son de color gris oscuro con fragmentos de caliza y rocas ígneas graníticas. Las areniscas son de grano grueso de color gris claro alternadas con lutitas, presentando capas de toba y capas de caliza; el espesor de esta formación es de 200 metros. Descansa sobre las Lutitas Nanchital, y la sobreyace la Formación Depósito. El ambiente de depósito corresponde a mares pocos profundos.

### **II.1.1.9 FORMACIÓN LA LAJA**

Esta formación fue descrita por Gibson (1936) quien la dividió en dos series: La Laja y Encanto (Venegas, 2010). Posteriormente, Castillo-Tejero (1955) la nombró solo como Formación La Laja, cuyas subdivisiones fueron en la Laja Superior (Oligoceno Medio) y La Laja Inferior (Oligoceno Inferior). Comparte características semejantes a la Formación Depósito, excepto que no presenta cenizas volcánicas. Su espesor aproximado varía de 1000 m a 1400 m (Tejero, 1955; Contreras, 1950). El ambiente de depósito corresponde al de una plataforma clástica (Hidalgo, 2006).

Se compone de lutitas de colores gris con tonalidades verdes a amarillentas, ligeramente arenosas, duras a muy quebradizas, en ocasiones contiene tobas, areniscas de grano fino a medio y bloques de calizas, con pequeñas porciones de margas. Su edad corresponde al Oligoceno Inferior lo que fue definida por los siguientes fósiles: *Haplophragmoides coronatus* (Brady), *Cibicides cushmani* Nuttall, *Cibicides Tuxpamensis* Cole, *Bulmina semicostata* var. ind, *Cyclamina cancellata* Brady, *Sigmoidella elegantissima* (Parker & Jones), *Siphonodosaria abyssorum* (Brady), *Cibicides* cf. *haidingerii* (d'Orbigny), *Ammodiscus* cf. *polygyrus* Reuss, *Bulmina elegans* d'Orbigny var. ind., *Chilostomelloides* aff. *orbiformia* (Sherborn & Chapman) (Tejero, 1955; Contreras et al Sansores, 1953; Álvarez, 1950). Esta formación sobreyace a rocas de edad del Eoceno y la subyace la Formación del Depósito correspondiente al Mioceno.

### **II.1.1.10 FORMACIÓN DEPÓSITO**

Al igual que la Formación La Laja, esta unidad estratigráfica fue descrita por primera vez por Gibson (1936), (Hidalgo, 2006).

Pertenece al Mioceno Inferior y se ha cortado por varios pozos en la parte sur y oriente de la Cuenca Salina del Istmo, descansa discordantemente sobre rocas del Oligoceno de la Formación La Laja y subyace concordantemente a la Formación Encanto (Rojas, 2010). El espesor de esta formación es de aproximadamente 1000 metros, cuya composición son lutitas de color gris con tonalidades verdes a oscuros, con material micáceo, en ocasiones se encuentra alternada con capas delgadas de arenisca de grano fino, así como conglomerados intercalados y algunos horizontes tobas. La parte superior de esta formación está conformada por lutitas más compactas que la de la inferior, la cual tiene una carencia de capas de areniscas (Contreras et al Sansores, 1953; Tejero, 1955).

Localmente aflora en las localidades: Achotal, Acayucan-Soconusco, Laguna Nueva, Texistepec, Río Pedregal. Presenta alto contenido paleontológico con los siguientes fósiles reportados: *Rectuvigerina* aff. *striata* (Schwager), *Rectuvigerina* aff. *basispinata* (Cushman & Jarvis), *Gyroidina* cf. *leavis* d'Orbigny, *Siphonina* aff. *tenuicarinata* Cushman, *Cibicides pseudougerianus* Cushman, *Lagena* cf. *aspera* Reuss, *Nodosarella paucistriata* Galloway & Murrey, *Cibicides acknerianus* (d'Orbigny), *Gyroidina altispira* Cushman & Stainfirth, *Textularia* aff. *Mexicana* Cushman (Tejero, 1955).

### **II.1.1.11 FORMACIÓN ENCANTO**

Gibson en el año de 1936 definió la Formación Encanto, cuya edad es del Mioceno Inferior, que sobreyace sobre la Formación Depósito del Oligoceno y subyace concordantemente la Formación Concepción Inferior; consiste en una serie de areniscas de grano grueso a fino y lutitas de color gris con tonalidades amarillentas a azulosas y verdosas; ocasionalmente tiene la presencia de conglomerados. En la parte del contacto de las areniscas con las lutitas, se tiene la presencia de limonitas; su espesor varía de 500 a 800 m. Su contenido faunístico bentónico es variado, teniendo: *Siphouvigerina auberiana* (d'Orbigny), entre otras como *Hopkinsina notahispida* Finlay y *Uvigerina canariensis* var. *encantoensis* Nuttall (Tejero, 1955; Contreras et al Sansores, 1953; Rojas, 2010).

La localidad tipo de esta formación es el anticlinal del Encanto situado en la ranchería "El Encanto", a 7.5 km al SW de la desembocadura del arroyo Chichigapa, afluente del Río Uzpanapa, a aproximadamente a 20 km al SE de la Ciudad de Minatitlán, Veracruz (Rojas, 2010).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Por las relaciones estructurales, en algunos pozos petroleros de la Cuenca Salina del Istmo, esta formación está en contacto directo con la sal como es el caso del Campo Cinco Presidentes (Ramírez, 1992).

### **II.1.1.12 FORMACIÓN CONCEPCIÓN INFERIOR**

Benavides describió a esta formación en 1936 (Rojas, 2010), que corresponde al Mioceno Inferior, la que descansa sobre la Formación Encanto, fácilmente distinguible de ésta, y difícilmente de determinar su contacto superior de manera litológica, solo se puede realizar por su contenido paleontológico con la Formación Concepción Superior (Tejero, 1955).

Consiste principalmente de lutitas de color gris con tonalidades azul a azul oscuro, con fragmentos de mica, con un contenido fosilífero de gasterópodos, pelecípodos y foraminíferos. Ocasionalmente ocurre la presencia de fracturas rellenas de yeso, cristales de selenita o intervalos interestratificados de areniscas de color gris claro de grano fino (Tejero, 1955; Contreras et al Sansores, 1953), la parte superior de esta formación es semejante a la Concepción Superior basal; localmente se presentan concreciones calcáreas de forma lenticular de 5 a 20 cm de longitud (Ramírez, 1992).

Los fósiles reportados son: *Marginulinopsis goajiraensis* (Becker & Dusenbury) y *Marginulinopsis marginulinoides* (Goes), *Globorotalia margaritae* y *Marginulina marginulinoides*, *Lagenodosaria hirsuta*, así como abundantes moluscos: *Conus* sp, *Natica* sp, *Lanrena* sp, *Pecten* sp, y *Venus* sp. (Santiago garcia, 1987).

Desde el punto de vista petrolero es considerada una de las más importantes secuencias generadoras de hidrocarburos, con un espesor de 500 m (Rojas, 2010).

Debido a las características litológicas y faunísticas de esta formación se interpreta que su depósito ocurrió desde la zona litoral hasta la plataforma clástica somera. Se encuentra en el subsuelo en los distritos de Agua Dulce, Las Choapas en Veracruz, así como en el distrito de Ciudad Pemex, Tabasco (Hidalgo, 2006).

### **II.1.1.13 FORMACIÓN CONCEPCIÓN SUPERIOR**

Esta formación fue descrita por Gibson (1936) denominándola como serie Filisola, la que está compuesta por dos secuencias: la secuencia Concepción Superior y la Filisola. Posteriormente, Benavides (1956) las describe formalmente como dos formaciones (Hidalgo, 2006).

Su edad corresponde al Mioceno inferior, sobreyace a la Formación Concepción Inferior y subyace concordantemente a la Formación Filisola la cual es difícil de diferencia debido a la transición que presentan estas formaciones y la ausencia de

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

fósiles índice. Litológicamente consta principalmente de lutitas de color azul grisáceo con un alto contenido de micas; compactas con una mala estratificación y con la presencia de nódulos calcáreos. Ocasionalmente presenta concreciones de areniscas, las cuales también están reportadas en la parte basal cerca del contacto con la Formación Filisola (Tejero, 1955; Contreras et al Sansores, 1953).

Se ubica en la parte central, sur y suroccidental de la Cuenca Salina del Istmo. El nombre de la formación fue designado debido a que fue estudiada por primera vez en la región de Concepción, Veracruz, sobre la margen del Río Uzpanapa aproximadamente a 24 km al Sureste de la Ciudad de Minatitlán, Veracruz. Algunas localidades típicas de la formación son: Filisola, Cuitlaxoyo, Soconusco, Achotal, Romero Rubio y Acayucan; pertenecientes al Estado de Veracruz (Tejero, 1955; Rojas, 2010). Presenta espesores que varían de 100 a 400 m.

Debido a su fauna bentónica representada por las especies: *Lenticulina thalmani* (Hessland) (Barker, 1960), *Astacolus cristi* (Skinner, 1963), *Brizalina subaenariensis* var. *Mexicana* (Cushman), *Astacolus vughani* (Cushman) y su relación con las especies plantónicas (Rojas, 2010), encontradas se infiere que el ambiente de depósito ocurrió desde la zona litoral hasta la plataforma clástica somera (Hidalgo, 2006).

### II.1.1.14 FORMACIÓN FILISOLA

Correspondiente al Mioceno Superior, sobreyace a la Formación Concepción Superior, siendo concordante con la misma; subyace en contacto normal a la Formación Agueguexpite (Rámirez, 1992).

Litológicamente está constituida por areniscas cuarcíferas azul grisácea de grano fino a grueso, con un bajo contenido de micas; con intercalaciones de lutitas de color rojizo y capas de lignito. En la parte basal de esta formación es común encontrar concreciones lenticulares, en la transición con la Formación Concepción Superior (Tejero, 1955; Contreras et al Sansores, 1953). El espesor de la formación varía entre 250 y 350 metros. Presenta bajo contenido de fósiles encontrándose *Ostrea*, *Mactra*, *Pecten* y *Solarium*; se infiere que su ambiente de depósito es de origen marino de aguas someras (Tejero, 1955).

Esta formación es una buena roca almacenadora, sin embargo, es de muy poca importancia económica-petrolera ya que contienen un alto porcentaje de agua salada.

### **II.1.1.15 FORMACIÓN PARAJE SOLO**

Fue descrita inicialmente por Lesnial (1924), en la región de Paraje Solo del Municipio de Moloacán, Veracruz. En 1936 Gibson la describe como una “secuencia de areniscas con lentes de conglomerados y horizontes de lignito” (Rojas, 2010).

Esta formación cuya edad varía del Mioceno Superior al Plioceno consiste en lutitas de tonalidades gris verdoso a pardo, micacíferas con intercalaciones de areniscas de colores gris claro a parduzco; es de grano fino a muy grueso, subangulares con presencia de lignita y trazas de pirita. El espesor de esta unidad varía entre 300 y 600 m, aunque su estratificación no está bien definida. Es de poca importancia económica-petrolera al ser la unidad estratigráfica más joven de la cuenca.

La formación descansa sobre rocas de la Formación Filisola y está cubierta por depósitos recientes.

### **II.1.1.16 RECIENTE**

Está conformado por arenas arcillosas, arenas y gravas en el lecho de los ríos y en las zonas de poco relieve.

## II.2 ASPECTOS ESTRUCTURALES

En la Cuenca Salina del Istmo al efectuarse el movimiento de la sal Jurásica como producto de la sobrecarga y por los efectos de la deformación regional, se originaron numerosas estructuras salinas con geometrías y tamaños diversos siendo los más importantes los domos, diapiros, diques, toldos y canopies que en general se presentan alineados en dirección NE-SW, estructuras que modificaron por deformación a la secuencia estratigráfica debido al movimiento vertical y horizontal de la sal a través de los estratos envolventes.

Los paquetes de sal se acumularon originalmente en un área sujeta a deformación por extensión, en una cuenca rift, después debido al movimiento del bloque de Yucatán hacia el sur, se separan dos regiones con sal quedando una parte en el norte del Golfo de México y otra en la parte sur en el sector occidental de la plataforma de Yucatán, siendo sepultada por sedimentos del Jurásico Tardío, Mesozoico y Cenozoico; posteriormente en el Mioceno debido a la acumulación de un mayor volumen de sedimentos terrígenos ocurrió su mayor movilidad, deformando secuencias más jóvenes de manera vertical como horizontal, constituyendo domos, diapiros, toldos o canopies cuya distribución se muestra en la figura 2.2.

En la figura 2.2 se muestra la ubicación de los principales cuerpos salinos de la Cuenca Salina del Istmo y secciones representativas de esta Cuenca en particular.

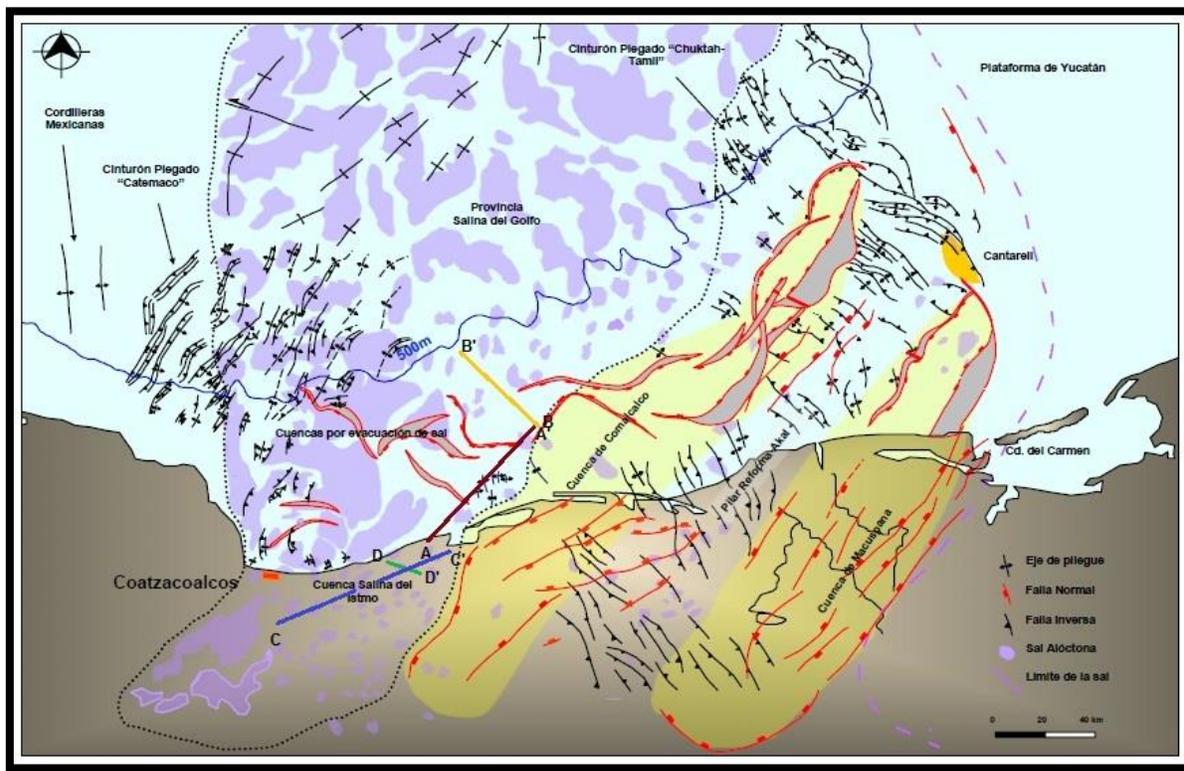


Figura 2.2 Localización de cuerpos salinos en la Cuenca Salina del Istmo (modificada de CNH, 2014).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

En la figura 2.3 se muestran 3 secciones geológicas en la porción terrestre y marina de la Cuenca Salina del Istmo, con diferentes estructuras salinas que intrusionan a las secuencias del Mesozoico, Paleógeno y Neógeno. Se asocian a plegamiento y fallamiento formados de manera contemporánea al movimiento de la sal, que de acuerdo a la dirección y sentido de su movimiento originan flexiones y fallas diversas.

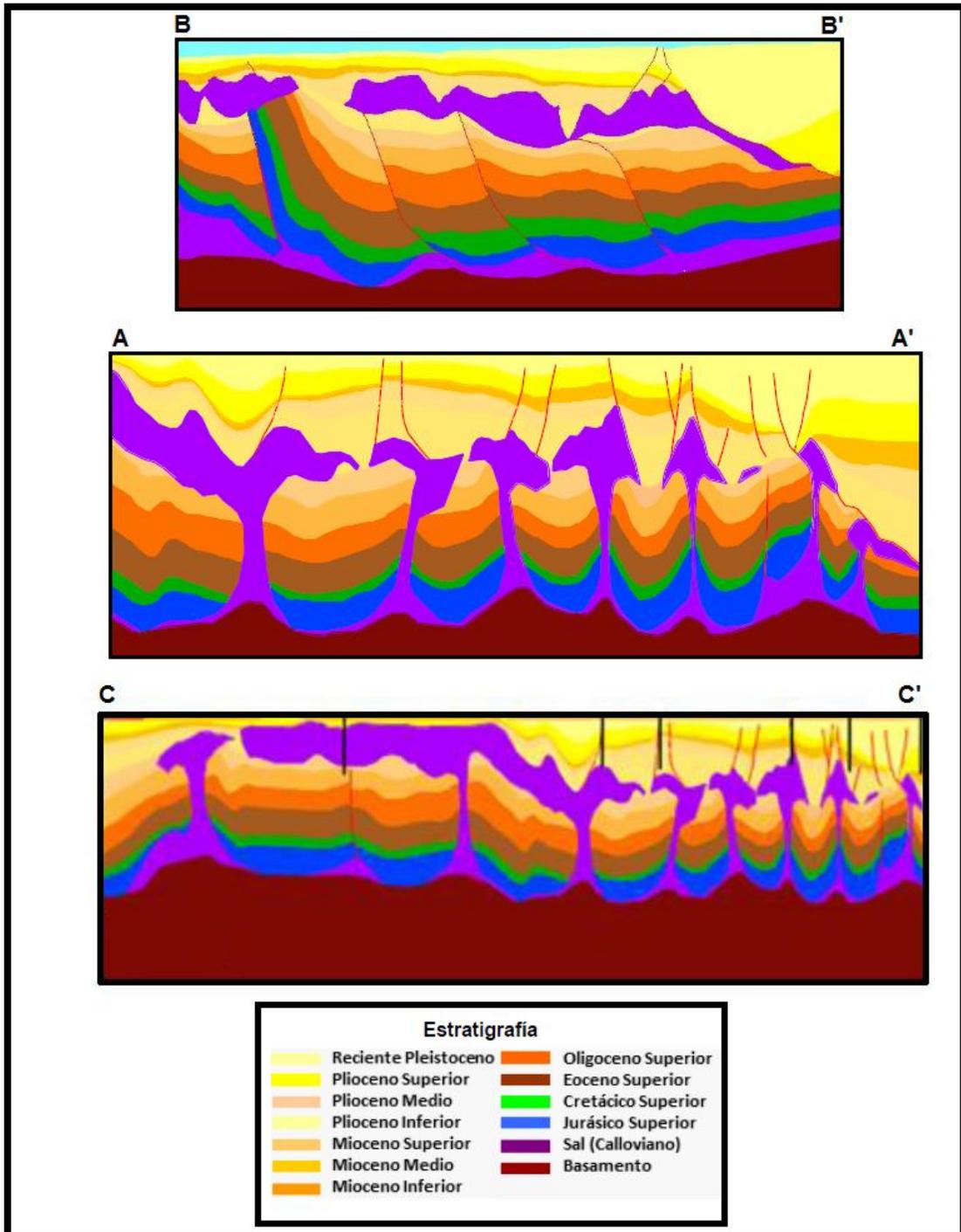


Figura 2.3 Secciones que muestran la gran variedad de estructuras salinas en la Cuenca Salina del Istmo (modificada de PEMEX, 2013; CNH, 2014).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Las fallas formadas por el movimiento, de la sal contribuyen a la formación de trampas estructurales de los diversos campos situados en este Cuenca, además de que constituyen excelentes rutas de migración (Figura 2.4).

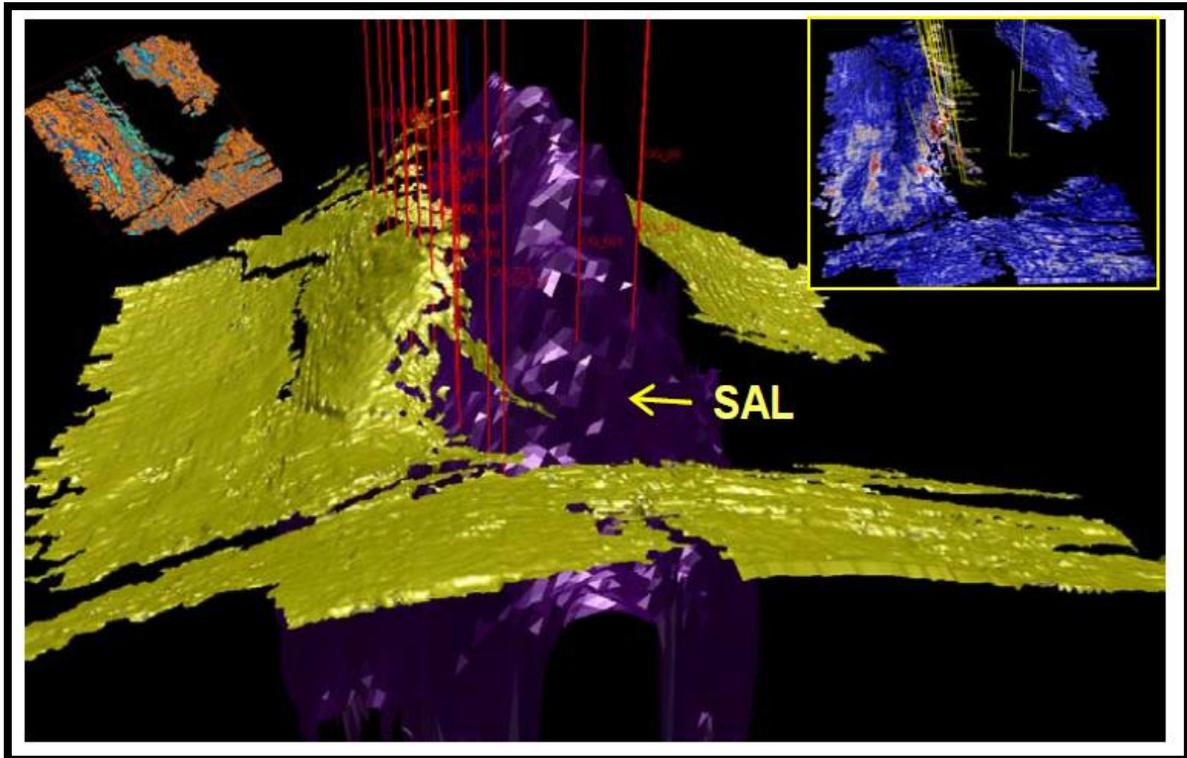


Figura 2.4 Ejemplo de la geometría que adquiere la sal al deformar a las secuencias de la Cuenca Salina del Istmo (PEMEX, 2013).

Las superficies de las cimas de las formaciones Encanto, Concepción Inferior y Concepción Superior están gobernadas por la distribución estructural de la sal, debido a la intrusión de la misma ya que intrusionó a los estratos superiores generando un sistema de fallas del tipo normal cuando la sal se movió verticalmente; este tipo de fallas tienen características similares a los que se encuentran en la mayoría de los campos petroleros que se encuentran alojados en la Cuenca Salina del Istmo en especial en campos aledaños al sector estudiado.

Estas estructuras fueron descubiertas y caracterizadas con estudios de sismología de reflexión, combinando con la interpretación de la geología del subsuelo, complementando la interpretación finalmente con los diversos tipos de registros de pozos hasta la actualidad.

En la figura 2.5 se muestra la sección D-D' donde se observa el comportamiento del diapiro del Campo Cinco Presidentes, mostrando un desplazamiento vertical través de las formaciones Encanto, Concepción Inferior y Concepción Superior, las cuales representan las más importantes rocas almacenadoras; estas a su vez debido a la deformación salina producen una serie de fallas normales con orientación NE-SW.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Los bloques estructurales que se formaron debido al fallamiento geológico presentan una forma alargada NE-SW; se tiene la presencia de saltos verticales en las fallas de decenas de metros, donde los desplazamientos netos se relacionan con el nivel de intrusión salina.

Las formaciones que sobreyacen a la sal son cortadas por fallas normales radiales a partir del centro del diapiro, las cuales causan desplazamientos verticales, presentando un echado que oscila entre 45 y 65°, que separan los yacimientos en bloques fallados con grabens característicos; estas fallas se formaron por el movimiento ascendente de la sal.

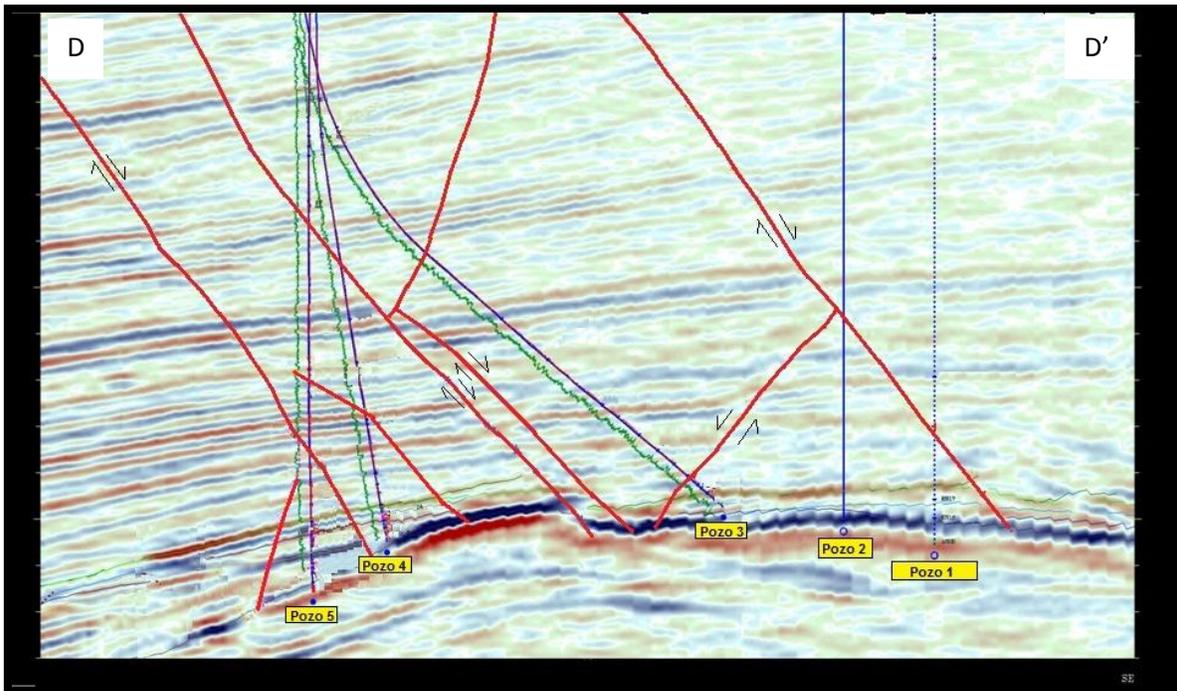


Figura 2.5 Sección Sísmica representativa del área de estudio (PEMEX, 2013).

### II.3 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La evolución geológica de las Cuenas Cenozoicas del Sureste está íntimamente ligada a la evolución Mesozoica del Golfo de México y a la interacción del bloque de Chortis, la placa del Caribe, el Macizo y la Sierra de Chiapas durante el Paleógeno y Neógeno en el sureste de México (Oviedo, 1996).

Desde un punto de vista regional la Cuenca Salina del Istmo comienza su historia geológica desde el Triásico hasta el Reciente, teniendo gran relevancia la presencia de cuerpos salinos del Calloviano, por lo que se hará una breve explicación de lo sucedido en cada época, interactuando con los elementos tectónicos como: el Bloque de Chortis, el Macizo Granítico de Chiapas, la Sierra de Chiapas y el Bloque de Yucatán; es importante considerar lo acontecido en el Mioceno Inferior donde hubo interacción entre la placas de Cocos, Norteamérica y del Caribe (Figura 2.6).

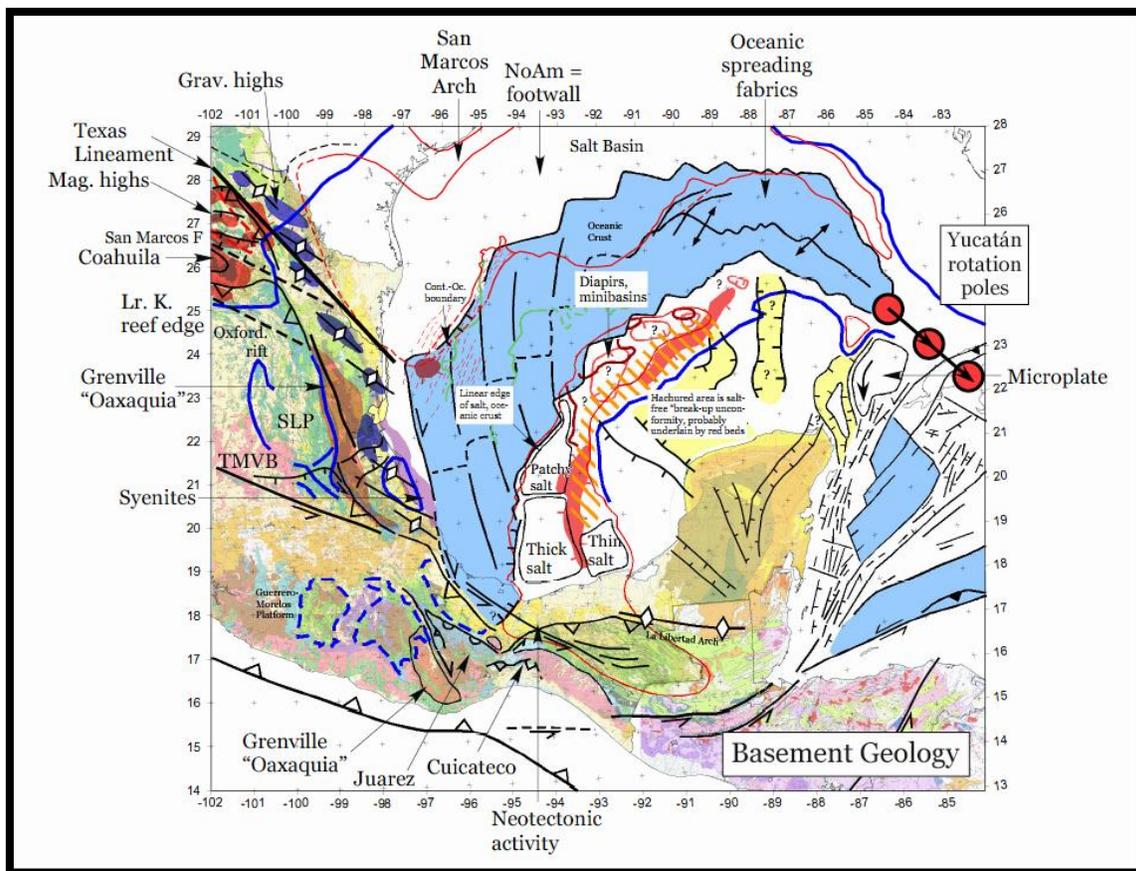


Figura 2.6 Elementos tectónicos (Pindell, 2002).

La historia tectónica a gran escala del sureste de México para el Mesozoico y Cenozoico puede ser dividida en cuatro fases principales:

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

- Expansión (rifting) durante el Triásico-Jurásico Medio.
- Un periodo tectónicamente pasivo del Jurásico Tardío al Cretácico Tardío.
- Compresión desde finales del Cretácico.
- Halocinesis o Tectónica salina en el Mioceno.
- Compresión-cizallamiento en el Mioceno.
- Fallamiento normal en el Plioceno-Reciente.

La etapa de expansión en la región del Paleo-Golfo de México ocurrió en fases relacionadas a la apertura del Tethys durante el Triásico y la apertura del Atlántico y el Golfo de México durante el Jurásico (Vander Voo et. al., 1976, en Quezada y Sarmiento, 1987). El rift del Triásico dio como resultado un ambiente tectónico intracontinental, sin ocurrencia de expansión oceánica en el Golfo de México que originan horts y grabens, donde los últimos evolucionaron a cuencas sedimentarias.

Durante el Jurásico Medio se llevó a cabo uno de los más importantes eventos de expansión en el Golfo de México, que se asocia con la apertura del Golfo de México; con este evento se produjo el desprendimiento de la microplaca de Yucatán desde la margen noroccidental de la costa del Golfo hacia el sur. En la figura 2.7 se muestra los principales elementos tectónicos para el Jurásico, los que condicionan la evolución tectónica posterior.

El bloque de Yucatán, ha sido un paleoelemento que ha jugado un papel importante; en la evolución geológica del sureste mexicano, sus relaciones han sido de gran importancia en lo que respecta a la delimitación de los depósitos salinos del Calloviano al Oxfordiano; además de servir como contrafuerte para los esfuerzos compresivos que actuaron durante el Cretácico y Cenozoico.

Diversos modelos han sido publicados con la finalidad de explicar la ruta de movimiento del Bloque de Yucatán durante el Jurásico (Pilger, 1981; Pindell, 1985; Quezada y Sarmiento, 1987; Meneses, 1990; Salvador, 1991, Molina et. al., 1992; Padilla y Sánchez, 2007). Otros autores como Quezada y Sarmiento (1987) y Quezada (1990) consideran que el bloque Yucatán evolucionó desde el Paleozoico Tardío en el oriente de México, mencionando que inició formando horst y grabens después ocurrió el desprendimiento del bloque de Yucatán con rotación hacia el sureste hasta llegar a su posición actual. En este proceso se formó el aulacógeno de Huayacocotla en el Triásico-Jurásico Temprano, el Golfo de Sabinas-Coahuila y al Paleo-Golfo de México (Quezada, 1995).

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

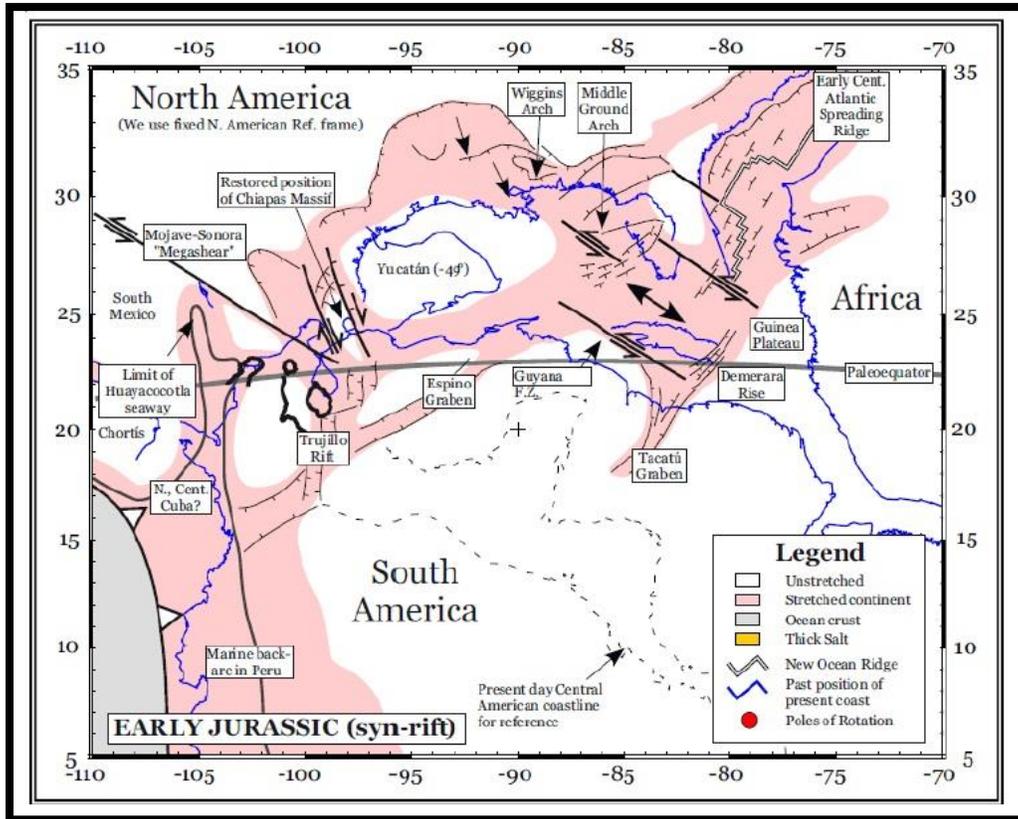


Figura 2.7 Reconstrucción de los elementos tectónicos para el Jurásico (Pindell et. al., 2000d).

Salvador, 1991; Pilger, 1985 y Meneses, 1990, consideran que en el proceso de apertura del Paleogolfo-Golfo de México ocurrió una rotación del Bloque Yucatán en sentido contrario a las manecillas del reloj, lo cual es compatible con la curvatura de las fallas transformantes del margen costero de los EUA y México (Falla Tamaulipas-Oaxaca) (Figura 2.8).

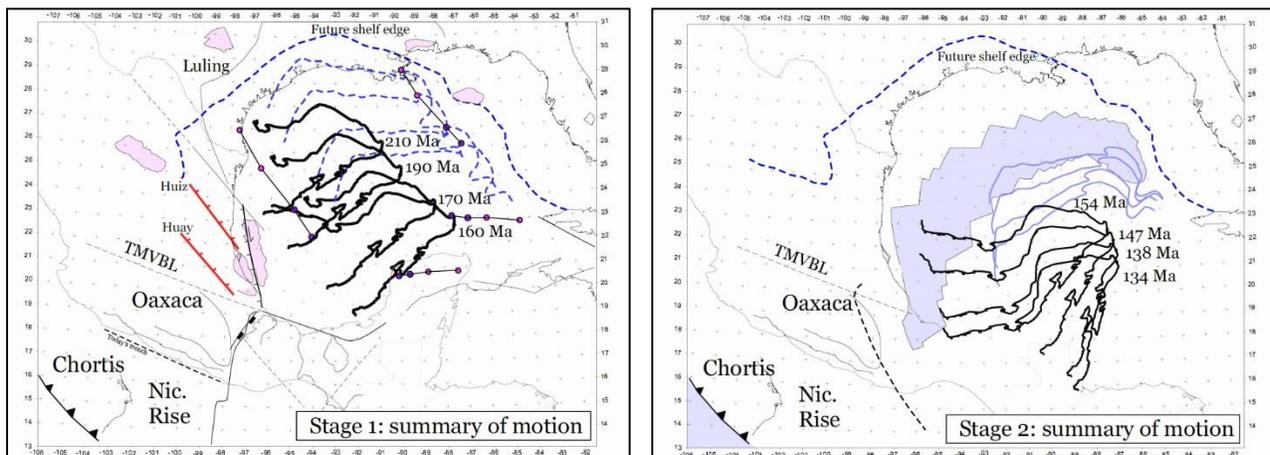


Figura 2.8 Rotación del Bloque de Yucatán (Pindell, 2002).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

El evento de rifting dio origen a una topografía de horsts y grabens (Oviedo, 1996); con direcciones aproximadamente paralelas a la actual línea de costa, una clara evidencia de ello son las cuencas continentales con lechos rojos depositados en las depresiones topográficas (Padilla, 2007). La evidencia sedimentológica que indica la invasión oceánica (transgresión) son los depósitos de sal del Calloviano y la presencia de oolitas de plataforma del kimmeridgiano (Oviedo, 1996) (Figura 2.9).

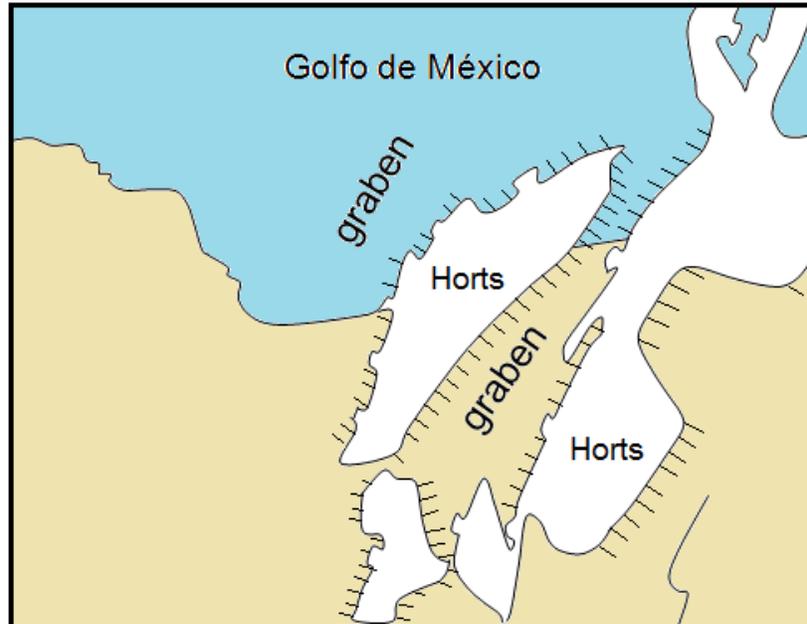


Figura 2.9 Geometría de bloques extensionales jurásicos interpretado de datos magnéticos (modificada de Oviedo, 1996).

En la Sierra de Chiapas, se tiene evidencia de movimiento del rift hasta el Jurásico Superior por las gruesas secuencias clásticas acumuladas en las depresiones (Quezada Muñetón, 1992).

Durante el Jurásico Medio se interpreta que ocurrió una expansión oceánica en parte central del Golfo de México, lo que está documentado por interpretación sísmica realizadas en la parte central del Golfo de México, que indican el proceso de rifting y la expansión terminaron en el Jurásico Superior; posteriormente hubo estabilidad tectónica y en el Cretácico Temprano inició un margen pasivo (Salvador, 1991; Rojas, 2010).

Hace 164 m.a aproximadamente durante el Calloviano empiezan a formarse los primeros depósitos marinos sobre el borde meridional de Yucatán, depositándose grandes volúmenes de evaporitas, principalmente sal, yeso y anhidrita (Figura 2.10).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

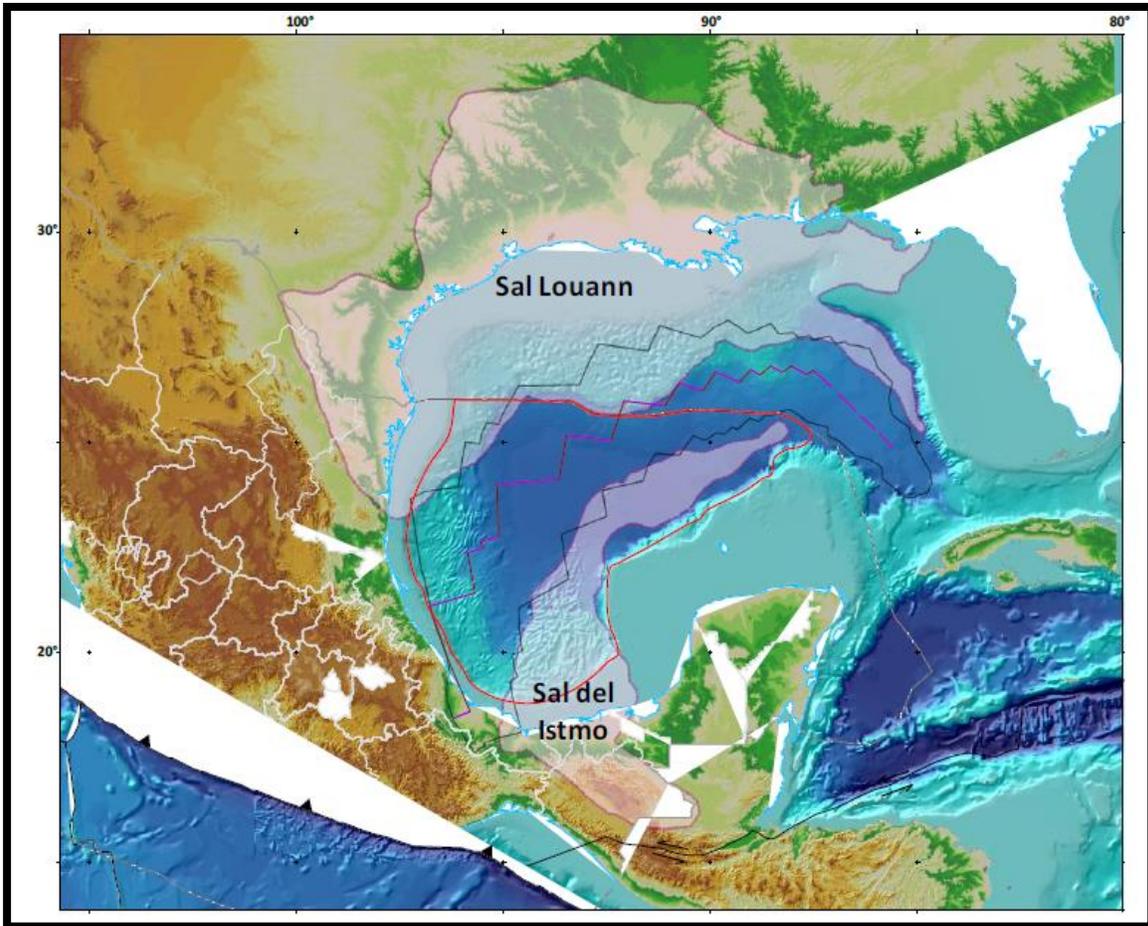


Figura 2.10 Distribución de los depósitos salinos en el Golfo de México (PEMEX, 2013).

Durante la etapa temprana del proceso de rifting, se infiere que en corteza continental se produjeron hundimientos lentos de los grabens que fueron inundados lentamente por las aguas del Pacífico lo que favoreció que se formaran evaporitas y rocas sedimentarias terrígenas de diferente granulometría (Padilla, 2007).

Durante el Oxfordiano la rotación y la extensión oblicua de Yucatán continua hacia el SE, por lo que se generaron profundos grabens, que controlaron el depósito syn rift con extensas cuencas, las cuales crearon condiciones para el desarrollo de rocas generadoras en el Sureste de México (Figura 2.11).



## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

del Cretácico, el bloque Yucatán alcanzó su posición actual (Ángeles Aquino et. al., 1994), en este tiempo se desarrollan dos ciclos de progradación en el Noroeste del Golfo de México que explica el desarrollo de carbonatos como los de la plataforma de Tuxpan y los de la Plataforma Valle San Luis Potosí (Figura 2.12 y 2.13).

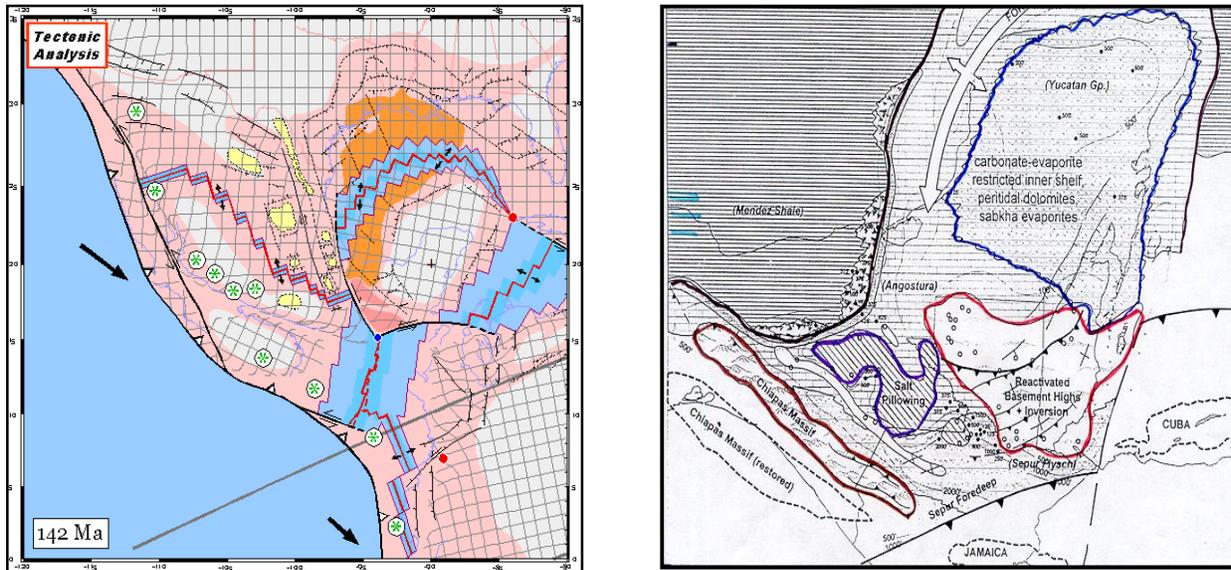


Figura 2.12, 2.13 Reconstrucción del Cretácico Inferior-Medio (PEMEX; Pindell, 2002).

Durante el Cretácico Tardío ocurre un descenso en el nivel del mar produciendo karstificación, brechamiento y colapso de la mayoría de las plataformas previamente desarrolladas. Este evento fue seguido por una inundación regional que culminó en el Turoniano con la inundación de zonas bajas formando plataformas carbonatadas en varios sectores del Golfo de México. En este tiempo se tienen las evidencias para documentar el primer pulso compresivo significativo, que representa probablemente la primera evidencia de la colisión Chortis-Chiapas (Oviedo, 1996; Pindell, 2000), por lo que se tiene como producto secuencias calcáreo arcillosas como las de la Formación Méndez (Álvarez, 1950; Calderón, 1951).

Hacia finales del Cretácico se manifestaron los primeros efectos compresivos, donde el margen Pacífico estaba probablemente bordeado por un gran número de microplacas móviles e independientes (Sedlock et. al., 1993), las cuales fueron controladas por el Bloque Chortis, y que al colisionarse con Chiapas dieron como resultado el primer cabalgamiento y levantamiento del Macizo de Chiapas (Carfantán, 1981) (Figura 2.14).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

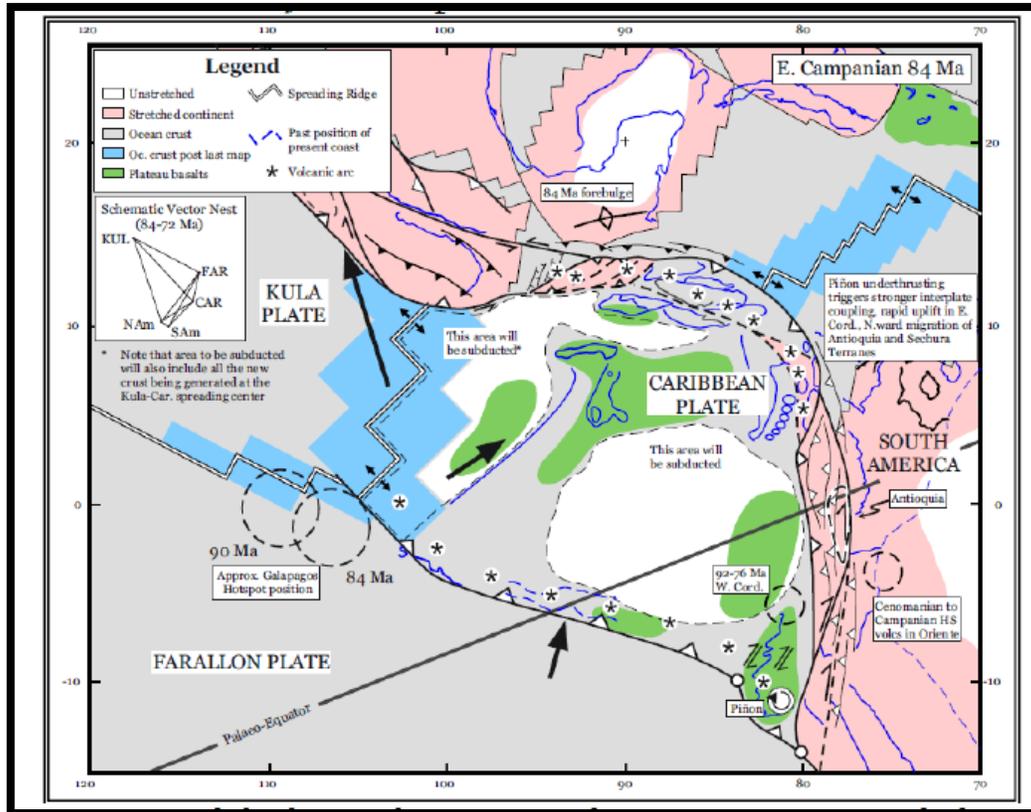


Figura 2.14 Reconstrucción de la placa en el Cretácico Tardío (Campaniano), (Pindell et. al., 2000d).

Durante el Plioceno y Pleistoceno las fallas de desplazamiento lateral provocaron el emplazamiento de intrusiones granodioríticas y dioríticas, así como derrame de andesitas.

Al inicio del Paleógeno se efectuó un incremento del empuje del Macizo de Chiapas y el bloque de Chortis, así como la formación de la placa del Caribe, formándose una cuenca de antifosa en el sur y oeste del área.

El levantamiento del Macizo de Chiapas trajo consigo el aporte de terrígenos hacia el norte, con brechas y conglomerados en las áreas cercanas y el depósito de turbiditas hacia la cuenca profunda. Las estructuras compresivas dentro de esta antifosa fueron rápidamente sepultadas por el gran aporte turbidítico, aunque también sufrieron deformación.

La deformación que se asocia a la Orogenia Laramide, durante el Paleógeno Temprano generó fallas inversas y pliegues, extendiéndose desde la parte central de Guatemala hacia el norte a través de la Sierra Madre Oriental y el oeste de los Estados Unidos. En el frente de esta faja plegada se formaron una serie de cuencas

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

de antifosa, entre las que se incluyen las cuencas Cenozoicas del Sureste, la Cuenca de Veracruz y la Cuenca de Chicontepec.

Durante el Eoceno, la formación del Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental y el basculamiento del basamento hacia la cuenca en el noreste de México, marca un importante inicio del sistema de basculamiento gravitacional, creando un emplazamiento de masas salinas, debido a efectos iniciales de la compresión y el peso litostático de la columna sedimentaria, desarrollando domos, diapiros, canopies y minicuenas (Rojas, 2010). Aunque la mayor extensión de estas masas se dio a hacia fines del Paleógeno, la parte correspondiente al área se desarrolló en el Mioceno Temprano (Oviedo, 2006).

Hacia fines del Eoceno se desarrolló un arco volcánico entre Norteamérica y Sudamérica, formando las Antillas Mayores, después cambió su polaridad chocando contra Florida; colisión que representa el fin de la Orogenia Laramide (Dickinson, 1980; Coney, 1983, y Quezada, 1990; Rojas, 2010); formando la placa del Caribe, la cual junto con la placa de Norteamérica imprimieron un movimiento en sentido contrario a las manecillas del reloj de sureste a noreste al bloque de Chortis, controlando la evolución geológica del sureste de México a partir de este tiempo (Rojas, 2010). Cabe destacar que esta época está representada por el conglomerado Uzna y las lutitas de la Formación Nanchital.

Durante el Oligoceno se marca un periodo de sumersión dando lugar a la sedimentación de las formaciones Depósito y La Laja (Álvarez, 1950); debido a la baja profundidad del mar, se produjo un depósito de arenas convirtiéndolas posteriormente en areniscas. Desde un punto de vista local se produce una especie de levantamiento lo cual provocó el depósito del Conglomerado de Nanchital cuya procedencia se asocia a la erosión de una serie de calizas derivadas del Cretácico y rocas ígneas. En el Oligoceno Superior descendió la profundidad del mar a comparación del Oligoceno inferior; debido a la alta actividad volcánica de la época en su margen provocada por el Macizo de San Andrés, muestra de ello es la ceniza volcánica que se encuentra intercalada en las lutitas de la Formación Depósito (Venegas, 2010; Calderón García, 1951).

Hacia fines del Paleógeno e inicio del Mioceno Temprano ocurrió una importante fase de deformación que dio como resultado un intenso plegamiento y a varias cabalgaduras; esta deformación se asocia a la colisión oblicua entre Chortis y el sureste de México ocurriendo principalmente en las áreas de Agua Dulce y Chiapas-Tabasco (Oviedo, 1996). Esta deformación se denomina como Ciclo u Orogenia Chiapaneca (Rojas, 2010), (Figura 2.15). Esta etapa se relaciona con la subducción de la Placa de Cocos, asociada a las reactivación de las fallas Motagua-Polochic, este fenómeno originó una etapa transpresiva, formando un cinturón plegado localizado en el Macizo de Chiapas y la Plataforma de Yucatán, formando 3 estilos de deformación diferente, Fallas de transcurrancia, Simojovel y Yaxchilán.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

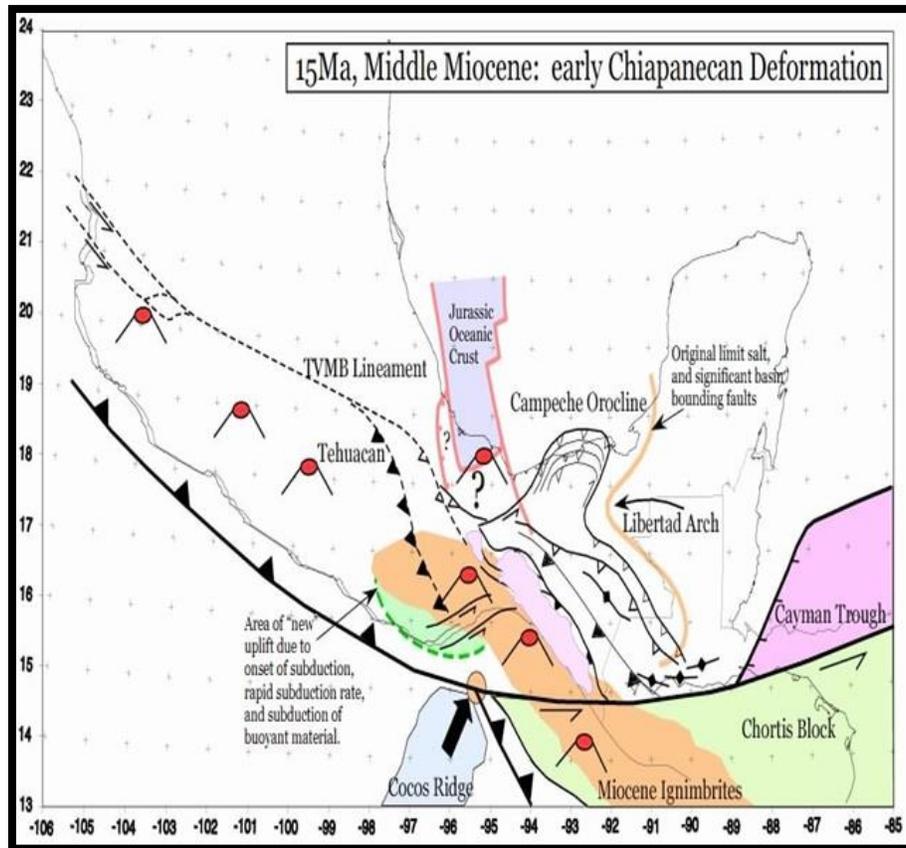


Figura 2.15 Colisión oblicua miocénica en el margen del Pacífico (Pindell, 2002).

Esta estructuración tuvo notable influencia en la distribución de las facies con distintos depósitos de rocas terrígenas. El levantamiento del Macizo y de la Sierra de Chiapas aportó grandes volúmenes de gravas y arenas en forma de flujo de detritos y turbiditas, los cuales fluyeron hacia el norte. En la parte sur, estos flujos gravitacionales encontraron en su camino topografía elevada relacionada a plegamientos como los de la región Agua Dulce y los que se encuentran en el límite Chiapas-Tabasco.

Las turbiditas en su recorrido tuvieron que atravesar grandes extensiones acumulándose sobre una estratigrafía previa que incluye la sal del Calloviano. Producto de estos procesos de sedimentación se formaron las secuencias de las formaciones Encanto y Concepción Inferior y Superior; por esta razón, en la porción sur, los sedimentos quedaron confinados dentro de los sinclinales y las cuencas de evacuación (minicuenas). En la porción norte las turbiditas durante su depósito no encontraron ningún obstáculo en su camino desarrollando abanicos de fondo marino (Basin floor fan) sin restricción (Oviedo, 2006).

Los pliegues en el alineamiento de Agua Dulce fueron modificados por el movimiento de la sal desarrollando diferentes geometrías (Oviedo, 2006).

La estructura geológica asociada al campo Cinco Presidentes está asociada a todos los eventos descritos anteriormente, teniendo gran relevancia la intrusión salina que

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

provocó la formación de domos, diapiros y canopies, con pliegues y fallas que constituyen importantes trampas petroleras (Ramírez, 1992).

Al inicio del Mioceno Tardío (12.5 m.a), se tiene la fase de mayor compresión, culminando la colisión de Chortis en el Pacífico con la interacción de la placa del Caribe, lo cual provocó aún mayor crecimiento de las estructuras en Chiapas-Tabasco y Agua Dulce.

A finales de esta etapa, se produce el emplazamiento de las edificaciones volcánicas de los macizos de Teziutlán y de los Tuxtlas, los cuales rediseñan la morfoestructura de toda la región, dividiéndola en cinco grandes unidades: Provincia Tampico-Misantla, Macizo de Teziutlán, Cuenca de Veracruz, Macizo de los Tuxtlas y Cuenca Salina del Istmo (Rojas, 2010).

En la figura 2.16 se efectuó una reconstrucción de los elementos tectónicos del Mioceno Tardío.

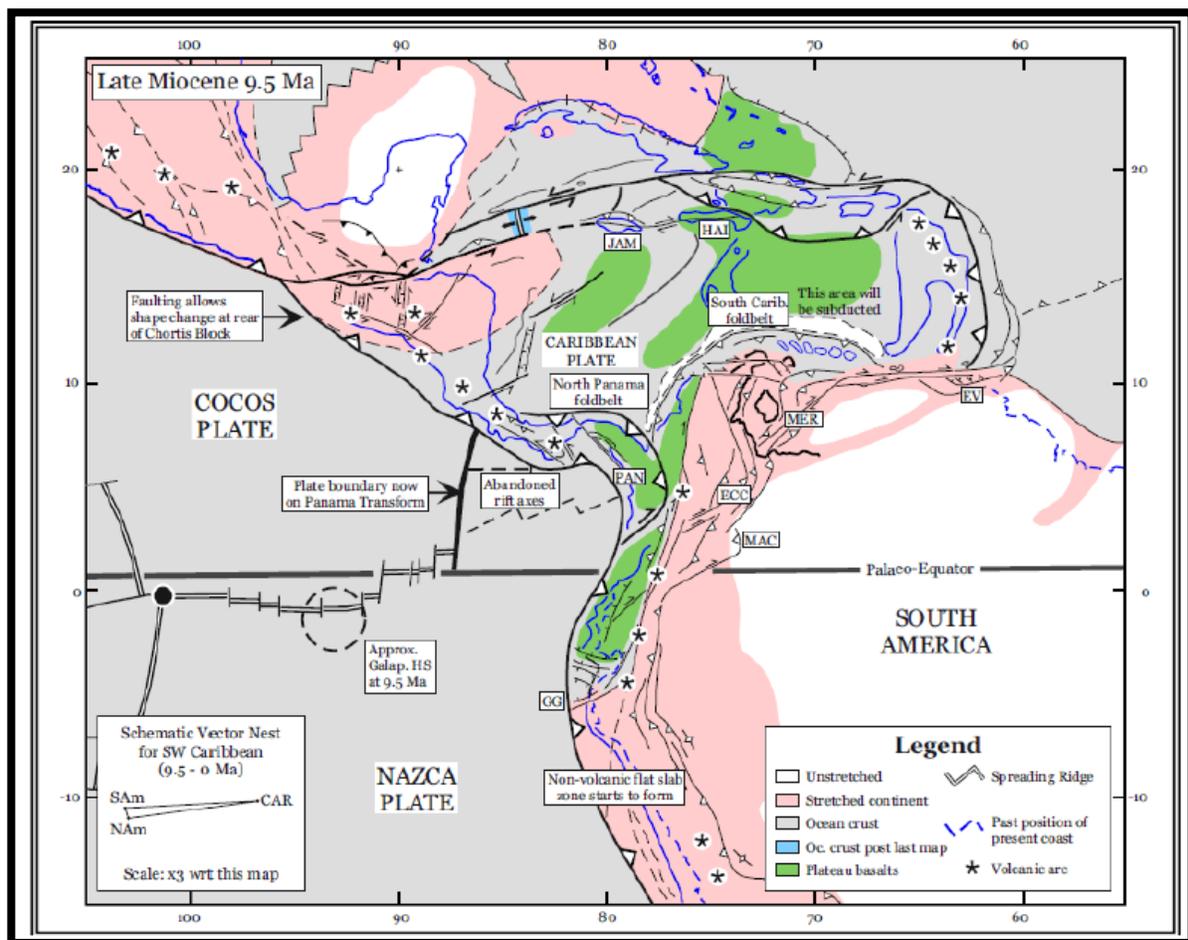


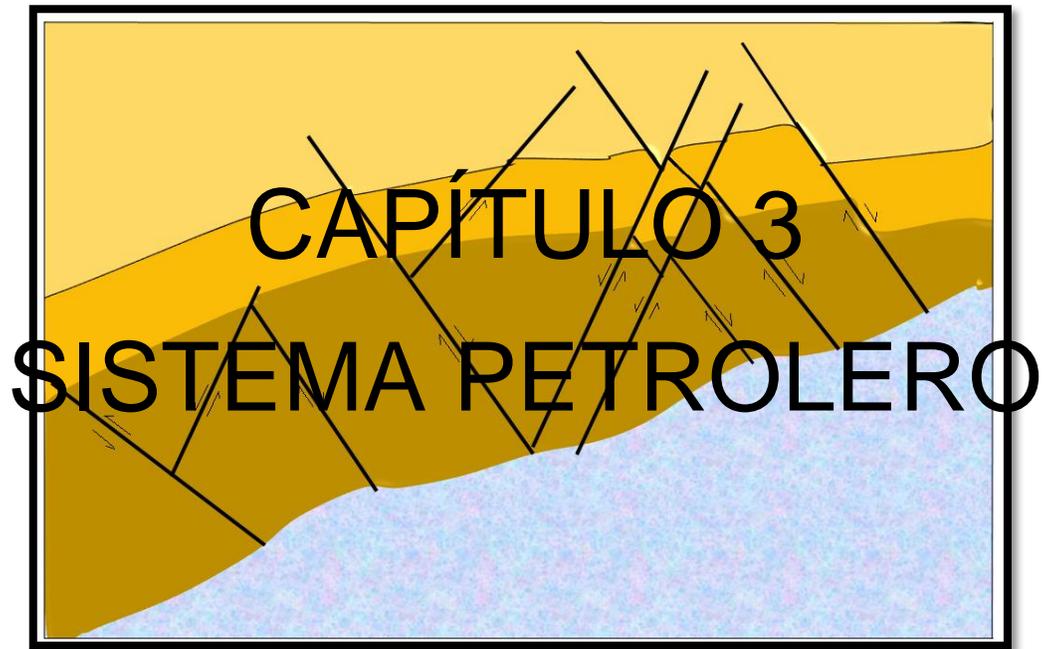
Figura 2.16 Reconstrucción de los elementos tectónicos Mioceno Tardío, (Pindell et. al., 2000d).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Durante el Plioceno el Macizo y la Sierra de Chiapas continuaron aportando sedimentos ricos en arenas, las cuales se depositaron exclusivamente en las depresiones, principalmente cuencas de evacuación; esto favoreció que se dieran las condiciones adecuadas para que ocurrieran levantamientos sobre los que se formaron arrecifes. Entre islas, se tuvo sedimentación que pertenece a las formaciones Concepción Superior, Filisola y Paraje Solo.

La producción en los campos de Agua Dulce y Cinco Presidentes está principalmente en areniscas, por lo que el entendimiento de tectonosecuencia es vital para explicar el origen y distribución del petróleo en las secuencias Cenozoicas en el sureste de México.

Durante el Plio-Pleistoceno, Chortis fue desplazado del margen sur de Chiapas hacia la parte este, y el desplazamiento hacia el norte de la placa del Caribe. La liberación de este peso provocó rebote isostático, con la correspondiente erosión de las cuencas de antefosa paleógenas, con vasto aporte de sedimentos que cubrieron los plegamientos en Chiapas-Tabasco, Agua Dulce y Cinco Presidentes, debido a la rápida progradación del margen de la plataforma hacia el norte en el actual Golfo de México (Oviedo, 2006). En esta época se establece una diferenciación morfogénica del relieve, lo que se propició la formación de los lomeríos actuales.



### **III. SISTEMA PETROLERO**

El Campo Cinco Presidentes es uno de los campos más importantes de la Cuenca Salina del Istmo, donde se tiene una secuencia terrígena intrusionada por un cuerpo salino; siendo las formaciones de mayor importancia petrolífera la Formación Encanto, Concepción Superior y Concepción Inferior.

El sistema petrolero en la Cuenca Salina del Istmo, se encuentra de la siguiente manera: roca generadora del Tithoniano, roca almacenadora de areniscas, roca sello del Paleoceno-Oligoceno Superior; la migración en diferentes niveles estratigráficos, desde el Jurásico Tardío; las trampas son del tipo estructural y si ocurrió sincronía.

#### **III.1 ROCAS GENERADORA**

Durante el Tithoniano ocurrió una elevación del nivel del mar, lo que propició un depósito de una secuencia calcáreo arcillosa produciéndose una alta cantidad de materia orgánica, la que se preservó debido a las condiciones de baja energía del ambiente sedimentario.

La lenta subsidencia generada durante el Cretácico y hasta el Oligoceno, permitieron que aquellas rocas generadoras procedentes del Tithoniano permanecieran sepultadas hasta que alcanzan las temperaturas adecuadas para su correcta maduración.

Las rocas generadoras del Campo Cinco Presidentes corresponden a lutitas y calizas arcillosas del Tithoniano, cuyo kerógeno es del tipo II, las que presentan valores de Índice de Hidrógeno (IH) mayores a 600 mg HC/g COT (Rojas, 2010).

La figura 3.1 representa un mapa del carbono orgánico total en la República Mexicana, siendo un caso particular lo que corresponde a la Cuenca Salina del Istmo donde los niveles de COT son del orden de 0.5-4 %.

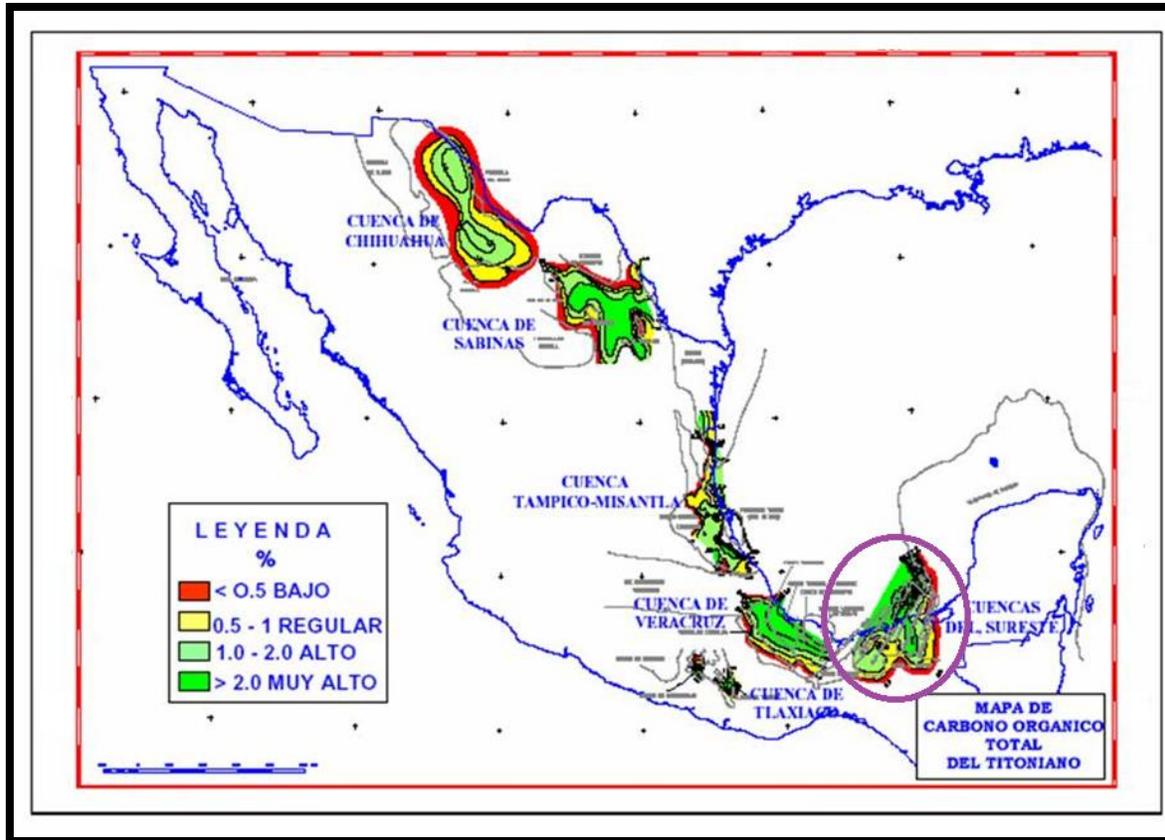


Figura 3.1 Mapa de carbono orgánico total del Tithoniano, resaltando en un círculo a las Cuencas del Sureste (León, 2014).

### III.2 ROCAS ALMACENADORA

Debido a estudios realizados con muestras de canal, núcleos y con registros geofísicos de pozos, se tiene información que indica que las rocas almacenadoras están constituidas de areniscas de grano grueso a fino intercaladas con lutitas, las cuales corresponden a la Formación Encanto, Concepción Inferior, Concepción Superior acumuladas en ambientes sedimentarios que van desde la línea de costa hasta aguas profundas donde hubo depósito de turbiditas.

Los ambientes sedimentarios de mayor importancia como rocas almacenadoras son los que depositaron los paquetes arenosos, corresponden a un ambiente sedimentario asociado a una planicie deltaica (Figura 3.2); afectada por intrusiones salinas que dieron como resultado la deformación de las capas adyacentes, creando fallas normales, favoreciendo la formación de trampas donde ocurrió la acumulación de hidrocarburos en volúmenes importantes.

Las porosidades registradas en este campo alcanzan valores del 20% y una permeabilidad de 200 md, produciendo aceite negro de 33° API y la salinidad de la formación es de 130000 ppm de NaCl.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

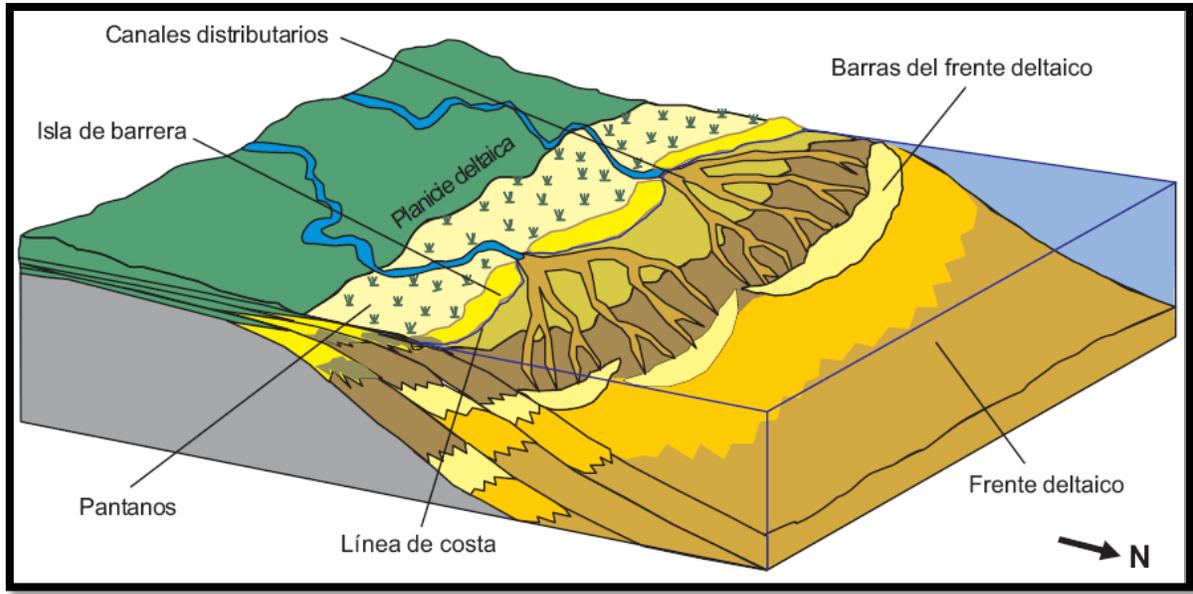


Figura 3.2 Ambiente de depósito de las rocas almacenadoras del Campo Cinco Presidentes (Venegas, 2010).

Las rocas que presentan las características más adecuadas para almacenar hidrocarburos, son las secuencias arenosas pertenecientes a la Formación Encanto del Mioceno.

En la figura 3.3 se muestra una sección en donde observamos a las principales rocas almacenadoras representativas del Campo Cinco Presidentes las cuales son la Formación Concepción Superior, Concepción Inferior y Encanto, todas pertenecientes al Mioceno.

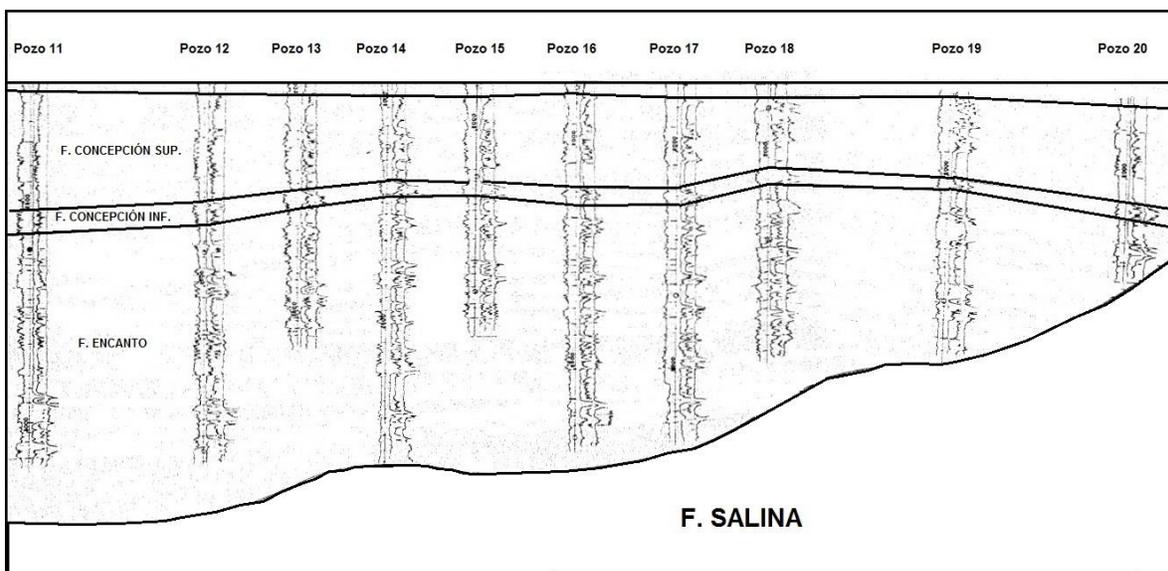


Figura 3.3 Rocas almacenadoras del Campo Cinco Presidentes (modificada de Ramírez, 1992).

### III.3 ROCA SELLO

Las rocas sello corresponden a lutitas de la Formación Filisola. La presencia de un cuerpo salino presente en el campo de estudio funciona como un excelente sello para el entrapamiento de hidrocarburos; también están presentes sellos laterales constituidos por fallas normales, cambios de facies sedimentarias y acuñamientos (Figura 3.4), (Pérez, 2006).

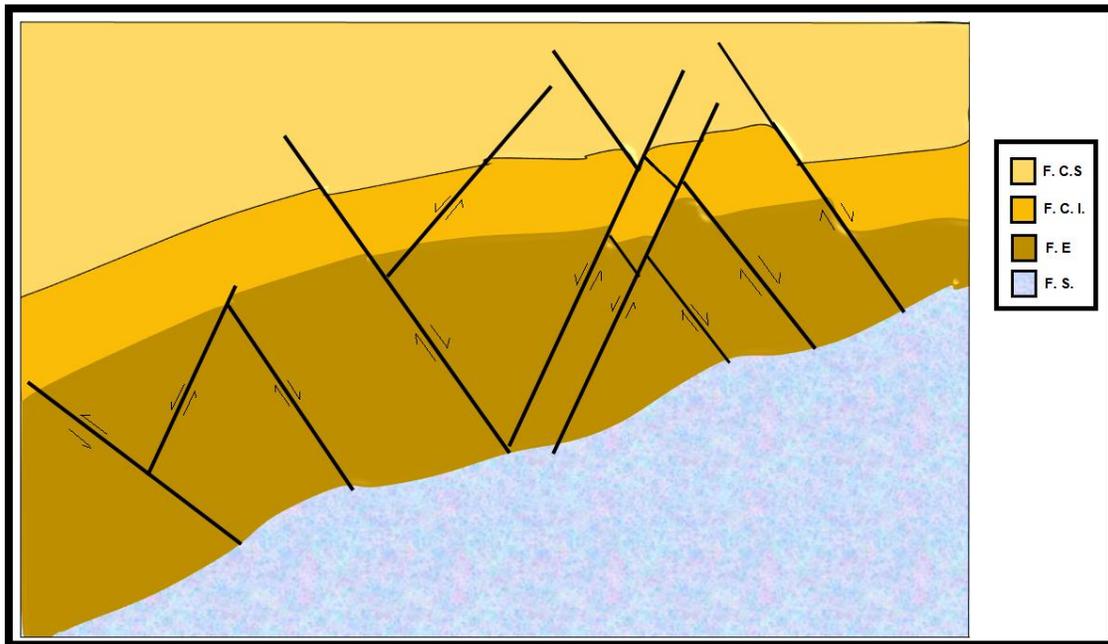


Figura 3.4 Sello del Campo Cinco Presidente (modificada de Ramírez, 1992).

Las fallas normales presentes en este campo funcionaron como posibles barreras para el movimiento de hidrocarburos, aunque en algunos casos fueron medios para favorecer la migración de los mismos.

Por otro lado el movimiento de la sal intrusión tanto a las rocas generadoras como a las almacenadoras actuando como un eficiente sello.

### III. 4 TRAMPA

La Cuenca Salina del Istmo se encuentra afectada por la presencia de diversas estructuras salinas, dando origen a la deformación de las secuencias mesozoicas y cenozoicas, formando domos, diapiros, canopies y minicuenas, donde los sedimentos del Plioceno sufrieron un confinamiento formando trampas del tipo estratigráfico (Rojas, 2010).

Algunos de los pozos perforados en este campo han cortado a la secuencia salina lo que ha facilitado la interpretación estructural del yacimiento. El fallamiento

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

asociado a las estructuras salinas es del tipo normal, cuyos ángulos oscilan entre 45 a 65 grados, los cuales separan a los yacimientos en bloques fallados cuyos patrones pueden ser simples o complejos, formando trampas del tipo estructural, estratigráfico o su combinación (Figura 3.5).

La intrusión lateral, vertical o inclinada de la sal en conjunto con las fallas son de gran importancia para formar receptáculos acumuladores de hidrocarburos (Rodríguez, 1964; Holguín, et. al., 2005).

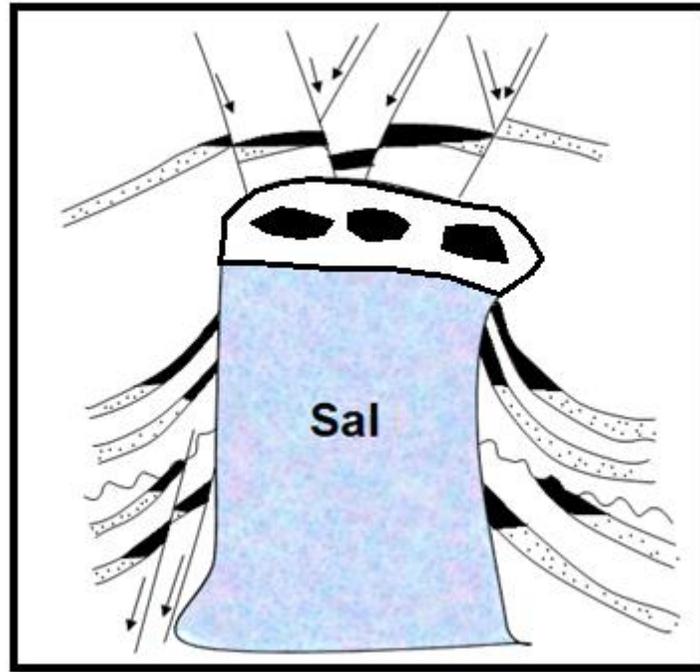


Figura 3.5 Movimiento vertical de sal entre los estratos (modificado de Ramírez, 1992).

La principal estructura salina presente en este campo corresponde a un diapiro salino nombrado “Yucateco”, originando una marcada deformación por intrusión, así como la formación de bloques separados por fallas normales en las areniscas productoras

Las superficies de las cimas de las formaciones productoras están gobernadas por la distribución estructural de la sal la que en su movimiento originó diferentes altos estructurales separados por fallas normales y discordancias, principalmente, generando yacimientos, uno en cada bloque.

En la figura 3.6 se muestra un mapa de contornos estructurales que nos muestra la configuración estructural de diversas estructuras salinas, predominando los domos y los diapiros.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

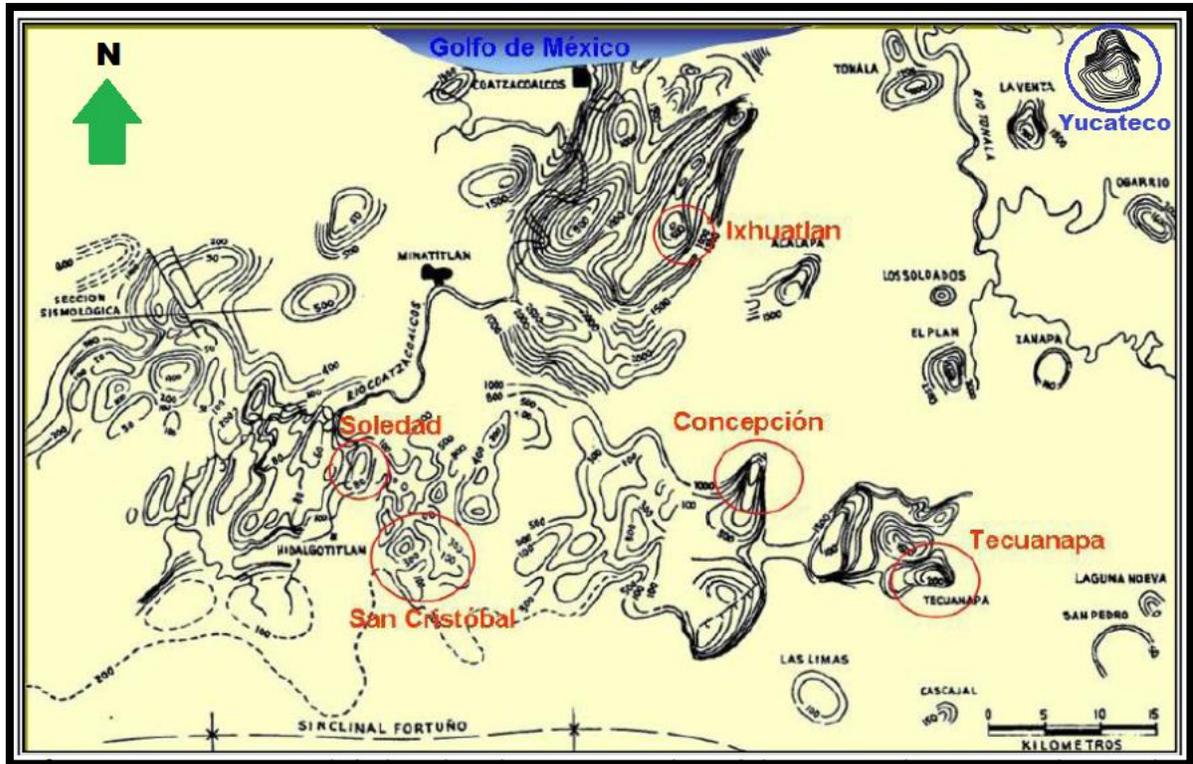


Figura 3.6 Configuración de cuerpos salinos en la Cuenca Salina del Istmo (modificado de Rojas, 2010).

En la figura 3.7 se muestra la configuración estructural de la cima de la sal y anhidrita del Campo Cinco Presidentes en relación con la profundidad, la que se obtuvo con información de los pozos perforados con que se ha desarrollado este campo, resaltando en azul al diapiro salino denominado “Yucateco”.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

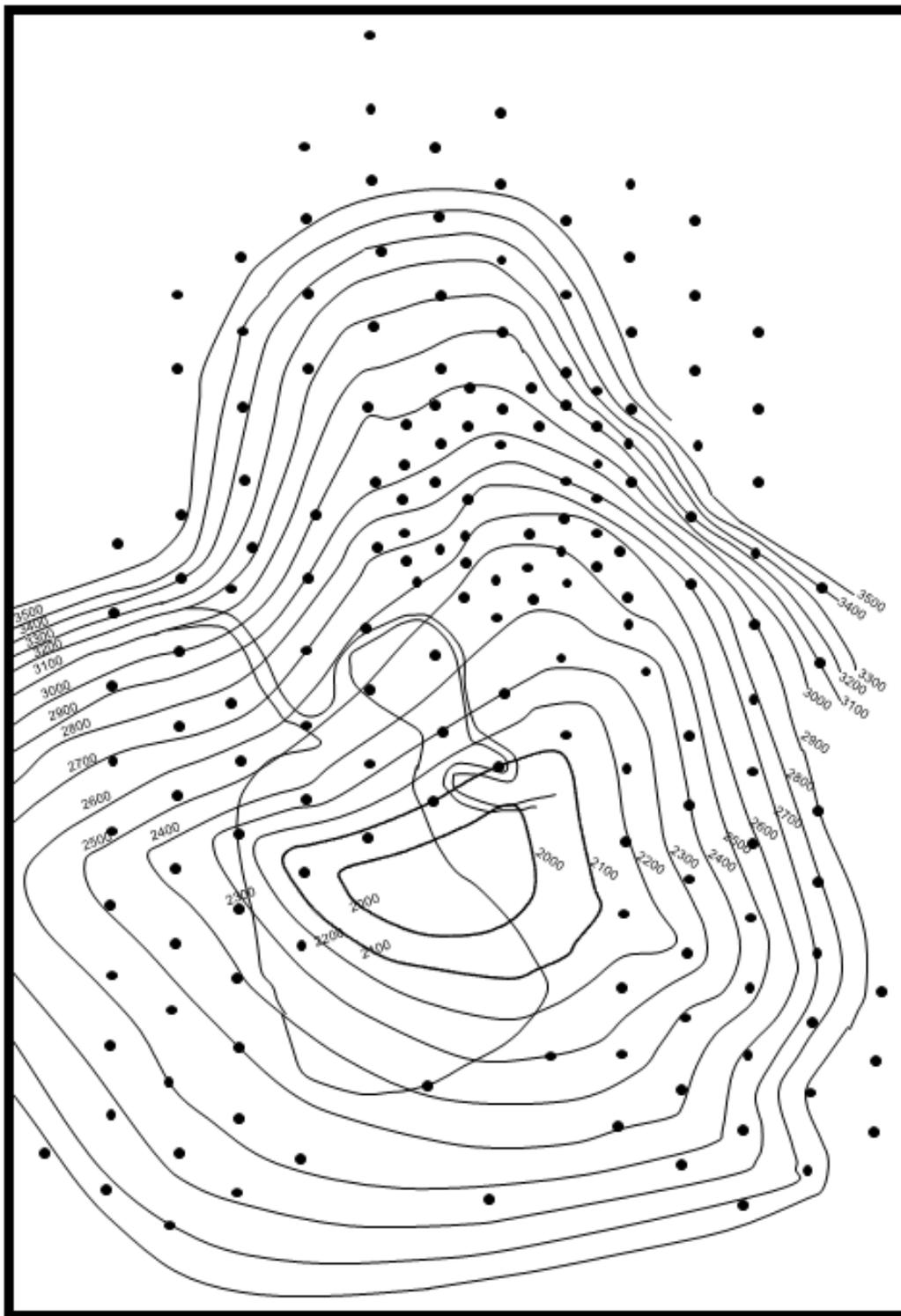


Figura 3.7 Cima de la sal y anhidrita en el Campo Cinco Presidentes (modificado de Rodríguez, 1964).

### III.5 MIGRACIÓN

El sistema de fallas normales tiene una orientación preferencial NE-SW, estructuras que produjeron diversos cortes y desplazamientos debido al reacomodo de los estratos por efecto de la deformación, estas discontinuidades estructurales constituyen las principales rutas de migración idóneas para el movimiento de los hidrocarburos (Figura 3.8).

La evolución de las cuencas de evacuación de sal regionales y las soldaduras de sal representan elementos claves para la migración de hidrocarburos generados en rocas mesozoicas, los que se desplazan hacia las rocas almacén ubicadas estructuralmente por encima de la sal, las que están cubiertas por rocas sello, constituidos por lutitas (Oviedo, 2006).

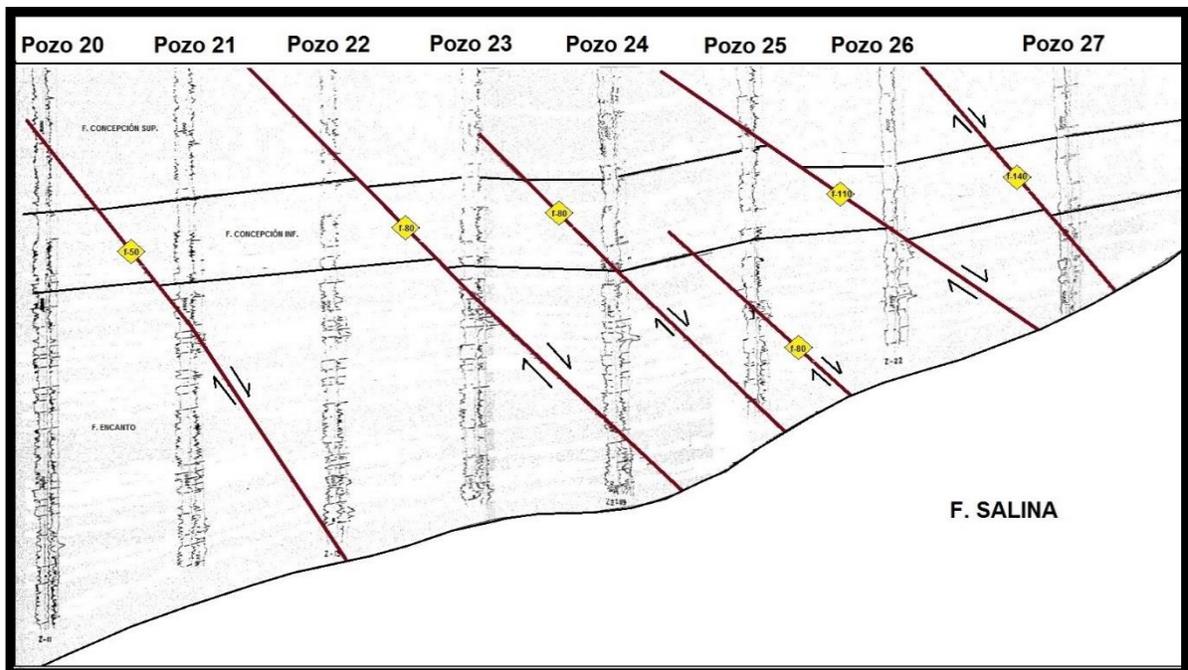


Figura 3.8 Rutas de migración del hidrocarburo en el Campo Cinco Presidentes (modificado de Ramírez, 1992).

### III.6 SINCRONÍA

El diagrama de la figura 3.9 muestra la interacción de los procesos y elementos del sistema petrolero con relación al tiempo, por lo que se incluye la edad geológica en la se efectuaron los mismos. En el caso del Campo Cinco Presidentes, los eventos que relacionaron al Play del mismo nombre corresponden al subsistema generador proveniente del Tithoniano y al de las rocas almacén de las formaciones Concepción Superior, Concepción Inferior y Encanto; el momento crítico ocurrió durante el Neógeno.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

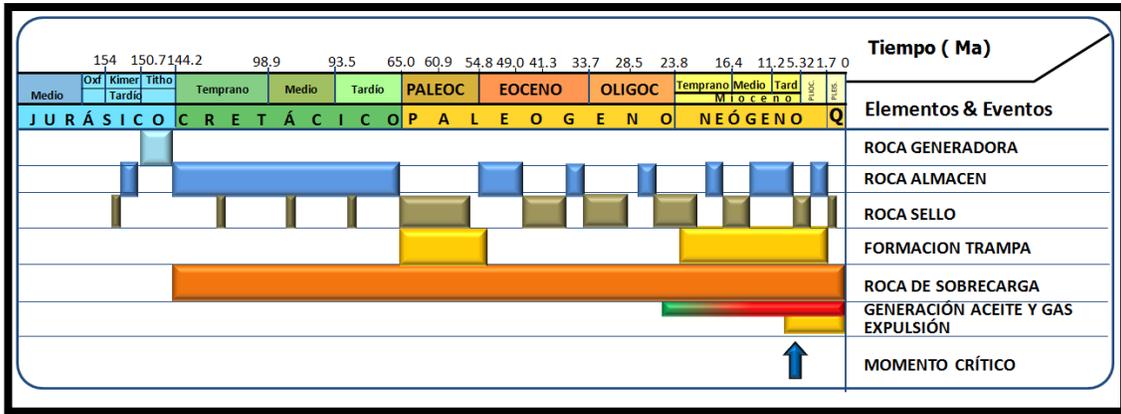


Figura 3.9 Diagrama de sincronía de los sistemas petroleros Tithoniano-Kimmeridgiano-Cretácico-Paleógeno-Neógeno (Robles, 2013).

**III.7 PLAY CINCO PRESIDENTES (PLIOCENO TEMPRANO 5.5 - 3.0 MA).**

La mayoría de los plays asociados a este campo se encuentran en areniscas turbidíticas de edad Neógeno, Paleoceno, en trampas combinadas y estructurales con rocas sello constituidas por lutitas.

El Play Cinco Presidentes está dividido en superior (3.0-3.8 Ma) e inferior (3.8- 5.5 Ma). La progradación de una cuña clástica originó una gran movilización de los cuerpos salinos del Mioceno y la evacuación de sal (Figura 3.10), con el correspondiente desarrollo de minicuenclas de sal, además de estructuras de extensión (fallas normales) durante el Plio Pleistoceno; las minicuenclas tienen un relleno grueso de lutitas y areniscas.

El Play Cinco Presidentes ha sido productor desde hace varias décadas, en sus diferentes yacimientos que se caracteriza por el tipo de fluidos, produciendo aceite negro, gas y condensado, gas húmedo no asociado y gas seco.

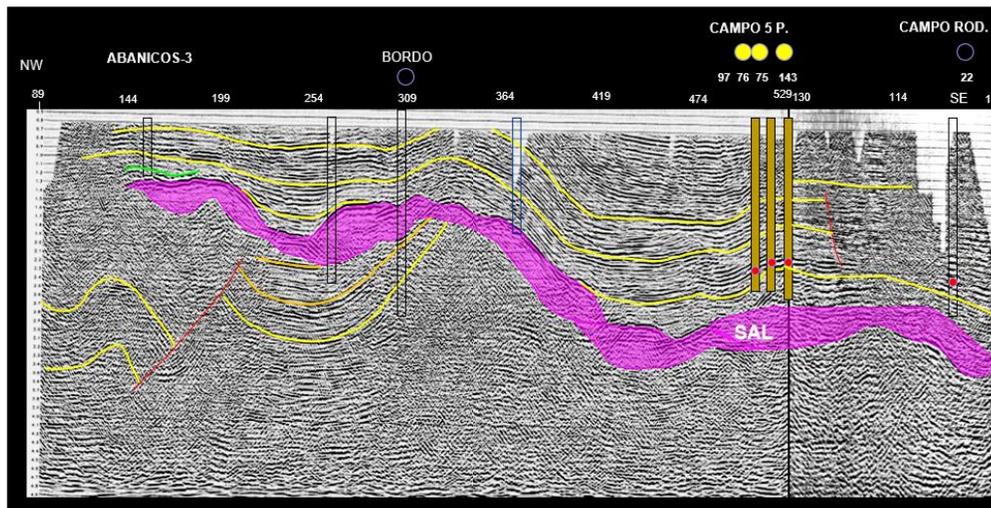


Figura 3.10 Deformación producida por el movimiento de la Sal en el Campo Cinco Presidentes (León, 2014).



#### IV. EVALUACIÓN DE LAS ROCAS ALMACENADORAS

Se entiende por yacimiento petrolero a la porción de una trampa petrolera que contiene hidrocarburos, comportándose como un sistema intercomunicado hidráulicamente, donde los hidrocarburos ocupan los poros de la roca almacenadora; los fluidos generalmente se encuentran a alta presión y temperatura, debido a la posición que ocupa dentro de la corteza terrestre.

En el Campo Cinco Presidentes existen yacimientos productores de aceite y gas, los cuales se encuentran distribuidos en bloques separados por fallas del tipo normal, asociados a la presencia de un diapiro. Para efectuar un análisis petrofísico del Campo se utilizó la información de registros geofísicos los cuales incluían SP y la normal corta Amplificada de Resistividad.

Basándose en la morfología de las curvas del registro de Potencial espontáneo (SP) y de Resistividad, Ramírez (1992) estableció secuencias de estratos en los cuales se entraron intervalos de sedimentación lo que permitió hacer divisiones en paquetes de areniscas de manera individual, así como definir las cimas de arenas productoras, las cuales permitieron observar la distribución de los fluidos en el campo, esto se realizó e interpretó de manera cualitativa (Figura 4.1).

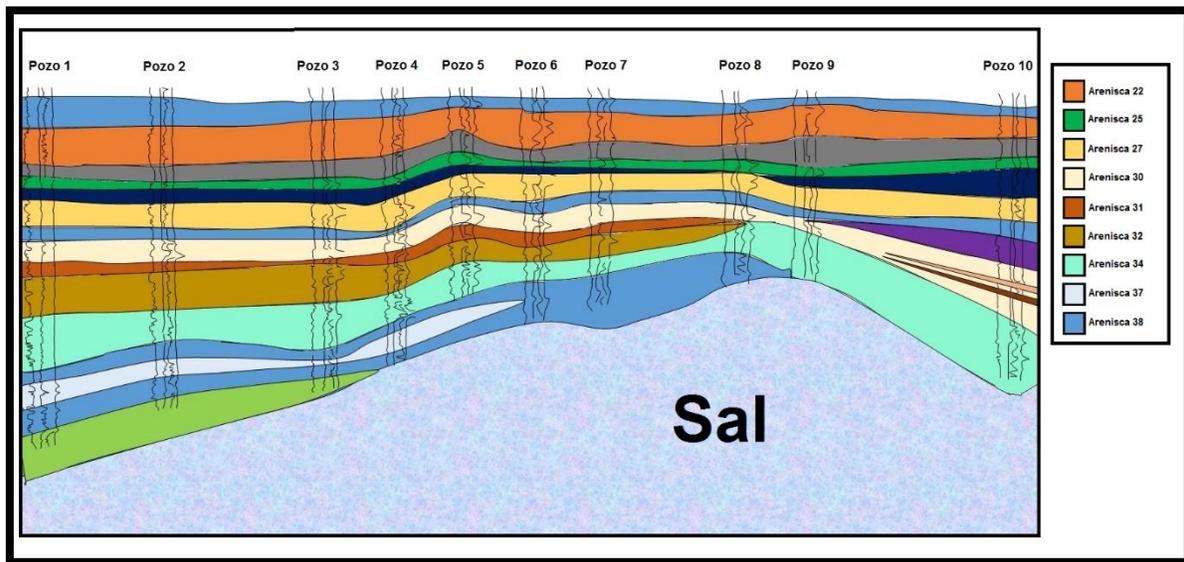


Figura 4.1 Diferentes horizontes de areniscas almacenadoras del Campo Cinco Presidentes (modificada de Ramírez, 1992).

En lo que respecta las propiedades petrofísicas, se tienen porosidades y permeabilidades altas, mismas que se obtuvieron a partir de los registros geofísicos de pozos.

Al efectuar la correlación de las rocas almacenadoras del campo, se realizó un análisis de las formaciones Concepción Superior, Concepción Inferior y Encanto, las cuales corresponde a facies almacenadoras en el campo, de las que se tienen

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

patrones de curvas de Potencial Natural y Resistividad, reflejando un ambiente de depósito de alta energía.

En la figura 4.2 se muestra el comportamiento clásico de los registros obtenidos en los pozos del Campo Cinco Presidentes. En el carril 1 observamos el registro SP; en el carril 2, abierto consistía de Potencial Natural (SP), Resistividades de Normal Corta y Normal Larga (SN & LN) y finalmente en el carril tres observamos la evaluación petrofísica.

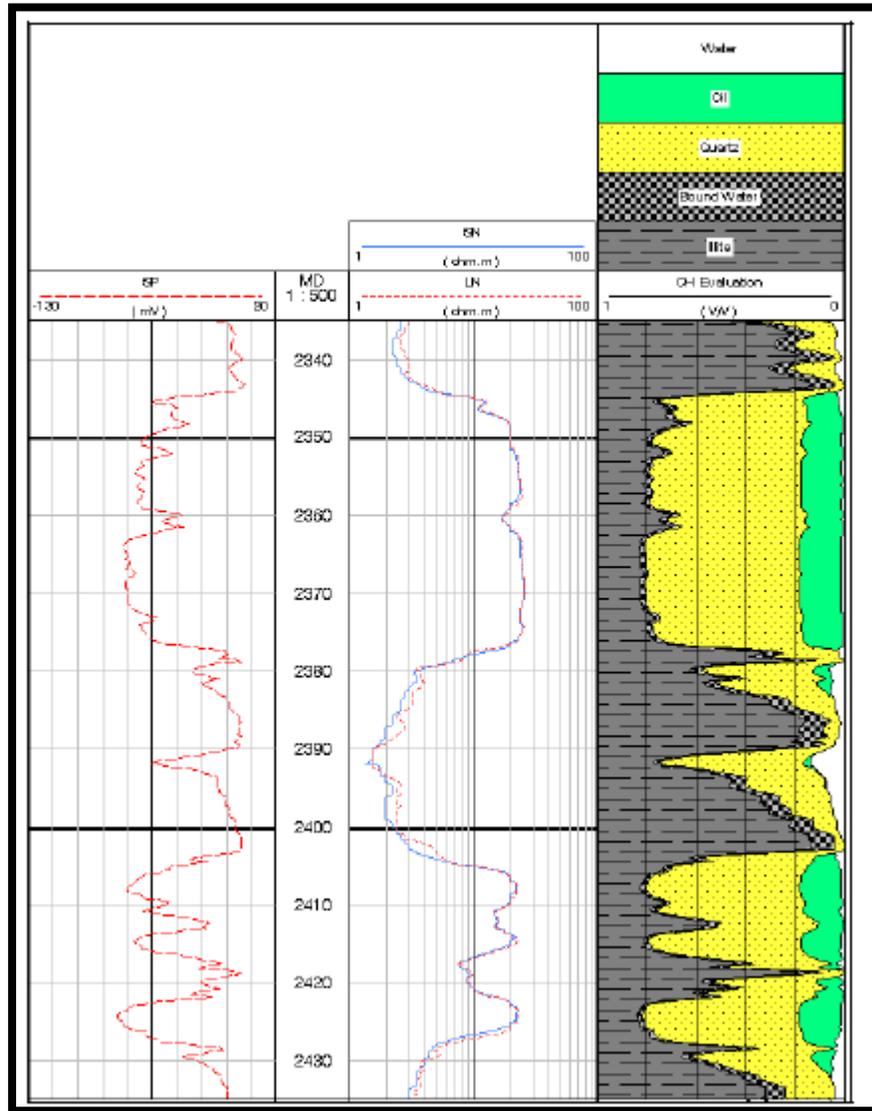


Figura 4.2 Tipo de registro utilizado en los pozos del Campo Cinco Presidentes (Ramos, 2005).

## ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN CONCEPCIÓN SUPERIOR

En la figura 4.3 observamos la morfología de la curva de Potencial Espontáneo y Resistividad de la Formación Concepción Superior, la cual forma un “embudo o campana Invertida”, en ocasiones no muy bien definida, teniendo un límite inferior gradual y superior abrupto, la que se explica por las delgadas intercalaciones de lutitas, por lo que se observa una disminución en el tamaño de grano, donde disminuye la energía del medio de depósito el que corresponde a un patrón característico de barras marginales formadas en un ambiente de depósito deltaico.

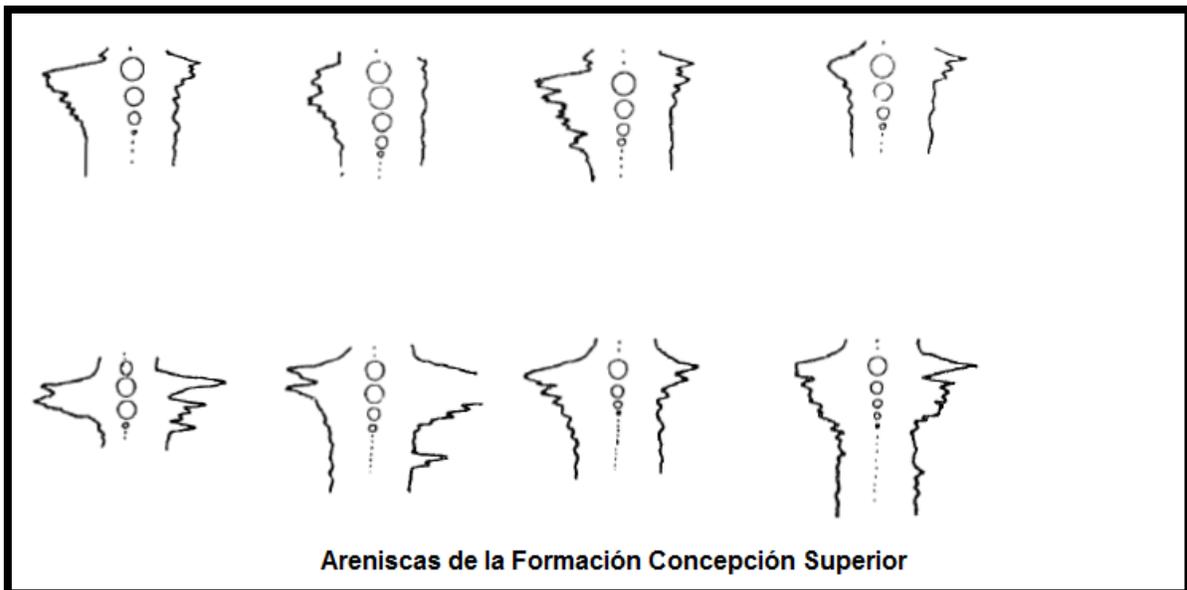


Figura 4.3 Morfología de las areniscas de la Formación Concepción Superior (modificada de Ramírez, 1992).

## ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN CONCEPCIÓN INFERIOR

En la figura 4.4 se muestra un conjunto de patrones del registro SP en los diversos pozos del Campo Cinco Presidentes referente a la Formación Concepción Inferior, así como la morfología de dichas areniscas, este paquete presenta intercalaciones de lutitas correspondientes a la Formación Concepción Inferior, dividiendo las intercalaciones en dos contactos uno superior gradual e inferior abrupto. En ocasiones se tiene la presencia de cuerpos de areniscas en forma de “Cajón o Bloque”; por lo que se asocia a un ambiente de depósito de canales distributarios en una planicie deltaica.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

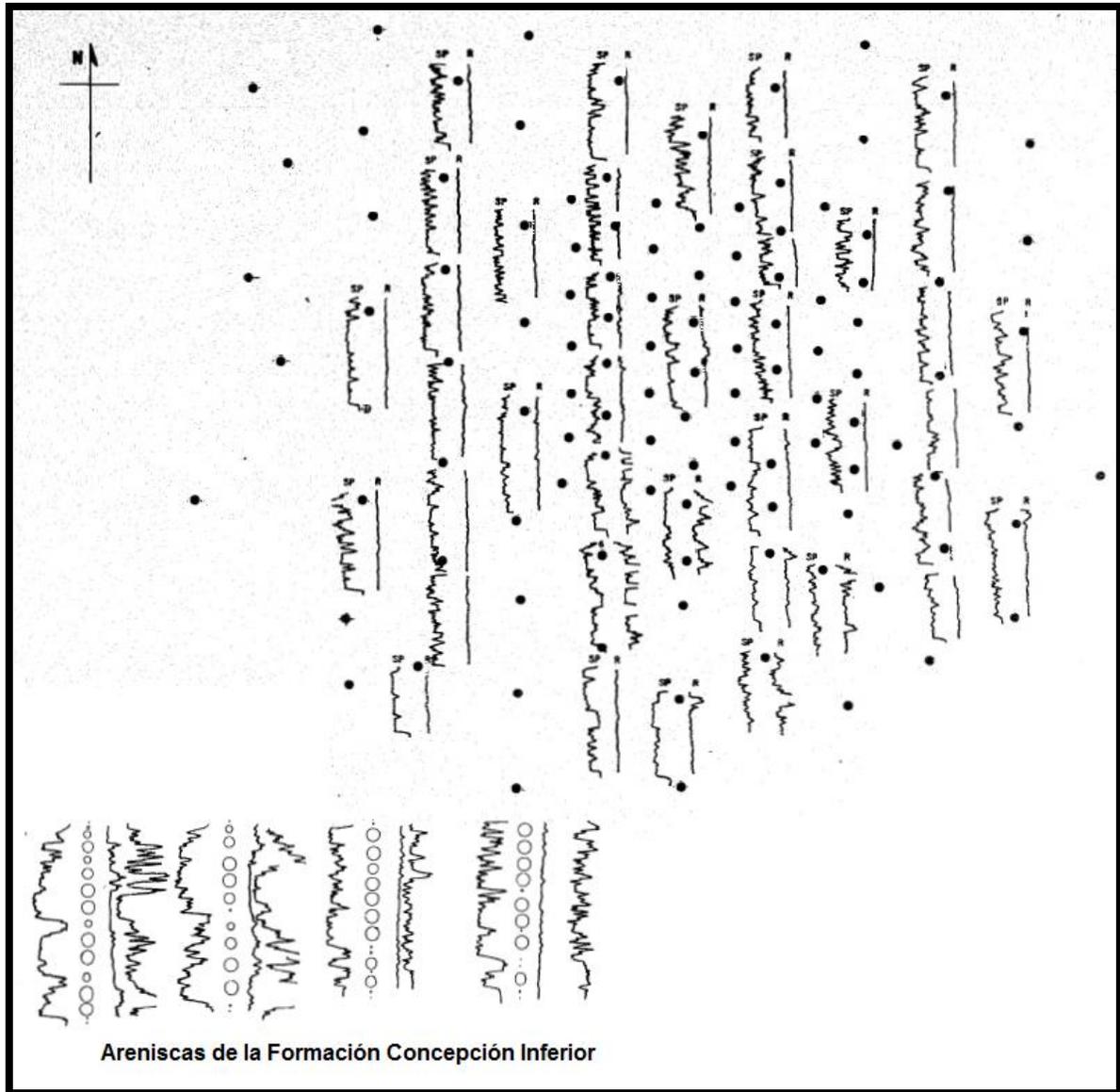


Figura 4.4 Comportamiento del registro SP y Resistividad en los pozos del Campo Cinco Presidentes (modificada de Ramírez, 1992).

En las figuras 4.5 y 4.6 se muestra el comportamiento de los yacimientos que componen al campo cinco presidentes de la Formación Concepción Inferior, los cuales corresponden con las areniscas 22 y 25 representadas por los yacimientos: VIII-A, IX-A, IX-A', X-A, X-B, X-C, XII-A, XII-A'', XII-B, XV-A, XV-A', XV-B; así como los contactos agua y aceite.

Se identificaron dos sistemas de fallamiento con orientación NE-SW, el primero con echado hacia el SE y el segundo hacia el NW. Las fallas normales con orientación NE-SW y echado hacia el SE son: 50, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140. Las fallas normales con orientación NE-SW y echado al SW son: 11, 44, 55, 77.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

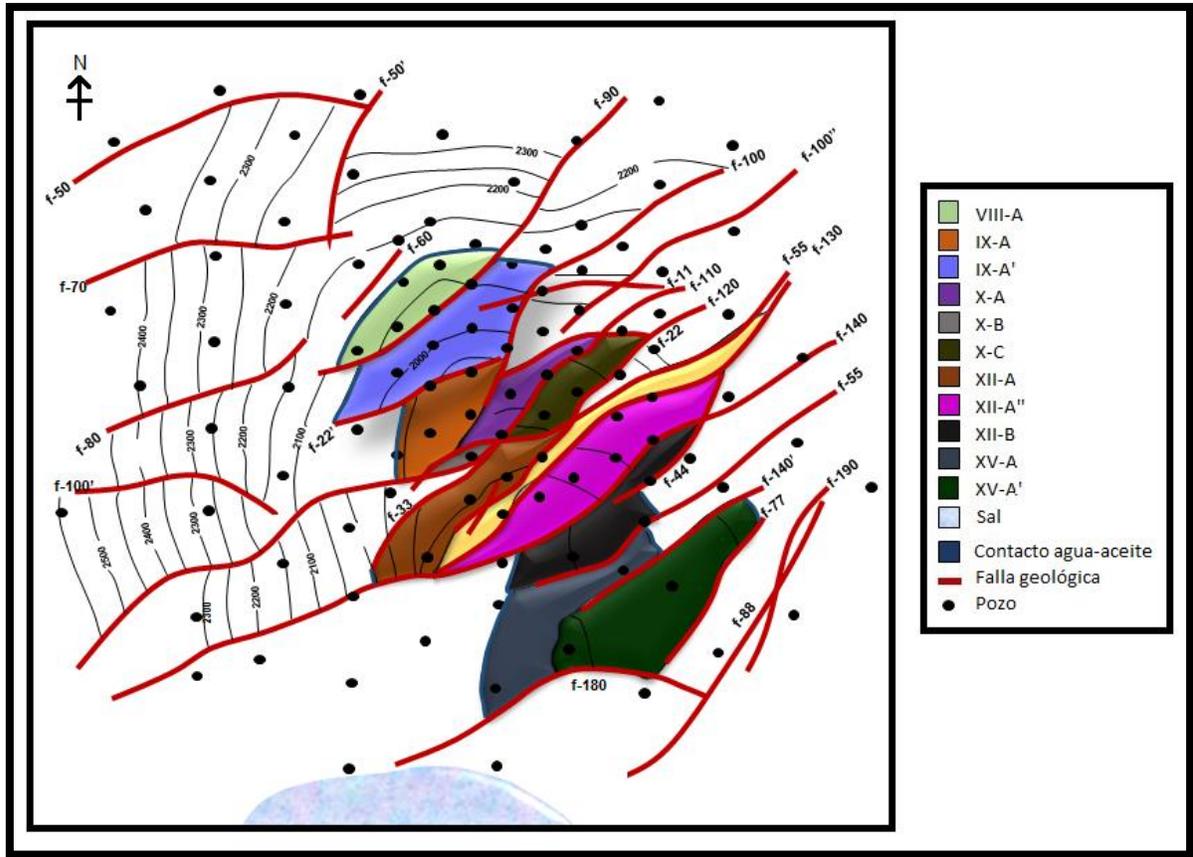


Figura 4.5 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 22 de la Formación Concepción Inferior, la que esta dislocada por numerosas fallas normales que separan a los distintos yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

En las tablas 4.1 y 4.2 se indica el tipo de yacimiento que componen a las areniscas 22 y 25 de la Formación Concepción Inferior localizada en el Campo Cinco Presidentes y las fallas normales que delimitan a cada uno de los yacimientos.

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VIII-A	f-90
IX-A	f-22', f-100, f-110, f-55
IX-A'	f-90, f-100, f-22'
X-A	f-22, f-110, f-55, f-110
X-B	f-110, f-55
X-C	f-110, f-120, f-22
XII-A	f-55, f-120, f-140, f-33
XII-A''	f-130, f-140, f-44
XII-B	f-140, f-44, f-55
XV-A	f-55, f-140', f-180
XV-A'	f-180, f-77, f-140'

Tabla 4.1 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 22 de la Formación Concepción Inferior.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

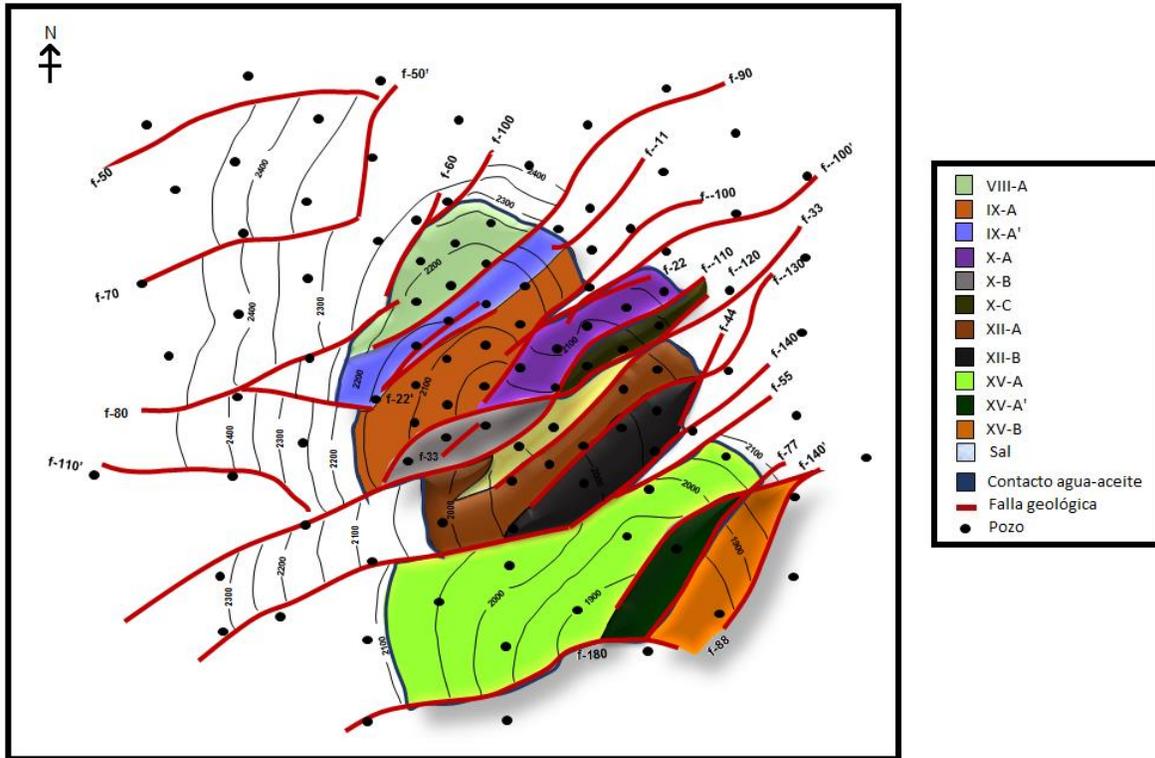


Figura 4.6 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 25 de la Formación Concepción Inferior, la que esta dislocada por numerosas fallas normales que separan a los distintos yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VIII-A	f-90, f-100, f-60, f-80
IX-A	f-11, f-100, f-33
IX-A'	f-11, f-22', f-90
X-A	f-22, f-100', f-33, f-100
X-B	f-110, f-33
X-C	f-33, f-110, f-120
XII-A	f-130, f-120, f-110
XII-B	f-130, f-44, f-140
XV-A	f-140, f-55, f-140'
XV-A'	f-80, f-77, f-140'
XV-B	f-77, f-140', f-88

Tabla 4.2 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 25 de la Formación Concepción Inferior.

## ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN ENCANTO

En la figura 4.7 se muestra una serie de imágenes de los patrones del registro SP de la Formación Encanto. Esta formación contiene una de las acumulaciones más importantes de hidrocarburos en el campo en estudio, los patrones que muestran las curvas de SP, muestran un comportamiento de un cuerpo de areniscas en forma de “cajón o bloque” mostrando delgadas intercalaciones de lutitas; la forma es típica de canales distributarios asociados a un frente deltaico.

El comportamiento de éste registro se reduce hacia la parte central del campo, donde su acumulación es bastante amplia en toda el área, dividiéndose en pequeños cuerpos de areniscas; en esta zona se localiza la mayor impregnación de hidrocarburos (Figura 4.8).



Figura 4.7 Morfología de las rocas almacenadoras pertenecientes a la Formación Encanto (modificada de Ramírez, 1992).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

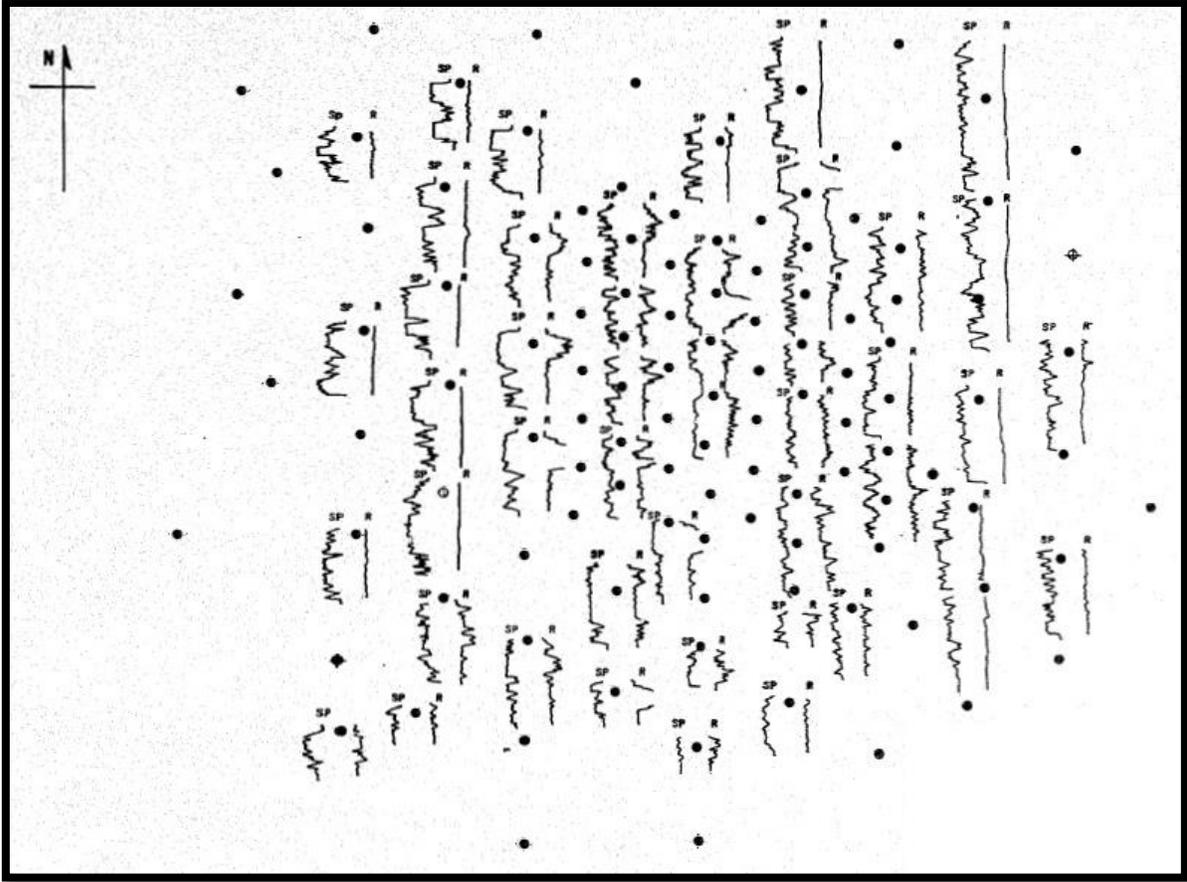


Figura 4.8 Patrones de los registro SP y Resistividad correspondiente a una arenisca productora de la Formación Encanto (modificada de Ramírez, 1992).

En las figuras 4.9 a 4.15 se muestra el comportamiento de yacimientos que componen a la Formación Encanto en el Campo Cinco Presidentes, los cuales son: VII-B, VIII-A, IX-A, X-A, X-B, X-C, XII-A, XII-A', XII-B, XII-B', XII-C, XV-A, XV-A', XV-B; así como el contacto agua aceite, el conjunto de fallas normales y a la Formación Salina.

Las fallas son normales y tienen orientación general NE-SW con echado hacia el SE son: 50', 50, 60, 70, 80, 88, 90, 100, 100', 100'', 110, 140, 140'. Las fallas normales con orientación NE-SW y echado al SW son: 11, 22, 33, 77 (Tabla 4.3 a 4.9).

En los pozos del campo productoras en formación se presentan porosidades y permeabilidades altas debido al tamaño de grano de las areniscas.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

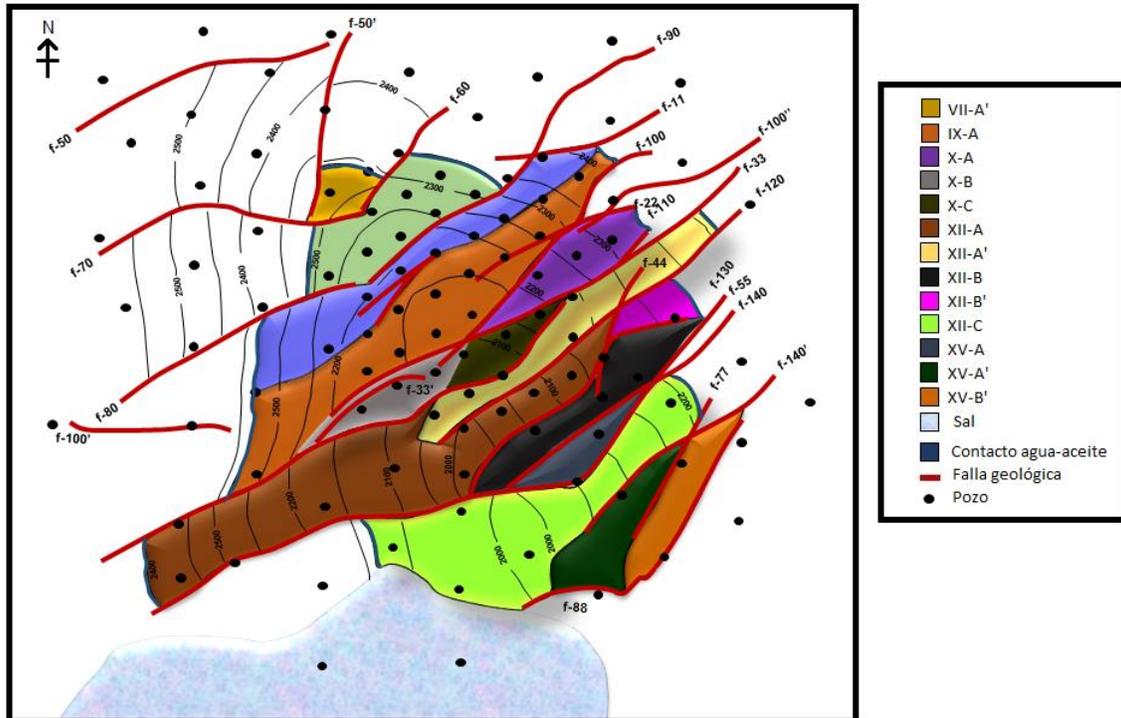


Figura 4.9 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 27 de la Formación Encanto, la que se presenta dislocada por numerosas fallas normales que separan a los diferentes yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VII-A'	f-50', f-70, f-60
IX-A	f-22, f-33, f-100, f-110
X-A	f-22, f-33, f-100'', f-110
X-B	f-33, f-33', f-110
X-C	f-33, f-110
XII-A	f-110, f-55
XII-A'	f-44, f-55, f-120
XII-B	f-44, f-55, f-130, f-140
XII-B'	f-44, f-120, f-130
XII-C	f-55, f-140'
XV-A	f-77, f-140'
XV-A'	f-55, f-140
XV-B'	f-88, f-140'

Tabla 4.3 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 27 de la Formación Encanto.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

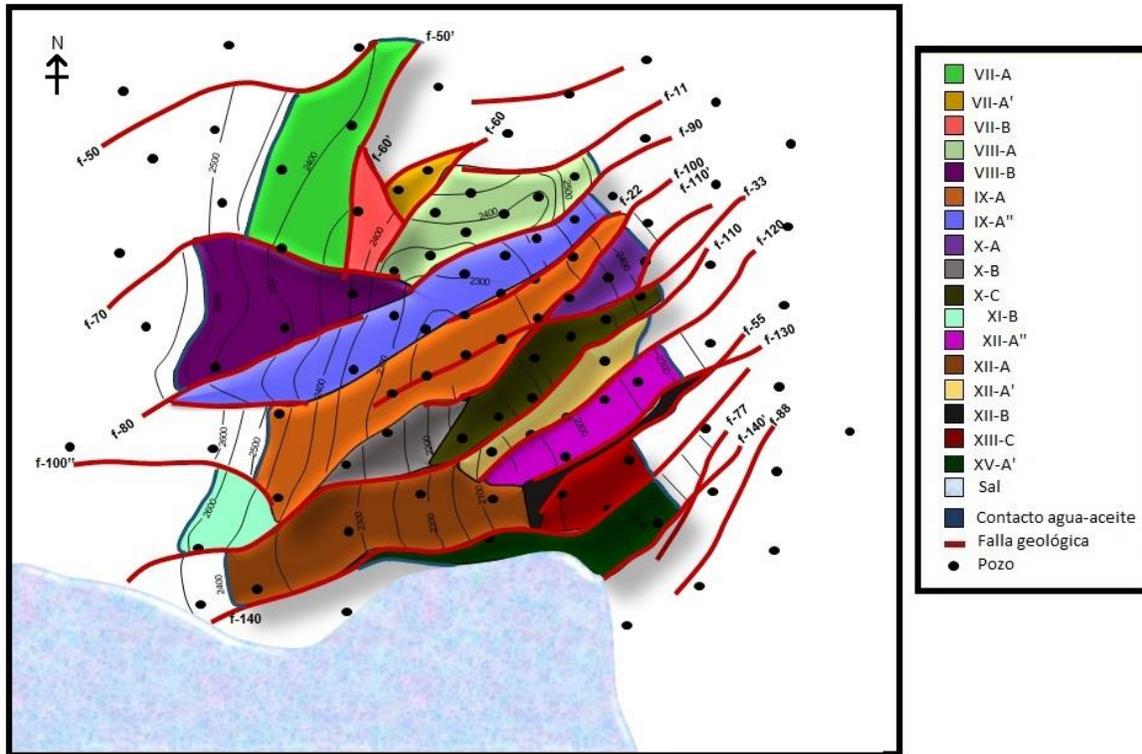


Figura 4.10 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 30 de la Formación Encanto, la que se presenta dislocada por numerosas fallas normales que separan a los distintos yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VII-A	f-50, f-50', f-70
VII-B	f-50', f-60, f-70
VIII-B	f-70, f-80, f-90
IX-A	f-22, f-33, f-100
IX-A''	f-22, f-80, f-90
X-A	f-100- f-110'
X-B	f-100, f-110
X-C	f-33, f-110
XI-B	f-100'', f-110
XII-A	f-110, f-140
XII-A'	f-110, f-120
XII-A''	f-120, f-130
XII-B	f-55, f-130
XIII-C	f-55, f-140
XV-A'	f-140, f-140'

Tabla 4.4 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 30 de la Formación Encanto.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

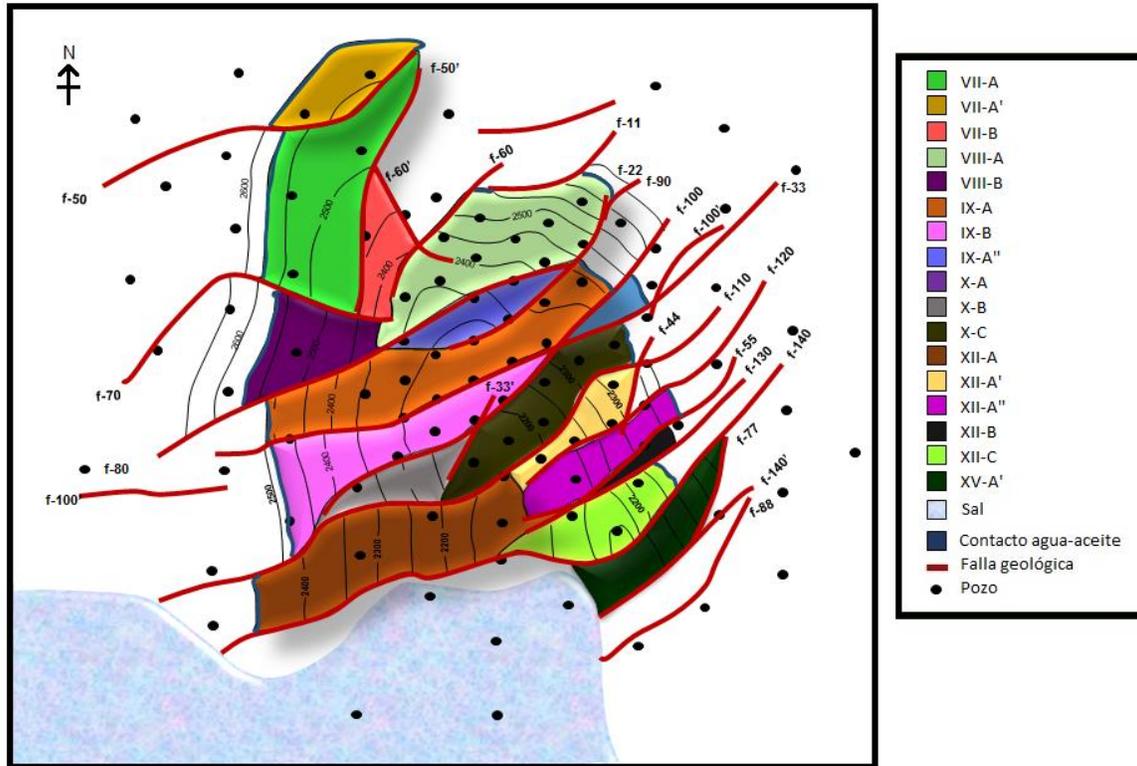


Figura 4.11 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 31 de la Formación Encanto, separada por fallas normales que dividen a los diferentes yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VII-A	f-50, f-50', f-70,
VII-B	f-50', f-60, f-60', f-70
VIII-A	f-11, f-90, f-60, f-70
VIII-B	f-70, f-80
IX-A	f-80, f-33
IX-A''	f-80
IX-B	f-33, f-100
X-A	f-70, f-80
X-B	f-100, f-110
X-C	f-100, f-110
XII-A	f-110, f-140
XII-A'	f-44, f-110
XII-A''	f-55, f-120
XII-B	f-55, f-130
XII-C	f-130, f-140
XV-A'	f-77, f-140, f-140'

Tabla 4.5 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 31 de la Formación Encanto.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

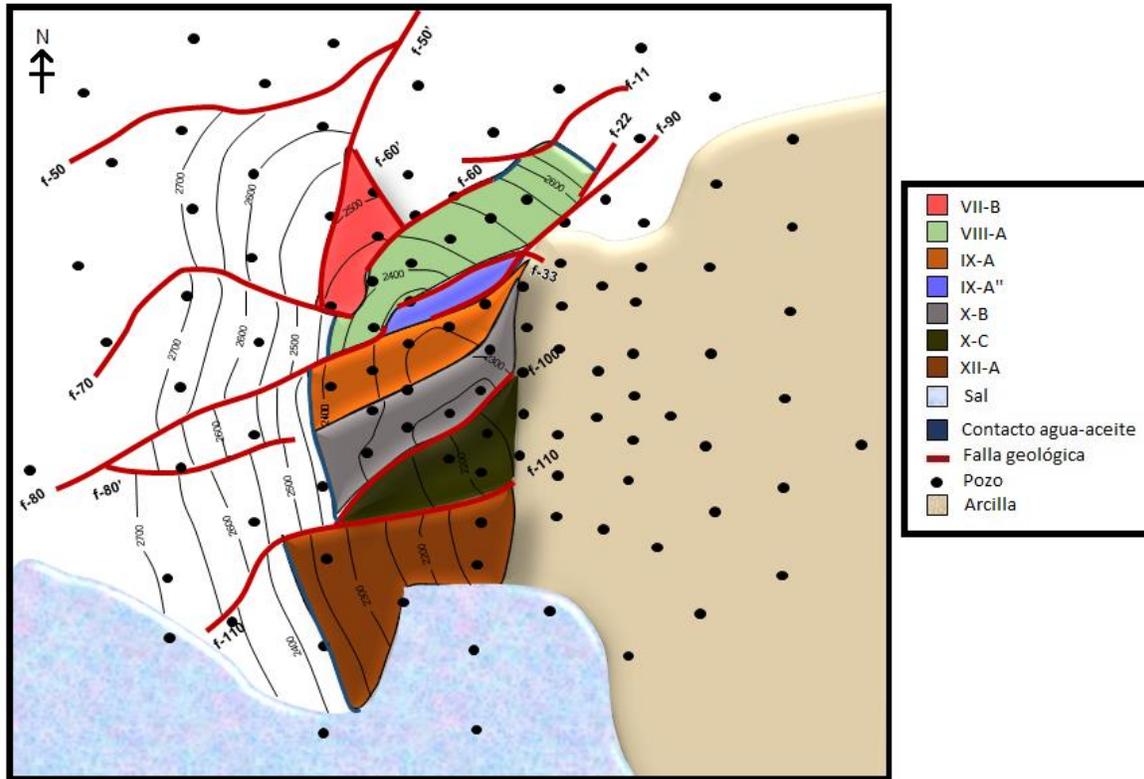


Figura 4.12 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 32 de la Formación Encanto, dislocada por fallas normales que dividen a los diferentes yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VII-B	f-50'
VIII-A	f-11, f-22, f-60, f-90,
IX-A	f-80, f-90
IX-A''	f-33, f-90
X-B	f-100
X-C	f-110, f-110'
XII-A	f-110

Tabla 4.6 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 32 de la Formación Encanto.



EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

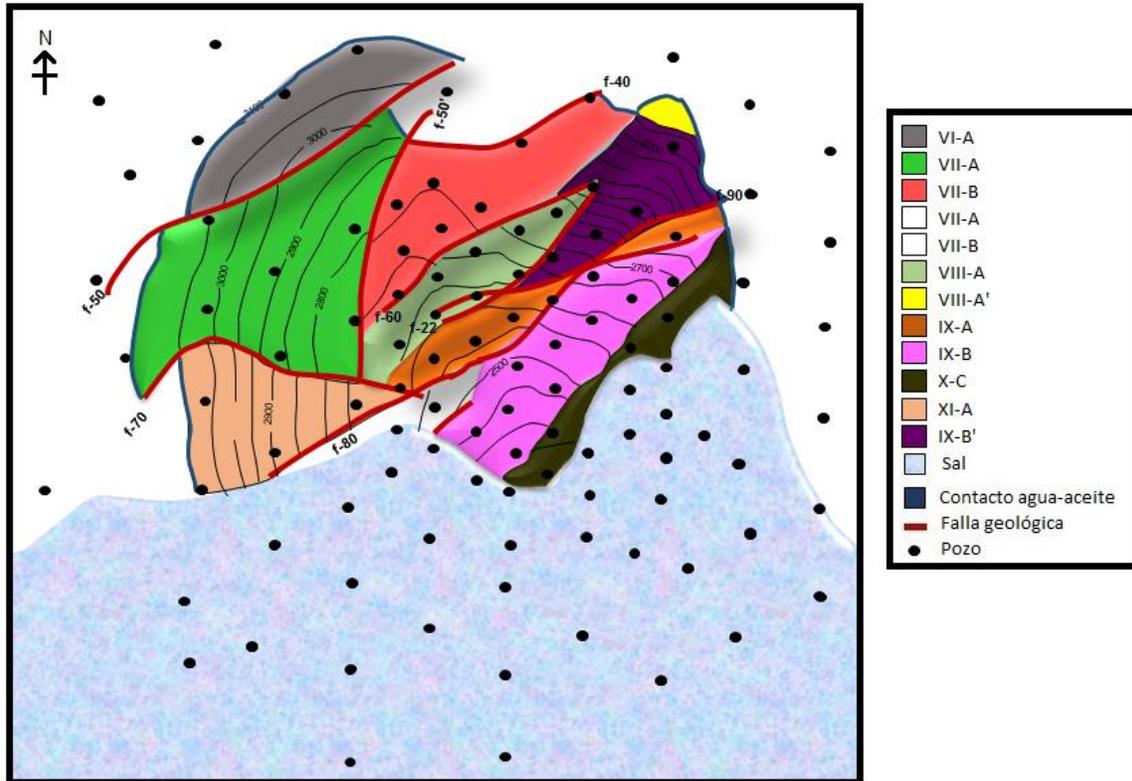


Figura 4.14 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 37 de la Formación Encanto, que se presenta afectada por numerosas fallas normales que separan a los diferentes yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VI-A	f-50
VII-A	f-50', f-70
VII-B	f-40, f-50', f-60
VIII-A	f-22, f-33, f-60
VIII-A'	Ninguna
IX-A	f-22, f-80, f-90,
IX-B	f-33, f-80, f-90
IX-B'	f-22, f-33, f-60, f-90,
X-C	Ninguna
XI-A	f-70, f-80

Tabla 4.8 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 37 de la Formación Encanto.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

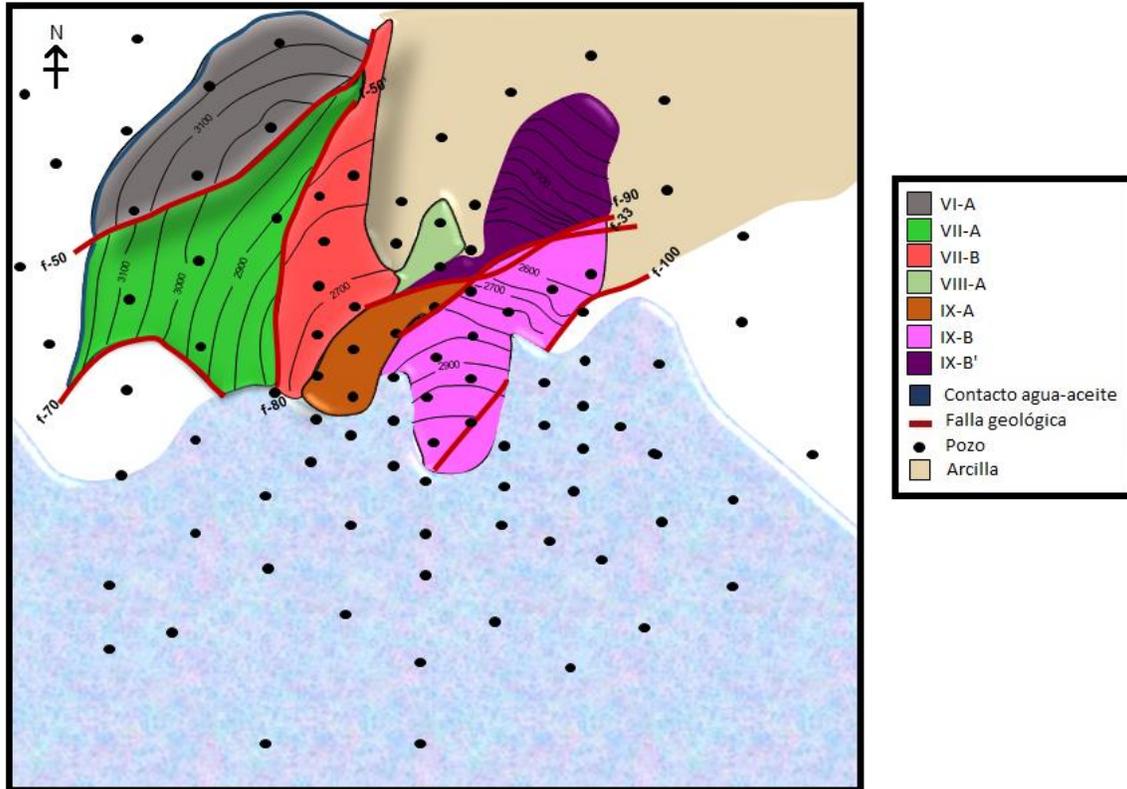


Figura 4.15 Mapa de contornos estructurales de la Arenisca 38 de la Formación Encanto, que se presenta afectada por fallas normales que separan a los diferentes yacimientos (modificada de Ramírez, 1992).

Yacimiento	Fallas que lo delimitan
VII-A	f-50
VII-A	f-50, f-50', f-60
VII-B	f-50', f-90
VIII-A	Ninguna
IX-A	f-33, f-90,
IX-B	f-33, f-90, f-100
IXB'	f-33, f-90

Tabla 4.9 Yacimientos correspondientes a la Arenisca 38 de la Formación Encanto.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Se identificaron dos sistemas de fallamiento del tipo normal con orientación NE-SW, el primero con echado hacia el SE y el segundo con echado hacia el NW.

En la figura 4.16 y 4.17 se presenta una comparación de las morfologías del registro de Potencial Espontáneo con las formaciones almacenadoras, se observa una forma de “Embudo”; otra forma característica es la de “bloque o cajón”, presenta en la parte central del campo, lo que le da un carácter tabular a estas areniscas, aunque en algunos casos sufren adelgazamientos o acuñaamientos hacia la parte alta de la sal. Las morfologías indican el ambiente de depósito del Campo Cinco Presidentes mismo que corresponde a una planicie deltaica con sus diferentes canales distributarios.

Las formas de las curvas de SP y resistividad proporcionaron un sobre el comportamiento de cuerpos arenosos en todo el campo, los mayores espesores se localizan en la parte SE y los menores en la NW por lo que se determina que el aporte de los sedimentos provino del SE hacia el NW.

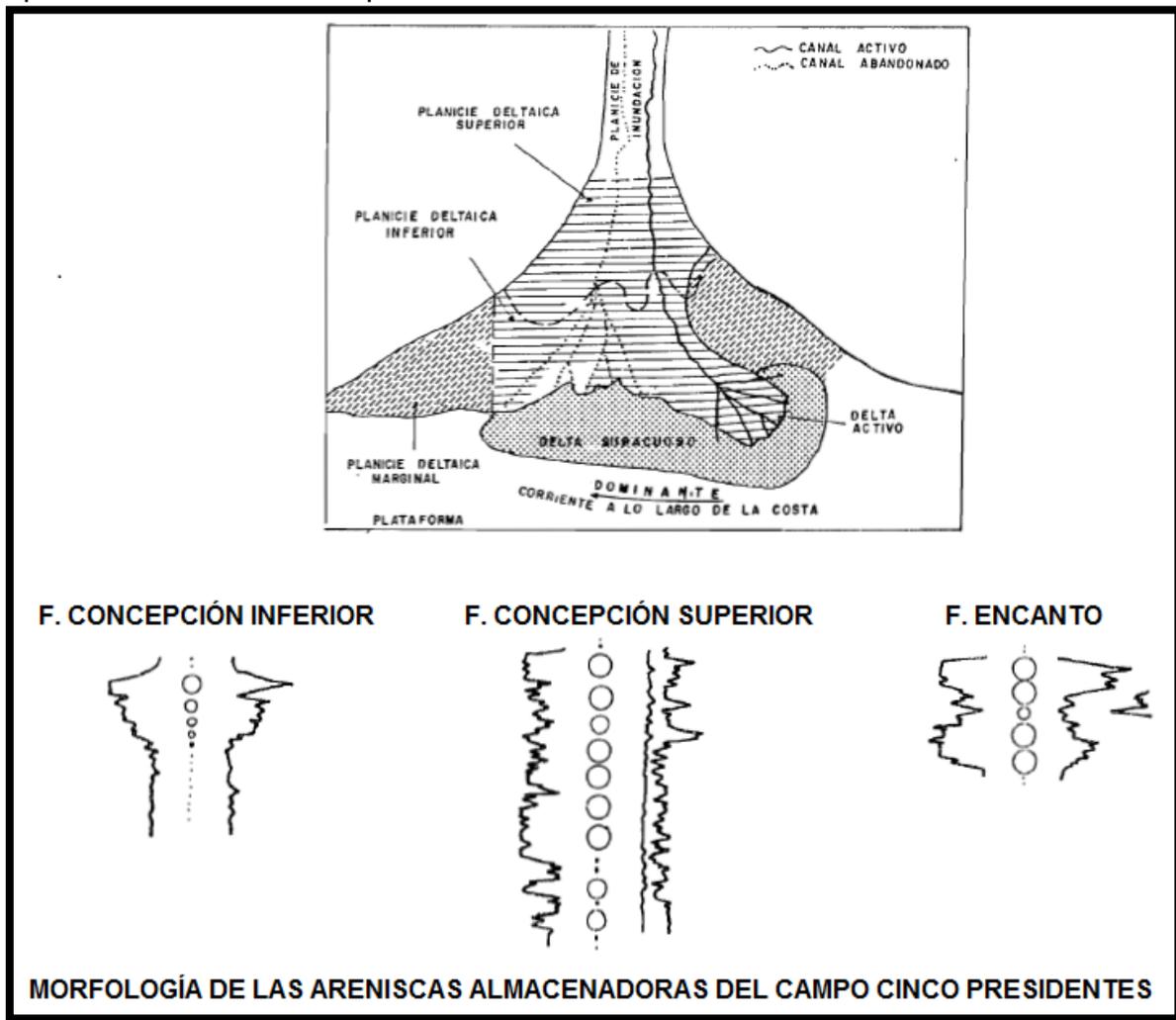


Figura 4.16 Morfología de las areniscas almacenadoras del Campo Cinco Presidentes (modificado de Coleman, 1982; Ramírez, 1992).

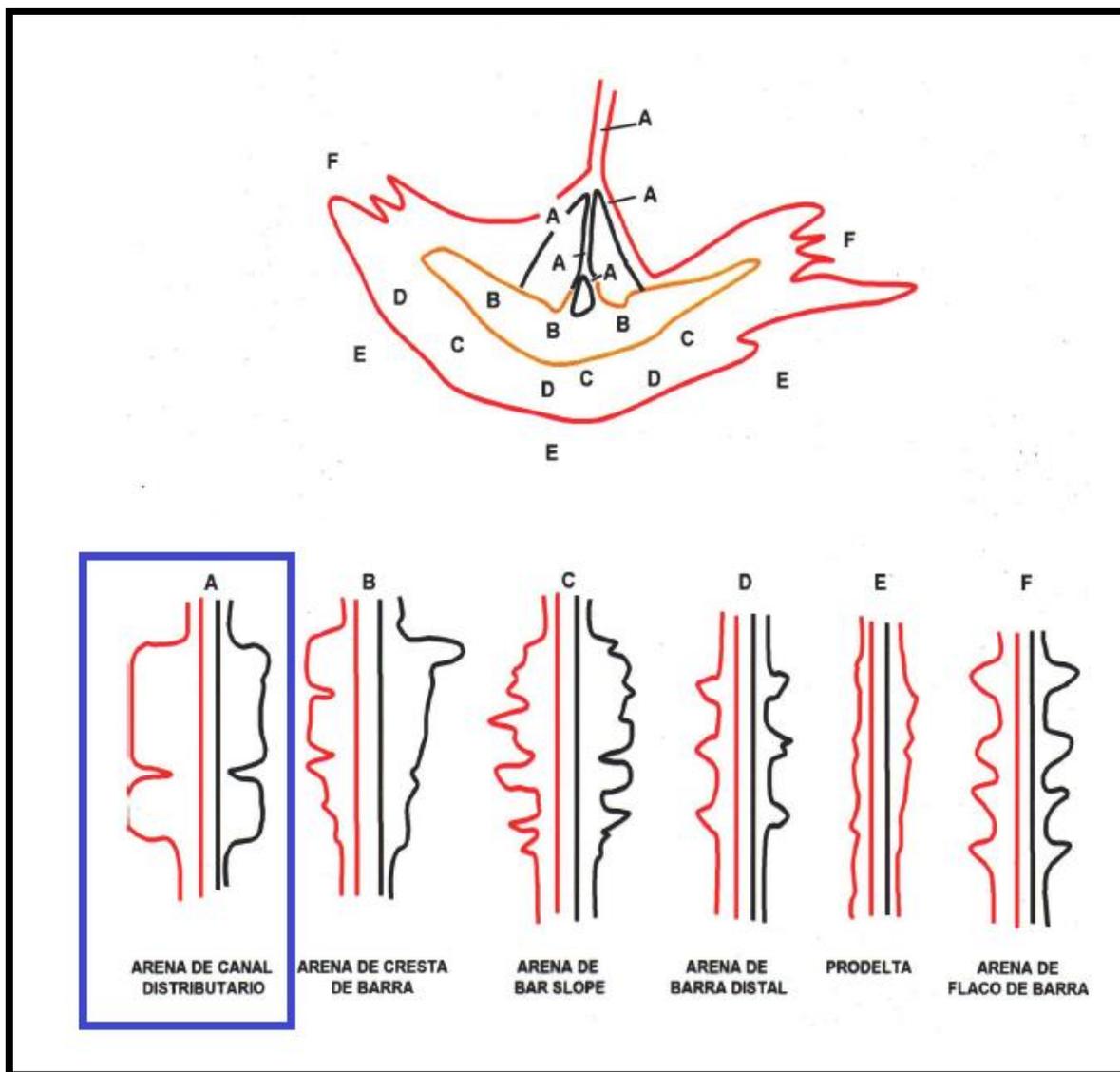


Figura 4.17 Ejemplo de areniscas de un delta (Martell, 2013).

# CAPÍTULO 5

## ASPECTOS ECONÓMICOS



## V. ASPECTOS ECONÓMICOS.

En el año 2015 PEP (PEMEX Exploración y Producción) es un operador que tiene actividad de exploración y Producción Petrolera con cuatro regiones, las cuales se organizan en activos. Un activo es una unidad encargada de maximizar el valor económico, mediante la explotación racional de los yacimientos, optimizando los costos de operación y logrando mayor eficiencia en las inversiones. Tiene como objetivo cumplir con los programas de producción y distribución de aceite y gas, aplicando las normas y procedimientos de seguridad ambiental y ecología.

Operativamente la región Sur está dividida en un activo regional exploratorio y los activos integrales Cinco Presidentes, Bellota-Jujo, Macuspana, Muspac y Samaria Luna (Figura 5.1).

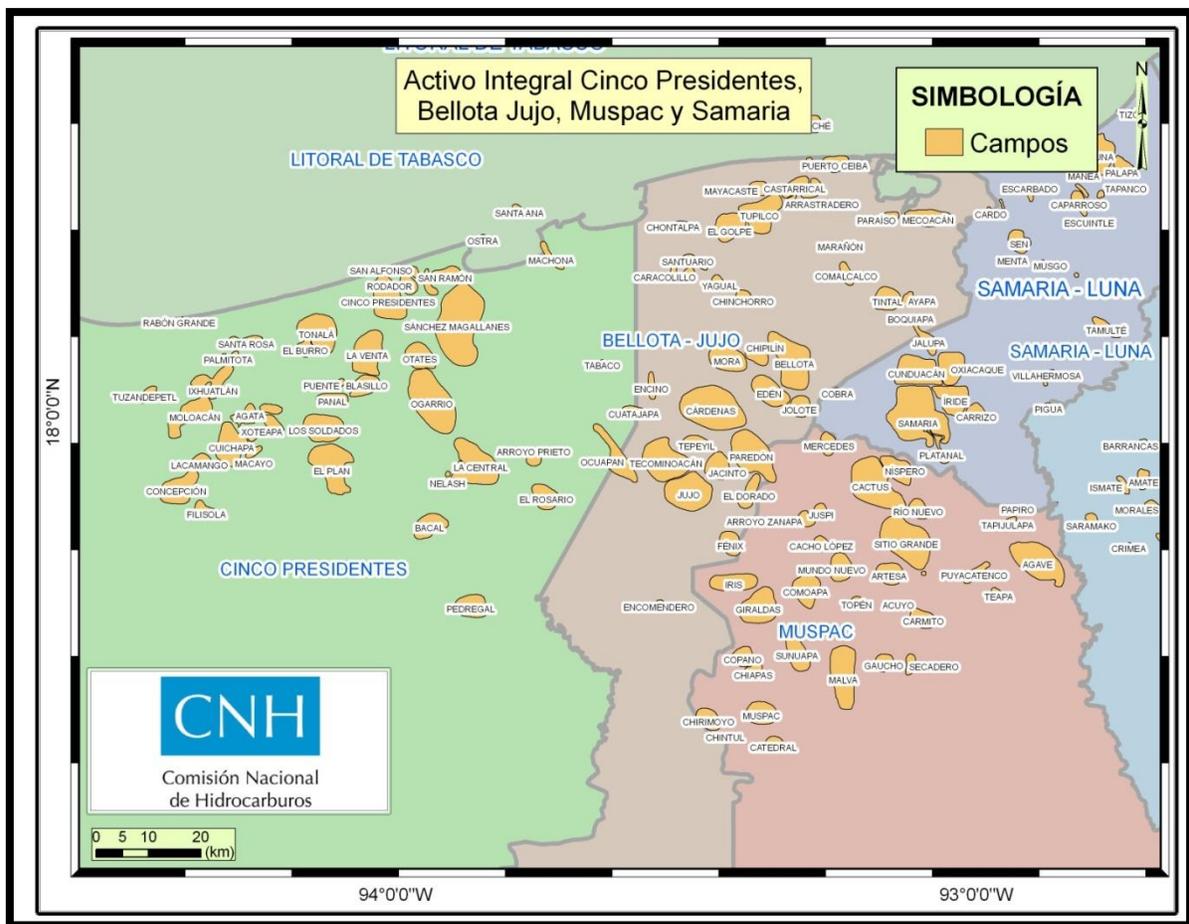


Figura 5.1. Localización de Activos Integrales de la Región Sur (CNH, 2012).

La función principal del Activo Integral Cinco Presidentes es extraer los hidrocarburos del subsuelo, almacenándolos en baterías y tanques para su posterior transportación a puntos de venta en las terminales marítimas de Salina Cruz, Oaxaca y Pajaritos en Coatzacoalcos, Veracruz (Carrasco, 2009).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

El activo Integral Cinco Presidentes actualmente está constituido por los siguientes 24 campos que están en operación: Ágata, Arroyo Prieto, Arroyo Blanco, Bacal, Blasillo, Brillante, Cerro Nanchital, Cinco Presidentes, Cuichapa, Concepción, El Plan, Filisola, Guaricho, Ixhuatlán, La Central, Lacamango, Los Soldados, La Venta, Sánchez Magallanes, Moloacán, Nelash, Tonalá, El Burro, Ogarrío, Otates, Palmitota, Rabasa, Rodador, San Ramón, Santa Rosa y Tiumut. El tipo de aceite que se produce en los yacimientos varía de: aceite negro, gas y condensado, gas húmedo no asociado y gas seco (Figura 5.2).

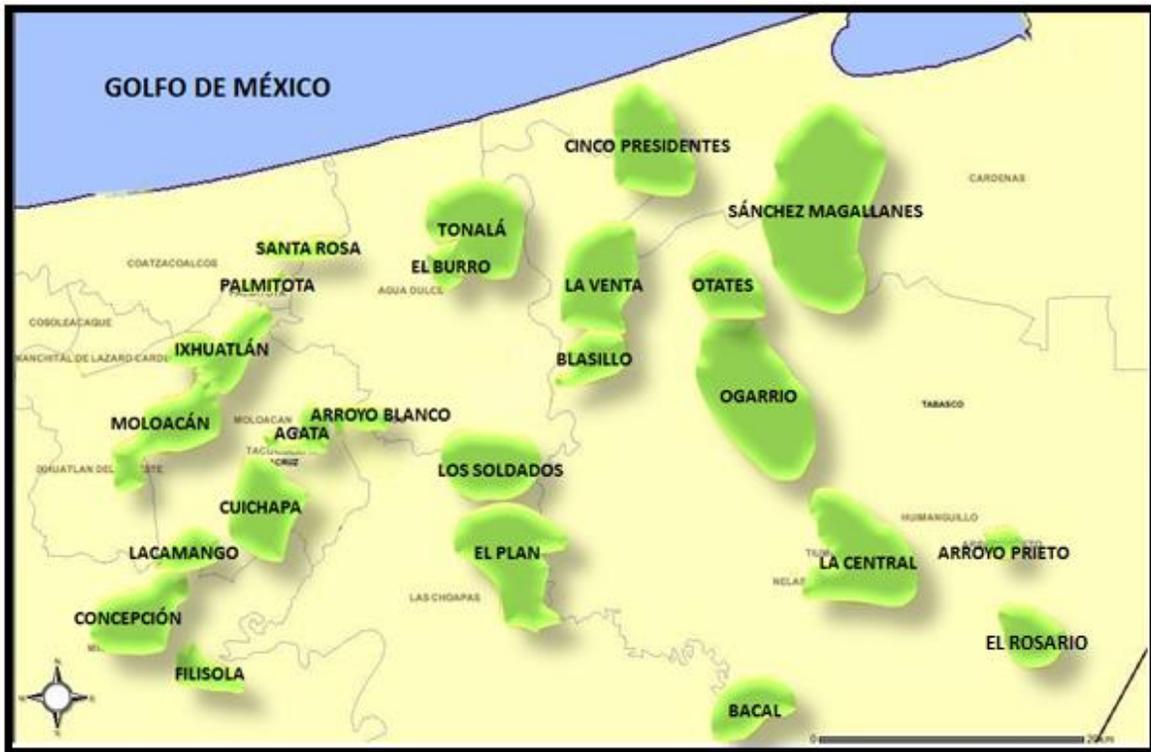


Figura 5.2 Localización geográfica de los campos que conforman al Activo Integral Cinco Presidentes (modificado de Rojas, 2010).

El activo cuenta con un total de 4522 pozos en los que se incluyen las últimas perforaciones de desarrollo en los campos Rodador, Magallanes y los recientes campos descubiertos, logro obtenido al interpretar adecuadamente parte de la sísmica 3D disponible (Pérez, 2006).

La producción nacional de crudo y gas proviene en su mayoría de campos que han entrado en la etapa de madurez, como ejemplo de ello tenemos el caso del Campo Cinco Presidentes, el cual debido a la disminución de producción, se requieren de implementar técnicas que permitan la recuperación secundaria y mejorada de los mismos.

## V.1 HISTORIA DE PRODUCCIÓN

En la tabla 5.1 se muestra la productividad de aceite en mbd del Campo Cinco Presidentes de su inicio, hasta el año 2014 mostrando una importante declinación en el mismo.

Fecha de producción.	Aceite (mbd).	Fecha de producción.	Aceite (mbd).
30/06/1963	18.24	30/09/1989	7.73
30/11/1964	55.77	30/11/1990	8.90
28/02/1965	60.20	30/11/1991	10.51
31/12/1966	53.09	31/05/1992	11.43
31/10/1967	63.19	31/05/1993	8.59
31/12/1968	63.28	30/06/1994	8.58
31/01/1969	60.49	30/06/1995	6.88
31/03/1970	52.93	30/06/1996	7.77
31/05/1971	44.29	31/01/1997	7.17
31/10/1972	38.82	31/05/1998	7.02
31/03/1973	33.96	31/03/1999	7.44
28/02/1974	28.41	31/12/2000	7.10
31/08/1975	19.64	31/05/2001	7.21
30/06/1976	18.51	31/12/2002	9.44
30/06/1977	17.57	31/01/2003	9.93
31/05/1978	18.12	31/08/2004	4.92
31/03/1979	16.80	31/12/2005	4.19
31/05/1980	14.98	31/05/2006	4.58
31/03/1981	13.69	31/05/2007	3.98
30/06/1982	11.14	31/12/2008	4.22
28/02/1983	9.75	30/11/2009	6.10
31/03/1984	9.97	30/06/2010	8.92
30/06/1985	9.05	31/08/2011	11.06
31/01/1986	8.44	30/06/2012	12.06
31/08/1987	7.78	31/01/2013	13.12
31/08/1988	7.40	31/01/2014	8.03

Tabla 5.1 Serie histórica de producción de aceite del Campo Cinco Presidentes de 1963-2014 (CNH, 2015).

En la figura 5.3 se muestra que desde sus inicios de producción, este Campo fue uno de los más importantes de la Región Sur, extrayéndose en él de 50 a 60 mbd; la producción alcanzó un nivel alto entre los años 1960 a 1970, posteriormente su producción fue disminuyendo con variaciones iniciales importantes.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

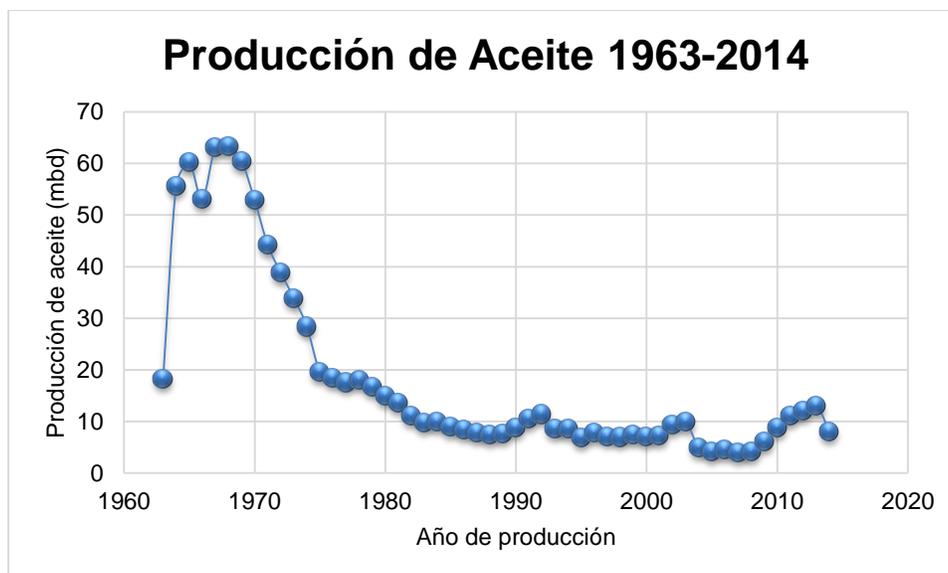


Figura 5.3 Serie histórica de producción de aceite del Campo Cinco Presidentes de 1963-2014 (CNH, 2015).

En la tabla 5.2 se representa la producción de gas en mmpcd del Campo Cinco Presidentes, desde su inicio de producción en 1963 hasta el año 2014 estimando una producción de 50 a 100 mmpcd (Figura 5.4).

Fecha de producción.	Gas (mmpcd).	Fecha de producción.	Gas (mmpcd)	Fecha de producción.	Gas (mmpcd)	Fecha de producción.	Gas (mmpcd)
1963	18.16	1976	28.00	1989	10.47	2002	9.40
1964	51.66	1977	18.47	1990	9.78	2003	8.00
1965	85.47	1978	18.78	1991	21.27	2004	4.97
1966	90.07	1979	15.94	1992	24.33	2005	8.89
1967	100.21	1980	10.97	1993	20.01	2006	5.85
1968	103.01	1981	10.99	1994	11.79	2007	4.25
1969	105.06	1982	9.92	1995	7.58	2008	4.00
1970	89.10	1983	10.93	1996	6.43	2009	6.71
1971	74.84	1984	11.19	1997	9.34	2010	11.07
1972	72.67	1985	9.39	1998	6.95	2011	17.93
1973	63.59	1986	10.61	1999	6.09	2012	18.99
1974	54.00	1987	10.62	2000	5.23	2013	19.92
1975	36.80	1988	10.86	2001	6.10	2014	13.65

Tabla 5.2 Serie histórica de producción de gas del Campo Cinco Presidentes de 1963-2014 (CNH, 2015).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

En la figura 5.4 observamos que al igual que la producción de aceite este campo alcanzó su máximo pico de producción en gas entre los años 1960 y 1970, con una tendencia a la baja hacia los años 1980, misma que se ha mantenido hasta la actualidad.

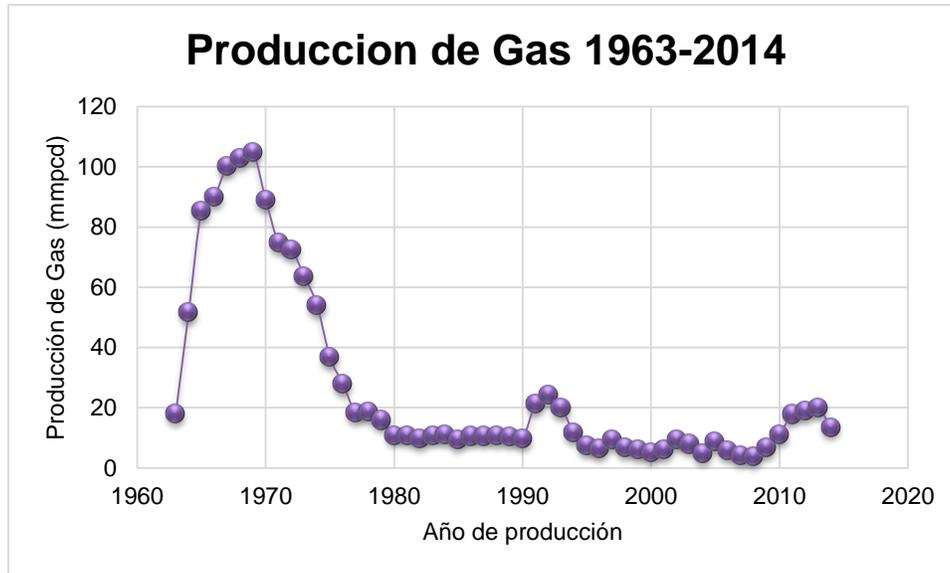


Figura 5.4 Serie histórica de producción de gas del Campo Cinco Presidentes de 1963-2014 (CNH, 2015).

## V.2 VOLUMEN ORIGINAL 3P, PRODUCCIÓN ACUMULADA, RESERVA REMANENTE DE GAS Y ACEITE.

En la tabla 5.3 se muestra el Volumen Original 3P, la Producción Acumulada y la Reserva Remanente de gas y aceite de los Activos que integran la Región Sur.

En el Activo Integral Cinco Presidentes, los valores reflejados son 7325.1 mmb, 6703.9 mmpc de Volumen Original, una Producción Acumulada de 1883.6 mmb, 2310.6 mmpc y 2324.1 mmb de PCE; reserva remanente de aceite de 193.7 mmb de 1P, 236.7 2P y 345.3 3P, finalmente reservas remantes de gas correspondientes a 305.6 1P, 375.7 2P y 535.3 3P.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Activo	Volumen original total 3P		Producción acumulada			Reserva remanente aceite			Reserva remanente gas		
	Aceite (mmb)	Gas (mmpc)	Aceite (mmb)	Gas (mmpc)	PCE (mmb)	1P (mmb)	2P (mmb)	3P (mmb)	1P (mmpc)	2P (mmpc)	3P (mmpc)
<b>Cinco Presidentes</b>	7325.1	6703.9	1883.6	2310.6	2324.1	193.7	236.7	345.3	305.6	375.7	535.3
<b>Bellota-Jujo</b>	13590.5	19457.5	3191.2	4977.1	4435.8	832.8	1120.4	1228.5	1772.2	2164.5	2338.5
<b>Macuspana Muspac</b>	6224.1	30399.5	1857.4	15941.7	5497.0	125.2	191.7	270.4	1263.8	1599.5	2160.4
<b>Samaria Luna</b>	13578.0	21956.9	3654.5	6994.8	5422.8	987.7	1148.5	1484.3	2688.1	3097.0	3717.6

Tabla 5.3 Producción de hidrocarburos de cada Activo Integral por Año (CNH, 2015).

Comparado con la tabla 5.4 que muestra la producción de hidrocarburos de cada Activo Integral por Año, se puede observar que 1883.6 de mmb y 2310.6 de mmpc representan la producción del Activo Integral Cinco Presidentes.

Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias								
Producción de hidrocarburos por activo								
Activo	2011		2012		2013		Acumulada al 1 de enero del 2014	
	Crudo (mmb)	Gas natural (mmpc)	Crudo (mmb)	Gas natural (mmpc)	Crudo (mmb)	Gas natural (mmpc)	Crudo (mmb)	Gas natural (mmpc)
<b>Cinco Presidentes</b>	30.5	42.7	35.1	42.6	34.0	47.2	1883.6	2310.6
<b>Bellota-Jujo</b>	52.3	105.2	47.7	108.8	49.0	116.7	3191.2	4977.1
<b>Macuspana-Muspac</b>	29.6	208.6	28.1	198.7	29.5	188.0	1857.4	15941.7
<b>Samaria-Luna</b>	81.3	261.2	75.1	254.7	63.0	221.3	3654.5	6994.8

Figura 5.4 Producción de Petróleo Crudo de la Región Sur por Activos Integrales (PEMEX, 2013).

En la tabla 5.5 se muestra la información del Volumen Original y del Factor de Recuperación Total al 1 de enero de 2012, pertenecientes a los campos del Activo Integral Cinco Presidentes, en lo que respecta al Campo Cinco Presidentes, se tiene un volumen original de 1009 mmb, 964 mmpc, así como factores de recuperación de 31.1% y 44.9 %.

Campo	Aceite (mmb)	Gas (mmpc)	Fro (%)	Frg (%)
<b>Arroyo Prieto</b>	18	49	7.4	3.3
<b>Bacal</b>	230	292	46.2	51.3
<b>Blasillo</b>	299	259	21.1	47.5
<b>Brillante</b>	39	23	1	1.3
<b>Campos F, Op. 23</b>	1194	670	35.6	32.2
<b>Cerro de Nanchital</b>	47	8	42.5	42.9

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

<b>Cinco Presidentes</b>	1009	964	31.1	44.9
<b>Cuichapa</b>	453	472	35.2	66.5
<b>Guaricho</b>	98	78	23.9	25.1
<b>La Central</b>	8	55	14.5	29.7
<b>Lacamango</b>	107	148	26.9	33.8
<b>Los Soldados</b>	133	307	26.6	28.7
<b>Moloacán</b>	222	122	18.1	33.4
<b>Nelash</b>	90	263	17.5	17.7
<b>Ogarrio</b>	1006	1143	1.8	1.7
<b>Otates</b>	214	486	20	30.5
<b>Rabasa</b>	122	81	16.9	16.5
<b>Rodador</b>	163	182	6.8	9.1
<b>San Ramón</b>	476	209	23.2	29.3
<b>Sánchez Magallanes</b>	1031	617	20	21.8
<b>Santa Ana</b>	141	134	21.5	28.2
<b>Tiumut</b>	55	113	2.6	1.6
<b>TOTAL</b>	7154	6674	26	34

Tabla 5.5 Volumen original y factores de recuperación de aceite y gas (CNH, 2013).

Las reservas remanentes de aceite y gas de los campos del Activo Integral Cinco Presidentes se presentan en la tabla 5.6, siendo la del Campo en estudio 1P: 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmmpc de gas. Las reservas 2P en el Campo Cinco Presidentes tenemos 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmmpc de gas y finalmente las reservas 3P corresponden a 21.5 mmb de aceite, 28.3 mmmpc de gas.

Campo	1P		2P		3P	
	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)
<b>Arroyo Prieto</b>	0.4	0.8	1.6	1.8	1.8	15.7
<b>Bacal</b>	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6
<b>Blasillo</b>	15.6	50.5	15.6	50.5	15.6	50.5
<b>Brillante</b>	8.4	7.2	9.6	8.2	10.1	8.5
<b>Cerro de Nanchital</b>	2.5	0.2	2.5	0.2	2.5	0.2
<b>Cinco Presidentes</b>	21.5	28.3	21.5	28.3	21.5	28.3
<b>Cuichapa</b>	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6
<b>Guaricho</b>	21.6	18.3	21.9	22.6	21.9	22.6
<b>La Central</b>	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	1.0
<b>Lacamango</b>	5.1	3.2	5.1	3.2	5.1	3.2

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

<b>Los Soldados</b>	8.0	11.5	8.0	11.5	8.0	11.5
<b>Sánchez Magallanes</b>	16.2	18.2	24.0	25.6	83.9	83.0
<b>Moloacán</b>	1.6	0.8	1.6	0.8	1.6	0.8
<b>Nelash</b>	3.8	10.2	6.4	18.6	9.1	28.6
<b>Ogarrio</b>	47.9	98.1	56.8	108.7	56.8	108.7
<b>Otates</b>	5.2	8.2	5.2	8.2	5.2	8.2
<b>Rabasa</b>	14.6	9.8	15.2	10.3	16.8	10.8
<b>Rodador</b>	14.8	20.1	18.7	22.0	18.7	22.0
<b>San Ramón</b>	37.6	28.6	37.6	28.6	37.6	28.6
<b>Santa Ana</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4
<b>Tiumut</b>	0.9	6.3	0.9	6.3	6.9	35.2
<b>TOTAL</b>	229	323	256	358	327	470

Tabla 5.6 Reservas de crudo y gas natural al 1 enero de 2012 (CNH, 2013).

En la tabla 5.7 se muestra la información del volumen original y factor de recuperación total al 1 de enero del 2012 de los campos que componen al Activo Integral Cinco Presidentes, como podemos observar, el campo en estudio cuenta con un volumen original 3P de crudo de 1009.10 mmb, 963.8 mmmmpc; una reserva remanente 2P de 26.6 mmbpce, 21.5 mmb, 28.3 mmmmpc y una producción acumulada de 391.8 mmbpce, 313.7 mmb, 432.7 mmmmpc.

Campo	Volumen original total (3P)		Producción acumulada			Reserva remanente aceite			Reserva remanente gas		
	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	Aceite (mmb)	Gas (mmmpc)	PCE (mmbpce)	1P (mmb)	2P (mmb)	3P (mmb)	1P (mmmpc)	2P (mmmpc)	3P (mmmpc)
Ágata	32.0	49.7	14.1	22.8	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arroyo Blanco	19.1	16.3	3.8	2.9	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arroyo Prieto	24.8	60.5	1.6	1.8	2.1	1.6	2.3	2.8	1.7	3.5	24.4
Ayocote	129.1	142.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.9	0.0	0.0	53.5
Bacal	230.2	291.8	107.6	151.1	138.5	4.3	4.7	4.7	4.9	5.3	5.3
Blasillo	299.1	261.3	65.9	132.4	97.2	11.7	14.3	14.3	36.4	42.1	42.1
Brillante	39.5	23.1	5.5	4.3	6.4	4.5	4.5	7.8	6.6	6.6	9.5
Calicanto	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Cerro Nanchital	68.5	11.5	21.1	3.5	21.1	1.3	1.8	1.8	0.2	0.3	0.3

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

<b>Cinco Presidentes</b>	1,043.8	1,006.2	321.4	445.1	429.2	13.8	22.8	24.4	23.5	36.2	37.4
<b>Concepción</b>	43.7	66.2	7.4	13.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Cuichapa-Poniente</b>	452.6	472.0	159.6	313.8	178.9	0.5	1.4	1.4	0.3	0.8	0.8
<b>El Burro</b>	108.9	21.4	35.8	7.9	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>El Plan</b>	391.4	75.9	162.5	32.1	170.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
<b>El Tigre</b>	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Filisola</b>	62.2	3.0	26.8	1.3	27.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Guaricho</b>	102.6	78.2	31.6	25.9	37.6	12.0	12.8	13.3	10.8	11.5	12.0
<b>Gubicha</b>	1.5	1.7	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Gurumal</b>	0.0	2.0	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Ixhuatlán</b>	26.6	1.6	3.0	0.2	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Ixhuatlán Oriente</b>	66.3	64.5	15.4	15.1	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>La Central</b>	7.6	36.0	1.1	16.6	4.3	0.3	0.3	0.3	6.1	7.6	7.6
<b>La Venta</b>	206.0	204.7	62.4	62.1	75.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Lacamango</b>	107.2	147.8	30.4	51.3	40.4	3.6	4.0	4.0	2.7	2.9	2.9
<b>Laguna Nueva</b>	0.0	1.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Los Soldados</b>	133.2	277.4	37.9	93.5	57.3	8.9	10.3	10.5	27.6	31.2	34.8
<b>Magallanes-Tucán-Pajonal</b>	1,030.6	616.6	188.7	209.9	203.5	17.1	25.7	79.3	25.9	34.3	84.3
<b>Moloacán</b>	221.7	121.9	39.4	22.0	45.2	1.7	1.7	1.7	1.0	1.0	1.0
<b>Nelash</b>	89.7	171.3	2.7	5.8	4.2	6.6	7.4	8.2	12.2	14.8	17.5
<b>Nuevo Teapa</b>	4.2	0.3	1.2	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Ogarrio</b>	1,006.2	1,143.2	210.6	366.7	298.6	37.2	49.6	49.6	70.8	100.4	100.4
<b>Otates</b>	213.8	485.9	38.7	85.0	58.4	5.9	5.9	5.9	9.6	9.6	9.6
<b>Palmitota Oriente</b>	0.7	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Panal</b>	7.5	21.2	1.3	7.8	2.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
<b>Pomela</b>	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Puente</b>	6.1	4.0	1.1	1.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Rabasa	95.3	62.9	19.9	15.7	23.8	18.1	18.1	18.1	12.6	12.6	12.6
Rabón Grande	19.3	10.1	7.0	3.6	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rodador	163.1	182.2	41.8	59.5	56.6	14.0	18.0	18.0	20.6	22.4	22.4
San Alfonso	3.8	3.0	0.7	0.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
San Ramón	476.2	209.1	101.4	50.7	108.5	27.6	28.0	28.0	23.6	24.0	24.0
Santa Ana	141.2	133.9	30.4	37.8	36.7	0.6	0.8	1.3	0.5	0.7	1.0
Santa Rosa	11.1	2.0	6.0	1.1	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tacuilolapa	20.4	21.3	3.3	7.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiumut	54.7	112.9	1.7	2.3	2.3	2.0	2.0	5.4	7.9	7.9	31.6
Tonalá	162.6	84.1	72.6	34.7	80.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 5.7 Volumen Original, Producción Acumulada y Reservas al 1° de enero de 2014 (CNH, 2014).

Los altos costos de inversión para el descubrimiento de nuevos yacimientos direccionan a considerar a los campos maduros como una opción para su rejuvenecimiento, representando un reto para su adecuado desarrollo. Por estas razones, estudiar de forma integral el Campo Cinco Presidentes ha permitido incorporar reservas y mantener el volumen de producción mediante las mejores técnicas de recuperación secundaria y mejorada.

Tomando como base la información geológica y económica disponible del campo es fundamental efectuar el desarrollo de nuevos proyectos en estos campos maduros para lograr mantener o incrementar el volumen de producción, para un correcto desarrollo de los mismos, por lo que se requiere complementar estudios de épocas pasadas con las metodologías y herramientas actuales para un resultado exitoso.

Actualmente muchos de los campos son considerados como campos maduros, sin embargo, el entendimiento integral del sistema petrolero y en particular de la morfología de las trampas es necesaria para la exploración que se esté llevando a cabo y para lograr el óptimo desarrollo de los nuevos campos que se están descubriendo a mayores profundidades y que guardan relaciones semejantes con las trampas en los que se ubican campos maduros. Estos últimos también se deben reevaluar para lograr mejores factores de recuperación que permitan una mejor y mayor recuperación de las reservas remanentes.



## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

La necesidad de mantener la producción de hidrocarburos en México ha traído como consecuencia la mejora de los factores de recuperación e incrementar la reserva probada, por lo que se requiere de un proceso de recuperación eficiente para incrementar la producción, esto se consigue mediante objetivos específicos, a través de los proyectos de inversión en el yacimiento durante su vida productiva.

En la recuperación de campos maduros existen siete áreas que necesariamente influyen en su factor de recuperación, estas son:

- Identificación, cuantificación y factibilidad de producir las reservas remanentes de aceite y gas.
- Acceso apropiado para drenar hidrocarburos.
- Optimización de la productividad a través de reparación de pozos.
- Sistemas artificiales y aseguramiento de flujo de fluidos.
- Mantenimiento de presión y comportamiento de barrido.
- Separación y manejo de fluidos.
- Administración de yacimientos.

La Administración Moderna de Yacimientos requiere la implementación de procesos durante la etapa productiva, se refiere a incluir nuevos sistemas artificiales de producción para lograr una recuperación adicional que permita cumplir con el objetivo de maximizar el valor económico del campo.

Para incrementar la producción de un yacimiento que se encuentra en su etapa de madurez, se necesita aportar energía adicional, la cual se logra mediante el uso de tecnologías modernas adecuadas que permiten mejorar su desarrollo. Aquellas tecnologías que son utilizadas para incrementar el factor de recuperación se les denomina Procesos de Recuperación Secundaria y Mejorada. A gran escala se han dividido los procesos de recuperación en:

- Primaria
- Secundaria
- Terciaria

La recuperación primaria es cuando el hidrocarburo es producido con la energía natural propia del yacimiento, esto se tiene en el campo únicamente en los yacimientos de reciente descubrimiento.

La recuperación secundaria es una actividad encaminada a una recuperación adicional que se obtiene impartiendo una energía externa, ya sea de forma mecánica o calorífica; comparada con la energía del propio yacimiento; esta fase ya se está aplicando en los yacimientos del campo estudiado.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

La recuperación terciaria es aquella donde se utilice cualquier técnica de recuperación que permita incrementar la recuperación de aceite por cualquier medio posible.

Los métodos de recuperación secundaria se clasifican en:

- Inyección de agua
- Inyección de gas natural
- Métodos térmicos
- Inyección de vapor
  - Combustión Insitu
- Miscibles
- Solvente hidrocarburo
- Gas natural
- Gas de combustión
- Bióxido de carbono
- Nitrógeno
- Desplazamiento químico
- Polímero
- Surfactante/polímero
- Alcalis

La energía mecánica se suministra al yacimiento mediante la inyección de fluidos (líquidos o gaseosos) que desplazan el aceite remanente en el yacimiento. En el caso de los yacimientos del Campo Cinco Presidentes se ha implementado la inyección de agua.

Para conocer el tipo de recuperación empleado es necesario tener conocimiento de las características geológicas del campo para tener con mejor control de la producción del mismo.

### **V.4 FACTORES QUE AFECTAN LA RECUPERACION**

Los principales factores que influyen en la recuperación secundaria y mejorada de hidrocarburos son:

- La variación en las propiedades físicas de la roca.
- Las variaciones en las propiedades de los fluidos.
- El tipo de empuje que predomine en el yacimiento.
- El proceso de explotación involucrado.
- El ritmo de extracción.
- El número de pozos y localización.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Los aspectos geológicos que se deben tener en consideración en un proyecto de recuperación secundaria son:

- Identificación de la litología, el ambiente de depósito y las facies.
- Conocer la continuidad de las rocas almacenadoras y no almacenadoras, así como sus espesores
- Conocer la variación de las propiedades petrofísicas de las rocas
- Conocer la extensión areal de las zonas almacenadoras
- Conocer los aspectos estructurales y estratigráficos del yacimiento.

Son varios los campos del Activo Integral Cinco Presidentes, que por sus características de explotación, son susceptibles a la implementación de recuperación secundaria y/o mejorada.

Por las características presentadas en los yacimientos en este campo el método adecuado para incrementar la recuperación es por inyección de agua, método que ha sido probado con buenos resultados.

La inyección del agua es el proceso de recuperación secundaria mediante el cual los fluidos del yacimiento son desplazados hacia los pozos productores por la acción del movimiento de agua inyectada (Figura 5.6).

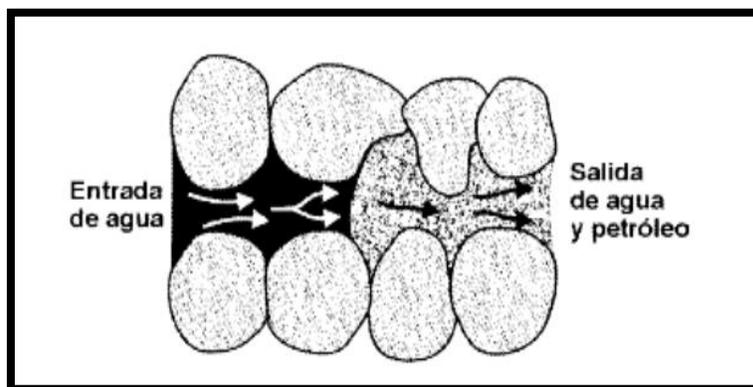


Figura 5.6 Representación del desplazamiento de aceite por agua (modificada de Cortés, 2010).

En la figura 5.7 se muestra el método de recuperación secundaria por inyección de agua, el que corresponde a uno de los principales y más conocidos medios convencionales en recuperación de hidrocarburos aplicados en campos maduros, como ocurre con el Campo Cinco Presidentes, fluido que permite el adelgazamiento de los hidrocarburos por los espacios porosos y aumentando la presión del propio yacimiento.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

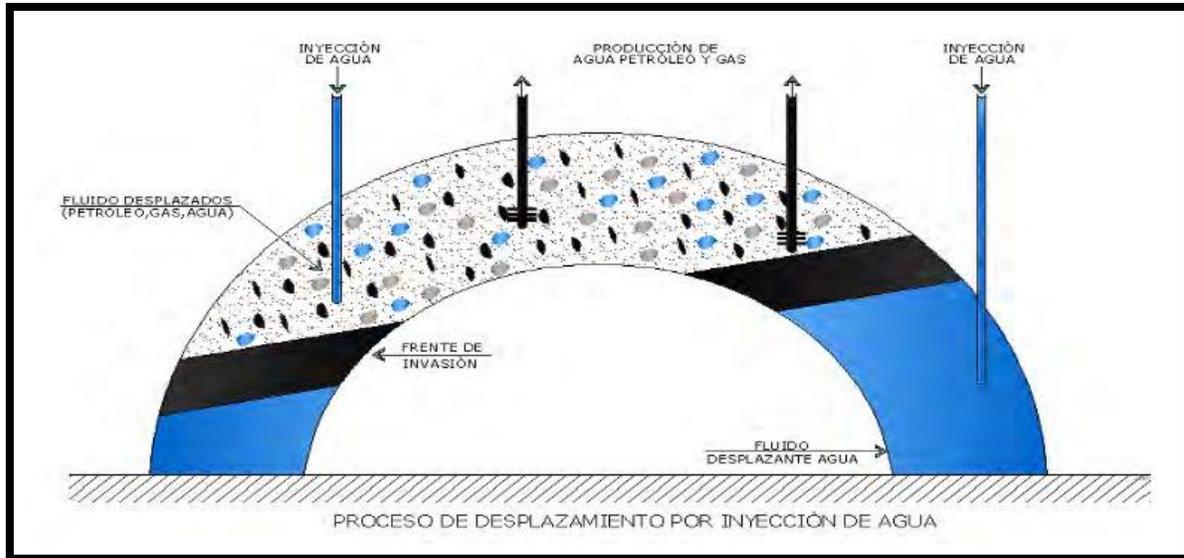


Figura 5.7 Muestra del proceso de desplazamiento por inyección de agua (Cortés, 2010).

V.5 INDICADOR DE RENTABILIDAD.

El indicador de rentabilidad (IR) es estimado para cada proyecto, obteniendo para todos los campos una media de 3.8 y una desviación estándar de 3.9. La figura 5.8 muestra un promedio del índice de rentabilidad en los campos de nuestro país, en el caso del Campo Cinco Presidentes le corresponde un valor de 6.4.

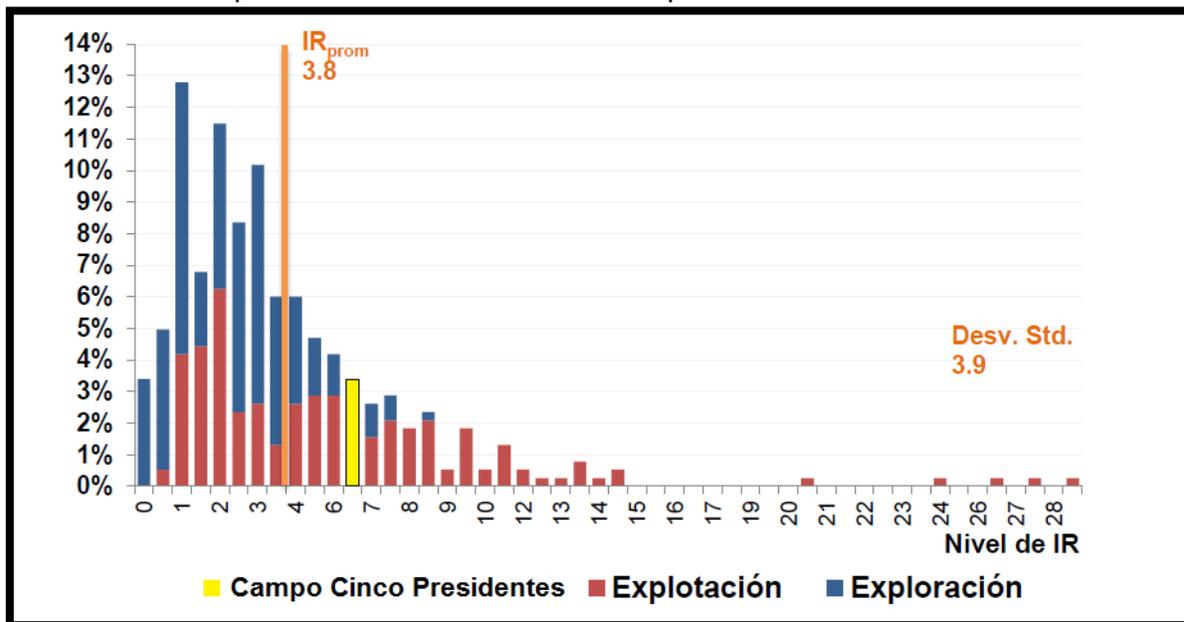


Figura 5.8 Índice rentabilidad vs Nivel de IR (CNH, 2013).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

Además de la rentabilidad, un indicador empleado en la industria petrolera es la volumetría de los proyectos de inversión; esta métrica se refiere a la magnitud del proyecto. Si bien es deseable saber la rentabilidad por cada peso gastado, también es relevante conocer la escala del proyecto.

La volumetría de los proyectos se está definida a partir de los volúmenes de reserva 2P (probada + probable), en el caso de los proyectos de explotación, y del volumen de recursos prospectivos (RP) medio en el caso de los proyectos de exploración.

En la tabla 5.8 se muestra el Índice de Rentabilidad (IR), los recursos 2P y los indicadores de incertidumbre ( $\Theta_i$ ), para algunos de los campos representativos del Activo Integral Cinco Presidentes, para el caso del Campo Cinco Presidentes tenemos valores de 6.4 de Índice de rentabilidad, 27 de recursos 2P y un Índice de incertidumbre de 0. Por los valores que adquiere el campo Cinco Presidentes se considera un proyecto de explotación de alta rentabilidad.

De acuerdo a la caracterización elaborada por la CNH el cuadrante donde localizamos a los campos mencionados en la tabla corresponde a proyectos con rentabilidad y volumetría por encima de la media, por lo que son muy importantes para el país.

<b>Campo</b>	<b>Indicador de Rentabilidad (IR)</b>	<b>Recurso 2P (mmbpce)</b>	<b>Indicadores de Incertidumbre (<math>\Theta_i</math>)</b>
<b>Blasillo</b>	5.5	28	0.00
<b>Brillante</b>	8.3	11	0.07
<b>Cinco Presidentes</b>	6.4	27	0.00
<b>Guaricho</b>	12.7	28	0.02
<b>Magallanes-Tucán-Pajonal</b>	4.2	27	0.56
<b>Nelash</b>	7.1	11	0.34
<b>Ogarrio</b>	4.2	84	0.05
<b>Rabasa</b>	7.4	18	0.05
<b>Rodador</b>	9.8	24	0.07
<b>San Ramón</b>	6.7	42	0.00

Tabla 5.8 Índice de rentabilidad (IR), volumetría e índice de incertidumbre de campos en el Activo Integral Cinco Presidentes (modificado de CNH, 2013).

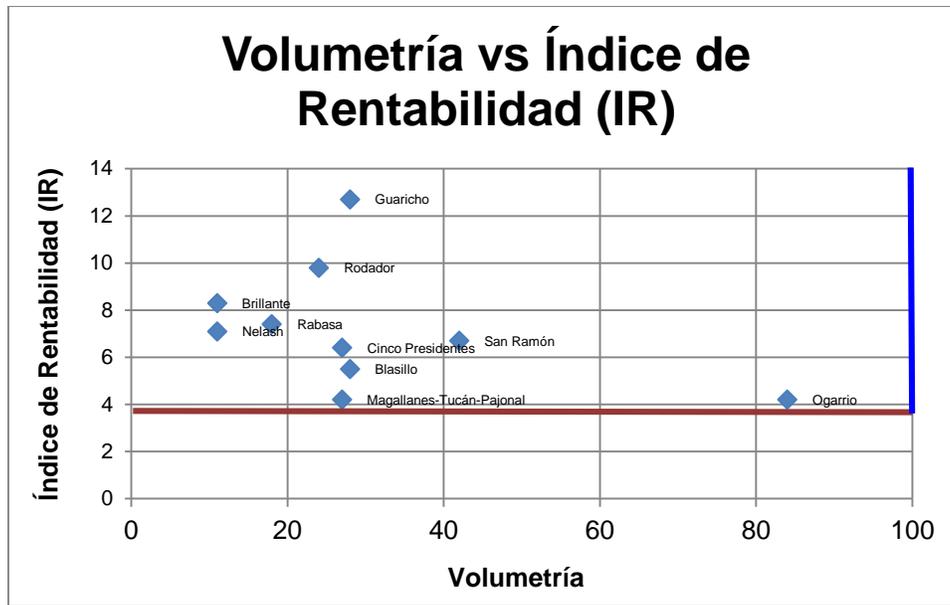


Figura 5.9 Índice de rentabilidad (IR) vs la volumetría de campos en el Activo Integral Cinco Presidentes (modificada de CNH, 2013).

## V.6 CONTRATOS INTEGRALES.

La mejor estrategia para reactivar un campo maduro es a través del desarrollo de un plan basado en la administración de proyectos, con un enfoque integral.

En Marzo de 2011, PEMEX inició la implementación de los primeros contratos integrales en tres áreas de campos maduros de la Región Sur ubicadas en el Estado de Tabasco. Las tres áreas escogidas fueron Magallanes, Santuario y Carrizo, evaluando como criterio el valor económico, las reservas, la disponibilidad, calidad de información técnica y las localizaciones a perforar nuevos pozos en cada uno de los campos.

Los campos que forman parte del Proyecto Ogarrio-Sánchez Magallanes son: Ogarrio, San Ramón, Sánchez Magallanes, Cinco Presidentes, Rodador, Blasillo, Guaricho, Rabasa, Nelash, Tiumut, Lacamango, Cerro Nanchital, Otates, La Central, Bacal, Los Soldados, Arroyo Prieto, Moloacán, Cuichapa y Brillante (Figura 5.10).

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

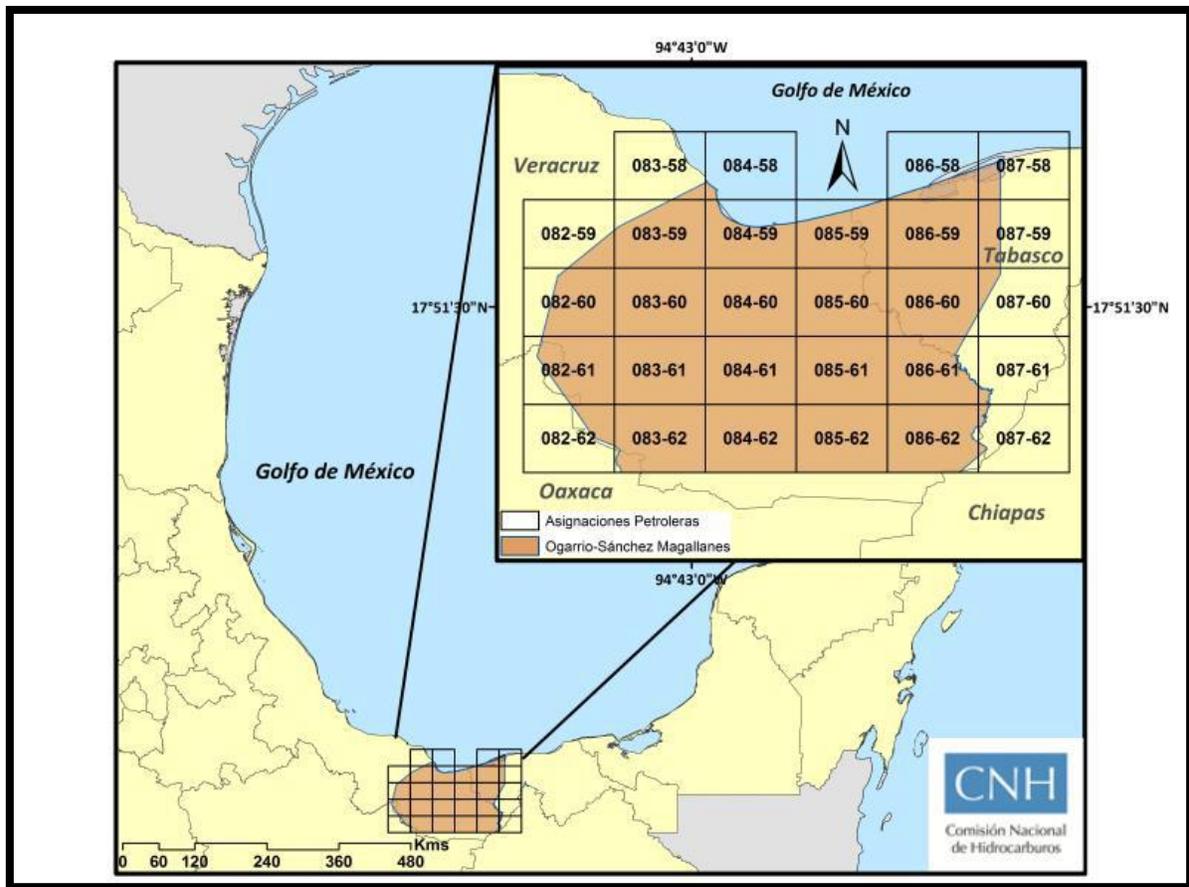


Figura 5.10 Ubicación del proyecto de explotación Ogarrio-Sánchez Magallanes (CNH, 2013).

De acuerdo a la información presentada por PEMEX, el proyecto de explotación Ogarrio-Sánchez Magallanes tiene como objetivo alcanzar una producción acumulada de 292 millones de barriles de aceite y 381.4 miles de millones de pies cúbicos de gas, en el periodo 2013-2060, con una inversión de 56,080 millones de pesos.

El proyecto de explotación Ogarrio-Sánchez Magallanes contempla perforar 129 pozos de desarrollo, realizar 1,319 reparaciones mayores, que permitirá incrementar el factor de recuperación de los campos, así como conversión de pozos a inyectores de agua y 277 reparaciones menores (CNH, 2013).

La inversión para el periodo 2013-2060 en el proyecto es de 56,080 millones de pesos y el gasto de operación que se ejercerá es de 34,136 millones de pesos.

El proyecto de explotación Ogarrio-Sánchez Magallanes posee 92 yacimientos en 44 campos. De este grupo, se tienen 61 yacimientos productores de aceite negro, 12 de aceite volátil, 15 de gas húmedo, 2 de gas seco y 2 más de gas y condensado (CNH, 2013).

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ISTMO.

El ciclo de vida del proyecto en el que está posicionado el Campo Cinco Presidentes está dentro de una etapa de declinación y mantenimiento, por lo que se requiere de la implementación de métodos de recuperación secundaria, mediante contratos integrales.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

La Cuenca Salina del Istmo inicia su historia de sedimentación marina durante el Jurásico, tiempo que se llevó a cabo la apertura oceánica del Golfo de México, en una cuenca tipo rift, que en el Cretácico se transformó a una cuenca de margen pasivo.

Durante el Jurásico Medio se llevó a cabo uno de los más importantes eventos de expansión en el Golfo de México, que se asocia con la apertura del Golfo de México, que indican el proceso de rifting y la expansión terminó en el Jurásico Superior. La evidencia sedimentológica corresponde con los depósitos de sal del Calloviano.

La Cuenca Salina del Istmo se compone de sal de color gris claro o blanco, químicamente constituida por NaCl (Cloruro de sodio); es muy soluble en el agua hasta el 35% a la temperatura ambiente. Su espesor original es mayor a 500 m.

Existen dos regiones con secuencias salinas una parte en el norte del Golfo de México y otra en la parte sur en el sector occidental de la plataforma de Yucatán, la que fue sepultada por sedimentos del Jurásico Tardío, Mesozoico y Cenozoico.

En la Cuenca Salina del Istmo existen intrusiones de grandes masas de sal del Calloviano de diferentes tamaños, formas y geometrías como: domos salinos, diapiros, diques y toldos (canopies).

Los paquetes de sal se acumularon originalmente en un área sujeta a deformación por extensión, en una cuenca rift, sal que se empezó a movilizar en el Cretácico, tomando mayor movilidad en el Mioceno debido a la acumulación de un mayor volumen de sedimentos terrígenos que ocasionaron sobrecarga y que originaron la mayor deformación de las secuencias sedimentarias más jóvenes desplazadas de manera vertical como horizontal.

El Campo Cinco Presidentes se localiza en la Cuenca Salina del Istmo, abarcando un área aproximada de 19 km<sup>2</sup>, el cual se encuentra alojado en el Activo Integral Cinco Presidentes de la Región Sur.

Las rocas generadoras del Campo Cinco Presidentes corresponden a lutitas y calizas arcillosas del Tithoniano, kerógeno tipo II, Índice de Hidrógeno (IH) mayores a 600 mg HC/g COT; los niveles de COT son del orden de 0.5-4 %.

Las rocas almacenadoras están constituidas de areniscas de grano grueso a fino intercaladas con lutitas, las cuales corresponden a la Formación Encanto, Concepción Inferior, Concepción Superior formadas en ambiente de planicie deltaica, cuyo valores de porosidad son del 20% y una permeabilidad de 200 md, produciendo aceite negro de 33° API y la salinidad de la formación es de 130000 ppm de NaCl.

## EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ITSMO.

Las rocas sello del Campo Cinco Presidentes corresponden a lutitas de la Formación Filisola, también están presentes sellos laterales constituidos por fallas normales (microbrechas), cambios de facies sedimentarias y acuñamientos.

El tipo de trampa asociado al Campo Cinco Presidentes corresponde al tipo estragráfico en combinación con el estructural.

El sistema de fallas normales que conforman al campo produjeron diversos bloques con distintos desplazamientos; estas discontinuidades estructurales constituyen las principales rutas de migración idóneas para el movimiento de los hidrocarburos cuando en la zona de falla se tienen brechas producidas por el movimiento de los bloques.

En el caso del Campo Cinco Presidentes, corresponde al subsistema generador proveniente del Tithoniano y al de las rocas almacenadoras del Mioceno-Plioceno de las formaciones Concepción Superior, Concepción Inferior y Encanto; el momento crítico ocurrió durante el Neógeno.

Por las características presentadas en los yacimientos en este campo el método adecuado para incrementar la recuperación es por inyección de agua, método que ha sido probado con éxito en los campos que conforman el Activo Integral Cinco Presidentes.

De acuerdo a los indicadores de rentabilidad, volumetría e incertidumbre podemos posicionar al Campo Cinco Presidentes como un campo que dispone de carácter rentable, por lo que se debe de tomar en cuenta en la aplicación de un método de recuperación secundaria mediante la aplicación de un contrato integral.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

### A

Álvarez Jr. M., 1950. **Síntesis geológica de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec**, Petróleo Mexicanos, Boletín AMGP, Vol. II, No. 7.

Andraca Sánchez, H., 1997. **Geología del subsuelo y método de explotación del azufre del domo Jáltipan, Edo. de Veracruz en el lote número 14**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. p. 19-60.

### C

Cabrera Castro R., Lugo Rivera J. E., 1984. **Estratigrafía-Sedimentología de las cuencas terciarias del Golfo de México**, Boletín AMGP, Vol. XXXVI, No. 2, p 1-53.

Calderón García, A., 1951. **Condiciones estratigráficas de las formaciones miocenas de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec**, Tesis Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Canseco Miranda E., 1982. **Contribución al estudio de las rocas y sedimentos miocénicos de la región sur de la Cuenca Salina del Istmo**, ESIA, IPN. p. 24-85.

Carfantan J., 1981. **Evolución estructural del Sureste de México: Paleogeografía e historia de las zonas internas mesozoicas**, Revista del Instituto de Geología, UNAM, Vol. 5, No. 2, p. 207-216.

Carrasco Domínguez Yannet, 2009. **Evaluación y rentabilidad de la capacitación en el Activo de Producción Cinco Presidentes Agua Dulce, Ver.**, Tesis de licenciatura, UNAM.

Castillo Tejero C., 1955. **Bosquejo estratigráfico de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec**, Boletín AMGP, Vol. 7, p. 1-42.

Chrisopher A. J., Goldhammer R. K and Meneses J, 1999. **Tectonic, Stratigraphic and Hidrocarbon System Development of the Southern Gulf Rim, Mexico and Guatemala**, Fondee de Compañía. Villahermosa, Tab.

CNH, 2011. **Documento técnico. La Tecnología de Exploración y Producción en México y en el Mundo: Situación Actual y Retos**, p 1-83. CNH, 2013.

CNH, 2013. **Dictamen Técnico del Proyecto de Explotación Ogarrio - Sánchez Magallanes (Nuevo)**, p 1-53.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ITSMO.

CNH, 2013. **Clasificación de los proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos. Estadísticas de rentabilidad e incertidumbre.** Documento Técnico de Trabajo - 3, p 1-46.

CNH, 2014. **Cuencas del Sureste, Aguas Someras, Síntesis Geológico Petrolera.**

Coleman, M.J., 1982. **Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration**, International Human Resources Development Corporation Boston, Second Edition, p 124.

Contreras H., 1950, **Posibilidades del alto salino de Moloacán-Ixhuatlán**, Boletín AMGP. Vol II, No. 7, p 1-19.

Contreras H., Sansores E., 1953. **Geología del domo salino de “El Rosario” en el estado de Tabasco y sus posibilidades petrolíferas**, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Boletín AMGP, Vol. 5, p. 57-74.

Cortés Vara A. M.; Jardón Navarrete J. A., 2012. **Rejuvenecimiento de campos maduros en México**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

## D

Diego Ortiz G., 2004. **Modelado estructural en las regiones centro y sur del Istmo de Tehuantepec**, Tesis de licenciatura, UNAM.

Durán Guzmán J, 1969. **Recolección, separación, medición y transporte de fluido en el Campo Cinco Presidentes, Distrito de Agua Dulce, Ver.**, Tesis de licenciatura, UNAM.

## E

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

## G

García Rojas A., 1950. **Exploración Petrolera en la República Mexicana de 1938 a 1950**, Boletín AMGP. Vol II. No 4. p 1-19.

Gibson, J.B., 1936b. **Estratigrafía y tectónica de la zona costera del Golfo de México**, Boletín AMGP. Vol. 5, p. 274-276.

Guzmán E. J., Mina U. F., 1952. **Resultado de la perforaciones en México durante 1951**. Boletín AMGP. Vol. 4, Nos 1-2, p 1-35.

**H**

Hidalgo Caraveo, F. M., 2006. **El sistema petrolero de la Cuenca de Veracruz**, Tesis Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

**L**

Larios Pacheco S., 1967. **Problemas en la terminación y explotación de los pozos del Campo Cinco Presidentes**, Tesis de licenciatura, UNAM.

León Silva M. I., 2014. **Tecnologías aplicadas en la actualidad para la obtención de imágenes subsalinas en profundidad**. Trabajo de investigación para obtener el grado de maestría en ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM.

**M**

Martell Andrade B., 2013. **Apuntes de Petrofísica y Registros de Pozo**, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Meneses Rocha J., 1990. **Marco tectónico y paleogeográfico del Triásico Tardío-Jurásico en el sureste de México**. Boletín AMGP. Vol. XXXIX, No. 2, p.3-68.

Mina U. F., 1965. **Desarrollo petrolero en México durante 1964**, Boletín AMGP. Vol XVIII, Nos. 3-4, p-1-15.

**N**

Noriega Ruiz J. A., 1970. **Sistema de bombeo neumático en el Campo Cinco Presidentes**, Tesis de licenciatura, UNAM.

**O**

Oviedo Pérez, A., 1996. **Evolución neógena de las cuencas terciarias del sureste**, Tesis de maestría, Posgrado de Ingeniería, UNAM. Inédito.

**P**

Palacios Calva J. R., 1966. **Introducción de sistema del bombeo neumático al Campo Cinco Presidentes**, Tesis de licenciatura, UNAM.

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. Tomo LIX, No. 1 p. 19-42.

Pérez García, Tomás Eduardo, 2006. **Aplicación de un modelo composicional en la predicción de la depositación de parafinas en campos del Activo Cinco Presidentes**, Tesis de licenciatura, UNAM.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ITSMO.

Pérez Rincón H., 1959. **Estudio Geológico del campo petrolero Rodolfo Ogarrio**, Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos.

PEMEX. Resumen Ejecutivo Campos Maduros Región Sur, área Magallanes.

PEMEX, 2013. **Anuario Estadístico 2013**.

PEMEX, 2013. **Anuario Estadístico 2014**.

PEMEX, 2013. **Anuario Estadístico 2015**.

**PEMEX & Pindell, J., 2002.** Origen, evolución e importancia económica Petrolera del Sureste de México (Cuenca de Macuspana), **informe técnico interno**.

PEP, IMP y Tectónica Análisis, 2002. **Análisis Paleogeográfico Mesozoico-Cenozoico y Dinámica de Cuencas del Golfo de México Profundo y sus Márgenes; La Relación entre la Evolución Tectónica Sedimentaria y Sistemas Petroleros**, Fondee de Compañía.

Pilger Jr. R.H., 1981. **The Opening of the Gulf of Mexico: Implications for the tectonic evolution of the Northern Gulf Coast**, Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies, Vol. XXXI, p. 377-381.

Pindell, J.L., 1982. **Permo-triassic reconstruction of western pangea and the evolution of the gulf of Mexico/Caribbean region**, Tectonics, V. 1, No. 2, p. 179-211.

Pindell, J. L., 1985. **Alleghanian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean**. Tectonics, V. 4, p. 1-39.

Pindell, J.L., 2001. **Kinematic Evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean**, p. 1-51.

## Q

Quezada Muñeton J.M. y Sarmiento Bravo R., 1987. **Evolución Tectónica de la República Mexicana**, PEMEX, Inédito.

Quezada Muñetón J.M., 1990. **El Cretácico Medio-Superior y el límite Cretácico Superior-Terciario Inferior en la Sierra de Chiapas**, Boletín AMGP, Vol. XXXIX, No. 1, p. 98.

Quezada Muñetón J.M., 1992. **El jurásico Superior-Cretácico Inferior en el borde oriental del Batolito de la Mixtequita en el Noreste del Estado de Oaxaca**, Boletín AMGP, Vol. XIII, No. 1, p. 24-33.

## R

Rodriguez Rodriguez R. M., 1964, **Desarrollo del Campo Petrolero Cinco Presidentes, municipio, de Huimanquillo, Tabasco**, Tesis de licenciatura, UNAM.

Robles Nolasco J., Patiño Ruiz J., Maldonado Villalón R., Bernal Vargas L., Gómez Rodríguez R. D., 2013. **Provincia Petrolera del Sureste (Salina del Istmo, Reforma-Akal y macuspana)**, PEMEX Exploración y Producción, Subdirección de Exploración, Versión 2.0.

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, Posgrado de Ingeniería, UNAM.

Ramírez Ulloa R., 1992. **Caracterización geológica basada en registros eléctricos de las areniscas productoras de hidrocarburos en el Campo Cinco Presidentes, Estado de Tabasco**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Rojas Alcántara C., 2010, **Origen, evolución e importancia económica de la Cuenca Salina del Istmo**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

## S

Salvador, A., 1991. **Origin and development of the Gulf of Mexico Basin**, A. Salvador, ed., The Gulf of Mexico Basin: Geology of North America, V. J, p. 389-444.

Sánchez Pérez E., 1998, **El petróleo en Tabasco**, Asociación Ecológica Santo Tomás, A.C., Revista el "Cotidiano", Universidad Autónoma Metropolitana.

Santiago García C., 1987. **Estudio geológico para extracción secundaria de azufre del domo de Jáltipan, Estado de Veracruz**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. Inédita.

Silva Baeza O. J., 1966. **Explotación y reparación del Campo Cinco Presidentes, Tabasco**, Tesis de licenciatura, UNAM.

## V

Venegas Mora R. M., 2010. **Evaluación Petrolera de la Cuenca Salina del Istmo**, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Viniegra Osorio F., 1974. **La exploración petrolera en México de 1938 a la época actual**, Boletín AMGP. Vol. XXVI. Nos 10-12.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y PETROLERA DEL CAMPO CINCO PRESIDENTES EN LA CUENCA SALINA DEL ITSMO.

**Páginas electrónicas:**

[contratos.pemex.com/antiores/region\\_sur/Paginas/default.aspx](http://contratos.pemex.com/antiores/region_sur/Paginas/default.aspx)

<http://ronda1.gob.mx/Espanol/pdf/AguasSomeras.pdf>