

2005



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

01153
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TRABAJO TERMINAL

**"ESTRATIGRAFÍA DE LAS SECUENCIAS EN LOS
SISTEMAS SILICICLÁSTICOS DEL EOCENO
INFERIOR-PALEOCENO DEL CAMPO COAPECHACA"**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIZACIÓN EN:

ESTRATIGRAFÍA

PRESENTA:

ISABEL E. INIESTA GUTIÉRREZ

INIESTA GUTIERREZ, ISABEL E.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAYO DE 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Miguel Angel

Gracias, por todo tu apoyo

A mis padres en donde encuentren

Gracias por todas sus enseñanzas

QPD

A Abraham y Diego

Como un ejemplo para ellos

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Isabel E. Iniesta
Castro

FECHA: 25-noviembre-2009

FIRMA: P.A.
MA Dolores Lina Romera

A mis amigos

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades de PEMEX Exploración y producción: Activo Misantla -Golfo de México, por la oportunidad brindada para efectuar los estudios correspondientes a la Especialidad en Estratigrafía de Secuencias.

En especial al M.C. Antonio Cuevas Leeré por las facilidades brindadas. Al M.C. A Alfredo Guzmán Valdizán por su interés en que el personal técnico tenga acceso a mejorar sus conocimientos. Al Ing. Filiberto Cuevas Sánchez por sus invalorable enseñanzas Hacia mi persona a lo largo de mi trayectoria en el trabajo. Y por dirección y orientación en este trabajo.

Así mismo a los compañeros ingenieros del grupo multidisciplinario Chicontepec por todas las facilidades y apoyo incondicional que recibí.

En especial a los ingenieros: Filiberto cuevas Sánchez, Juan Manuel Rodríguez, Luis Beltrán Robles, Mario Velásquez Castillo, José Luis Argeta y Fransico Barona .

Indice	Página
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN	3
1.1 Planteamiento del problema.	4
1.2 Hipótesis.	4
1.3 Justificación.	4
1.4 Objetivos.	5
CAPÍTULO II.- ANTECEDENTES	
2.1 Localización.	6
2.2 Trabajos previos.	8
2.3 Marco geológico regional.	8
2.4 Estratigrafía.	9
2.5 Bioestratigrafía.	11
2.6 Sísmica.	12
CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	14
3.1 Análisis y selección de la información existente.	14
3.2 Calidad de la información.	15
3.3 Carga de líneas sísmicas en la estación de trabajo.	17
3.4 Análisis de líneas sísmicas y registros de pozos para identificación de secuencias.	18
3.5 Identificación de la secuencia P1-E1.	19
3.6 Identificación de la secuencia E1-E2.	19
3.7 Identificación de la secuencia E2-E3.	20
3.8 Identificación de la secuencia E3-O1.	21
3.9 Identificación de la secuencia O1-M1.	21
3.10 Identificación de la secuencia M1-R1.	22
3.11 Análisis de atributos sísmicos.	28
3.12 Interpretación de resultados.	29
CAPÍTULO VI.- GLOSARIO DE TÉRMINOS DE SECUENCIAS	30
4.1 Definición de secuencia.	30
4.2 Definición de discordancia.	30
4.3 Definición de lowstand system track.	31
4.4 Definición de slope fan.	31
4.5 Definición de prograding complex wedge.	31
4.6 Definición de transgressive system track.	32
4.7 Definición de highstand system track.	32

CAPÍTULO V.- MODELO GEOLÓGICO DE LAS SECUENCIAS P-1-E-1, y E-1-2 PARA EL CAMPO COAPECHACA	34
5.1 Modelo geológico del sistema de abanicos de talud y cuenca.	34
5.2 Modelo de sistemas de prograding system track.	34
CAPÍTULO VI.- DELIMITACIÓN DE AREAS DE INTERÉS	38
CAPÍTULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	

CAPÍTULO.-I

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y los avances tanto en la estratigrafía secuencial y la sismoestratigrafía durante los años 70 y 80 condujo al reconocimiento de que las reflexiones sísmicas primarias corren paralelas a las superficies estratales y a las discordancias, sobre esta base (Vail et al. 1978), propusieron que los paquetes sedimentarios denominados secuencias sedimentarias unidos por discordancias y concordancias correlativas, representaban unidades primarias con significación cronoestratigráfica. (Vail et al. op cit) utilizaron las geometrías de los estratos y las configuraciones de los solapamientos costeros para interpretar historias del nivel del mar a lo largo de varias márgenes (plataformas) continentales.

La aparente sincronía de los descensos del nivel del mar, en cuencas ampliamente separadas, los condujo a generar una serie de gráficas que muestran los ciclos globales de los cambios eustáticos del nivel del mar.

Con la afirmación del concepto desarrollado por Vail et al. (op. cit 1978) de que las reflexiones sísmicas representaban líneas de tiempo, la sismoestratigrafía fue vista como un descubrimiento para las correlaciones cronoestratigráficas locales y globales.

Los avances en la estratigrafía secuencial han ayudado al desarrollo de los modelos sedimentarios y a explicar el origen de los paquetes sedimentarios genéticamente relacionados, durante los ciclos de diferentes niveles del mar.

Estas dos disciplinas han sido de gran utilidad en áreas limítrofes, donde han apoyado la determinación de parámetros geológicos de exploración, a partir de perfiles de registros de pozos y sísmicos, antes de proponer áreas para realizar nuevas perforaciones.

En este trabajo se pretenden aplicar las dos disciplinas tanto la estratigrafía secuencial, como la sismoestratigrafía para tratar de obtener un modelo geológico de área del Campo Coapechaca más apegado a la realidad.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los sedimentos del Paleoceno-Eoceno Inferior del área Coapechaca existen variaciones litológicas con variaciones horizontales y verticales, a veces por cambios de facies, por erosión local o por acuñaamientos de las capas arenosas, que complica el establecimiento de la correlación de secuencias y por consiguiente es difícil reconstruir la geometría de los cuerpos arenosos y el modelo depositacional en cuestión; aunado a esto, en algunas localidades e intervalos estratigráficos los foraminíferos índices aparecen en conjunto como mezcla de fauna de diferentes edades, debido a procesos de erosión y redepositación causada por las corrientes turbidíticas.

Este trabajo tiene como objetivo realizar una interpretación en donde interactúen las disciplinas afines a la geología y geofísica. para lograr la reconstrucción de la historia geológica del intervalo estudiado en el área.

1.2 HIPÓTESIS

Existen varios estudios de tipo estratigráfico y sedimentológico en la región del área de estudio que han aportado conocimiento para entender la historia geológica del área, pero han sido regionales y se han postulado varios sistemas depositacionales de aguas profundas imperando actualmente un modelo de abanicos submarinos sobrepuestos con varias fuentes de aporte.(postulado por Cuevas S., 1974)

La hipótesis a desarrollar en este trabajo es tratar de explicar los mecanismos de depósito y geometría de los abanicos y saber como se fueron desarrollando en el tiempo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Existen varios campos de aceite y gas localizados bajo condiciones estratigráficas diferentes, con comportamiento variable. De ellos se ha seleccionado para este trabajo un área (Coapechaca) adyacente a dos campos principales (Agua Fría y Tajín), donde se han perforado varios pozos exploratorios con resultados satisfactorios por lo que se pretende continuar con la exploración hacia el SE del Campo Coapechaca.

1.4 OBJETIVOS

- A.- Determinar si existe una correlación estratigráfica entre las columnas estratigráficas locales de los campos Agua Fría, Tajín y el área por desarrollar, adyacente a los pozos Coapechaca-1, 2 y 3.
- B.- Delimitar las facies y definir el modelo depositacional del área así como verificar la compartimentalización de los diferentes yacimientos que existen en las secuencias P-1- E-2.
- C.- Visualizar si existen otro tipo de trampas estratigráficas en esa área, con mejor calidad para almacenar hidrocarburos.

CAPÍTULO II.- ANTECEDENTES

2.1 Localización

El Paleocanal de Chicontepec tiene una extensión superficial que rebasa los 3000 km², con 125 Km de largo por 25 Km de ancho. Se localiza geológicamente en la cuenca Tampico-Misantla, entre los elementos de la Sierra Madre Oriental y la porción terrestre (occidental) del arrecife de la Faja de Oro.(Fig.-1).

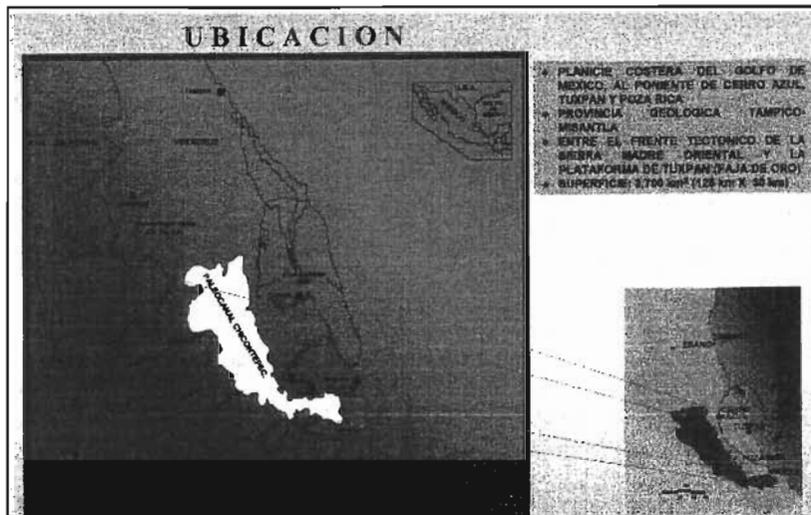


Fig. 1.- Localización del paleocanal Chicontepec

El área del presente estudio (campos Agua Fría, Coapechaca, Tajín) se ubica al suroeste dentro paleocanal denominado regionalmente como Chicontepec teniendo como referencia la ciudad de Tuxpan, Veracruz.(Fig.-2).



Fig. 2.- Provincias geológicas y localización del área de estudio

El Campo Coapechaca, tiene las siguientes características generales.

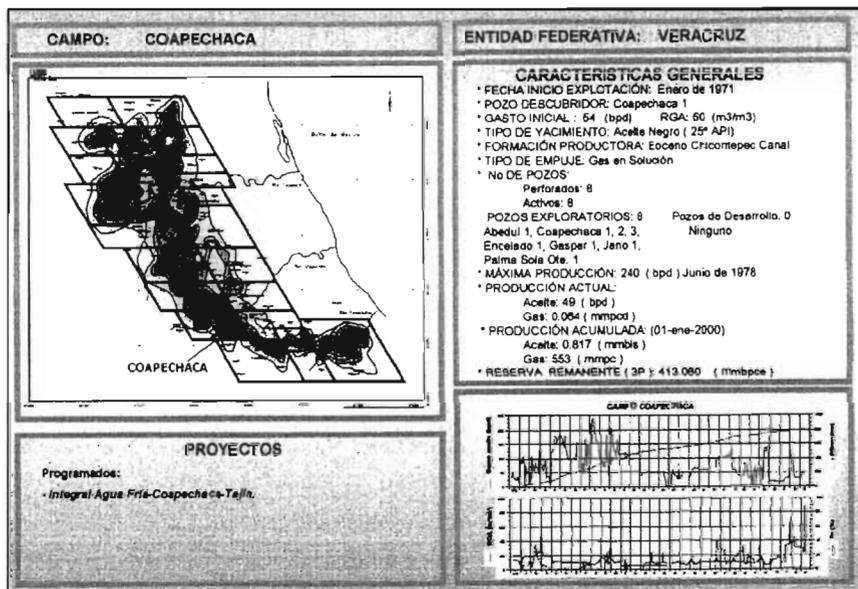


Fig. 3.- Datos generales del campo Coapechaca

- * FECHA INICIO EXPLOTACIÓN: Enero de 1971
- * POZO DESCUBRIDOR: Coapechaca 1
- * GASTO INICIAL : 54 (bpd) RGA: 50 (m³/m³)
- * TIPO DE YACIMIENTO: Aceite Negro (25° API)
- * FORMACIÓN PRODUCTORA: Eoceno Chicontepec Canal
- * TIPO DE EMPUJE: Gas en solución
- * No DE POZOS:
 - Perforados: 8
 - Activos: 8
- POZOS EXPLORATORIOS: 8 Pozos de Desarrollo: 0
 - Abedul 1, Coapechaca 1, 2, 3, Ninguno
 - Encelado 1, Gaspar 1, Jano 1,
 - Palma Sola Ote. 1
- * MÁXIMA PRODUCCIÓN: 240 (bpd) Junio de 1978
- * PRODUCCIÓN ACTUAL:
 - Aceite: 49 (bpd)
 - Gas: 0.064 (mmpcd)
- * PRODUCCIÓN ACUMULADA: (01-ene-2000)
 - Aceite: 0.817 (mmbbls)
 - Gas: 553 (mmpc)
- * RESERVA REMANENTE (3P): 413.060 (mmbpce)

2.2 Trabajos Previos

La Formación Chicontepec ha sido descrita como una secuencia flysch que consiste de mas de 2000m de capas de lutitas interestratificadas con capas delgadas calcáreas y areniscas de grano fino a grueso que gradúan hacia la porción superior a lutitas limosas (Nájera 1952; Benavides 1956; Viniegra 1965; Barker and Berggren 1977). Las areniscas son generalmente reportadas como turbiditas (Cantú, 1985) pero no detallan descripción de dichas facies turbidíticas dentro de la Formación Chicontepec.

Los estudios mas importantes sobre la depositación y la sedimentación de la formación Chicontepec fueron ampliamente estudiadas en superficie por Reyes 1974, Busch y Govela en 1978, Carrillo 1980, Cantú 1980, Mutti, Araujo y Cuevas Sánchez 1997.

2.3 Marco Geológico Regional

El área comprendida por el Paleocanal de Chicontepec, ocupa una porción de la parte sur de la provincia geológica de Tampico-Misantla durante el Terciario, corresponde con una cuenca marina de aproximadamente 4000 km² y cuyo relleno está constituido por mas de 3000 m de espesor de sedimentos terrígenos, con edades que varían del Paleoceno al Mioceno. En principio la fosa de chicontepec es de origen tectónico y el canal es formado por erosión submarina, durante el Eoceno Inferior mediante la acción erosiva de las aguas en el piso de la cuenca, se formó una depresión que se rellenó por sedimentos turbidíticos, originando el Paleocanal de Chicontepec.(Fig.-1).

2.4 Estratigrafía

La información estratigráfica de las rocas que rellenan el paleocanal se basa en muestras de subsuelo cortes de canal y núcleos, registros geofísicos de pozos y estudios sísmicos 2D y 3D y consiste de una secuencia repetitiva de areniscas, con estratificación gradada, alternando con capas delgadas a potentes de lutitas, confinadas a un sistema de drenaje de aguas profundas (la batimetría determinada por la microfauna asociada). Este sistema consistió de un canal en el talud de una cuenca mayor, con múltiples tributarios descargando en él con direcciones NW-SE y W-E.

Los sedimentos que rellenan el postulado canal engrosan en dirección del flujo en la porción norte de NW a SE y en la porción sur de SE a NW. a expensas de las unidades formacionales que las subyacen, los cuales varían en edad del Paleoceno Superior, en su porción NW al Jurásico Superior en su porción SE.

La relación estratigráfica de la Formación Chicontepec Superior correspondiente al Eoceno Inferior (secuencia E-1-E-2) con las formaciones erosionadas subyacentes y está ilustrada diagramáticamente en las figs. 4 y 4a.

SIST.	SERIES	ETAPA	FORMACION	REGISTRO	LITOLOGIA Y SECUENCIA		
PALEOGENO	SUPERIOR	36	CHAPOPOTE		O ₁		
		PRIABONIANO			P17	LUTITAS Y LIMOLITAS DE AMBIENTE NERITICO EXTERNO	
		P16					
	MEDIO	39.4	BARTONIANO		P15	E ₂	
		P14					
		LUTECIANO	42		GUAYABAL	P13	LUTITAS DE AGUAS PROFUNDAS
			P12				
			P11				
			P10				
	INFERIOR	49	YPRESIANO		P9	E ₂	
		P8					
		P7			ARENISCAS DE LOBULOS DE PLATAFORMA Y TURBIDITAS		
54	CHICONTEPEC	P6	E				
			LUTITAS PELAGICAS Y ARENISCAS DE GRANO FINO DE AMBIENTE DISTAL DE AMBIENTE SUBMARINO				
66.5	DANIANO	VELASCO B.	P1	P ₁			
	TRINEMIANO						

Fig.-4

Fig. 4.- Columna geológica del Campo Coapechaca

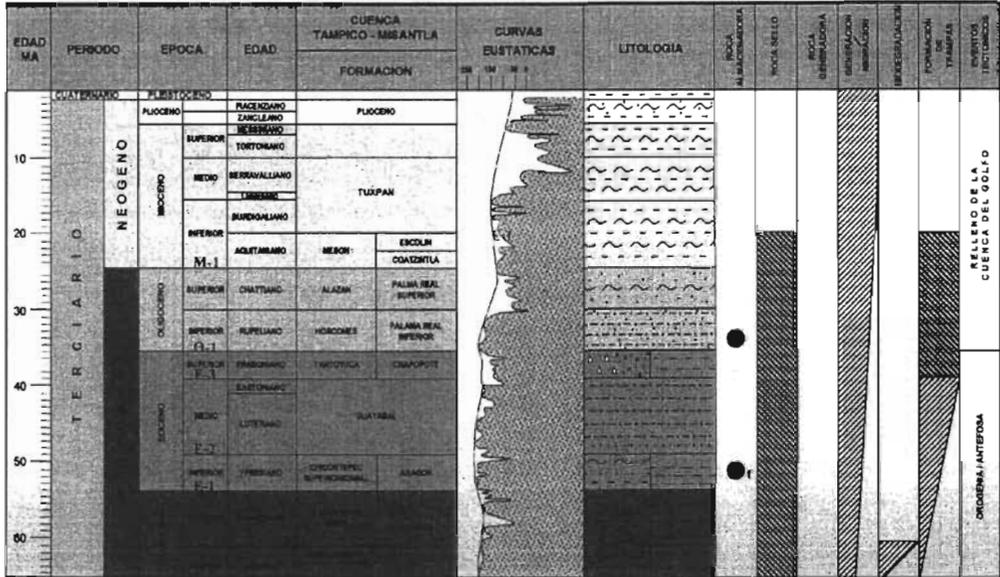


Fig. 4a.- Tabla estratigráfica del Terciario para la Cuenca Tampico – Misantla y secuencias establecidas para este trabajo (Area Coapechaca)

Las areniscas son de grano medio a fino y constituyen cuerpos de 40 a 100m de espesor con delgadas intercalaciones de lutitas. Como lo podemos observar en la respuesta eléctrica SP y RG de los registros de pozos; SP y RG que se interpretaron para el desarrollo este trabajo (Figs.11, 12, 13, 14 y 15).

2.5 Bioestratigrafía

Con el fin de establecer una correlación bioestratigráfica de los cuerpos arenosos en los sedimentos que rellenan el paleocanal, así como para definir la edad y el ambiente de depósito, se llevaron a cabo investigaciones basadas en el análisis microfaunístico de los pozos: Agua Fría-1 (Assef M, 1991), Agua Fría-801 (Roldán G. 1988), Antares-1 (Roldán G.1990), Coapechaca-2 (Assef M 1993), Jano-1. (Roldán G. 1977), Tajín-321 (Roldán G.1985), Presentándose en este trabajo la biozonificación del pozo Tajín-321 por ser la más representativa y tener la columna más completa, presentando 5 biozonas que son representativas de las secuencias identificadas: Biozona de *Globorotalia rex* y *Globorotalia aragonensis*, teniendo correlación con la secuencia PI-E1, *Globorotalia Lehneri*, y *Particuloesphaera mexicana*, *Truncarotaloides rohri* teniendo correspondencia con la secuencia EI-E2, *Truncarotaloides rohri* teniendo correspondencia con la secuencia E2-E3, no alcanzando a identificarse microfauna de la secuencia O1 por la recolección de muestras que empezó más abajo. (Fig. 5).

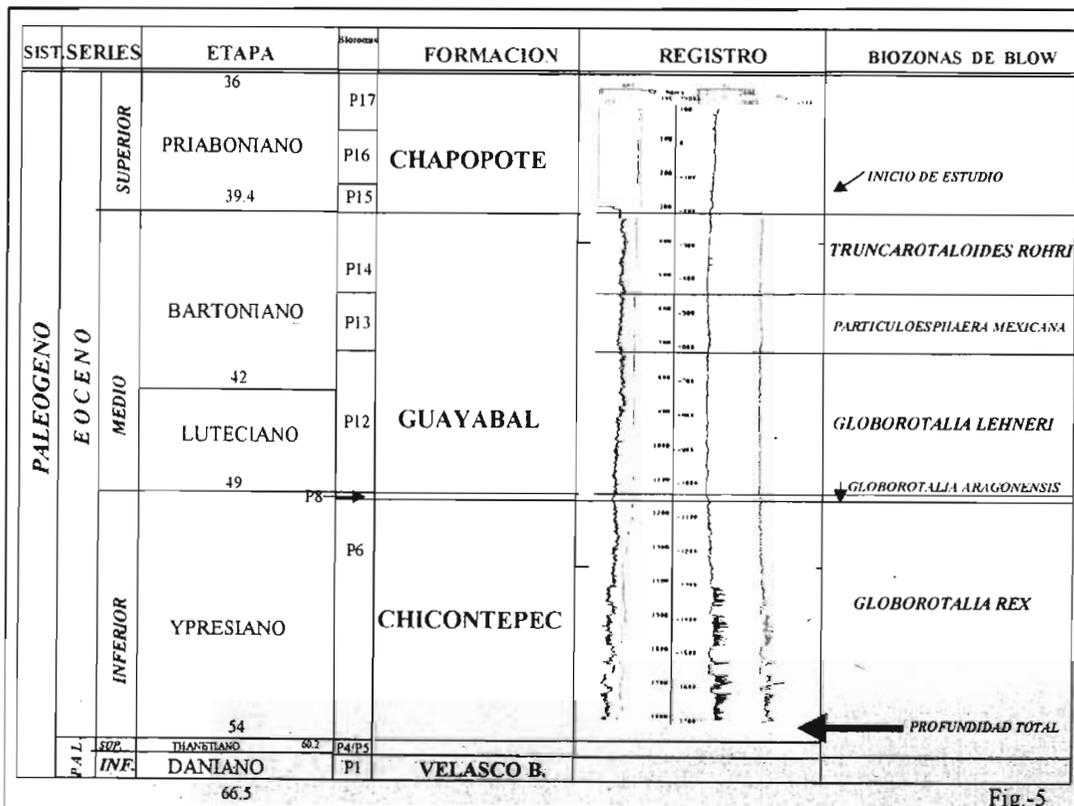


Fig.-5

Fig. 5.- Biozonificación del pozo Tajín -321 observando la ausencia de las Biozonas de Blow, P2, P3, P7, P9, P10 y P11; indicándonos tal vez un no depósito o una erosión.

2.6 Sísmica

En años anteriores, del total de los trabajos sísmicos efectuados en el área del Paleocanal Chicontepec, solamente el 20% (Prospecto Tantoyuca) se diseñó para obtener información de objetivos Terciarios, realizado en el año de 1981, la información restante (80%) está conformada por líneas de ocho prospectos y sus parámetros de adquisición se diseñaron para obtener información de rocas del Mesozoico y de esta información el 60% fue grabada analógicamente.

La información sísmica 3D, tiene como objetivo principal el permitir el detalle de la identificación de las secuencias estratigráficas y ajustar el modelo geológico existente ya en el área, para permitir el detalle de la caracterización de los diferentes yacimientos en explotación y por desarrollar, además de aplicarla como una herramienta más en la integración e interpretación geológica y geofísica, más eficiente ya que el cubo sísmico 3D Agua Fria-Coapechaca-Tajín, es la información más reciente y cubre el área indicada en la Fig. 6

Por otro lado en 1997 se levantaron 5 líneas sísmicas regionales de tipo experimental para calibración de parámetros que permitan detectar información relativamente somera, para lograr un beneficio en el costo de los proyectos de inversión y una mayor producción de hidrocarburos.

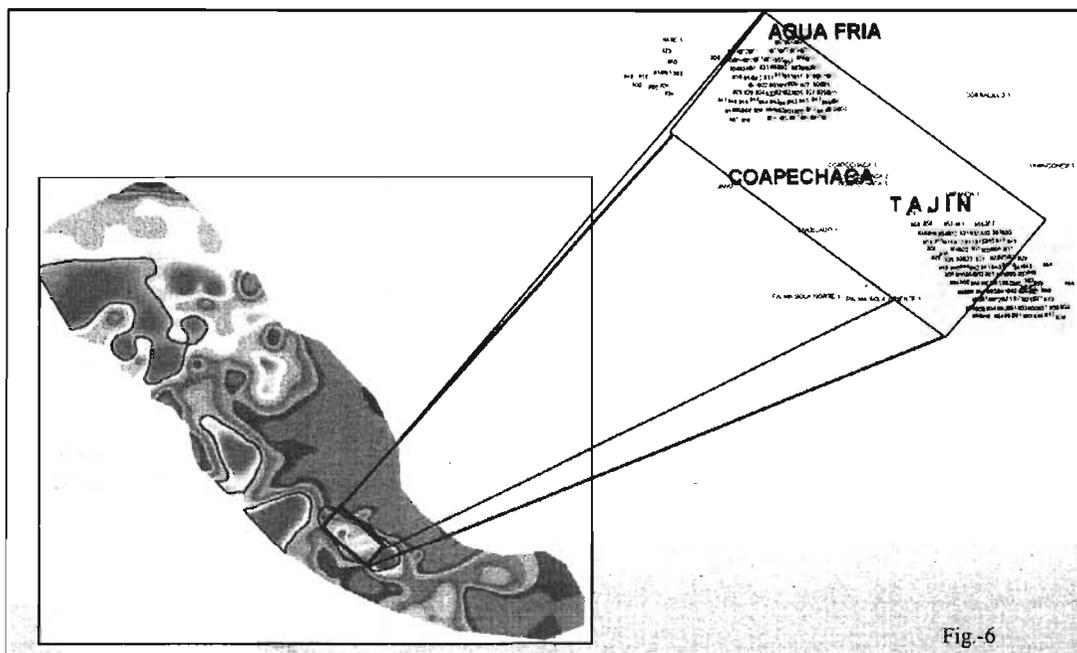


Fig. 6.-Localización del cubo sísmico 3D dentro del paleocanal de Chicontepec.

Para la elaboración de este trabajo se utilizaron nueve líneas del cubo sísmico 3D. Fig. 7, que atravesaban los campos Agua fría, Coapechaca, y Tajín las cuales se enlistan a continuación: L-20006, L-2162, L-2325, Antares-1-Umbriel-1 (Random), T- 10037, T-10114, T-210, L-188, L-2194, L-2186 en estas líneas se pudieron interpretar las siguientes terminaciones, para delimitar las secuencias de depósito; Principalmente: "onlap", "downlap", "toplap", truncación erosional, y algunas configuraciones de reflexión interna sísmica como las paralelas y subparalelas, las divergentes, las cliniformas progradantes y las caóticas que se verán con más detalle en el siguiente capítulo.

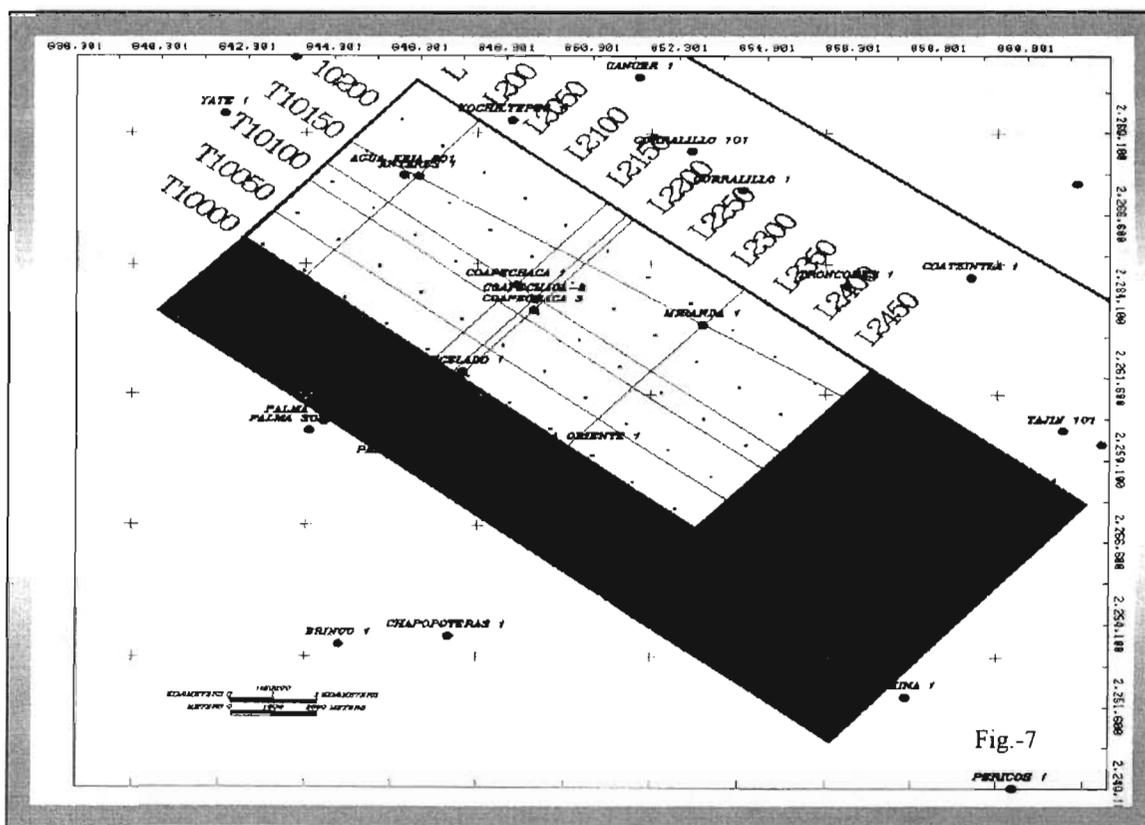


Fig. 7.- Plano base de sísmica 3D, mostrando la ubicación de las líneas utilizadas para este trabajo y los pozos exploratorios.

CAPÍTULO 111.-METODOLOGÍA DE TRABAJO

El método de trabajo seleccionado, fue la interpretación de las secuencias en los registros geofísicos de pozos, considerando principalmente las curvas de SP, RG y ILD, vaciado a los registros la información tanto bioestratigráfica, como petrográfica y petrofísica e interpretación y caracterización de las terminaciones y geometría interna de las reflexiones en las líneas sísmicas para poder determinar límites de secuencias en el área de estudio.

El siguiente párrafo nos muestra la continuidad de la metodología seguida para la realización de este trabajo.

METODOLOGÍA

1.- Recopilación de información geológica, geofísica y bioestratigráfica.
▼
2.- Análisis y validación de la información.
▼
3.- Construcción de la base de datos en la Estación de Trabajo.
▼
4.- Vaciado de datos a registros de pozos y líneas sísmica.
▼
5.- Análisis e interpretación cualitativa de registros geofísicos de pozos (Secuencias y patrones de curvas Sp y Rg).
▼
6.- Interacción entre los datos sísmicos-bioestratigráficos-registros-litología.
▼
7.- Delimitación de secuencias y análisis de facies de amplitud sísmica
▼
8.- Interpretación sísmica para establecer el modelo de estratigrafía de secuencias
▼
9.- Correlación y selección de las secuencias de interés económico petrolero.
▼
10.- Visualización del modelo geológico.

3.1 Análisis y selección de la información existente

Primero se realizó una compilación de la información geológica, geofísica y bioestratigráfica del área a estudiar.

A partir de la información recabada se seleccionaron las líneas sísmicas más importantes y los pozos con mayor información, tanto de registros como de bioestratigrafía.

En cuanto a la sismica, se puso especial énfasis en que las líneas a interpretar estuvieran migradas; con respecto a los pozos se buscó que se tuvieran las corridas de los registros de SP y radioactividad más completa posible, además de que estuvieran digitizados para su carga a la estación de trabajo.

3.2 Calidad de la información

La calidad de los registros geofísicos es regular ya que los registros con los que contamos la mayoría fueron tomados en los años 80s. y que los objetivos que se perseguían eran las capas mesozoicas por lo que la resolución en los estratos terciarios no es la más adecuada.

La calidad de la información sísmica 2D es regular como lo podemos observar en las líneas regionales L-19091 compuesta con la línea L-19019, L-19032 y L-10029a.(Figs. 8,9 y10).

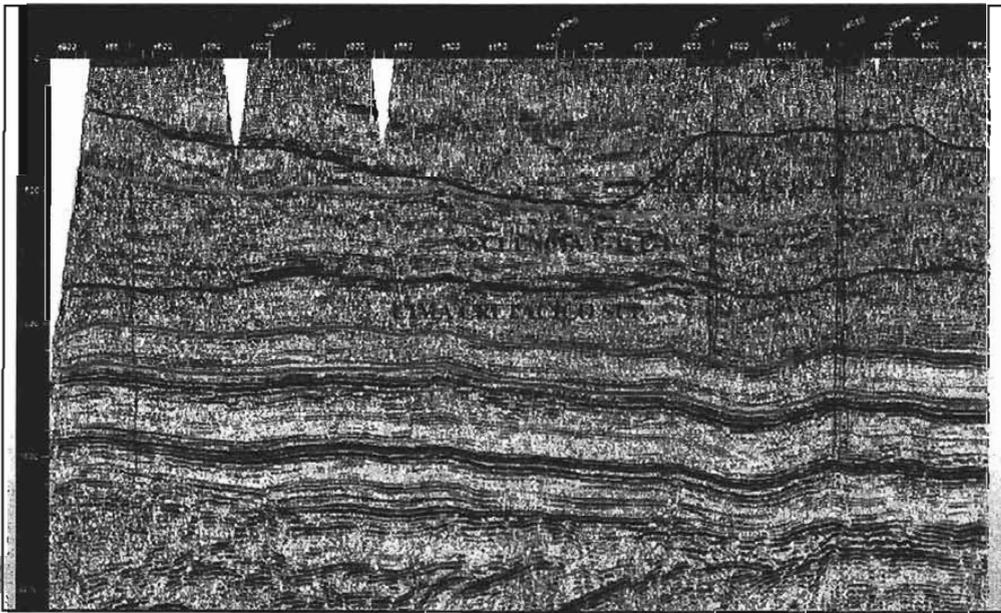


Fig. 8.- Línea sísmica regional 2D 19029-a, mostrando los límites de las secuencias, P1, E1 y E1-E2, en color amarillo se muestra la base de la secuencia E1 - E2, la cual se manifiesta regionalmente de NW a SE a lo largo de todo el paleocanal de Chicontepec.

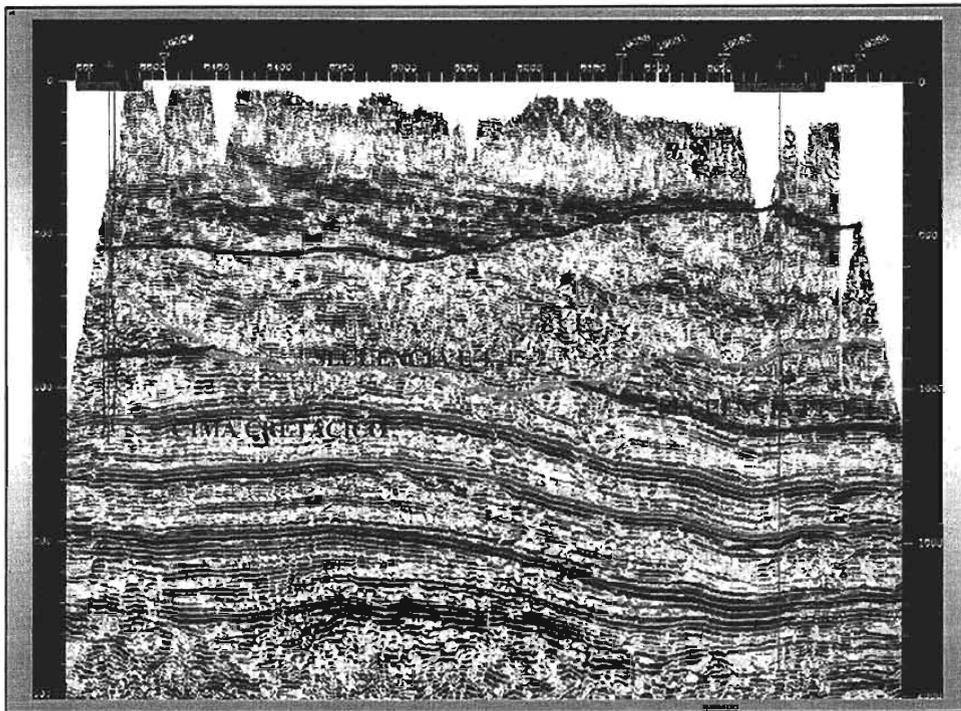


Fig. 9.- Línea sísmica regional 2D 19032, mostrando la identificación de las secuencias P1-E1 y E1-E2, en amarillo la base de la secuencia E1-E2 (Discordancia erosional regional).

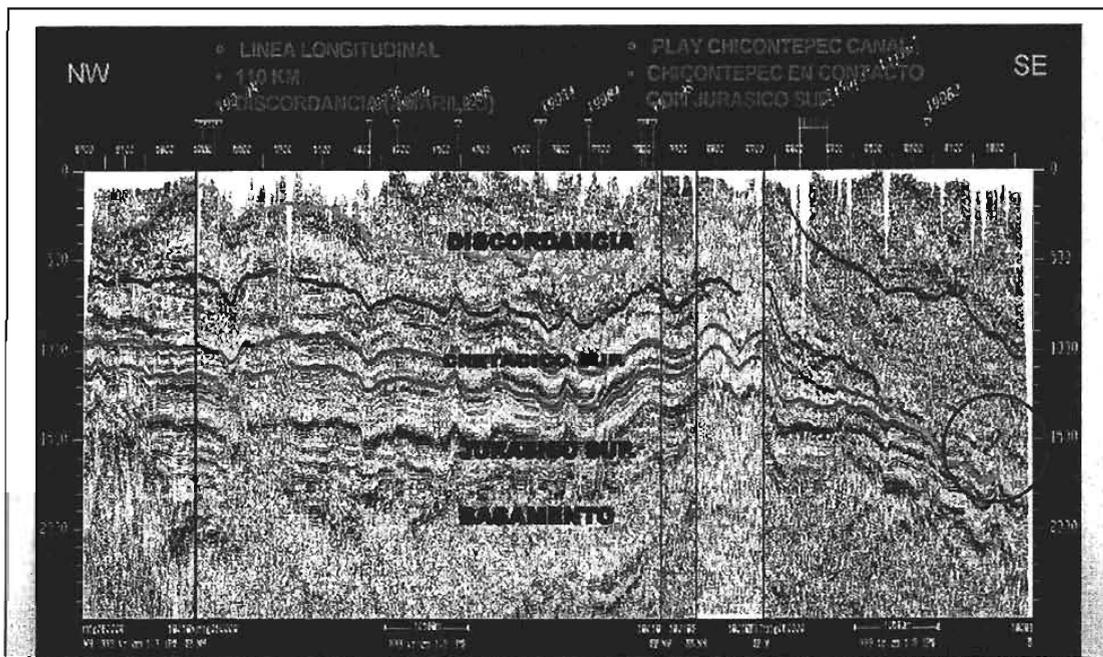


Fig. 10.- Línea sísmica regional compuesta 2D 19019-19091, mostrando la continuidad de las secuencias P1-E1 y E1-E2, en amarillo la base de la secuencia E1-E2, (Discordancia erosional regional); que hacia la parte SE, se manifiesta con mayor claridad y que afectó a rocas del paleoceno, Cretácico y Jurásico.

En cuanto a las líneas sísmicas utilizadas para este estudio, del cubo sísmico 3D denominado Agua Fría, la calidad de la información es muy buena. Figs.(16 y 17).

3.3 Carga de datos en la estación de trabajo.

La información sísmica requerida, se pidió al activo que se grabase en un formato universal llamado "TAR" o "Seg-Y". Una vez grabada se procedió a crear un proyecto maestro denominado Chicon, en el laboratorio de cómputo de la Universidad Nacional Autónoma de México y posteriormente se realizó la ubicación geográfica del proyecto, prestando especial cuidado en la verificación de las coordenadas.

Las líneas cargadas fueron nueve en su totalidad del cubo sísmico 3D y 3 líneas regionales 2D las cuales se enlistan a continuación: L-19091 compuesta con la L-19019, L-19032, L-19029A "2D". Del cubo sísmico 9 líneas: L-2006, L-2162, L-2325, L-2194, L-2186, L-Antares1-Umbriel-1, T-10037, T-10114, T-10188. como se muestran en las Figs. 16 y 17.

Para la carga de registros geofísicos en la estación de trabajo anteriormente, se había generado un proyecto el cual se denomina Estudio Integral Chicontepec donde después se cargaron las curvas existentes, coordenadas de los pozos, columna geológica, PT. El editado de las curvas se hizo después de las mismas. Finalmente se cargaron las curvas tiempo-profundidad para hacer la transformación en tiempo de las curvas de los registros de pozos a la información sísmica.

Los pozos considerados en este estudio fueron los siguientes: Agua Fría-801, Antares-1, Ariel-1, Coapechaca-1, Coapechaca-2, Coapechaca-3, Encelado-1, Jano-1, Miranda-1, y Tajín-321 los cuales se muestran en las Figs.11, 12, 13, 14 y 15.

3.4 Análisis de la sísmica y registros de pozos para la identificación de las secuencias.

En el análisis de la información sísmica para la interpretación de los límites de las secuencias se tomaron en cuenta las terminaciones de las reflexiones, continuidad y amplitudes de cada línea sísmica. Para lo cual primeramente se determinó una línea a la cual le llamamos maestra regional, la cual atraviesa los pozos claves para poder determinar el probable modelo de secuencias del área en estudio, tal línea es Random Antares-1- Umbriel-1. (Fig.-16). En la línea maestra, se interpretó un canal que corresponde a la secuencia P1-E-1, y también en la línea random Encelado-1 - Miranda-1 que corre transversalmente a la random Antares-1 - Miranda-1, Fig. 17, se corroboró la existencia de dicho canal teniendo estas líneas maestras interpretadas, se pudieron correlacionar las secuencias identificadas hacia las demás líneas del proyecto. Figs.17, 17a, 17b, y 17c.

La interpretación de las secuencias a partir de los registros de pozos se realizó en dos escalas esto fue para marcar las tendencias de las curvas que nos indicaran cambios eustáticos; siendo estas escalas 1:1000, y 1:4000.

La metodología fue la siguiente:

Primeramente se marcaron en los registros las profundidades tentativas de las secuencias a estudiar y las edades de las secuencias interpretadas en trabajos antecedentes.

Enseguida se procedió al vaciado de la información bioestratigráfica, los ambientes de depósito; información de núcleos, que nos ayudaron para calibrar facies con respuestas en los registros. También se indicaron los intervalos que presentaron manifestaciones de hidrocarburos y los intervalos productores.

Después se procedió a detallar las secuencias de menor rango de tiempo (Systems Tract o Facies Tract) interpretando las principales tendencias de las curvas de los registros, las superficies de máxima arcillosidad que pudieran corresponder a máximas superficies de inundación, (MFS) tratando de que siempre tuviera una correspondencia con la señal sísmica.

Tanto en las respuestas de los registros, como en la sísmica se trató de que los patrones se corroboran para tener una mayor veracidad a la hora de proponer el modelo secuencial del área de estudio.

A continuación se describen las secuencias interpretadas en este estudio.

3.5 SECUENCIA 66.5 m.a.-54 m.a. P1-E1

La secuencia del Paleoceno Superior delimitada en su cima por la secuencia E1(54 m.a.) es identificada con color verde; sísmicamente se interpretan los reflectores paralelos que a lo largo de la línea sísmica terminan en truncaciones erosionales de tipo "Downlap". En la mayoría de las líneas la observamos, ya que nos representa el contacto de las rocas siliciclásticas terrígenas con rocas carbonatadas del Mesozoico. (Discordancia regional Terciario Mesozoico) truncándose con el rojo de contorno de un canal vislumbrado en la línea sísmica RANDOM ANTARES-1 - UMBRIEL-1, (Fig. 16) y la línea denominada Encelado-1 - Troncones-1(Fig. 17) y la cual engloba a las siguientes formaciones.

Formación Velasco basal.-

Se encuentra constituida por lutitas café rojizo y gris verdosas bentoníticas, con escasas intercalaciones de bentonita gris, gris verdosa y café rojizo.

Formación Chicontepec Inferior.-

Está compuesta por lutitas gris verde y grises, bentoníticas y escasas lutitas café rojizas, con escasas intercalaciones de arenisca gris y gris blanquizco, de grano fino, bien cementadas.

Formación Chicontepec Medio.-

Está formada por lutitas gris verdosas, grises y cafés, bentoníticas, alternadas con cuerpos de areniscas de grano fino a grano medio y en ocasiones a grueso, gris y gris blanquizco, frecuentemente cafés por impregnación de aceite; semiduras.

3.6 SECUENCIA 54 m.a. - 49 m.a. E1-E2

La secuencia E-1 - E-2 está delimitada en su cima por la secuencia E1(49 m.a) es identificada por su color amarillo; sísmicamente se interpretan los reflectores paralelos que a lo largo de la línea sísmica

terminan en truncaciones erosionales de tipo "Downlap". Esto es debido a la presencia del canal que se observa en la mayoría de las líneas, en la línea sísmica RANDOM ANTARES-1 - UMBRIEL-1.(Fig. 16) y la línea denominada Encelado-1 - Troncones-1(Fig. 17). Dentro de esta secuencia se analizó el atributo sísmico denominado amplitud, ya que como se sabe nos da un mapa de anomalías de amplitud RMS, y esto proporciona información estratigráfica, para este caso nos indica el mapa de anomalías en color rojo, concentraciones de paquetes arenosos y en amarillo verdoso concentraciones de estratos arcillo limosos.(Fig. 18).

A esta secuencia se le aplicó este atributo por considerarla la de mayor importancia desde el punto de vista económico petrolero, y la cual engloba a las siguientes formaciones:

Formación Chicontepec Superior.

Lutita gris verdosa bentonítica, con escasas intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, gris, gris blanquizo y gris verdosas.

Formación Aragón.-

Integrada por lutitas gris verdosas y gris claro, bentoníticas con frecuentes intercalaciones de bentonita blanca, gris y gris verdosa.

3.7 SECUENCIA 49 m.a. - 39.4 m.a. E2-E3

Esta secuencia en algunas líneas sísmicas, sí se pudo identificar principalmente en las regionales Figs. 8 y 9, y corresponde al paquete sedimentario delimitado entre la línea amarilla y azul. Muestra algunas configuraciones internas que se interpretan como paralelas a subparalelas y caóticas.

Aquí no se consideró necesario hacer el plano de anomalías de amplitud ya que presentan una configuración interna paralela y concordante con su límite superior.

Esta secuencia abarca las siguientes formaciones:

Formación Guayabal.-

Formada principalmente por lutitas de color pardo, gris oscuro, y gris verdoso, en partes ligeramente arenosas.

Estas lutitas son muy giroscópicas, es decir retienen mucha humedad, se hinchan y causan frecuentes derrumbes. Alternan con lutitas grises semiduras y con capas de areniscas de grano fino a medio, ligeramente calcáreas, semiduras, de color gris y gris blanquizco.

3.8 SECUENCIA 39.4 m.a. - 36 m.a. E3-O1

Estas secuencias ya no se pudieron observar en la sísmica ni en los pozos estudiados. Pero se hace referencia porque se han encontrado buenos indicios en algunos pozos de que son de interés económico petrolero.

Formación Chapopote.-

La componen lutitas suaves de color gris verde claro, gris y gris verde oscuro, con intercalaciones de arenisca gris de grano fino y escasas intercalaciones de bentonita blanca y verde y de arenisca conglomerática calcárea, gris, escaso pedernal negro, café y gris, y caliza, criptocristalina.

Formación Tantoyuca.-

Constituida por lutitas gris, gris verdosa y gris verde oscura, en partes ligeramente arenosas, alternadas con areniscas gris y gris oscuras de grano fino a medio, y conglomerados constituidos por fragmentos de rocas cretácicas, caliza crema amarillentas, escaso pedernal negro, gris y café, con areniscas conglomeráticas.

3.9 SECUENCIA 36 m.a. - 24 m.a. O1-MI

No se pudo identificar ya que la información sísmica existente no es tan somera.

Formación Horcones.-

La constituyen lutitas de color gris a gris verdoso, suaves con intercalaciones de areniscas, conglomeráticas, de color gris, de grano fino a grueso.

Formación Palma Real Inferior.-

Está constituida por lutitas suaves, ligeramente arenosas con delgadas intercalaciones de areniscas bien cementadas, de grano fino.

Formación Palma Real Superior.-

Está integrada por lutitas arenosas o ligeramente arenosas de color gris, con intercalaciones de areniscas de grano fino; en el área de Poza Rica, se presentan en la cima calizas arrecifales de color crema amarillento, criptocristalina.

3.10 SECUENCIA 24 m.a. - MI

Al reciente.

No se pudo identificar.

Formación Coatzintla.-

La forman lutitas de colores gris, gris plomo y gris claro, con intercalaciones de areniscas de grano fino a medio y conglomerados constituidos por rocas cretácicas y eocénicas cementadas en material calcáreo arcilloso.

Formación Escolín.-

Está formada por arcillas gris y gris plomo, plásticas y lutitas gris, alternadas con intercalaciones de areniscas, de color gris de grano fino, areniscas conglomeráticas grises, se observan también algunos conglomerados.

Formación Tuxpan.-

Esta formación se encuentra constituida por lutitas arenosas de colores; gris y gris verdosas, capas de areniscas de grano fino grises y de areniscas calcáreas de grano fino, y conglomerados con clásticos de tamaño grueso a fino, cementados en material calcáreo arcilloso, gris.

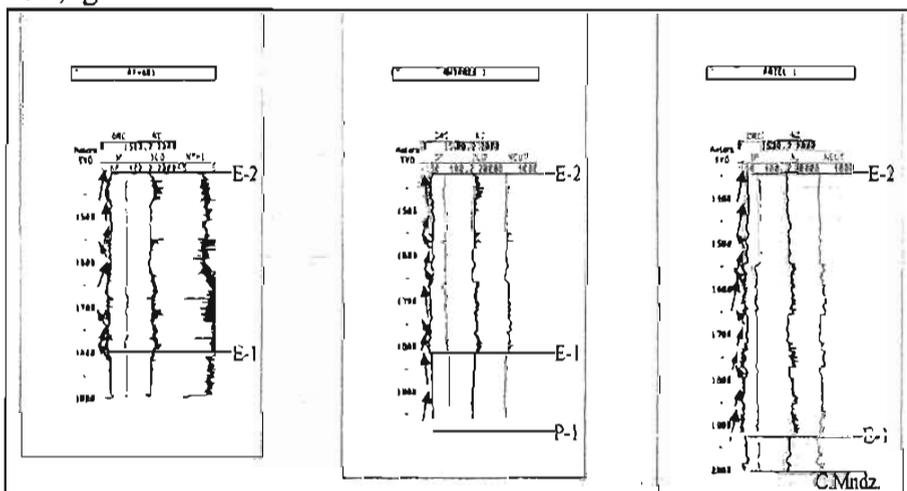


Fig. 11.-Pozos Agua Fria-801, Antares-1 y Ariel-1, mostrando sus límites de secuencias P1-E1.

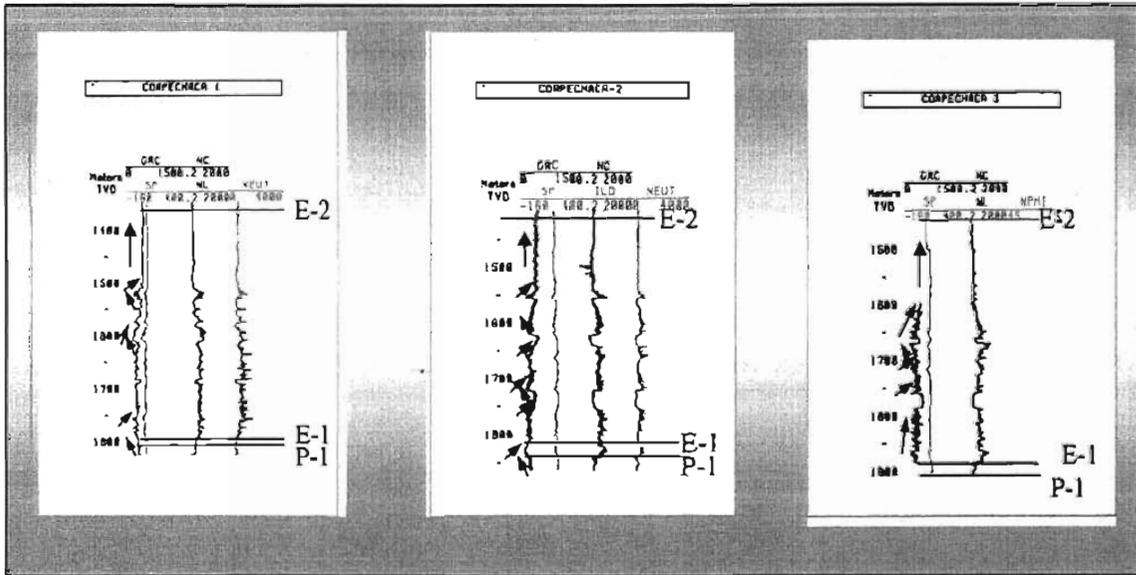


Fig. 12.- Registros del campo Coapechaca mostrando las parasecuencias identificadas y los límites de las secuencias P1-E1 y E1-E2.

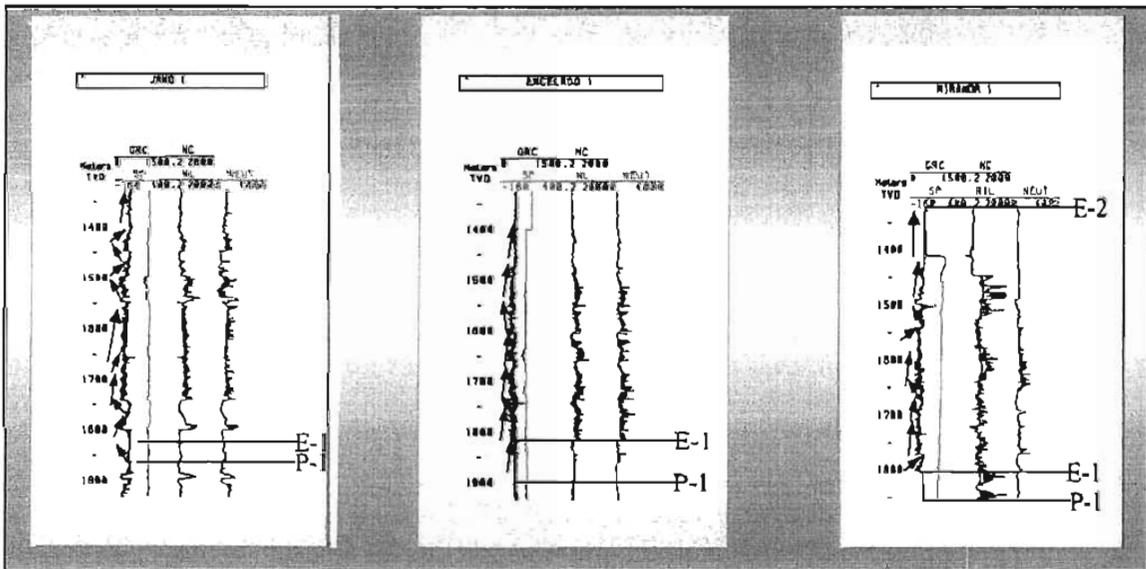


Fig. 13.- Pozos Jano-1, Encelado-1 y Miranda-1, indicando con las flechas en negro, las parasecuencias identificadas, así como los límites de las secuencias P1-E1, E1-E2.

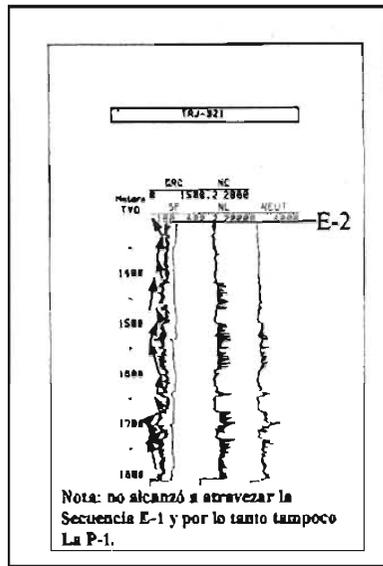


Fig. 14.- Registro tipo del área de estudio; que corresponde al Pozo Tajín-321, con sus parasecuencias interpretadas.

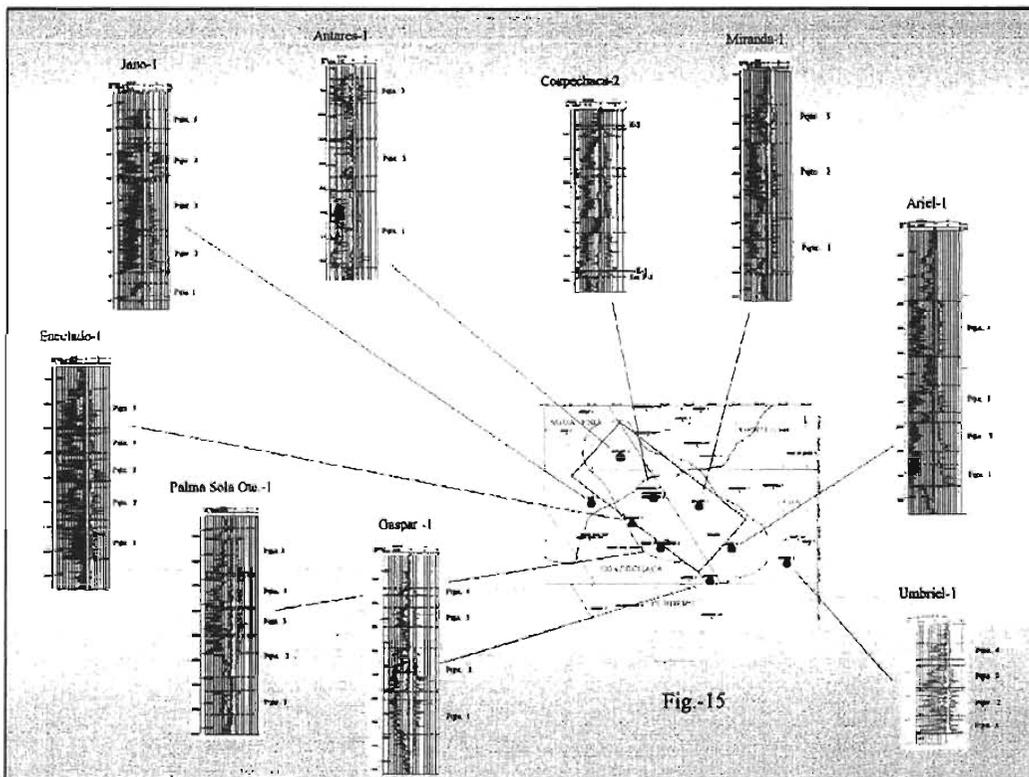


Fig. 15.- Se muestra el área de estudio con los registros Rg, y Sp de los pozos que se localizan dentro de la misma, mostrando los diversos cambios de facies para la secuencia estudiada; (P1-E2).

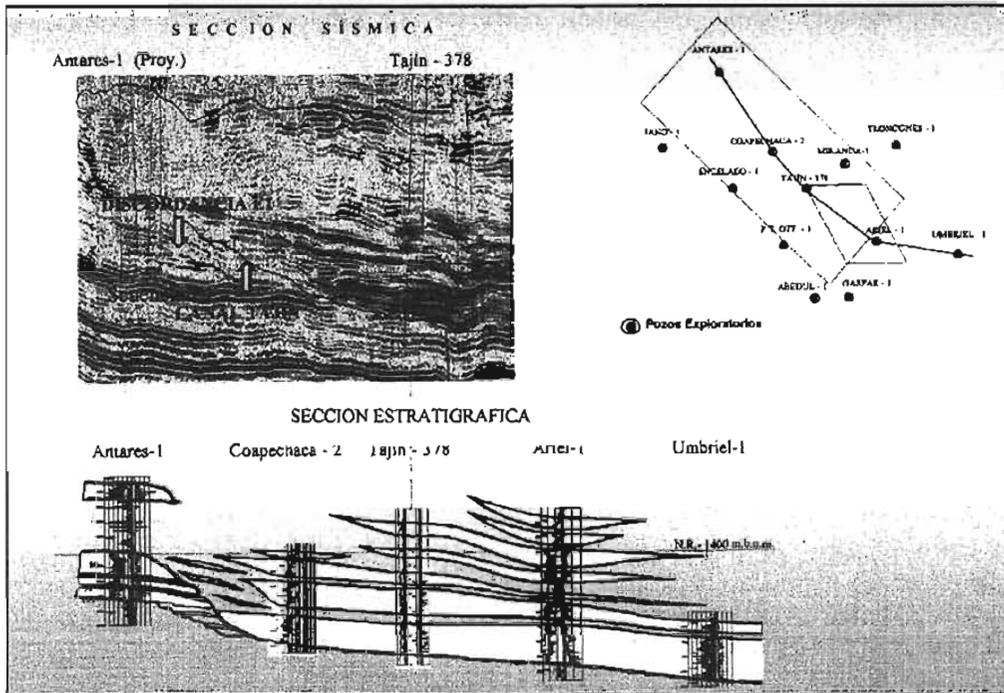


Fig. 16.- En la presente gráfica, se muestra la línea sísmica 3D, Random, Antares-1 - Umbriel-1, donde se interpreta un lóbulo de un abanico de aguas profundas y se corrobora con la correlación estratigráfica entre los Pozos Antares-1- Umbriel-1.

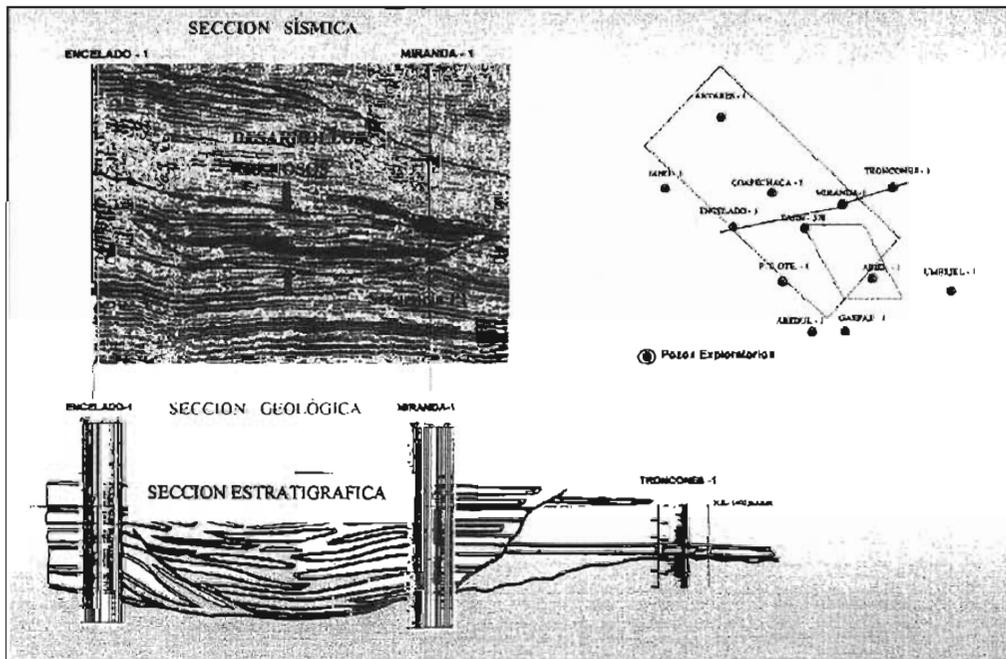


Fig. 17.- En esta gráfica se muestra la sección sísmica Encelado-1 - Troncones-1, que corre transversalmente a lo largo de la sección estratigráfica denominada igualmente, donde se corrobora el lóbulo interpretado en la (Fig. 16).

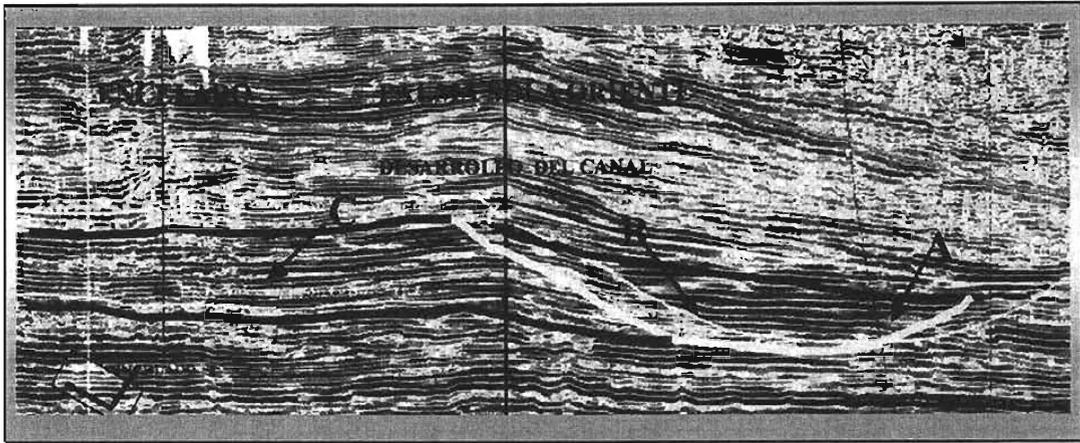


Fig. 17a.- Línea sísmica 3D denominada Encelado-1-Miranda-1, mostrando la interpretación de un probable canal, para la secuencia P1-E1.

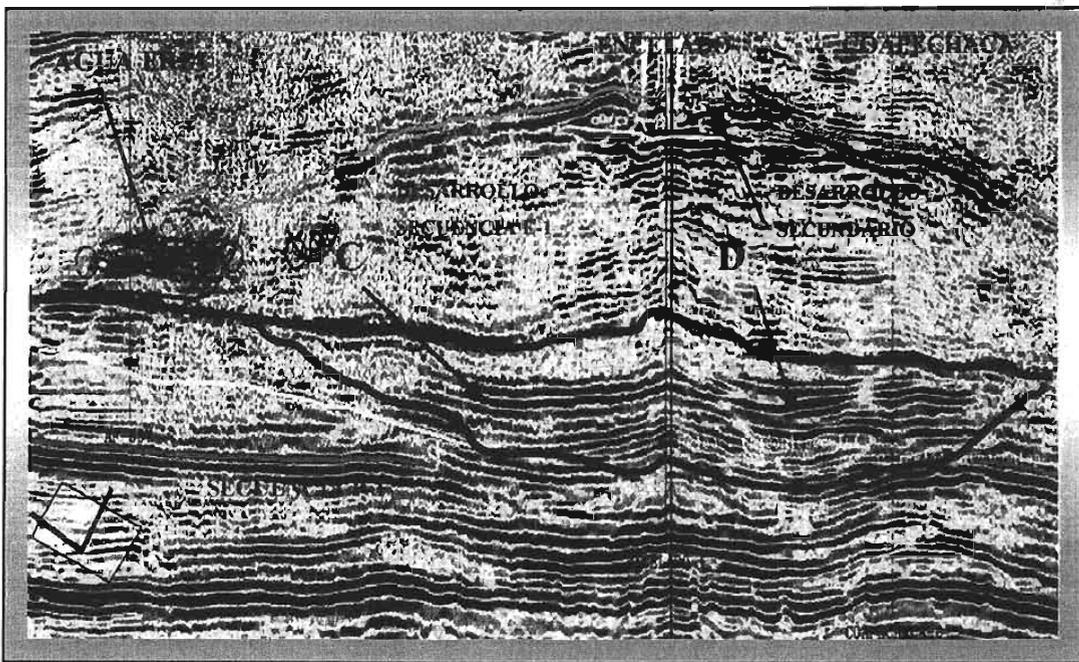


Fig. 17b.- Línea sísmica 3D denominada Agua Fría-Coapechaca mostrando la interpretación de otro probable canal, para la secuencia P1-E1. y observándose un punto brillante en el pozo Encelado-1 el cual podría ser un yacimiento de gas.

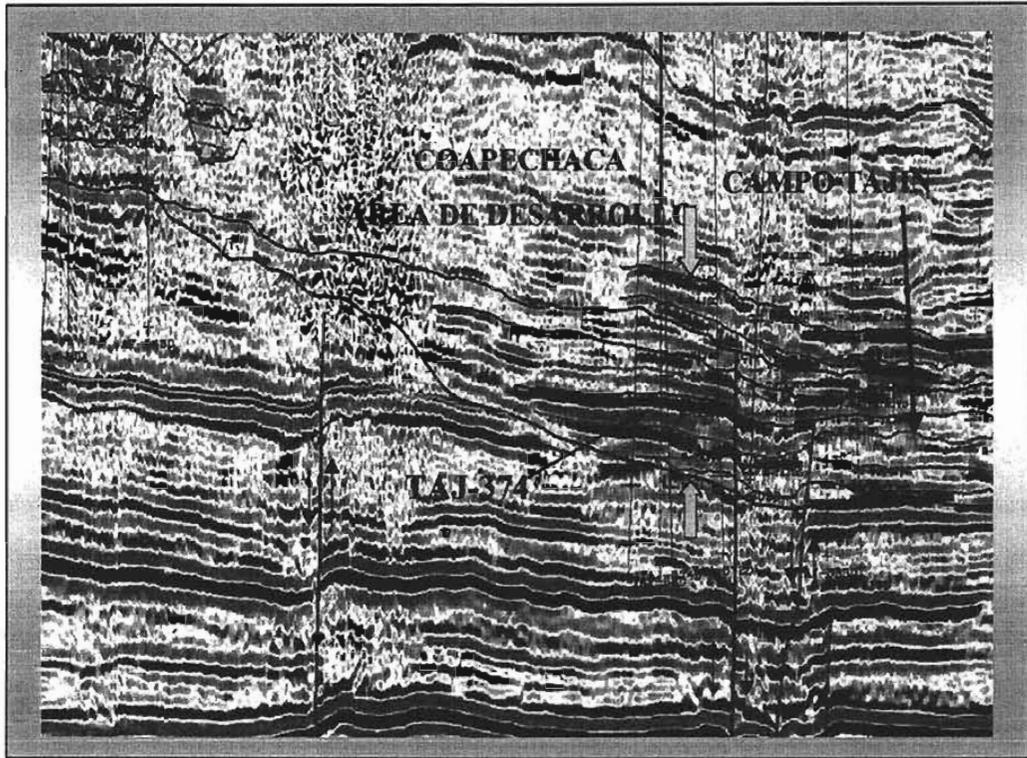


Fig. 17c.- Línea sísmica 3D denominada Coapechaca-Tajín, presentada como una propuesta para desarrollar el Campo Coapechaca hacia el SE del mismo, para la secuencia P1-E1.

3.11 Análisis de atributos sísmicos

Una vez que se tuvieron controladas en tiempo todas las secuencias identificadas, se procedió a la identificación de atributos de amplitud sísmicos.

Otro de los métodos en los trabajos de interpretación sísmicos consiste en la extracción de atributos sísmicos a partir de horizontes o secuencias interpretadas.

Un atributo es necesariamente un derivado de una medida sísmica básica; los más comunes son el tiempo, la amplitud y la frecuencia.

En función de la medida de donde provenga el atributo, será su utilización; por ejemplo, atributos extraídos a partir de tiempos proveen información estructural, los atributos derivados de las amplitudes proporcionan información estratigráfica y del yacimiento; y por último tenemos la frecuencia, que también nos proporciona información del yacimiento.

En la interpretación de la sísmica, para este trabajo, se utilizó el atributo de amplitudes RMS ya que como se mencionó en el párrafo anterior, nos identifica anomalías de amplitud o caracteriza secuencias. Se pueden seguir anomalías sísmicas estratigráficas, como canales y arenas que contengan gas.

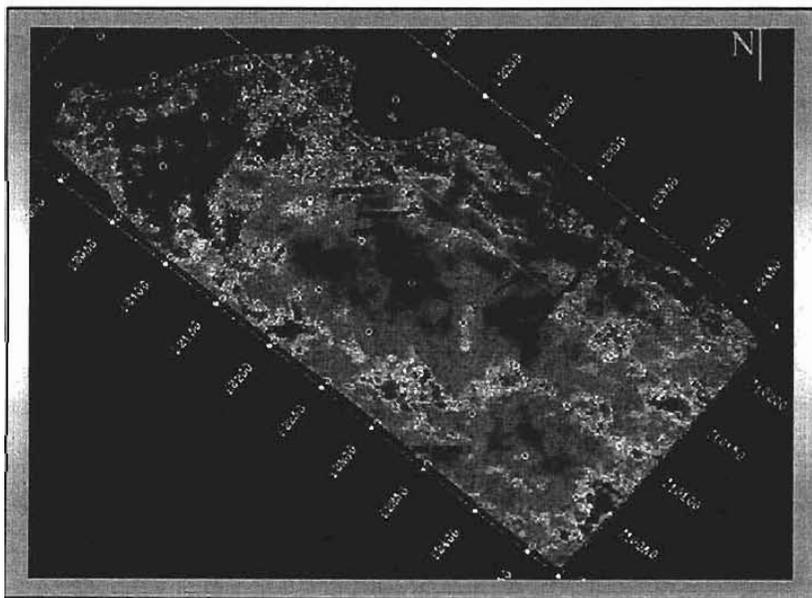


Fig. 18.-Mapa de anomalías de amplitud para la cima de la secuencia E1, observando en rojo los cuerpos arenosos, denominados A y B. Graduando a amarillo y verde interpretándose como probables cuerpos lutíticos arcillosos.

3.12 Interpretación de resultados

Finalmente se integraron e interpretaron los resultados, proponiéndose un modelo geológico para el área de estudio.

También se delimitó un área que pudiera presentar interés económico petrolero con base en la interpretación de los cuerpos arenosos en los registros y de las expresiones de la sísmica, para finalmente proponer puntos estratégicos exploratorios. (Fig. 22).

CAPÍTULO IV.- GLOSARIO DE TÉRMINOS DE SECUENCIAS

INTRODUCCIÓN

Para poder entender mejor el contenido de este estudio y la propuesta del modelo estratigráfico del área con esta nueva metodología, se definieron algunos términos básicos de la estratigrafía secuencial que se usaron en este capítulo.

Como la definen los autores (Emery D. y Myers 1996). Es una es una subdisciplina de la estratigrafía En los últimos años han existido diferentes definiciones de la estratigrafía de secuencias, pero tal vez, la más sencilla es la que la define como "la subdivisión del relleno de cuencas sedimentarias en paquetes genéticos limitados por discordancias correlativas".

4.1 SECUENCIA

Sucesión relativamente concordante de estratos genéticamente limitados por discordancias o concordancias relativas. (Mitchum, 1977)

4.2 DISCORDANCIA

Superficie que separa estratos jóvenes de antiguos existiendo evidencia de erosión subaérea o submarina y/o donde no se tiene presente un hiatus importante.

De acuerdo con Van Wagoner et al., 1988 Posamentier et. al., 1998, las secuencias pueden ser divididas en sytems track basados en el criterio de la posición de estos dentro de la secuencia.

Este término fue definido por primera vez por Brown y Fisher, en 1975, como una vinculación de sistemas de depósito contemporáneos considerando que estos últimos son una asociación de litofacies en tres dimensiones y en origen relacionados a procesos antiguos o modernos en los ambientes de depósito.

Los Systems Track (sistemas de depósito) son divididos en tres grupos de acuerdo a la posición relativa del nivel del mar y al tiempo de depósito en: Lowstand (posición baja del nivel del mar), "Transgressive" (cuando la línea de costa se mueve hacia dentro), y el "Highstand" (cuando la posición del nivel del mar es elevada).

Cada "System Track" exhibe una respuesta característica del registro, una señal sísmica y una marca bioestratigráfica.

En los registros RG, y SP, se esperan lecturas bajas para cuerpos arenosos y lecturas altas para cuerpos arcillosos. En los registros de resistividad por el contrario, se muestran lecturas altas para los cuerpos arenosos y bajas para los cuerpos arcillosos.

4.3 Lowstand Systems Track.

Este sistema se encuentra en la base de la secuencia y es dividido en tres: El "basin floor fan" (abanico de piso de cuenca), "Slope Fan" (abanico de talud), y "prograding complex wedge" (cuña de complejo progradante).

Los "basin floor fan" son típicamente "montículos" masivos aislados de flujos de granos bien clasificados o areniscas turbidíticas. La respuesta de los registros es en forma de caja Fig. 15. La respuesta sísmica es "mound" con "Downlap" hacia ambos lados y en contra del límite de secuencia inferior (Neal J., Risch D, Vail P., 1993, p54).

4.4 Slope fan.

En áreas de alta relación de depósito el principal componente del "Lowstand Systems Track" es el "Slope Fan Complex". El abanico de talud puede ser extenso y exhibir algunos estilos de depósito dependiendo del gradiente o inclinación del talud y de la de los sedimentos. El sistema incluye canales submarinos con leves depósitos de sobre banco, "slumps" y flujos caóticos (Neal J. Risch D. Vail P., 1993, p54). La respuesta del registro de rayos gamma (GR), es la forma creciente "upward fining" Fig (15).

En secciones sísmicas, los sistema de depósito llamados "levee" en el abanico muestran un patrón de montículos o bancos con una ligera depresión en la cima. Las areniscas que rellenan los canales pueden ser excelentes objetivos de exploración. Los "Slumps" derivados del borde de la plataforma se asocian con patrones caóticos (Neal J., Risch D. Vail P., 1993, p54).

4.5 Prograding Complex Wedge

Estos sistemas son depositados durante un ascenso acelerado del nivel del mar y son construidos hacia la cuenca desde el borde de la plataforma, además de acuñarse con dirección hacia la tierra.

La respuesta del registro muestra más arena hacia tierra y menos hacia la cuenca dando un patrón "upward coarsing" gradación inversa. (gradación de grano fino a grano grueso de la base a la cima. Patrones de registros).

La firma de la sísmica muestra amplitudes muy continuas y fuertes inclinándose hacia el piso de la cuenca.

Esta unidad de depósito frecuentemente contiene amplia distribución de arenas especialmente cerca de la fuente de aporte.

4.6 Transgressive System Track

Representa la sedimentación durante una rápida elevación del nivel del mar.

El nivel del mar avanza hacia el continente, privando a la cuenca de sedimentos. La respuesta de los registros RG y SP, muestran un patrón "upward finning" (gradación de grano grueso a grano fino de la base a la cima).

Los patrones sísmicos muestran reflectores acunándose (onlap) hacia el continente. Las arenas presentes cerca de la línea de costa pueden formar cordones o barras (trends) a lo largo de la misma.

La cima de la superficie transgresiva es el límite de una invasión marina y es denominada superficie de máxima inundación maximum flooding surface.

Estos estratos ricos en arcilla muestran baja resistividad y altas lecturas en el registro de rayos gamma. Sísmicamente los reflectores indican "Downlap" acunándose sobre esta superficie además de ser un reflector muy continuo.

4.7 Highstand system track

Los sedimentos depositados durante el más alto nivel del mar son denominados como highstand systems track. La respuesta de los registros gamma y Sp muestra un decremento gradual en el rayos gamma indicando una gradación inversa "upward coarsing" asociado con un incremento en nivel del agua.

Los patrones de reflexión sísmica son caracterizados por formas sigmoidales y/o oblicuos, similares a los de la cuña progradante de nivel bajo.

Todos estos rasgos se pueden ser observados en la (fig. 19).

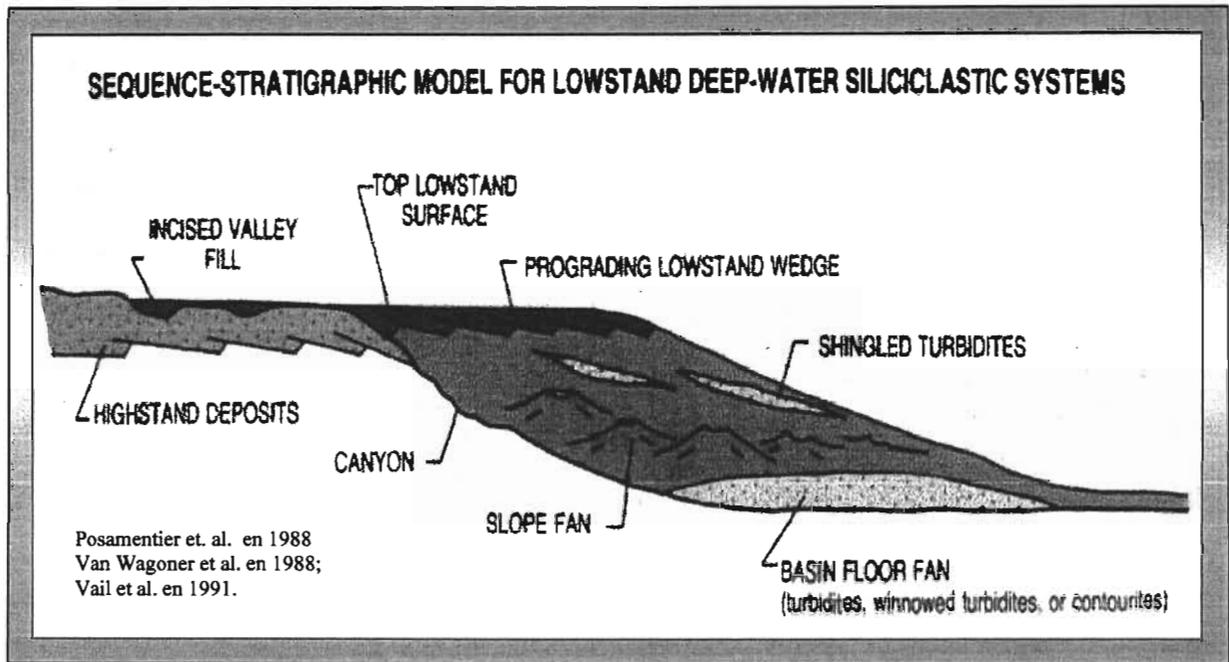


Fig. 19.- Modelo de secuencias depositacionales de siliciclásticos basado en Posamentier; propuesto por Vail en 1991 y modificado por Mutti en 1997.

CAPÍTULO V.- MODELO GEOLÓGICO DE LAS SECUENCIAS IDENTIFICADAS P-1 E-2. PARA EL CAMPO COAPECHACA.

5.1 Modelo estratigráfico del Sistema de abanicos, base de talud.

En los abanicos submarinos se pueden reconocer dos unidades distintivas que parece ser este caso:

- a.- Una unidad basal, alejada de la pendiente del talud.
- a.- Un complejo posterior, llamado complejo de abanico submarino "slope fan complex".

La respuesta de los registros eléctricos de los pozos estudiados en este trabajo nos indican patrones llamados "campana, embudo, cilindro y aserrados y tipo caja principalmente lo cual nos indica avance y retroceso del nivel del mar y que las areniscas del relleno fueron depositadas por corrientes de turbidez a profundidades batiales, pozos Agua Fría-801, Antares-1, Ariel-1, Coapechaca-1 Coapechaca-2, Coapechaca-3, Encelado-1, Jano-1, Miranda-1, Tajín-321, y otros que sirvieron de apoyo como los pozos: Palma Sola-1 Oriente-1, Gaspar-1, y Umbriel-1, Fig. 15, de acuerdo a los conjuntos de foraminíferos encontrados en las lutitas interestratificadas con las areniscas y siendo esto corroborado por la sísmica donde se pueden apreciar terminaciones tipo "Downlap" de "slope fan" o del complejo progradante.

Los espesores netos de las areniscas varían de 0 a 600 mts. En las partes que recibieron mayor aporte. Las secuencias consisten de capas gruesas de 0.5 a 10.0 m. de litarenitas interestratificadas con lutitas y limolitas correspondientes a las secuencias P-1- E-1, E-1-E-2, E-2-E-3, y de ambientes de aguas profundas.

5.2 Modelo de Sistemas de "slope fan comlex" (complejo de abanico submarino de talud)

Se postula que probablemente el campo Coapechaca, motivo de este trabajo, está comprendido dentro de este complejo de abanicos submarinos. Estos depósitos se forman en la parte media o inferior (al pie de talud por turbiditas y por flujos de escombros de detritos. Se encontraron características tanto en los registros como en las 5 secciones sísmicas.

En los pozos Coapechaca-2 Fig.12, Gaspar-1, Fig.15, Jano-1 Fig. 15 y en las líneas sísmicas. Figs 16 y 17, se encontraron características que apoyaron el modelo geológico propuesto.

La forma semi-lunar (crescent-shape) de canales y de overbank es característica que este presente en los pozos antes mencionados, también. como sabemos las arenas se engrosan y después se afinan hacia arriba dentro del complejo de canales del overbank.

El patrón de “coarsening up” o de arenas apiladas es común en el lóbulo central, también, alcanzamos a ver en los registros facies de distribución laminar “sheet -like,” que es común en arenas con lóbulos con abundante suministro de sedimentos, las lutitas suprayacentes muestran en algunos casos un pico de abundancia faunal.

Con la ayuda de varios pozos cercanos también, se construyó un plano de isopácas de la cima de la E-1. Fig. 20 y corrobora la tendencia de estar formando un abanico, en el cual se aprecia que los campos aledaños al campo Coapechaca como son el Agua Fría y el Tajín, también están ubicados en la parte media del abanico. Teniendo en cuenta todas estas observaciones, tomamos el modelo de Emiliano Mutti (1985), para tratar de postular en que parte del abanico submarino nos encontramos; y se llega a la conclusión que el campo Coapechaca se encuentra en la parte media del abanico. Figs. 21, 21a y 21b.

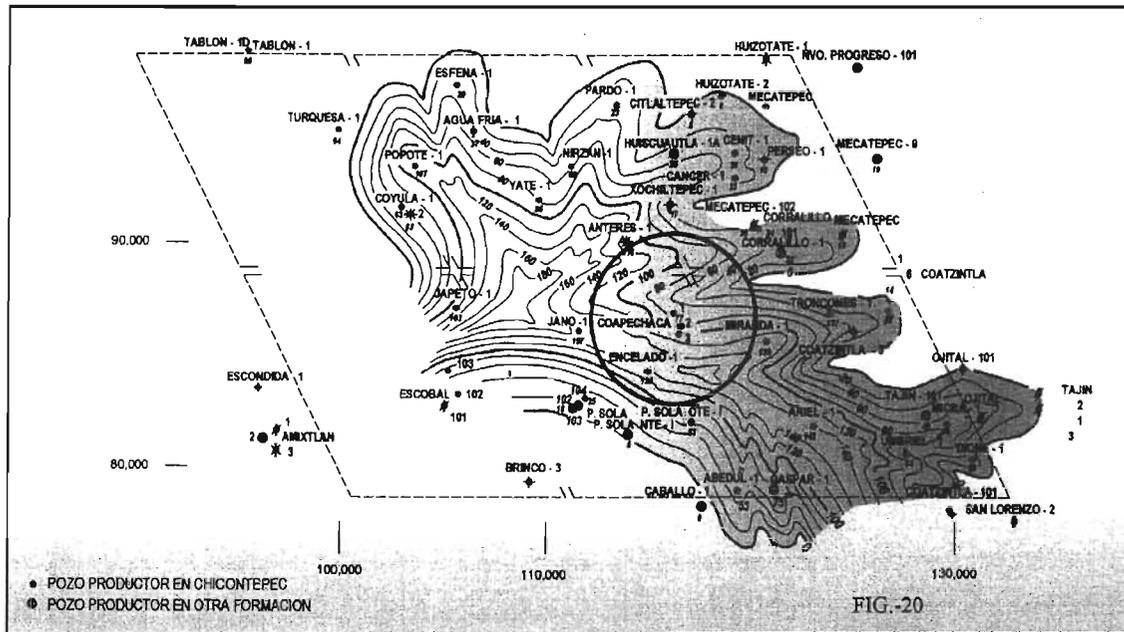


Fig. 20.- Plano de isopacas para la cima de la secuencia E-1, mostrándose en el círculo el campo Coapechaca, localizándose en la parte medial de un abanico de aguas profundas.

MODELO DE ABANICO DE EMILIANO MUTTI Y RICCI Y LUCHI 1985

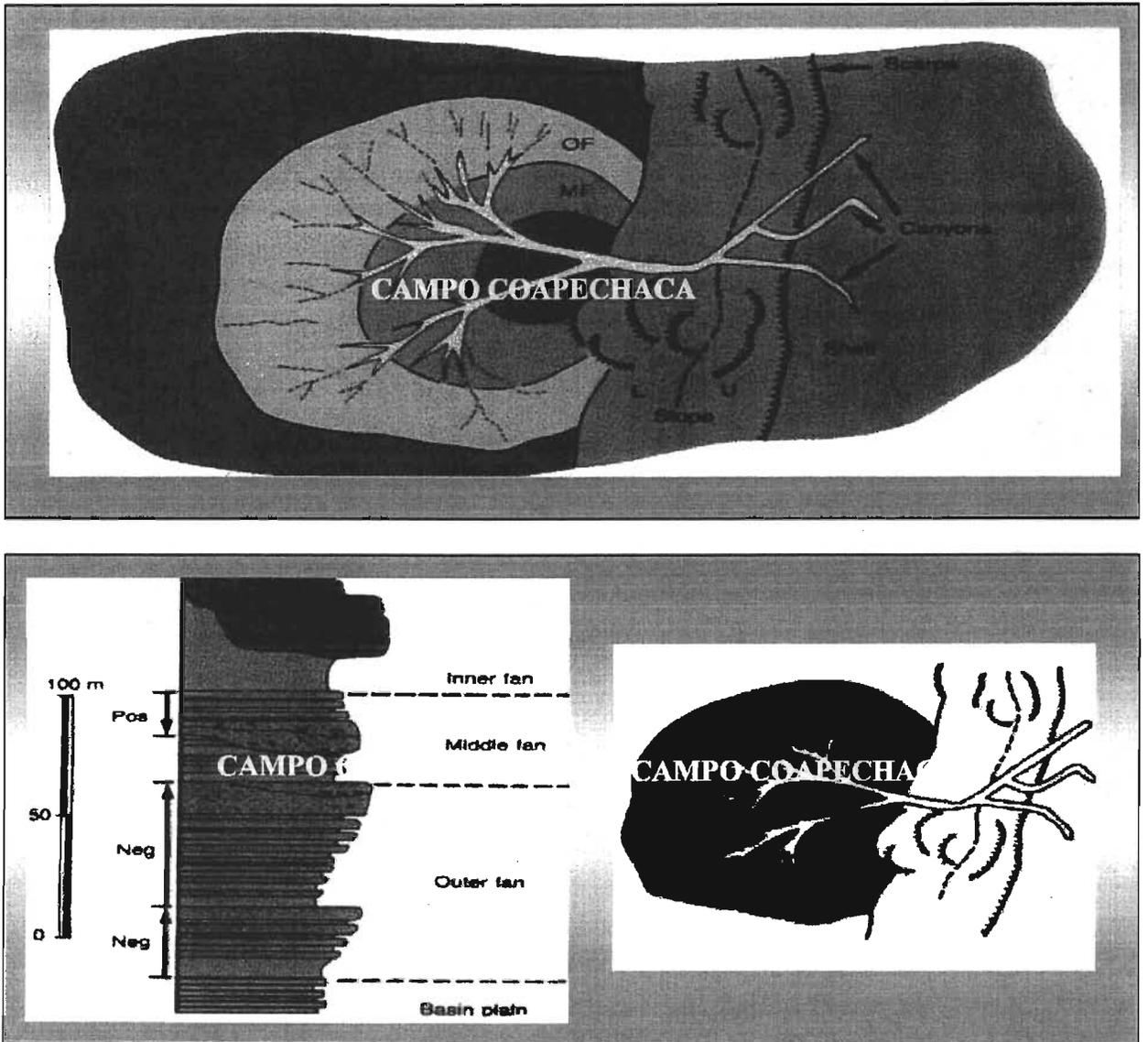


Fig. 21.- Modelo de abanico de Aguas profundas, propuesto por Mutti y Ricci Luchi en 1985; donde se postula que área de estudio queda ubicada en la parte medial del mismo.

MODELO DEPOSITACIONAL PARA EL CAMPO COAPECHACA

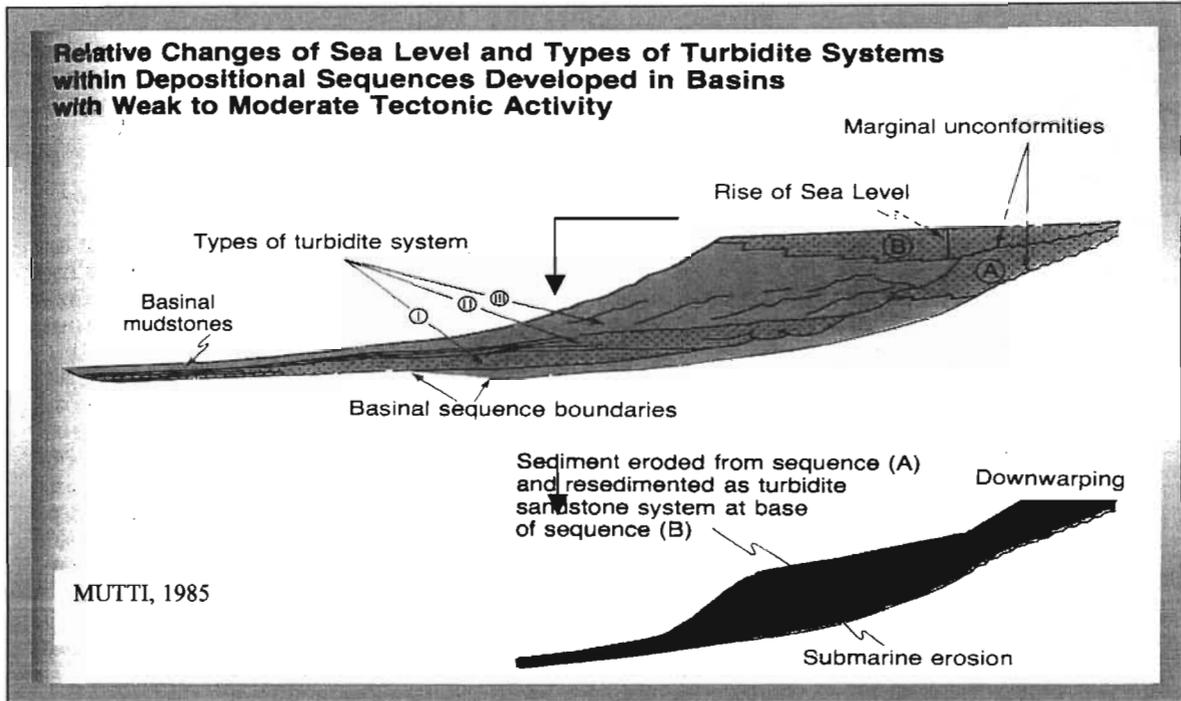


Fig. 21 a.- El modelo propuesto para el campo Coapechaca quedo ubicado en el sistema de Formación de Turbiditas, denominado como Tipo II.

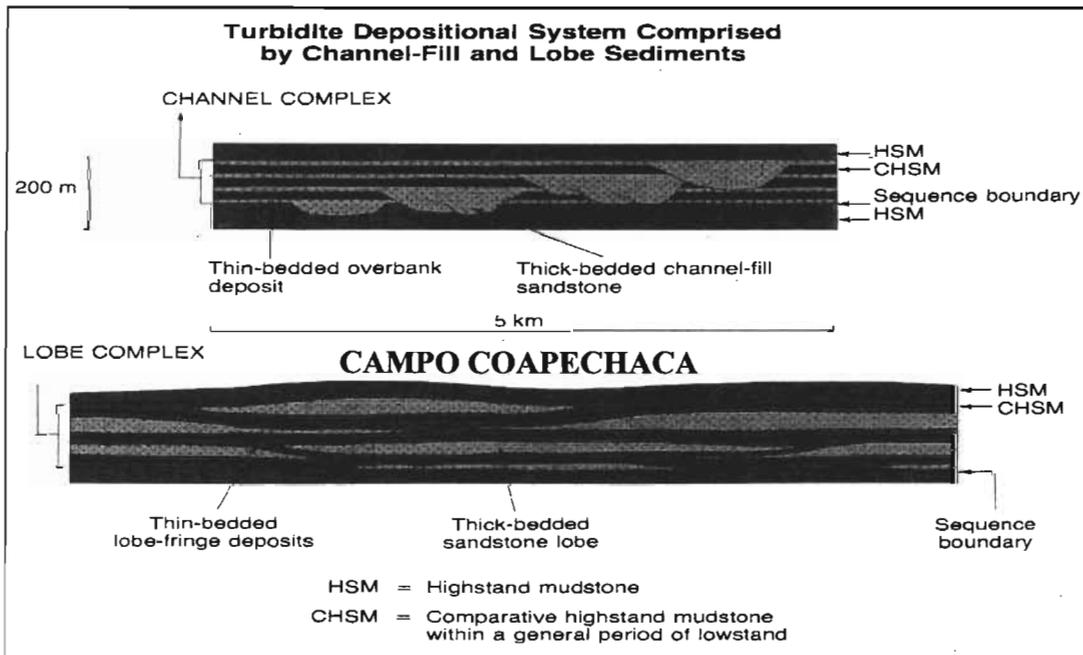


Fig. 21 b.- Sistema depositacional de turbiditas propuesto para el campo Coapechaca. (sistema de lóbulos sobrepuestos). Mutti y Normak (1987).

CAPÍTULO VI.- DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE INTERÉS

La delimitación de áreas de interés en el campo Coapechaca se basa principalmente en los resultados obtenidos, a partir del análisis de los registros geofísicos y la información sísmica principalmente, Fig. 22 (ver en el mapa de localización el área dibujada en verde). Donde se ha interpretado un lóbulo dentro del canal que hemos denominado en este trabajo lóbulo Coapechaca - Tajín, debido a la proximidad con el campo Tajín y que como se ve en la mayoría de las láminas todo parece indicar que los dos campos quedan dentro del lóbulo hacia los bordes del canal de erosión, por lo cuál quedarían la mayoría de los paquetes arenosos más gruesos sin perforar.

Con el objeto de optimizar el desarrollo integral del campo Coapechaca, para maximizar su valor económico, se pretende realizar un plan de desarrollo continuo de perforaciones a partir del año 2002 al año 2006. Fig.22.

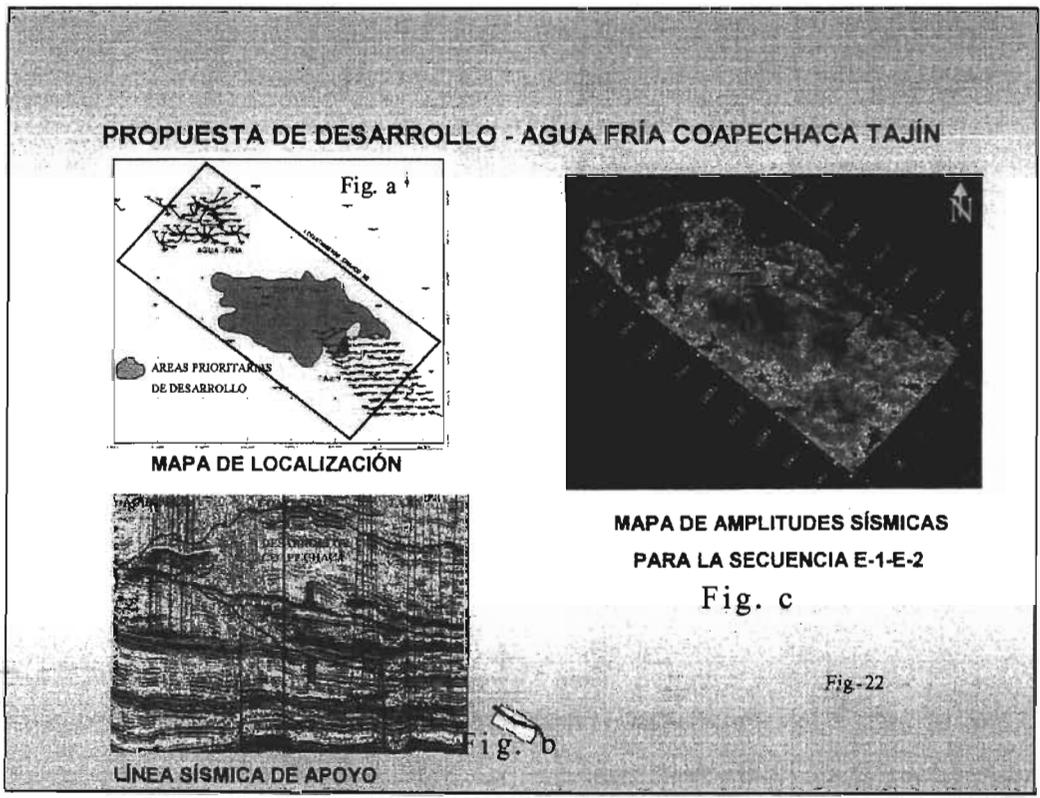


Fig. 22.- Propuesta de desarrollo para el área de estudio Campo Coapechaca, mostrado en verde en la Fig. a; presentando la línea sísmica que sirve de apoyo a ésta, Fig. b y corroborando esto con el mapa de anomalías de amplitud sísmicas para la secuencia que se estudio, Fig. c.

CAPÍTULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Con la información obtenida de la sísmica 3D y las cimas de las respuestas de los paquetes arenosos en los registros geofísicos de pozos se construyó la columna estratigráfica del área del campo Coapechaca. Fig. 4.
- 2.- Integrando la información existente se construyó la biozonificación del pozo Tajín-321, por ser el pozo que más columna geológica cortó, en la cual tenemos la ausencia de varias Biozonas de "Blow" entre las cuales tenemos la P2, 3, 7, 9, 10, y 11. lo que nos indica un probable no depósito ó una erosión. Fig. 5.
- 3.- En términos generales se pudo concluir, que los sedimentos depositados en el área de estudio: campo Coapechaca fueron llevados a través de cañones en varias etapas de azolve y distribuidos por canales con una dirección NW-SE, dispersándose en forma de lóbulos apilados, traslapados a rumbo y echado en forma irregular, Figs. 20 y 21.
- 4.- Del resultado de la interpretación geológica-geofísica hecha en forma regional líneas sísmicas 2D y local sísmica 3D, se demuestra la continuidad, de la distribución de los cuerpos arenosos, teniendo una posición favorable hacia la región este, del plano de anomalías sísmicas Fig.18, se recomienda tomar en cuenta estas características en el desarrollo del área propuesta.
- 5.- Las secuencias estratigráficas P-1- E-1 están constituidas por cuerpos de areniscas interestratificados con cuerpos de lutitas en espesores muy pequeños (hasta de centímetros), Ver espesores en los registros geofísicos Figs. 11, 12, 13, y 14.
- 6.- De acuerdo al análisis realizado en los registros de los pozos del área estudiada, se determinaron los probables ambientes de depósito, pudiendo diferenciar; Depósitos de abanicos submarinos, parte media, facies de lóbulos sobrepuestos, pudiendo diferenciar dentro de las turbiditas las facies de intercanales lobulares.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

B I B L I O G R A F I A

- Araujo M., Juan y Mutti, Emiliano, 1997.** Seminario de campo sobre facies turbidíticas del Terciario Temprano en la Cuenca de Chicontepec. Excursión, Pemex. Inédito.
- Assef, Martínez A., 1990.** Estudio Bioestratigráfico del Pozo Agua Fria-1, Pemex Inédito.
- Assef, Martínez A., 1993.** Estudio Bioestratigráfico del Pozo Coapechaca 2.
- Benavides, G. L., 1966.** Informe Final, Prospecto. Programa de Geología Superficial. Pemex, Inédito.
- Bouma, Arnold H. y Stone, Charles G.,** Fine Grained Turbidite Systems, SEPM. Special Publication # 68/Memoir 72.
- Brown, Leonard F. y Fisher, W.C., 1975.** Modern Concepts in Exploration Sandstone, University of Texas.
- Busch, Goveia, 1978.** Estudio Estratigráfico Estructural de las Turbiditas de las formaciones sureste de la Cuenca Tampico-Misantla. Prospecto Soledad – Nuevo Progreso.
- Cantú, Ch. A., Parte I, 1980, Parte II, 1985.** Estudio Diagenético de las rocas carbonatadas del anticlinorio de Huayacocotla y de la Cuenca Terciaria de Chicontepec. IMP-Pemex, Inédito.
- Carrillo, B.J. 1960.** Levantamiento a lo largo de la carretera México - Tuxpan. Pemex, Inédito
- Carrillo, B.J., 1965.** Estudio Geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Boletín XVII.
- Cuevas Sánchez, Filiberto, 1973.** Bosquejo Geológico del subsuelo, enfocado al análisis de los paleocañones submarinos, área sur de la Cuenca de Tampico-Misantla, Pemex Inédito.
- Galloway, William E., 1995.** Facies of a submarine Canyon fill reservoir complex, lower Wilcox Group (Paleocene) Centrel, Texas Coastal Plain. SEPM C.W. No. 20.
- Levy - Weimer y Posamentier, 1993.** Estratigrafía de Secuencias. AAPG, Memoria 58 Abanicos submarinos. AAPG.
- Mitchum, R.M., P.R. Vail and J.B. Sangree, 1974.** Regional Stratigraphic Framework from seismic sequences (abs): Geol. Soc. America Abs. With Programs. V6.

- Mutti, Emiliano, 1970. Examples an ancient deep Sea Fan deposits from circum Mediterranean. Universidad de Turin.
- Mutti, Emiliano, 1995. Turbidite system and thier relations to depositional sequence. Universidad de Parma.
- Normak, William R., 1970. Growth patterns of Deep Sea Fans. AAPG.
- Normak, William R., 1975. Growth patterns of Deep Sea Fans. AAPG.
- Normak, William R., 1993. Possamenteir and E. Mutti. Turbidity Systems, State of art and future directions. Reviews of Geophysics. 31: 91 - 116.
- Pérez, Matus, J., 1977. Ambiente de depositación de clásticos y su aplicación en el desarrollo de los campos petroleros.
- Posamentier, Vail, 1977. Eustatic controls on clastic. Deposition II. Sequence and systems track models. SEPM.
- Posamentier, Vail, 1988. Eustatic controls on clastic. Deposition II. Sequence and systems track: SEPM.
- Roldán, G.G., 1977. Estudio Bioestratigráfico del Pozo Antares-1. Pemex, Inédito.
- Roldán, G.G., 1985. Estudio Bioestratigráfico del Pozo Tajín-121. Pemex, Inédito.
- Roldán, G.G., 1993. Estudio Bioestratigráfico del Pozo Agua Fría-801, Pemex Inédito.
- Shanmugan, G. And Moiola, R.J., 1991. Types of Submarine Lobes: Models and implications. AAPG, Bulletin 75: 156-179
- Shanmugan, G., 1990. Deep marine facies models and the interrelation ship of depositional components in the time and space. SEPM.
- Slatt, Roger M. And Weimer P., 2000. Turbidite Mc Graw-Hill, 2000. Year book of Science and Technology, New York.
- Vail, P. R. M. Mitchum and S. Thompson, 1974. Eustatic cycles based on sequences With, Programs. V.6.
- Viniegra, O. F., 1966. Informe Geológico Superficial, Proyecto de trabajo, hoja Atlas 1D. Pemex, Inédito.
- Walker, Roger G., 1967. Turbidity sedimentary structures and their relationship to proximal and distal depositional enviroment. Journal of Sedimentary Petrology.

Walker, Roger G., 1992. Turbidites, and submarine fans. Facies Models: response to sea level change. Geological Association of Canada. P. 239 - 263.

Weimer P. And Slatt R. M., 1999. Petroleum geology of turbidite depositional systems: Part I Seismic scale characteristics. The leading Edge april p. 454 – 463. Part II Subseismic scale reservoir distribution.

Weimer P. And Slatt R. M., 1999. Petroleum geology of turbidite depositional systems: Part I Seismic scale characteristics. The leading Edge april. Part II Subseismic scale reservoir distribution.