

01179



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

DELIMITACION DE FACIES ALMACENADORAS
EN LA PORCION ORIENTAL DEL PALEOCAÑON
BEJUCO-LA LAJA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA
(EXPLORACION DE RECURSOS ENERGETICOS DEL SUBSUELO)
P R E S E N T A :
ESMER ORLANDO RIVAS REYES

274380

DIRECTOR DE TESIS: M.C. JUAN MARCOS BRANDI PURATA



CIUDAD UNIVERSITARIA

FEBRERO DEL 2000



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 mi esposa Gaby

Gracias por tu infatigable labor de apoyo

A mis Padres

Por sus consejos

A Monserrath y Zallely

Como un ejemplo para ellas

A mis Amigos

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades de Pemex Exploración-Producción la oportunidad brindada para efectuar los estudios de Maestría correspondiente a la Ingeniería de Exploración de Recursos Energéticos del Subsuelo. En especial al M.C. Antonio Cuevas Lereze por las facilidades brindadas. Al M.C. Alfredo Guzmán Baldizán por su interés en que el personal técnico tenga acceso a mejorar sus conocimientos. Al M.C. Juan Marcos Brandi Purata por su dirección en la elaboración de este trabajo. Al Dr. Jaime Barceló Duarte por sus enseñanzas y apoyo académico. Al Ing. Dionisio Rodríguez Figueroa por las facilidades otorgadas. Así mismo al Ing. Patricia L. Ortiz Gómez por las facilidades para que este trabajo llegara a su fin. Al Ing. Juan Eduardo Reyes Theojares por el apoyo en la información de Registros de pozos. Al Ing. Antonio Gómez Ortega por su apoyo con la grabación de la información sísmica. Al Ing. Jorge Ríos Herrera por su apoyo en técnicas de computación.

Indice

Pag.

Indice de Tablas y Figuras

Resumen

CAPITULO I.- INTRODUCCION

1

I.1.-Discusión de la Literatura

1,2

I.2.-Planteamiento del problema.

2

I.3.-Hipotésis.

3

I.4.-Justificación

3

I.5.-Objetivo.

3,4

CAPITULO II.- ANTECEDENTES.

5

II.1.-Localización.

5,6

II.2.-Geológicos del Subsuelo

6-11

II.3.-Geofísicos.

11

II.3.1.-Metodos Magnetométricos.

11

II.3.2.-Metodos Gravimetricos

13

II.3.3.-Metodos Sismológicos,

14

II.4.-Paleontológicos.

14

II.5.-Geoquímicos.

19

II.5.1.-Roca Generadora.

19

II.5.2.-Roca Almacenadora

22

II.5.3.-Sincronía y Migración.

22

II.6.-Interpretación Geológica-Geofísica.

25

II.7.-Economicos.

30

II.8.-Estratigrafía.

34

II.9.-Evolución Geológica.

35

II.9.1.-Modelo de Tectonosecuencias

37

CAPITULO III.-METODO DE TRABAJO	46
III.1 y 2.-Análisis y Selección de la información Antecedente.	48
III.3.-Calidad de la información.	48
III.4.-Carga de líneas sísmicas a la Estación de trabajo	49
III.5.-Carga de registros a la Estación de trabajo	50
III.6.-Análisis de líneas sísmicas y registros de pozos para identificación de secuencias.	50
III.7.-Análisis de facies sísmicas	52
III.8.-Interpretación de resultados.	52
CAPITULO IV.-IDENTIFICACION DE SECUENCIAS.	54
IV.1.-Conceptos de Estratigrafía de Secuencias..	54
IV.2.-Secuencia 36 m.a.	57
IV.3.-Secuencia 33 m.a.	61
IV.3.1- Descripción litológica de la secuencia.	63
IV.4.- Secuencia Verde (Slope Fan).	65
IV.5.-Secuencia Azul (Prograding Wedge Complex).	66
IV.5.1.-Descripción litológica de la secuencia.	68
IV.6.-Secuencia Morada (Highstand System Track).	68
IV.6.1.-Descripción litológica de la secuencia.	73
IV.7.-Secuencia 32.4 m.a	73
IV.8.-Secuencia Amarilla (Slope Fan)	75
IV.8.1.-Descripción litológica de la secuencia	78
IV.9.-Secuencia rosa (Prograding Wedge Complex)	79
IV.9.1.-Descripción litológica de la secuencia.	82
CAPITULO V.-INTEGRACION GEOLOGICA- GEOFISICA.	85
V.1.-Análisis de Facies Sísmicas	85
V.2.-Caracterización de Facies Sísmicas.	85
V.3.-Análisis de Facies Sísmicas de las Secuencias Identificadas..	86
V.3.1.-Secuencia Verde (Slope Fan).	86

V.3.2.-Secuencia Azul(Prograding Wedge Complex)	89
V.3.3.-Secuencia Morada (Highstand).	93
V.3.4.-Secuencia Amarilla (Slope Fan de la secuencia 32.4 m.a.).	93
V.4.-Modelos Geológicos de las Secuencias Identificadas.	98
V.4.1.-Modelo Geológico del Sistema de Abanicos de Talud-Slope Fan- (Secuencia Verde).	98
V.4.2.-Modelo Geológico del Sistema de Cuña Progradante (Prograding Wedge Complex), secuencia azul..	103
V.4.3.-Modelo Geológico del Sistema de Highstand (secuencia morada).	106
V.4.4.-Modelo Geológico del Sistema de Abanicos de Talud (secuencia amarilla)	108
V.4.5.-Modelo Geológico de la Secuencia Rosa (sistema de cuña progradante?).	112
V.4.6.-Modelo Geológico de la secuencia 28.5 m.a (highstand).	114
V.5.-Delimitación de áreas de interés.	117
V.5.1.-Abanicos de Talud (slope fan) dentro de la secuencia 33 m.a.	117
V.5.2.-Abanicos de Talud dentro de la secuencia 32.4 m.a..	120
V.5.3.-Cuña Progradante dentro de secuencia 32.4 (rosa).	122
 CAPITULO VI.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 123

BIBLIOGRAFIA.

Apendice A.- Términos y conceptos.

- A.1.- Estratigrafía de Secuencias.
- A.2.- Estratigrafía Sísmica.
- A.3.- Litoestratigrafía.
- A.4.- Bioestratigrafía.

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

<i>Fig.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Pág.</i>
1.-	Ubicación del paleocañon Bejuco-La Laja en el contexto regional.	5
		5
2.-	Ubicación del área de estudio en el contexto del paleocañon Bejuco-La Laja	7
3. -	Ubicación de los pozos mencionados en los antecedentes.	8
4.-	Registro del pozo La Laja 1B mostrando de pruebas de producción y manifestaciones.	9
5. -	Pozo Fe-1 mostrando la prueba de producción realizada y las manifestaciones de hidrocarburos en el Terciario.	10
6ª y b. -	Mostrando interpretación anterior y posterior a la perforación del pozo Papatlas-1.	12
7. -	Planta y perfil del efecto erosivo que dio origen al paleocañon y edad de las rocas que rellenan el mismo.	15
8. -	Modelo que muestra un nuevo concepto sobre la edad del relleno del paleocañon.	17
9. -	Correlación de batimetrías de depósito.	18
10. -	Sección entre pozos mostrando correlación de biozonas.	20
11. -	Focos de generación y probables rutas de migración.	21
12. -	Potencial generador para el Kimmeridgiano.	22
13.-	Potencial generador para el Tithoniano.	23
14. -	Valores de madurez de roca generadora para el Tithoniano.	24
15. -	Valores de madurez de roca generadora para el Kimmeridgiano.	24

16. -	Carta de eventos geológicos.	25
17. -	Modelo sedimentológico generalizado para el Oligoceno Inferior.	27
18. -	Modelo geológico en isométrico para el Oligoceno Inferior.	28
19. -	Intervalo productor en las areniscas arcillosas cortadas en el pozo La Laja 1B.	29
20. -	Plano mostrando pozos con producción y manifestaciones.	33
21. -	Tipo de tectonosecuencias interpretadas mostrando la evolución de la cuenca Tampico-Misantla.	38
22. -	Etapas de evolución de la cuenca Tampico-Misantla.	39
23. -	Modelo geológico que muestra las 3 etapas de <i>Syn rift</i> durante la evolución de la cuenca Tampico-Misantla.	39
24. -	Modelo geológico margen pasiva de la segunda etapa en la evolución de la cuenca Tampico-Misantla.	42
25. -	Modelo geológico mostrando la última etapa de evolución en la cuenca Tampico-Misantla.	45
26. -	Diagrama de flujo que muestra el proceso de investigación.	46-47
27. -	Calidad de la información.	48
28. -	Patrón sísmico sigmoidal demostrando calidad de información sísmica.	49
29. -	Plano de ubicación de líneas sísmicas en el área de estudio.	51
30. -	Línea sísmica que muestra la discordancia Terciario-Mesozoica y patrones sísmicos que definen la secuencia 33 m.a.	58
31. -	Características litológicas en el límite de secuencia 36 m.a.	59
32. -	Configuración estructural de la secuencia 36 m.a.	60

33. -	Línea 226 mostrando patrones sísmicos con los cuales se identifica la secuencia 33 m.a.	61
34 y 35.	Firma de curvas de registro en los pozos Granadilla-101 y Papatlas-1 en el inicio de deposito de la secuencia 33 m.a.	62
36 y 37	Expresión de curvas de registros en los pozos Arroyo Viejo 1A y Fe-1 en el inicio de deposito de la secuencia 33 m.a.	63
38.-	Configuración estructural de la secuencia 33 m.a.	64
39 y 40	Comportamiento de curvas de registros en los pozos Granadilla-101 y Papatlas-1 que muestran el inicio de deposito de la secuencia azul.	52
41.-	Configuración estructural de la secuencia azul.	67
42a,b,c.	Patrones de registros del pozo Papatlas-1 con la cual se define el sistema de Highstand.	69
43.-	Patron sísmico y expresión de registros que definen el sistema de highstand	70
44.-	Configuración estructural de la máxima superficie de inundación (MFS)	71
45.-	Patrones de registro en el limite del highstand.	72
46.-	Identificación de secuencia amarilla (32.4)	73
47.-	L-205 mostrando terminaciones en onlapp que definen la secuencia amarilla.	74
48.-	L-237 mostrando patrón sísmico y expresión de registros con los cuales se define el inicio de la secuencia amarilla.	76
49.-	Configuración estructural de la secuencia amarilla.	77
50.-	Zoom de registros del pozo Laja 1B que muestra el limite de la secuencia amarilla.	78

51.-	Patrones de registros en el limite de secuencia rosa	79
52.-	Patron sísmico y de registros de los pozos Papatlas-1 y Arroyo Viejo 1A que definen el sistema de cuña progradante.	80
53.-	Características litológicas en el pozo Arroyo Viejo 1A en el inicio de la secuencia 32.4 m.a	81
54.-	Características litológicas en el pozo llave 2A en el inicio de la secuencia 32.4 m.a	82
55.-	Configuración estructural de la secuencia rosa.	83
56.-	Sección estructural entre pozos que muestra la correlación de las secuencias identificadas	84
57.-	Plano de facies sísmicas de la secuencia verde (Slope Fan).	87
58.-	Expresiones sísmicas que definen la geometría interna "mound"	88
59.-	Expresiones sísmicas que definen la geometría interna oblicua.	90
60.-	Plano de facies sísmicas de la secuencia azul (prograding wedge complex).	91
61.-	Expresión sísmica que define la geometría interna oblicua.	92
62.-	Plano de facies sísmicas de la secuencia morada.	94
63.-	Patrón sigmoide asociado a depositos de areniscas productoras.	95
64.-	Facies sísmicas de la secuencia amarilla (slope fan)	96
65.-	Patrones caoticos asociados a pliegues por gravedad (slope fan)	97
66.-	Modelo geológico de abanicos de talud (dentro de secuencia 33 m.a)	99
67.-.	Modelo geológico integrando datos de sísmica.	101
68.-	Expresiones sísmicas interpretadas como abanicos submarinos dentro de la secuencia 33 m.a.	102

69.-	Expresión de curvas de registros que definen la secuencia azul en el pozo Papatlas-1	103
70.-	Modelo geológico para el sistema de cuña progradante dentro de la secuencia 33 m.a.	105
71.-	Modelo geológico del sistema de highstand.	107
72.-	Modelo geológico para la secuencia amarilla mostrando tendencias de aporte (abanicos de talud)	110
73.-	Modelo geológico rotado en zoom de la porción NW de la Fig.72 que muestra las condiciones sedimentarias en las cuales se depositó la arenisca productora en el pozo La Laja 1B.	111
74.-	Modelo hipotético que muestra las probables condiciones de sedimentación en los cuales se depositaron los conglomerados que corto el pozo la Llave-2A.	113
75.-	Secuencia objetivo e información sísmica progradacional (28.5 m.a.).	115
76.-	Modelo sedimentario de highstand dentro de la secuencia 28.5 m.a.	116
77.-	Lobulos de abanicos cortados por el pozo Papatlas-1.	117
78.-	Ubicación de areniscas productoras pertenecientes al sistema de abanicos de talud dentro de la secuencia 32.4 m.a.	119
80.-	Modelos geológicos de las secuencias identificadas y línea tipo.	126
81.-	Plano de líneas sísmicas del proyecto; además área donde se recomienda extender el limite de secuencia amarilla.	128
82.-	Plano mostrando el área donde se recomienda tirar líneas sísmicas tratando de encontrar la extensión del probable borde de plataforma.	110

TABLAS

1.-	Tabla Estratigráfica.
-----	-----------------------

2.- Tabla de características petrofísicas.

Apéndice A.

<i>Fig.</i>	<i>Descripción</i>
A.1.2	Relación geométrica entre superficies de estratos sísmicos
A.1.3	Secuencias de Tercer y Cuarto Orden.
A.2.3.1.1	Terminaciones de patrones de reflexión sísmica:
A.2.3.2.1	Toplap, Truncación erosional, onlap-downlap.
A.2.3.3.1	Configuraciones de reflexión sísmica divergentes, sigmoidal, oblicua, shingled, hummocky y caótico.
A.3.5	Prograding clinofolds
A.3.6	Patrones de curvas de registros.
A.4	Procesos depositacionales en ambientes marinos profundos.

RESUMEN

El paleocañon Bejuco-La Laja se ubica en la porción centro-oriental de la cuenca Tampico-Misantla. Se considera que es formado durante la etapa de evolución de antefosa de la cuenca Tampico-Misantla en el Eoceno y rellenado durante el Oligoceno Temprano.

El área de estudio se ubica en la porción oriental de dicho paleocañon, el cual se localiza a 40 Km al Sudoeste de Tampico. Geográficamente queda comprendido entre los paralelos 22° 10' a 21° 17' de latitud norte y los meridianos 97° 30' a 98° 30' de longitud oeste.

Dentro del Oligoceno Temprano-Medio se han identificado 2 secuencias de 3er. Orden denominadas 33 y 32.4 m.a., apoyadas por la bioestratigrafía, patrones de terminación sísmica y expresión de registros de pozo.

La secuencia de 3er. orden 33 m.a., es construida por dos sistemas de deposito: un sistema de nivel bajo (Lowstand System Track) y un sistema de nivel alto (Highstand System Track), los cuales son separados por una superficie de máxima inundación.

El sistema de nivel bajo es armado por un sistema de abanicos de talud y un sistema de cuña progradante.

El sistema de abanicos de talud es definido por patrones de terminación sísmica en downlap y comportamiento de curvas de registro "upward finning" que nos indica una disminución gradual en la energía de deposito. Dentro de este sistema se han identificado los mayores desarrollos arenosos del proyecto comprobables en el pozo Fe-1 y Papatlas-1. En éste, también se han identificado patrones sísmicos internos que se pueden asociar a presencia de areniscas. *Por lo anterior es de los que presenta interés económico-petrolero.*

Para la secuencia 32.4 m.a se han identificado y descrito un sistema de nivel bajo construido por depositos de abanicos de talud y uno de cuña progradante.

El sistema de abanicos de talud en la secuencia 32.4 m.a. es otro que presenta interés económico-petrolero. En el se han encontrado areniscas que son productoras(Laja-1B). También se han identificado patrones sísmicos (sigmoidales) que se pueden asociar con presencia de desarrollos arenosos.

Durante el deposito de todas las secuencias se identificaron tendencias de aporte en dirección W-E, NW-SE y SE-NE.

CAPITULO I
INTRODUCCION

CAPITULO I.-INTRODUCCION

I.1.-Discusión de la literatura.

Aún sin conocerse como tal, la exploración de la unidad geológica denominada Paleocañon Bejuco-La Laja, se inició en los primeros años del presente siglo con la perforación de algunos pozos realizados por diversas compañías petroleras; algunas de estas compañías fueron "La Corona Oil Co.", la cual perforó el pozo Encinal-1 con resultados negativos. Para 1917 la también compañía extranjera, " Mexican Gulf Company" realizó la perforación del pozo Esterillo-1 que resultó invadido de agua salada.

A pesar de los resultados negativos obtenidos de los primeros trabajos exploratorios, en los años 30' s se continua con dichas actividades, siendo éstas, del tipo Gravimétrica, Magnetométrica, de Geología Superficial y Sismológica . Ésta persistencia trajo como consecuencia que en los años 60' s, posteriores a la Expropiación de la Industria Petrolera se encontrarán los primeros campos de petróleo; siendo un ejemplo de éstos, el de la "La Laja", el cual encontró producción de hidrocarburos en rocas fracturadas de la formación Tamaulipas Inferior; debido a éste hecho PEMEX considero que el área presentaba interés económico, por lo que era necesario seguir explorándola.

A raíz del análisis de la información geológica y geofísica obtenida de las perforaciones y trabajos sismológicos subsecuentes, realizados por Petróleos Mexicanos en los años 60' s , 70' s y 80' s, el personal técnico fue interpretando una gran discordancia a nivel Terciario-Mesozoico, que situó rocas del Oligoceno en contacto en algunas áreas con rocas del Paleoceno, en otras con rocas de diferentes edades del Mesozoico; y que da como consecuencia la interpretación del elemento geológico denominado "Paleocañon Bejuco La Laja".

En el año de 1997 el departamento de geoquímica utilizando conceptos actuales, establecen los elementos del sistema petrolero. Considerando que la roca generadora se encuentra ampliamente distribuida en el área y que forman focos de generación hacia las depresiones del Jurásico Superior, dicha roca es representada por las formaciones Pimienta del Tithoniano, Tamán del Kimmeridgiano y Santiago del Oxfordiano. En cuanto a la sincronía y migración se considera que a escala regional la presencia de campos petroleros como Ebano-Panúco, Pontón, Tamaulipas-Constituciones y Bejuco-La Laja (área de estudio) indican que los sistemas petroleros funcionan, y que la sincronía de los eventos en cuanto a generación, migración y entrapamiento actúan favorablemente para la-

formación de yacimientos. Adicionalmente la relación existente entre los focos de generación y los diferentes campos petroleros sugieren una migración vertical con influencia lateral que varía de 1 hasta 30 km aproximadamente.

En el año de 1997 el grupo interdisciplinario Bejuco-La Laja a partir de la reinterpretación paleontológica realizada en algunos pozos del área, concluyen que el relleno de este paleocañon se originó durante el Oligoceno Temprano con sedimentos terrígenos depositados por medio de corrientes de turbiedad en ambientes marinos profundos y con batimetrías que oscilan de batial superior a inferior.

En este trabajo también se concluye que dichos sedimentos terrígenos continúan revistiendo importancia económica debido a que algunos pozos perforados en dicha unidad geológica, como el Arroyo Viejo-1A, La Laja 1B, Papatlas-1, Fe-1 y Piedra de Cal-1 cortaron rocas con manifestación de aceite a diferentes niveles estratigráficos dentro del mismo Oligoceno Temprano.

En el mismo trabajo realizado por el grupo antes mencionado se aplicaron conceptos del análisis secuencial, identificando de esta manera dos secuencias de tercer orden dentro del Oligoceno Temprano, las cuales, fueron denominadas como 36 y 33 millones de años respectivamente, además de que fueron consideradas cada una dentro del rango de play. Cabe mencionar que dentro de las recomendaciones que se enfatizaron en este trabajo fue que era necesario con base a la información existente (Paleontológica, Registros de Pozos, Petrológica y Sísmica) analizar los plays detectados con análisis de secuencias a mayor detalle, para poder establecer y/o actualizar el modelo geológico que se ha venido manejando, así como el delimitar la distribución de los cuerpos arenosos en el área.

I.2.-Planteamiento del Problema.

A pesar de que el desarrollo exploratorio del área comprende más de 50 años y que en la actualidad se tiene una evolución tecnológica más avanzada y nuevos criterios geológicos, aún existen varias incógnitas relacionadas con el modelo geológico y la distribución de las rocas almacenadoras terciarias presentes en el paleocañon Bejuco - La Laja.

Para lograr dilucidar lo anteriormente expuesto, se considera que es necesario aplicar los nuevos conceptos geológicos y las nuevas herramientas con

que se cuenta; como son el análisis de Secuencias y el apoyo de las Estaciones de Trabajo (Workstation).

1.3.-Hipotésis.

De acuerdo a las conclusiones de trabajos antecedentes (Grupo Bejuco-La Laja,1997), donde se mencionan la existencia de varias incógnitas acerca del modelo geológico de abanico submarino que se ha interpretado en el área, y donde se considera que ha funcionado para todo el Oligoceno Inferior; además del desconocimiento de la distribución de las rocas almacenadoras y, tomando en cuenta que en éstas rocas se tienen antecedentes económico-petroleros, se piensa que es necesario resolver tales incógnitas.

La hipótesis de trabajo que se plantea, es que con base a un estudio más detallado desde el punto de vista secuencial, donde se puedan analizar secuencias depositadas en un rango menor de tiempo al ya establecido (36-33 m.a.), será posible reeinterpretar el modelo geológico con mayor precisión, y con ello poder establecer una delimitación más exacta de las rocas almacenadoras para poder determinar áreas objetivo, y proponer futuras localizaciones.

1.4.-Justificación.

En las secuencias del Oligoceno Temprano se han encontrado intervalos arenosos con producción de hidrocarburos, como es el caso del pozo La Laja-1B (por citar alguno); además de que el espesor de las secuencias llega a alcanzar hasta más de 1000 m y que con el conocimiento de la distribución de los cuerpos almacenadores puede aumentar el interés económico del área. Por lo tanto el trabajo se justifica plenamente.

Otra información que apoya lo anteriormente expuesto es la detección de manifestación de hidrocarburos en 30 pozos perforados en el área del paleocañón..

1.5.-Objetivo.

El objetivo es estudiar la secuencia entre 33 a 32.4 m.a. dentro del Oligoceno Temprano utilizando los criterios del análisis secuencial a mayor detalle para:

1.-Actualizar o redefinir un nuevo modelo geológico en la porción oriental del paleocanal Bejuco-La Laja.

2.-Delimitar la distribución de los cuerpos arenosos que nos permitan determinar áreas de interés geológico -petrolero.

Es importante mencionar que el área analizada en esta tesis es la porción oriental del elemento geológico mencionado en el punto 1, debido a que en esta porción la información de registros de pozos, paleontológica y sísmica es la más completa.

CAPITULO II
ANTECEDENTES

CAPITULO II.- ANTECEDENTES.

El área de estudio ha sido objeto de diversos trabajos, que incluyen estudios de geología del subsuelo, sismología, gravimetría, magnetometría, de integración geofísico-geológica y de paleontología desarrollados durante diferentes etapas exploratorias.

II.1.-Localización.

Desde un punto de vista regional el paleocanal Bejuco-La Laja se considera que forma parte de los paleocañones terciarios presentes en la planicie costera y plataforma continental del Golfo de México. (fig-1- Carrillo Bravo-modificado.-)

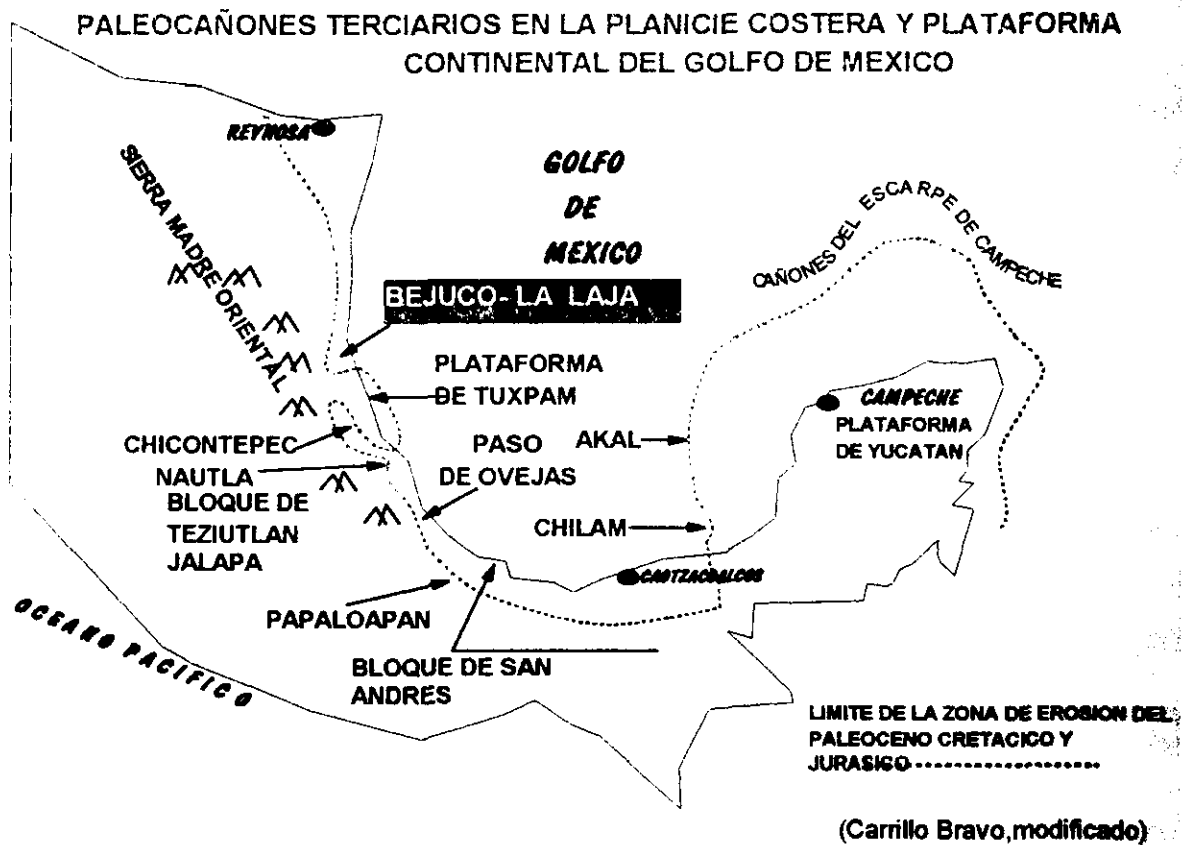


Fig-1.-Ubicación del Paleocañón en el contexto regional.

El área de estudio se ubica en la porción oriental del paleocañon Bejuco-La Laja, se localiza aproximadamente a 40 km. al Sudoeste del puerto de Tampico. Geográficamente queda comprendido entre los paralelos 22° 10' a 21°17' de latitud norte y los meridianos 97° 30' a 98° 30' de longitud oeste. Geológicamente se encuentra en la porción centro-oriental de la cuenca Tampico-Misantla.(fig-2)

II.2.-Geología del Subsuelo.

La perforación en el área estudiada de acuerdo a la información con que se cuenta, son los trabajos efectuados por compañías extranjeras entre los años de 1917 a 1925. Las primeras perforaciones se realizaron en la hacienda de Esterillos y Encinal respectivamente, ubicadas en el municipio de Ozuluama Ver.

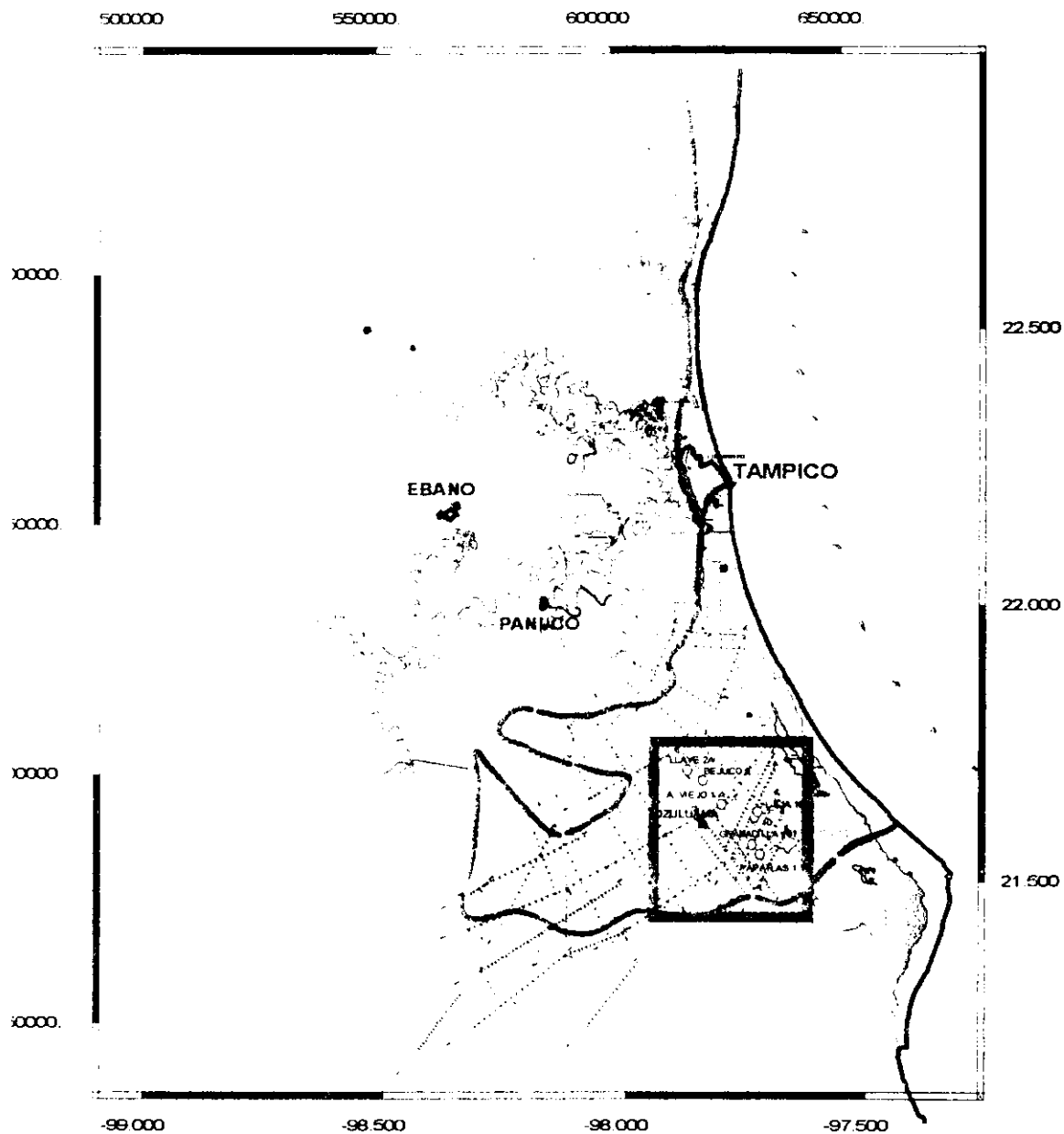
En la primera fue perforado el pozo Esterillos-1 por la compañía "Mexican Gulf Company" y cuyo resultado fue dado como invadido de agua salada a la profundidad de 846 m. El 25 de abril de 1917 la compañía "Corona Oil Co." perforó el segundo pozo en el área de estudio -El Encinal-1-, terminado como pozo seco a la profundidad de 1114 m. el 6 de Octubre de 1917. (fig-3) (Araujo Mendieta,1977)

En los años subsecuentes Petróleos Mexicanos continuó haciendo varias perforaciones con las cuales se logró el descubrimiento de los campos La Laja en 1960 y Bejuco en 1961. (fig-3)






En Junio de 1960 el pozo descubridor del campo La Laja fue el pozo La Laja-1, el cual a una profundidad de 2534 m. encontró producción de hidrocarburos en las rocas fracturadas de la formación Tamaulipas Inferior. Es valioso mencionar que durante la perforación también se tuvieron importantes manifestaciones de aceite a la profundidad de 1712 a 1735 m. dentro de areniscas de grano fino a muy fino correspondientes a la formación Oligoceno Palma Real Inferior (Rodríguez Cardona H., Inf. final del pozo; PEMEX,1960).

Continuando con el desarrollo del campo La Laja, en 1978 se perforo el pozo La Laja 1B, el cual presento fuertes manifestaciones de aceite, tanto en muestras de canal como en núcleos, en los intervalos 1515-1680, 1750-1770, 1790-1875 y 1985-2160 m (todos éstos intervalos pertenecientes a la secuencia terrígena del Oligoceno Inferior).

Plano de localización



Legend

-  Area de Estudio
-  Límite de la Discordancia Terciario-Mesozoico
-  Superficie discordante Terciario-Mesozoico
-  Estudio Sísmico La Laja
-  Pozos Considerados en el Estudio

Rivas Reyes E.O., 2000

Fig.2.-Ubicación del área de estudio en el contexto del Paleocañon Bejuco-La Laja.

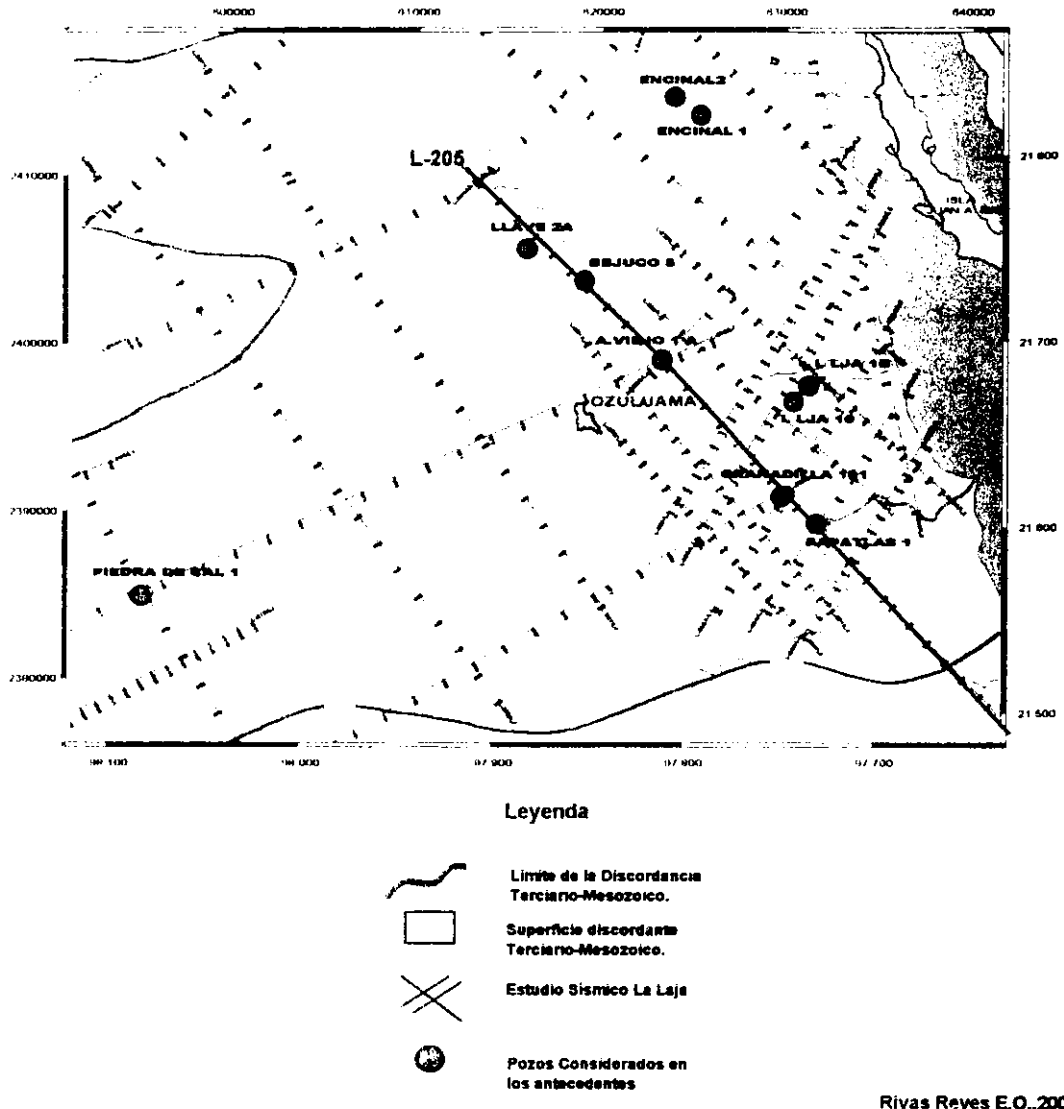


Fig-3.- Ubicación de los pozos mencionados en los antecedentes.

Debido a las anteriores manifestaciones se programaron dos pruebas de producción en los intervalos 2319-2329 y 2375-2387 ubicados en la base de la secuencia terciaria. Los otros intervalos propuestos fueron a la profundidad de 1700-1705 y 1690-1695 m. ubicados en la porción media de la secuencia antes citada. (Rodríguez Cardona H., Inf. final del pozo Laja 1B, PEMEX, 1978). (fig-4)

Únicamente se dispararon el tramo 2319-2387 con datos de producción de $2\text{m}^3/\text{día}$; Gas: $200\text{ m}^3/\text{día}$; R.G.A: $100\text{ m}^3/\text{m}^3$; Presiones TP-6 (Tubería de Producción), TR-10 kgs/cm^2 (Tubería de Revestimiento), quedando la prueba pendiente de terminación (para efectuar fracturamiento). Los otros intervalos

propuestos ubicados en la porción media de la secuencia del Oligoceno Inferior están condicionados al resultado definitivo de la primera prueba.

Otro pozo que es importante mencionar ya que se encuentra dentro del área de estudio, es el pozo Granadilla-101 el cual se terminó el 11 de Octubre de 1961 (fig-3). Originalmente éste pozo se propuso para probar la capacidad de acumulación de hidrocarburos en calizas porosas de la formación Tamabra que se suponía estarían presentes; sin embargo este objetivo no se logró ya que se encontraron únicamente rocas de la formación Tamaulipas Inferior. El dato importante que arroja este pozo para nuestro objetivo, es que durante la perforación se observaron ligeras gasificaciones de la columna de lodo provenientes de las lutitas y areniscas del Oligoceno Inferior (Pérez Rincón H., I.F.:PEMEX,1961).

En 1978 se perfora el pozo gemelo Arroyo Viejo- 1A (fig-3), el objetivo de éste fue investigar el paquete rocoso de la base del terciario. Durante la perforación de este pozo no se manifestó ningún tipo de fluido, sin embargo, al efectuar el análisis de las muestras de canal , se observó impregnación de aceite en los intervalos 1495-1555, 2100-2150 y 2135-2150 m. así como en los núcleos 3 y 6 pertenecientes a la secuencia del Oligoceno Inferior y Eoceno Medio. Debido a lo anterior se programó y realizo una prueba de producción en el intervalo 2100-2115 y 2140-2149 quedando pendiente de terminación desde el 5 de Enero de 1979. Dependiendo

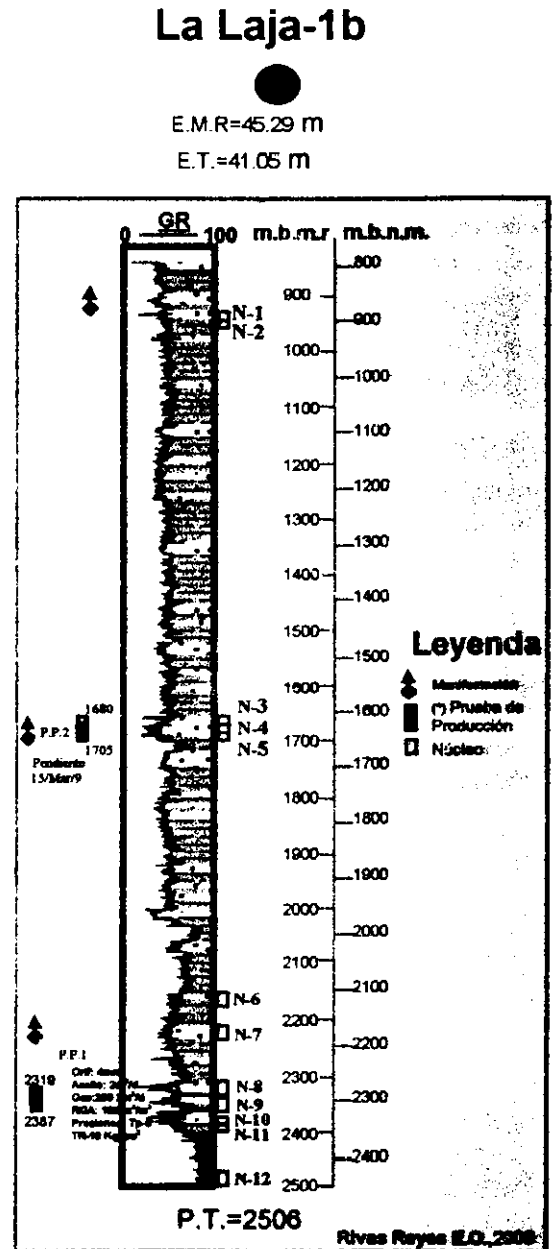


Fig.-4 Registro pozo La Laja-1b mostrando pruebas de producción y manifestaciones

del resultado de esa prueba de producción también se recomendó probar el intervalo 1085-1093 ubicado dentro de la secuencia terrígena del Oligoceno Inferior.

El pozo Fe-1 terminado en febrero de 1984 (fig-3), tuvo como objetivo original investigar la posibilidad de obtener producción de hidrocarburos en los sedimentos arenoso-conglomeraticos del Oligoceno y del Eoceno, así como los conglomerados y calcarenitas de la cima del Cretácico Inferior, además la de explorar las rocas del Jurásico Superior(Castillo Casanova V.H.1984)

La información geológica obtenida de éste pozo fue que el sistema terciario, ésta representado por 2366 m de sedimentos de origen marino-arcilloso, mismos que se determinaron bioestratigraficamente. También se señaló que en la secuencia estratigrafica atravesada, se determinaron dos discordancias, siendo la mas notable la que se ubica en la base del terciario en contacto con rocas del Cretácico Inferior(Fig.-5). La segunda se observa al estar rocas del Oligoceno Inferior descansando sobre sedimentos del Eoceno Medio representadas por la formación Velasco Inferior (Fig-5).

En cuanto a las manifestaciones, se tuvieron tanto en muestras de canal como en núcleos en los intervalos: 1200-1325,1900-1960, 2357-2392, 2400-2405,

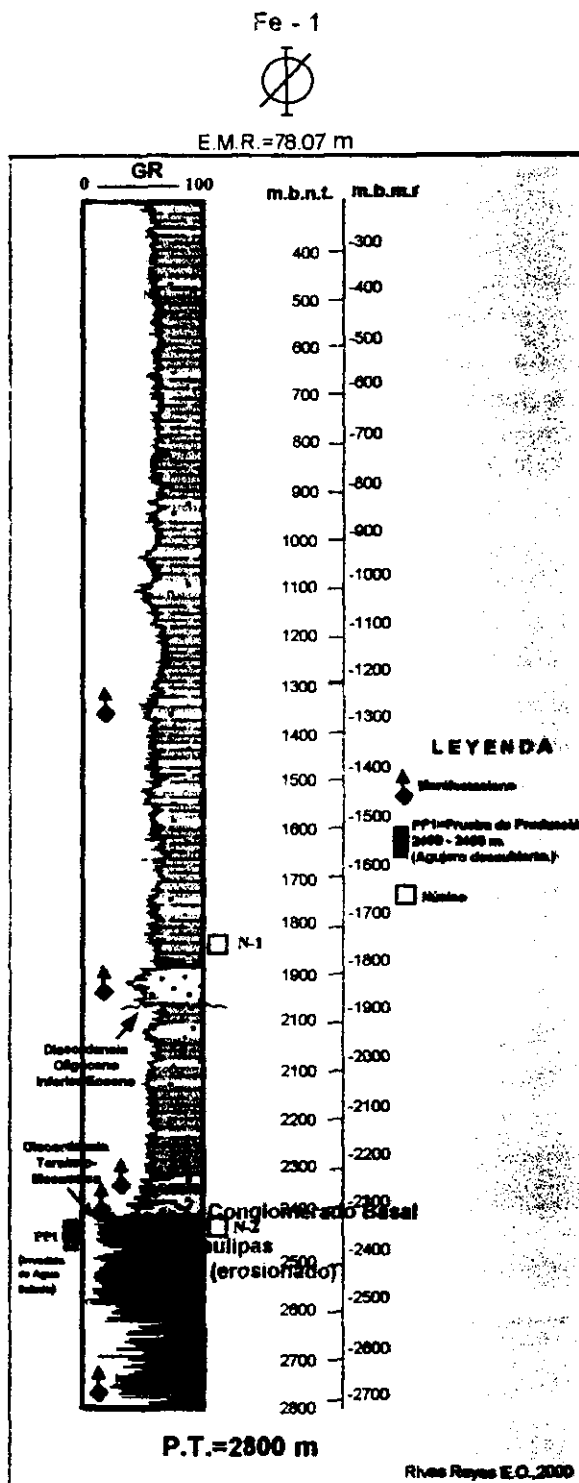


Fig 5.-Pozo Fe-1 muestra la prueba de producción realizada y las manifestaciones de hidrocarburos en el Terciario.

2420-2465, 2545-2560, 2580-2620, 2625-2645, 2665-2670 y 2755-2775 m.b.m.r. Es importante recalcar que los intervalos de la secuencia Terciaria son los que se tienen desde 1200 m. hasta la profundidad de 2350 m.(fig-5).

Uno de los pozos más recientes perforados en el área , fue el propuesto por el grupo multidisciplinario Bejuco-La Laja (Papatlas-1-Fig-3-);el objetivo principal de este pozo fue investigar el potencial de acumulación de hidrocarburos de dos lóbulos de abanicos submarinos del Terciario con características similares al pozo La Laja 1B; el resultado fue que en el lóbulo inferior se encontraron grainstones representados por la formación Tamabra Distal (Cretácico Medio) que resulto productora de hidrocarburos (fig-6a).

En este pozo se efectuó una prueba de producción (1) que resulto exitosa en el intervalo perteneciente a la formación Tamabra Distal antes mencionada(Fig.- 6b). En cuanto al lóbulo denominado como superior (fig-6b) se encontró una secuencia de areniscas arcillosas las cuales presentaron impregnación de hidrocarburos, por lo cual, se realizo una segunda prueba de producción en el intervalo 1756-1763 m y 1693-1730 m. Al efectuar los disparos el pozo se manifestó; posteriormente se efectuó la acidificación con HCL al 12% para después inducirse con Nitrógeno sin fluir el pozo. El grupo concluye que la alta concentración de HCL con la que fue tratada la formación hiciese que ésta fuese dañada por tratarse de una secuencia arcillosa.

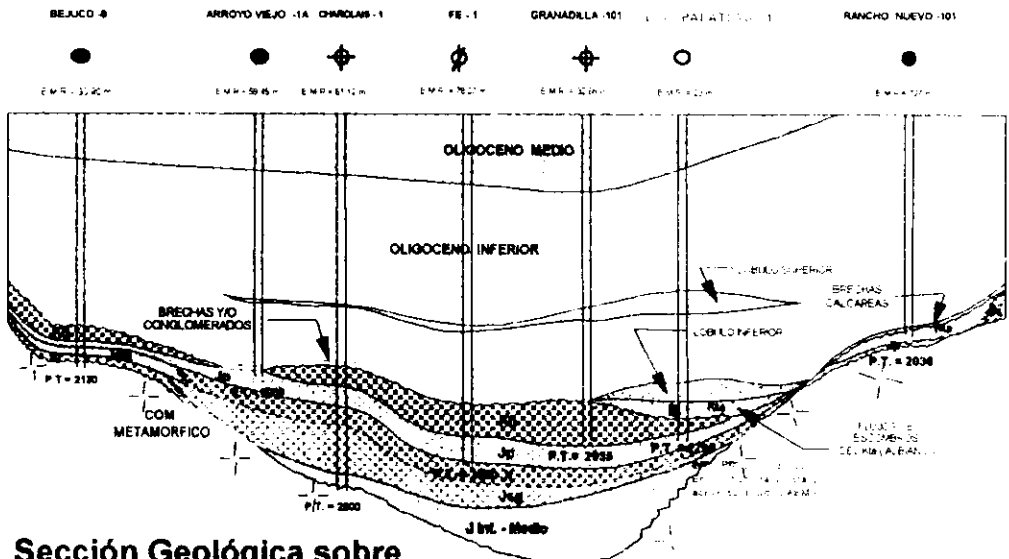
II.3.-Geofísica.

Se han realizado diversos trabajos de Magnetometría , Gravimetría y Sismología en diferentes etapas durante el desarrollo exploratorio; a continuación se mencionaran dichos trabajos y a las conclusiones a las que llegaron:

II.3.1.-Metodos Magnetometricos.

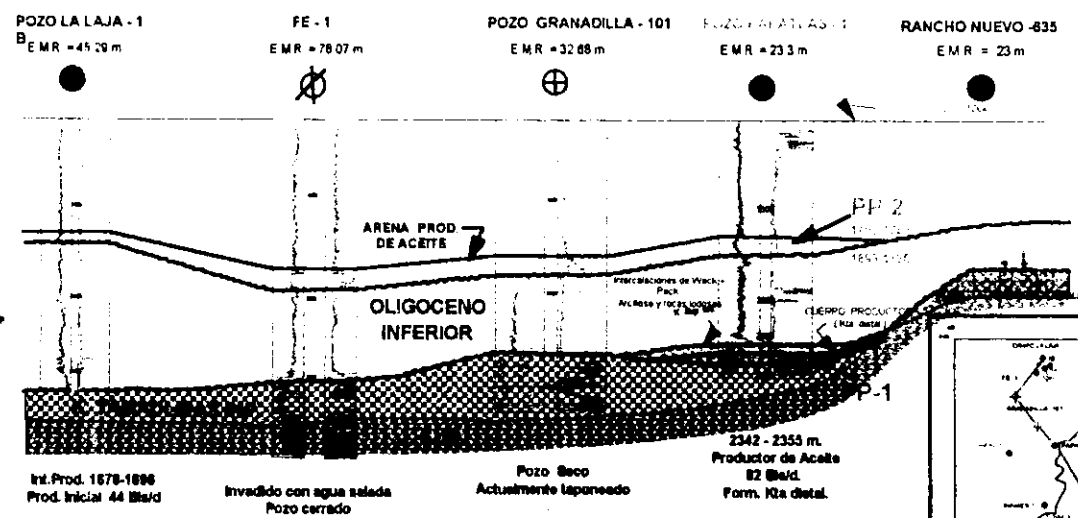
Existe un trabajo aeromagnético en el cual quedaría situado el prospecto La Laja y que comprende una configuración aproximada del basamento. Dicho prospecto se encuentra a grandes rasgos, dentro de un puerto estructural del basamento, que para efectos de ubicación quedarían en el cruce de las líneas 200 y 207 ubicadas en la porción central del paleocanal. Este trabajo lo desarrollo la

**MODELO GEOLOGICO ESTRUCTURAL DEL PALEOCANAL
BEJUCO - LA LAJA**



**Sección Geológica sobre
La Línea-205**

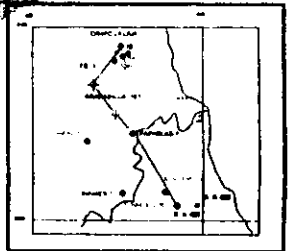
**INTERPRETACION
ANTERIOR
A LA PERFORACION DEL
POZO PAPANATLAS-1**



**INTERPRETACION
POSTERIOR
A LA PERFORACION DEL
POZO PAPANATLAS-1**

**Grupo Mult. Bejucu-La Laja,
1997**

Fig. 6A y B ostrando interpretación anterior y posterior al pozo Papanatlas-1



compañía Geoterrex y se le denominó Cuenca Central Plataforma Valles-Planicie Costera (Informe Magnetométrico 195, Pemex, Inédito).

En el año de 1974 se efectuó el "Reconocimiento Magnético de los Prospectos Tamismólon, Pontón, Limonaria-Pecero y Pasarones-Pitahaya en el Estado de Veracruz" realizado por la Compañía Mexicana de Exploraciones. Los objetivos principales fueron determinar la topografía y profundidad del basamento en el área de Tamismólon; tratar de determinar los probables bordes de una Isla del Jurásico Superior postulada por Geología del Subsuelo en el área de los Cues-Salinas; a su vez delimitar los bordes de otra Isla Jurásica en el área la Aguada, todas ellas dentro del paleocañon Bejuco-La Laja.

Las conclusiones que se obtuvieron de éste trabajo fueron, que el basamento parece ser muy complejo tanto en su composición como en su configuración topográfica, por lo que el método magnético por si solo no mostró la configuración del Basamento y por lo tanto no fue posible definir los contornos de las posibles Islas Jurásicas postuladas por geología del subsuelo.

II.3.2.-Metodos Gravimetricos.

En cuanto a la información Gravimétrica, existen varios trabajos donde los mas importantes para el área de estudio son:

- a).-Informe Gravimétrico No. 144 San Jerónimo.
- b).-Informe Gravimétrico No. 154 San Diego de la Mar-Cucharas.
- c).-Informe Gravimétrico No. 155 Cucharas-Ozuluama-Chicayán-Tempoal-Tantoyuca-Orejón-Palero.
- d).-Informe Gravimétrico No. 158 Ozuluama-Tampico alto-Topila.
- e).-Informe Gravimétrico No. 162 Tanceme -Aguada.

Como resultado de los trabajos gravimetricos, magnetometricos y sismologicos , se llegó a la conclusión de que el área tuvo una intensa erosión y como consecuencia se originó un paleocanal que fue confirmado con el pozo Arroyo Viejo 1, en el cual se encontró que las formaciones terciarias descansan en discordancia sobre el Jurásico Superior y que por lo mismo se debe pensar en posibles trampas almacenadoras en las formaciones más someras, siendo posible que estén en formas lenticulares, por acuñamientos o truncamientos y que a su vez estén influenciados por la superficie erosional discordante.

II.3.3.-Metodos Sismológicos

Dentro del paleocañon Bejuco-La Laja se han desarrollado trabajos sismológicos, por los cuales se ha podido interpretar una gran superficie de discordancia Terciario-Mesozoica .

Los principales que se pueden mencionar son, el prospecto ampliación La Laja el cual fue realizado por G.S.I. de México el 11 de Mayo de 1981. En éste se menciona que se ha determinado con mayor precisión los límites de una zona en la cual se encuentra erosionado el Cretácico Inferior, situado hacia la región más profunda del Paleocañon (porción oriental del mismo).

En febrero de 1981 la compañía G.S.I. de México realizo el "Informe integral de un estudio sísmico - estratigráfico de la línea 205. Las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

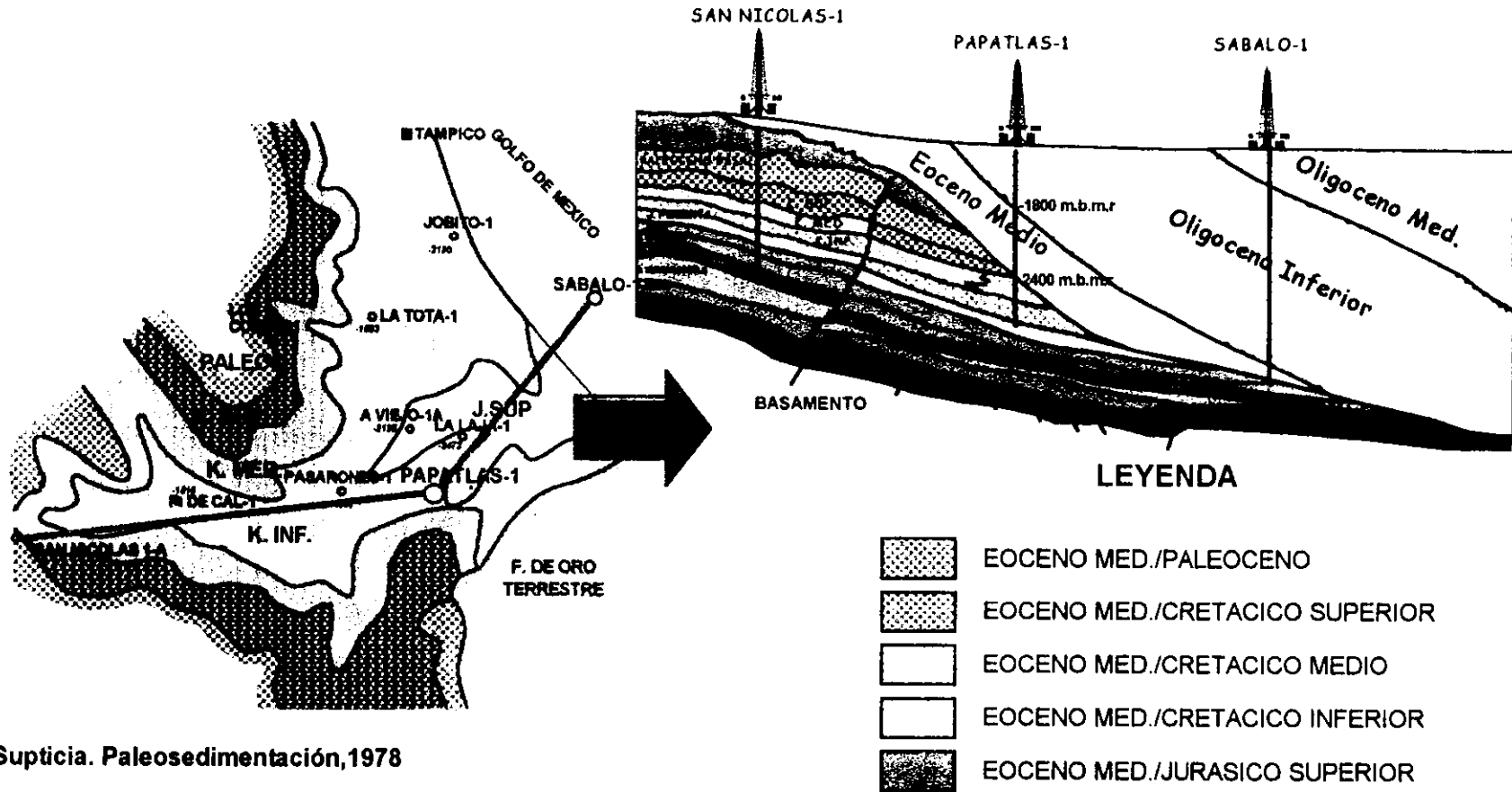
Los objetivos geológicos establecidos para ésta línea se cumplieron aceptablemente, es decir, se determinó el canal de la discordancia Bejuco-La Laja, se precisaron algunas unidades litoestratigráficas en el contacto Cenozoico-Mesozoico. Además los modelos estratigráficos planteados por PEMEX para los niveles Oligoceno y Eoceno, se ajustaron favorablemente a la interpretación estratigráfica realizada a la sección de velocidades.

II.4.-Paleontológicos.

En abril de 1984 los Ings. Rogelio Reyes Flores y Gonzalo Berman Cruz en el Trabajo denominado "Comentarios Sobre el Prospecto Terciario Bejuco-La Laja" concluyen que de acuerdo a las características geológicas y bioestratigráficas determinadas en los sedimentos que rellenan el paleocañon, se considera que fue labrado al finalizar el Eoceno Inferior y rellenado durante parte del Eoceno Medio y el Oligoceno Inferior por las rocas pertenecientes a la formación Guayabal y a la formación Palma Real Inferior respectivamente, en condiciones eminentemente marinas (fig-7).

En el trabajo antes citado, también se concluye que las fuentes de origen de los sedimentos que rellenan el paleocanal están representadas por calizas del Jurásico y Cretácico, así como las formaciones arcillosas del Paleoceno.

ESQUEMA QUE MUESTRA EL EFECTO EROSIVO EN EL PALEOCAÑON Y LA EDAD DE LAS ROCAS QUE RELLENAN EL MISMO



Supticia. Paleosedimentación, 1978

Fig7.-Planta y Perfil del efecto erosivo que dio origen al PaleocañonBejuco-La Laja y edad de las rocas que rellenaron el mismo

Continuando con los trabajos exploratorios en el elemento geológico en cuestión, se realiza en el año de 1996 una actualización bioestratigráfica del área, llevando como objetivos principales identificar, evaluar y documentar áreas de oportunidad tanto en rocas Mesozoicas como Terciarias del prospecto Bejuco-La Laja, mediante la adaptación de conceptos integrales actualizados, como son la estratigrafía de secuencias, la cual consiste en integrar datos sísmicos, litológicos, bioestratigráficos, paleoambientales y de registros de pozos.

En dicho estudio se establece un nuevo concepto sobre la edad del relleno del paleocañón, donde se considera que la "formación Guayabal" del Eoceno Medio y los sedimentos reportados del Paleoceno en algunos pozos del área, se encuentran retrabajados y redepositados dentro de sedimentos del Oligoceno Inferior (fig-8).

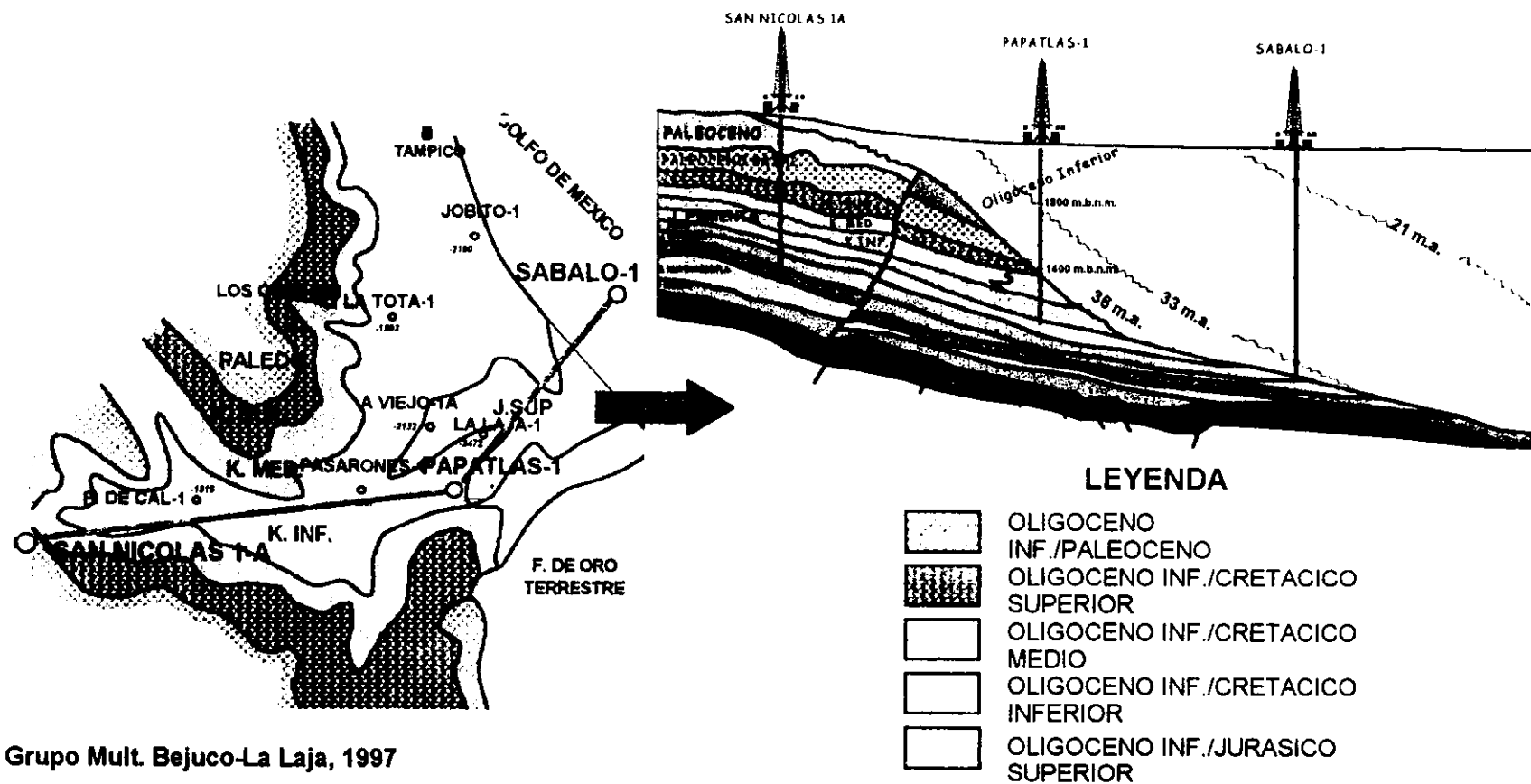
Otras de las conclusiones sobresalientes en dicho trabajo, fue la interpretación de un proceso de retrabajo con fauna del Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno, dentro de sedimentos del Oligoceno Inferior, siendo en mayor cantidad y en forma más constante la fauna retrabajada del Eoceno Medio, la cual presenta en algunos casos buen grado de conservación.

Los ambientes de depósito que se establecieron para el Paleoceno y Eoceno Inferior, van de la cuenca al Batial Inferior y únicamente representados en el pozo San Nicolás 1A (ubicado fuera del área de estudio pero dentro del contexto del paleocanal). El Eoceno Medio y Superior sólo está representado en el pozo San Nicolás 1A y presenta un ambiente somero que va de un Nerítico externo a un Nerítico Medio.

Para el Oligoceno Inferior los ambientes de depósito identificados fueron también profundos, es decir, de Cuenca-Batial Inferior, llegando a ser batial Superior en el Pozo Arroyo Viejo 1 (fig-9).

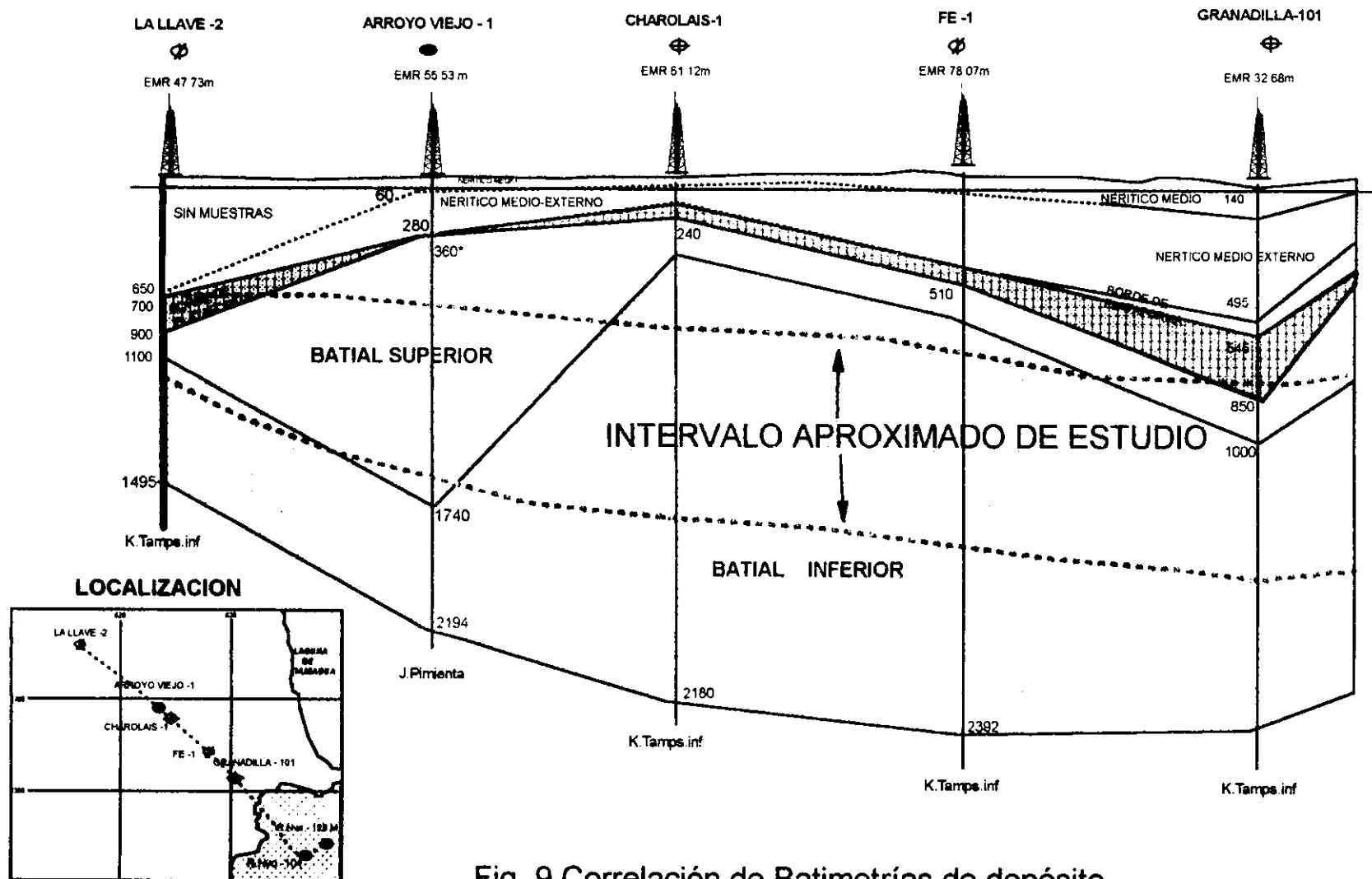
Para el Oligoceno Medio y Superior se presentaron ambientes de depósito más someros que van desde plataforma externa a media (fig-9) siendo más someros hacia la parte tardía del Oligoceno y manteniéndose así en el Oligoceno Inferior, lo cual se determinó en el pozo la Laja 1B (Rico Juan, Inf. Paleont., 1981).

SECCION QUE MUESTRA LA EDAD DEL RELLENO DEL PALEOCANAL, ASÍ COMO LAS SECUENCIAS 36 y 33 M.A.



Grupo Mult. Bejuco-La Laja, 1997

Fig.8 Muestra un nuevo concepto sobre la edad de relleno del Paleocañon (Oligoceno Inferor)



Biol. Rico J y Garza A.,1996

Fig. 9 Correlación de Batimetrías de depósito

También se determinaron 14 biozonas de foraminíferos plantónicos. Cabe hacer mención que las biozonas de interés para este proyecto son las correspondientes al Oligoceno Inferior, ya que son las que se detectaron en el área de estudio; también se realizó una sección geológica en la que se muestran la correlación de biozonas, la cual es importante debido a que se encuentra en el área de trabajo.(fig-10)

II.5.-Geoquímicos.

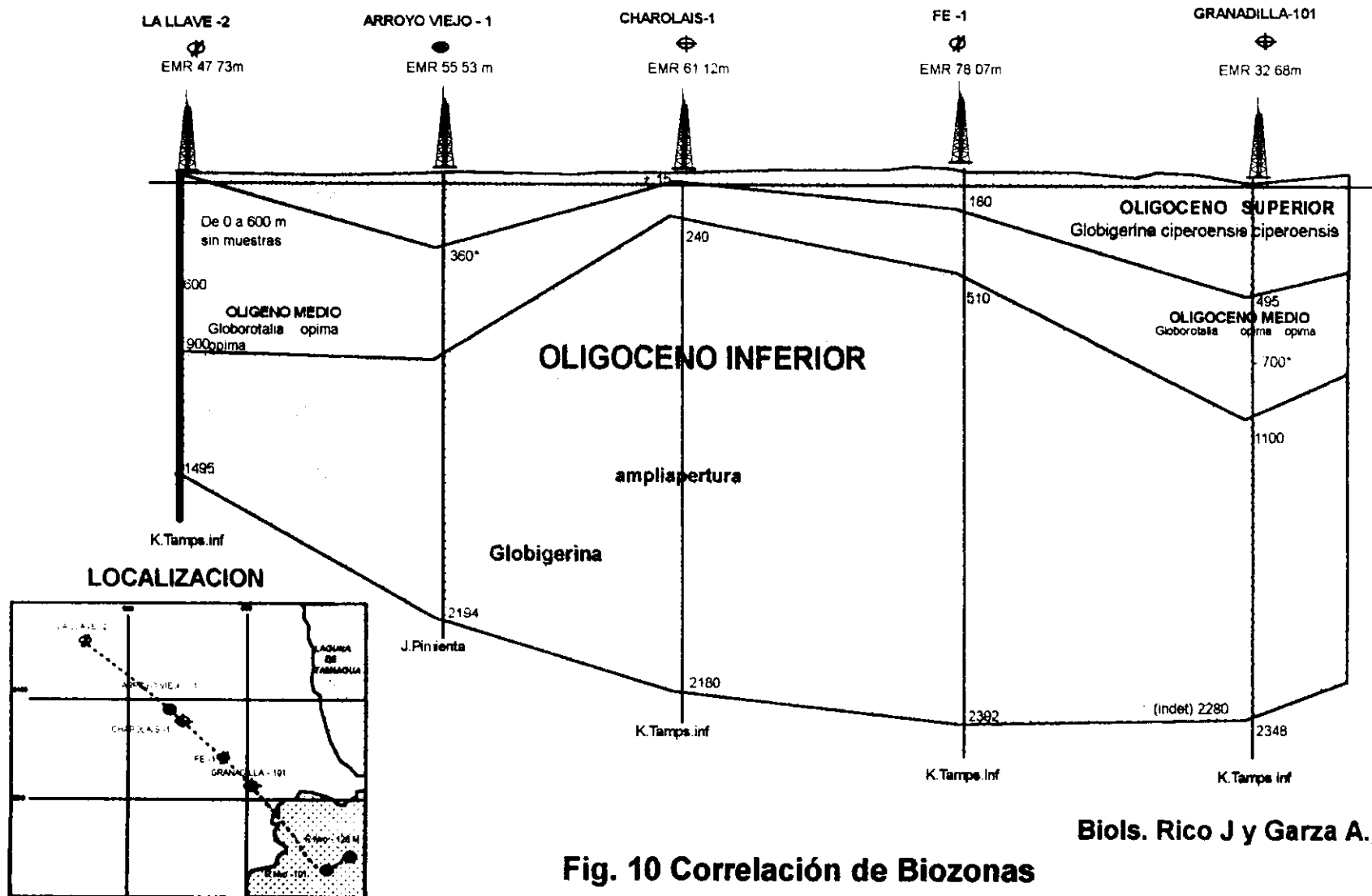
En 1997 el departamento de geoquímica realiza un estudio donde establece los elementos del sistema petrolero, enfocándolo desde un punto de vista regional.

II.5.1.-Roca Generadora.

De acuerdo a los análisis geoquímicos realizados, las rocas generadoras activas pertenecen al Jurásico Superior y están representadas por las formaciones Pimienta del Tithoniano y Tamán del Kimmeridgiano las cuales se encuentran regionalmente distribuidas; aumentando su potencial generador hacia el depocentro de Ozuluama que funciona como principal foco de generación (fig-11) y que surte de hidrocarburos a las trampas encontradas en los diferentes "plays" detectados en la región. También se han encontrado rocas de las Formaciones Santiago del Oxfordiano y Huayacocotla del Jurásico Inferior, que hacia la parte sur y occidental de la región han evidenciado buen potencial generador (Por análisis del Pozo Arroyo Viejo-1A).

Los espesores brutos de las secuencias generadoras son del orden de 500-1000 m. disminuyendo considerablemente su grosor hacia las áreas emergidas como son: Las islas de La Aguada, San Antonio y Los Cues (fig-12). La presencia de hidrocarburos en el área de estudio se detectó en el play Tamabra distal, únicamente comprobado en el pozo Papatlas-1 con un aceite de 29° API y para el play Oligoceno Inferior en el pozo La Laja-1B con 30° API.

En cuanto al potencial generador (COT-*Carbono Organico Total*) para las secuencias generadoras del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) varían de 0.5 hacia las partes estructurales altas y 1.7 % hacia los depocentros, ubicándolas en



Biols. Rico J y Garza A.,1996

Fig. 10 Correlación de Biozonas

FOCOS DE GENERACION Y CAMPOS PETROLEROS

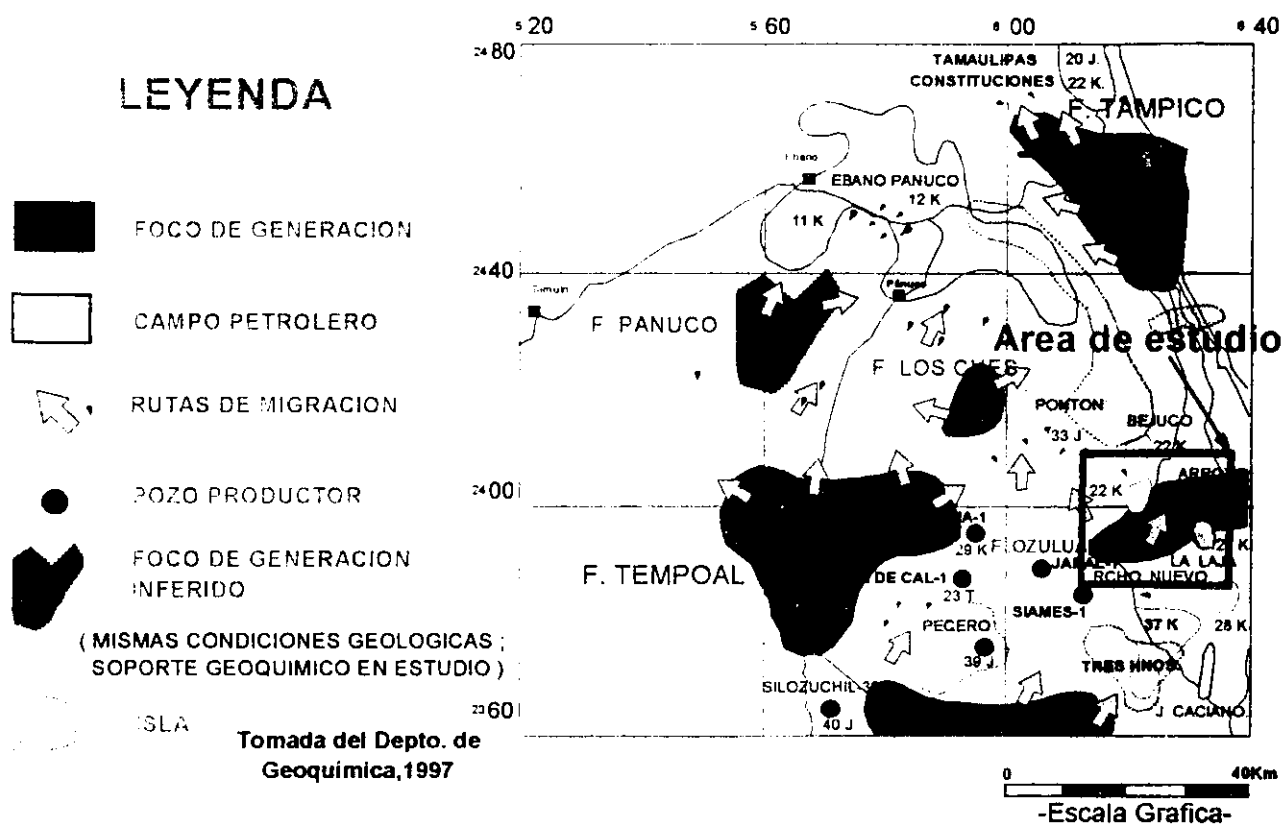


Fig. 11 Focos de generación y probables rutas de migración

un rango de regular a bueno en la escala de clasificación del potencial generador.(fig-12). En cuanto al COT para rocas del Tithoniano varia de 1.0 a 2.0 considerándose de regular a bueno.(fig-13)

La madurez de la roca generadora de acuerdo a valores de *Roeq*, ubican al subsistema generador dentro de la ventana de generación de aceite.(0.5-1.3 *Roeq*) (fig-14 y 15). Los estudios de biomarcadores realizados en aceites de los pozos La Laja 1B (30° API) y Arroyo Viejo-1A (22° API) presentan buena correlación con los biomarcadores de extractos de roca de edad Thitoniano de los pozos Jabonera-1 y Palmera-1 lo que nos permite inferir que los aceites provienen de las rocas generadoras del Jurásico Superior.

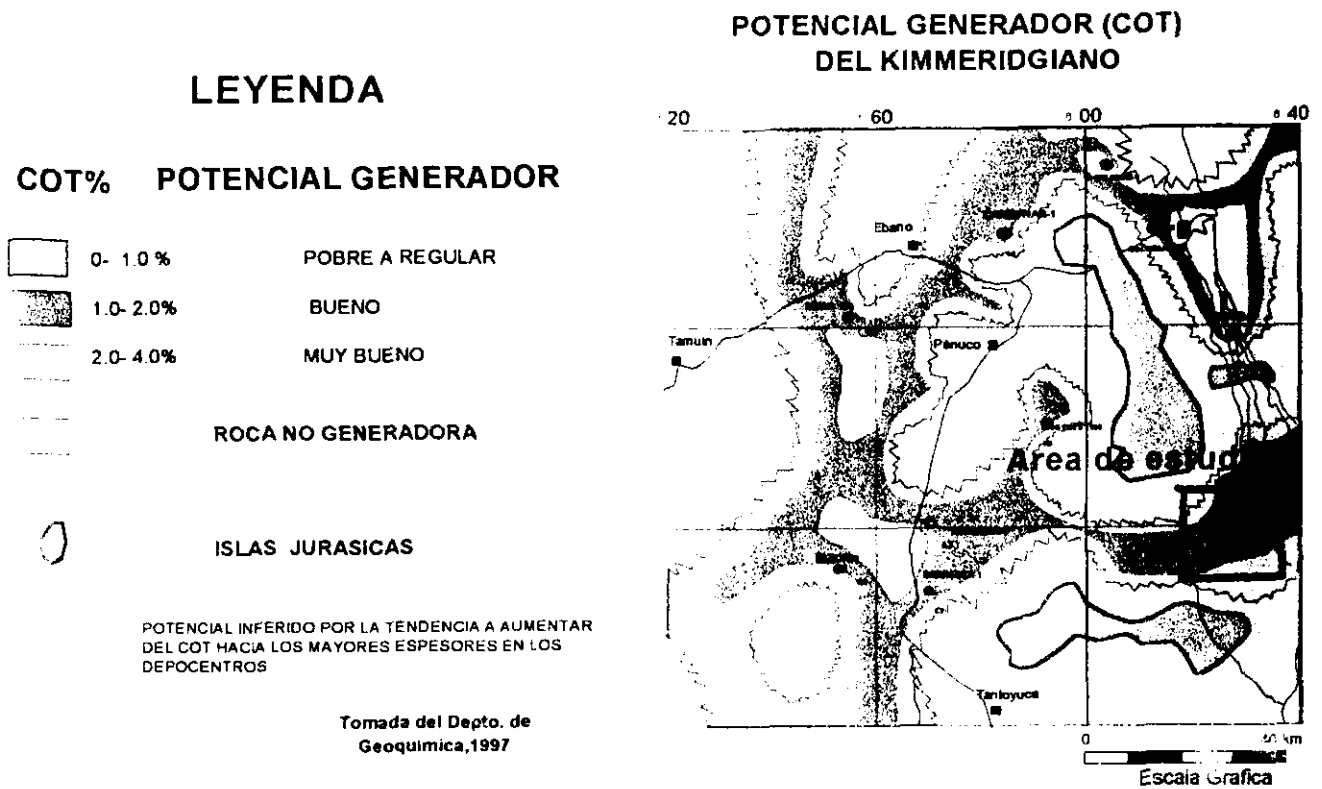


Fig. 12 Potencial generador para el Kimmeridgiano

II.5.2.-Roca almacenadora.

Las rocas almacenadoras en el área de estudio son las correspondientes a la formación Tamabra del Cretácico Medio y a las rocas areno-arcillosas depositadas en el Oligoceno Inferior. (fig-16)


II.5.3.-Sincronía y Migración.

De acuerdo a los modelados geoquímicos se establece una sincronía de eventos geológicos favorables para el entrapamiento de hidrocarburos ya que las trampas de los plays productores se formaron en el Cretácico Medio (fm. Tamabra) y en el Oligoceno (areniscas del Opri) (fig-16). Por otra parte a nivel

regional la presencia de campos petroleros como Rancho Nuevo, Tres Hermanos, Pontón, La Laja y Bejuco nos indican que los sistemas petroleros funcionan y de acuerdo con la relación entre el foco de generación Ozuluama y los plays del área de estudio, se sugiere una migración vertical con influencia lateral en distancias que varían de 1-5 Km. (Martínez Pontvianne G.,1986) (fig-11)

POTENCIAL GENERADOR (COT) DEL TITHONIANO

LEYENDA

COT%	POTENCIAL GENERADOR
0.0 - 1.0 %	POBRE A REGULAR
1.0 - 2.0%	BUENO
2.0 - 4.0%	MUY BUENO
	ISLAS JURASICAS

Tomada del Depto. de Geoquímica, 1997

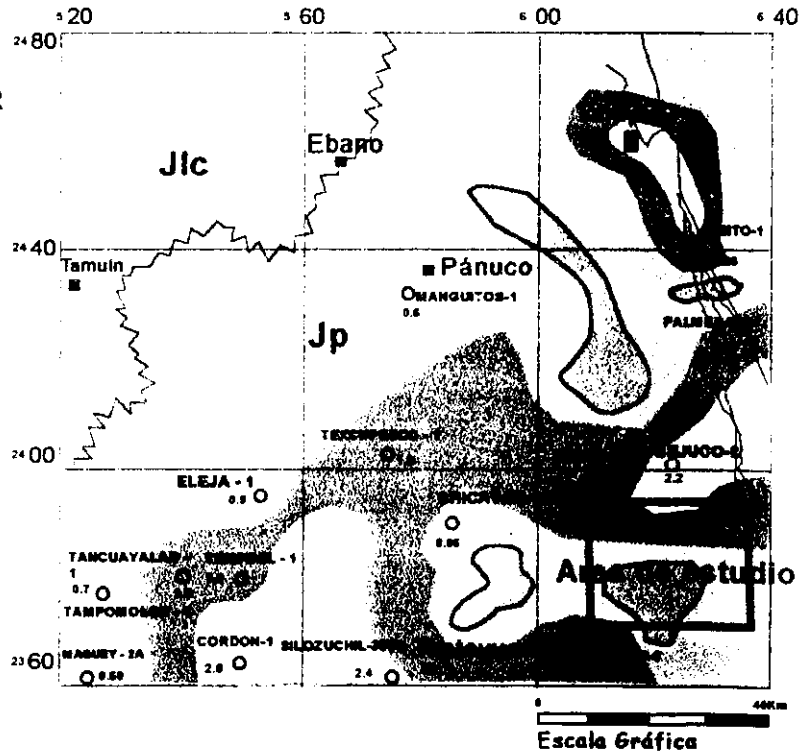


Fig. 13 Potencial generador para el Tithoniano (La Formación Pimienta es considerada la principal roca generadora a escala regional)

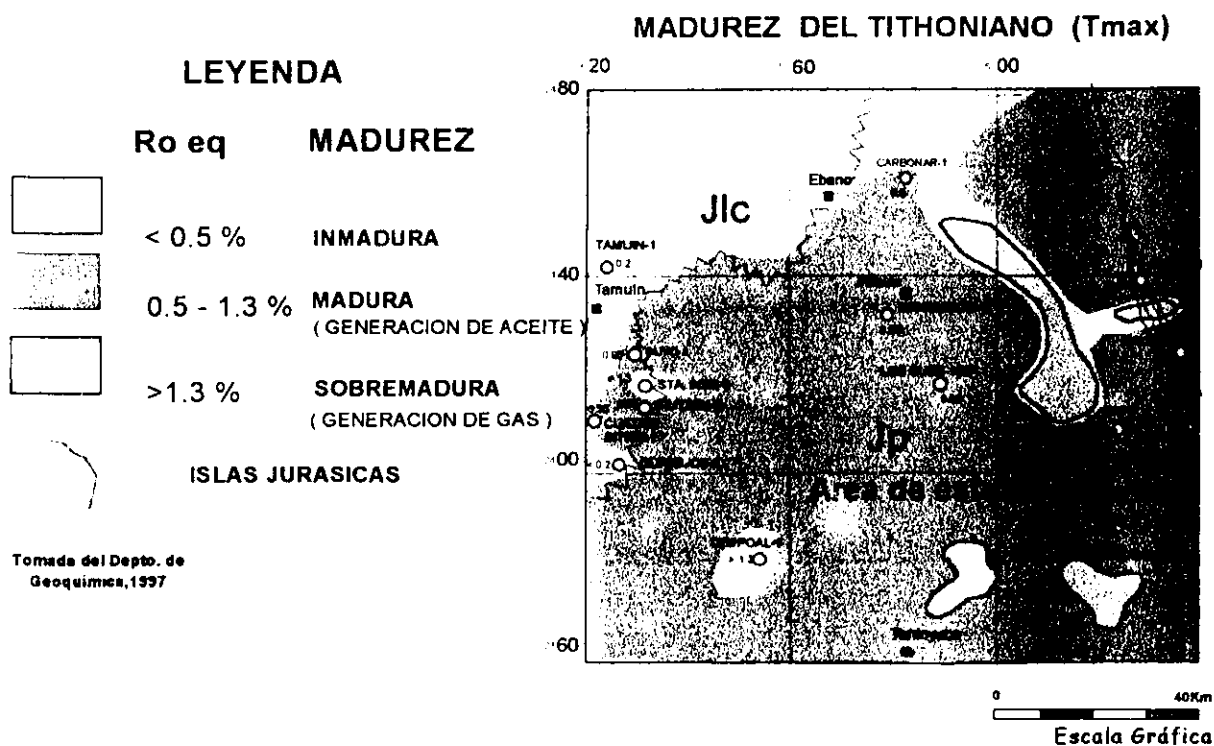


Fig-14 Valores de madurez de roca generadora para el Tithoniano.

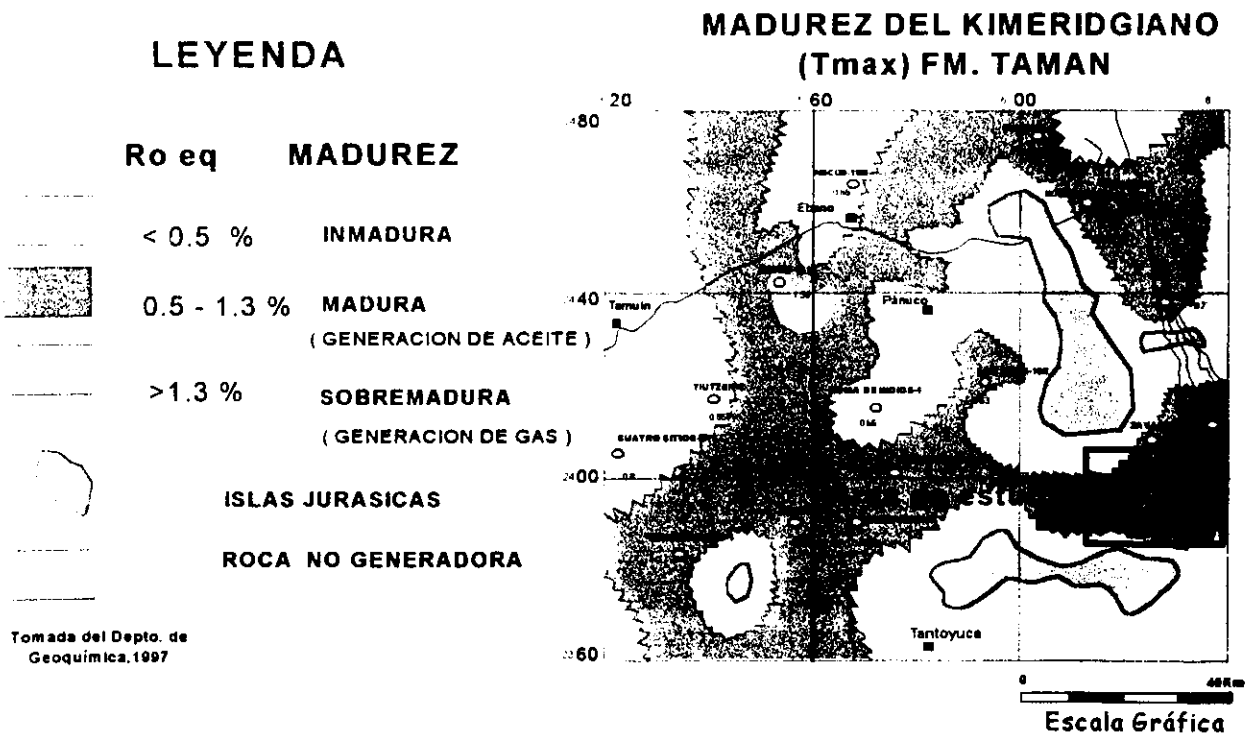


Fig. 15 Valores de madurez de roca generadora para el Kimmerdgiiano

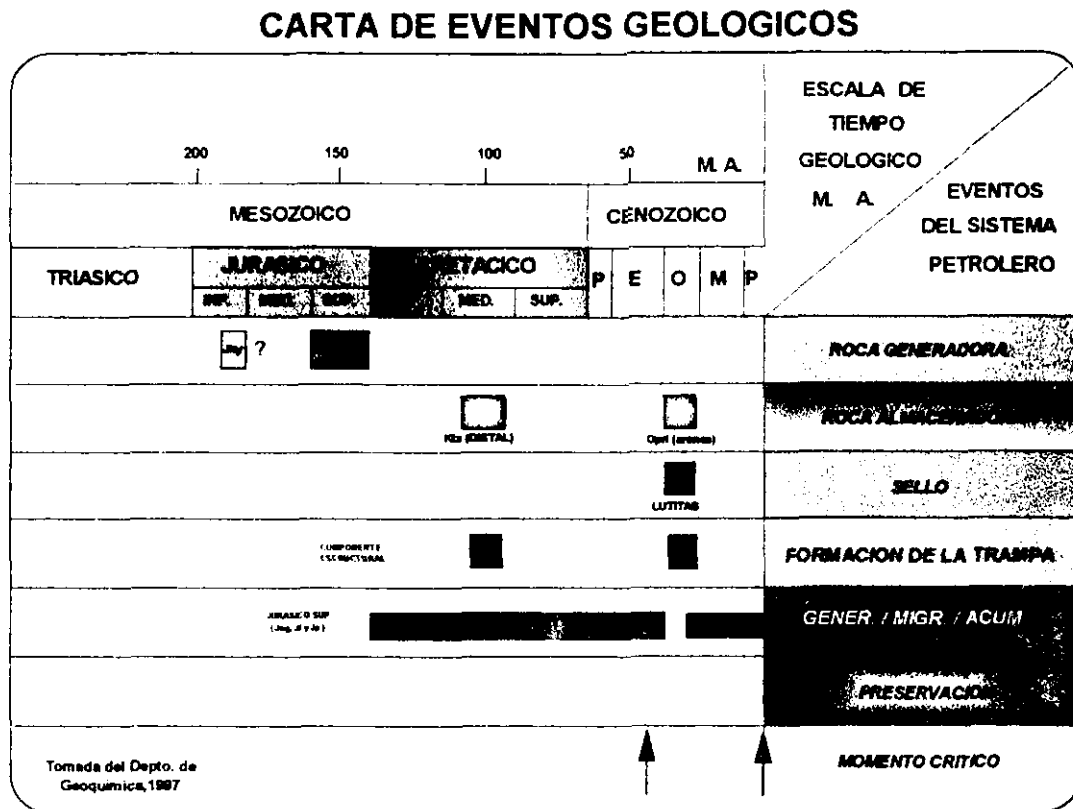


Fig-16 Carta de eventos geológicos.

II.6.-Interpretación Geológica-Geofísica.

Con relación a los trabajos técnicos del área donde se tienen los pozos perforados, fue determinándose una gran discordancia en donde se tienen rocas Terciarias descansando sobre rocas Cretácicas erosionadas o Jurásicas; en 1962 en la tesis profesional del Ing. Roberto Flores Balboa denominada "Posibilidades Petrolíferas del Cretácico Medio e Inferior en el Distrito Petrolero de Cerro Azul, Ver." se limita por primera vez la franja erosionada de la formación Tamaulipas Inferior; en el mismo trabajo se empieza a especular sobre su origen.

En el mismo año (1962) el Ing. Enrique Aguilera H., en su tesis profesional "Posibilidades Petrolíferas del Cretácico Inferior y del Jurásico Kimmeridgiano en el área Llano de Bustos, Estado de Veracruz ", considera que el origen de la zona erosionada, es producto de la acción de paleocanales.

En 1969, en el Seminario sobre Exploración Petrolera, el Ing. Manuel Toledo T. en su trabajo titulado "Problemas de Exploración en la Plataforma Continental de la Zona Norte", hace referencia de los fenómenos erosivos que dieron origen a las discordancias, en la que se incluye el Bejuco-La Laja y opina que se debe a corrientes de turbidez. Considera también lo siguiente "Tomando en cuenta la importancia económica petrolera que reviste ésta enorme zona erosionada, sería de sumo interés llevar a cabo los estudios geológicos necesarios y adecuados con el fin de investigar y determinar su verdadero origen"

En 1970 R. Sánchez en su trabajo "Estudio Geo-Económico de Bejuco-La Laja", ya relaciona el origen de las discordancias con la acción de antiguos canales. Así mismo, se transcribe una conclusión de tipo económico: "La Sedimentación que viniera ocupando la línea de flujo del paleocañon de Bejuco en edades más jóvenes, necesariamente arrastraron clastos que variaron de tamaño y cuya clasificación debe buscarse en las cuencas Terciarias, ya que éstas rocas clásticas son de interés económico". En este trabajo se recomienda nuevas interpretaciones sismológicas, tomando en cuenta los planos paleogeológicos.

En 1977, en el Depto. de Terrígenos Zona Norte se selecciona entre otros prospectos Terciarios el de Bejuco-La Laja para efectuar un análisis de sus posibilidades económicas.

En 1979 en forma conjunta las Superintendencias de Paleosedimentación e Interpretación y Evaluación regional, elaboraron el trabajo denominado "Análisis exploratorio de las rocas del Eoceno-Oligoceno Inferior-Medio en el prospecto Bejuco-La Laja". El objetivo de este trabajo fue evaluar las posibilidades petrolíferas de las rocas del Eoceno-Oligoceno en el prospecto "Bejuco-La Laja" y seleccionar áreas de interés geológico petrolero.

Las conclusiones estratigráficas refieren que el área presentó problemas bioestratigráficos debido al carácter de depósito de la misma, cartografiando finalmente desde su cima paleontológica hasta el plano de la discordancia principal, las rocas del Eoceno Medio-Inferior, representadas por la formación Guayabal, las cuales son suprayacidas en forma discordante por la formación Palma Real Inferior depositadas durante el Oligoceno Inferior.

Con base a modelos sedimentológicos realizados por algunos autores como Roger G. Walker, se logro asociar éstos, con las facies que se identificaron en el área de estudio (Flores Balboa y otros,1979), las formas paleotopográficas interpretadas en los planos de isopacas , las secciones estratigráficas además de la información geofísica analizada, lográndose postular dos modelos sedimentológicos para las rocas del Eoceno Medio y para el Oligoceno Inferior, solo mostrándose el del Oligoceno Inferior (fig-17 y 18).

En cuanto a las conclusiones geofísicas se menciona que no se detectaron estructuras ni anomalías de interés en las rocas Terciarias; además se concluye que el problema por resolver en el área es netamente de tipo estratigráfico. Así mismo se recomienda que toda la nueva información geológica-geofísica que se obtenga en el área, sea considerada con el propósito de definir con mayor precisión todos los problemas surgidos en el desarrollo del mismo.

MODELO SEDIMENTOLOGICO GENERALIZADO
DEL AREA BEJUCO-LA LAJA A NIVEL
OLIGOCENO INFERIOR

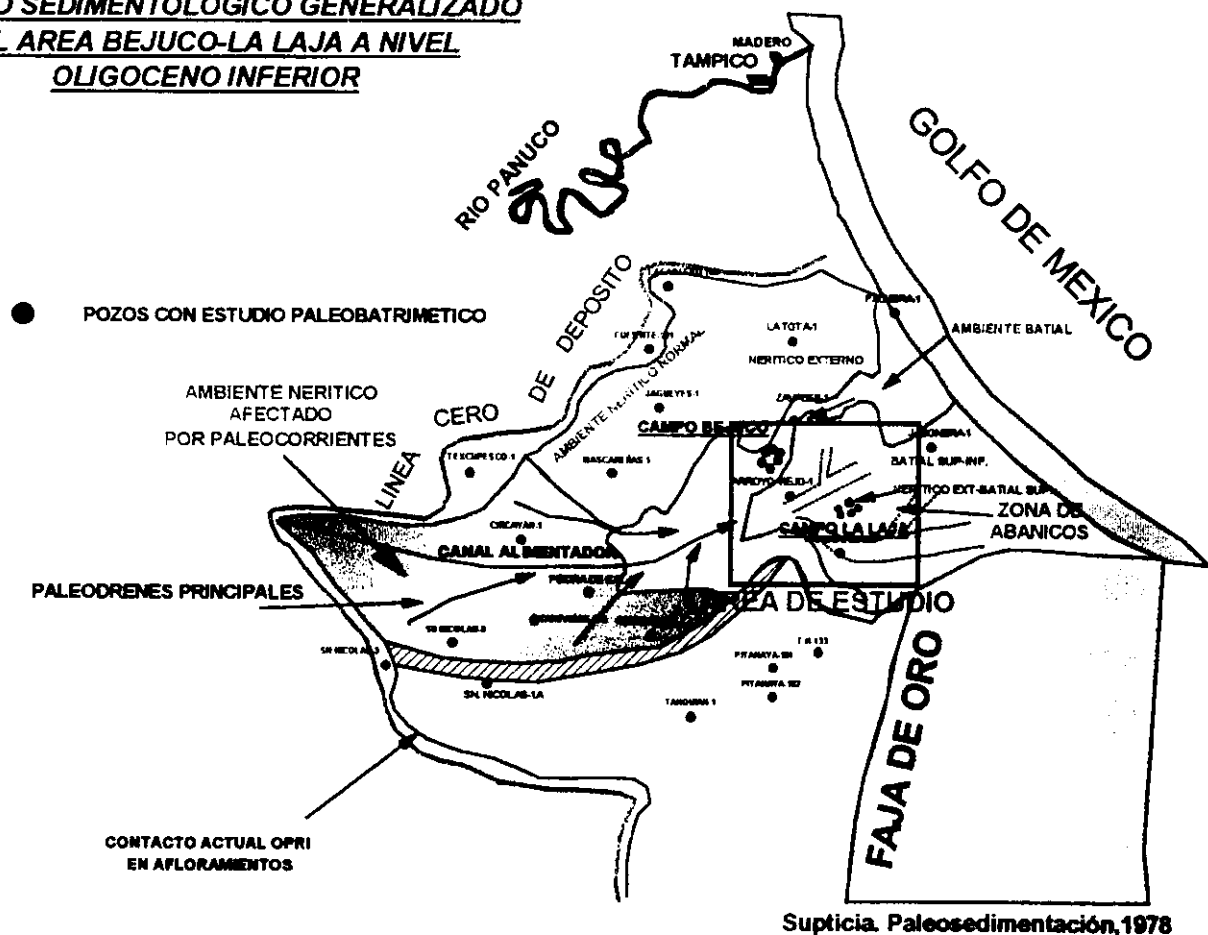


Fig-17 Modelo sedimentológico generalizado para el Oligoceno Inferior.

El trabajo más reciente del área fue realizado en 1996 por el grupo interdisciplinario Bejuco-La Laja donde el objetivo principal de éste fue la identificación y distribución de los plays Tamabra Distal, del Cretácico Medio, Base del Oligoceno Inferior, así como documentar áreas de oportunidad a partir de la información obtenida en los pozos perforados dentro del paleocañon Bejuco-La Laja.

Desde el punto de vista estratigráfico el grupo manejó dos plays dentro el Oligoceno Inferior: uno fue el denominado "base del Olig. Inf. 36 m.a." y el otro denominado "Olig. Inf. 33 m.a." (fig-8)

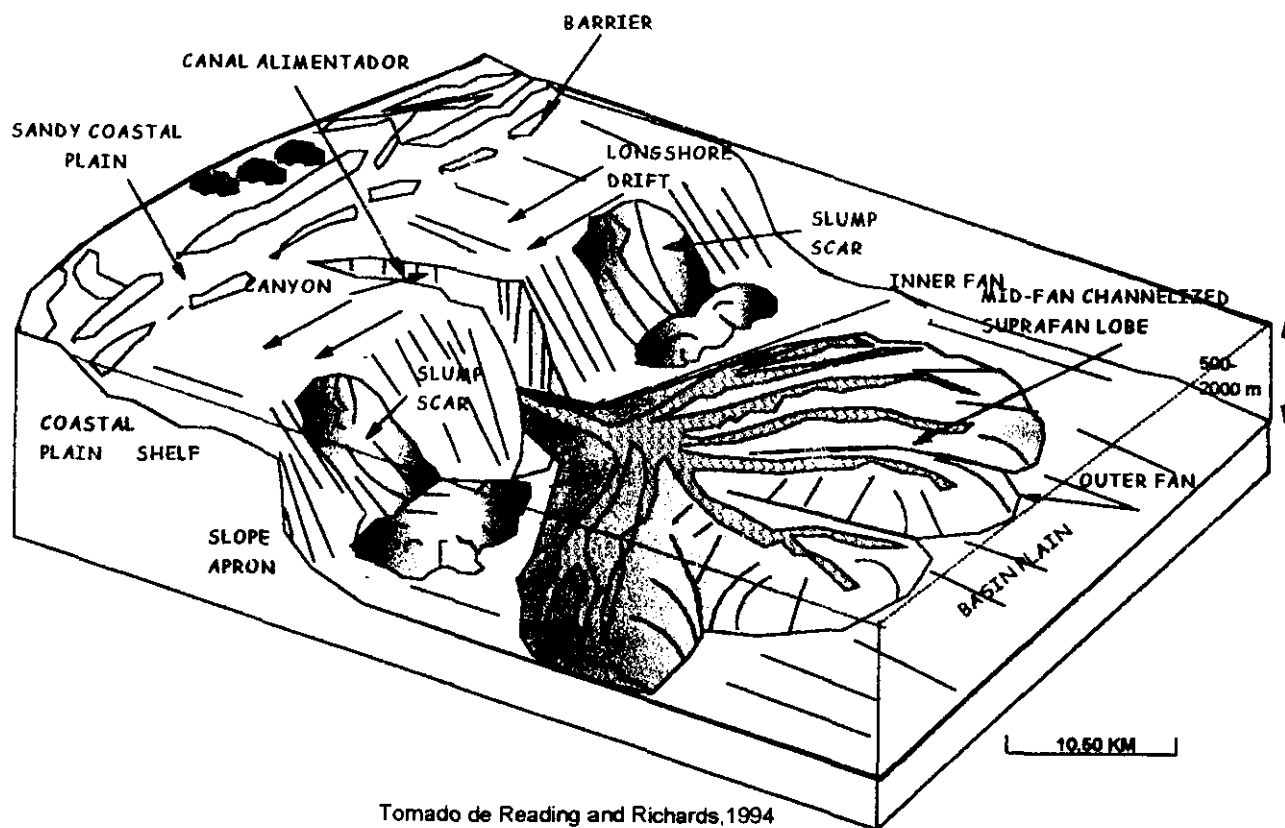
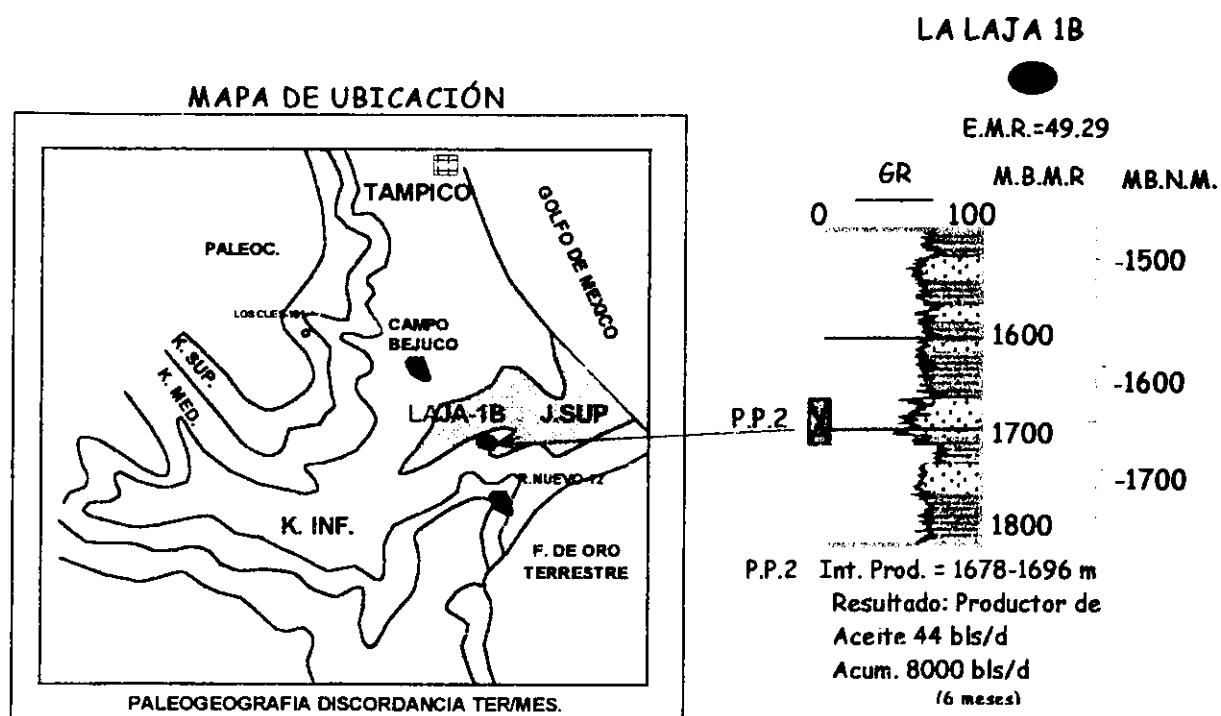


Fig-18 Modelo geológico en isométrico para el Oligoceno Inferior.

De los resultados sobresalientes para el objetivo Terciario fue que una de las areniscas que el grupo denominó A7 y cortada por el pozo La Laja 1B (fig-19), al realizarse la intervención, dicha arenisca resultó productora

con una producción inicial de 44 bls./día y una producción acumulada del orden de 8000 bls. a mediados de Diciembre de 1997. Claves del éxito fue la estimulación con HCL-HFL al 7.5 % nitrogenado. Debido a las características petrográficas que presentó ésta arena (areniscas arcillosas), se propuso un fracturamiento con la finalidad de obtener mayor producción, el cual hasta la fecha (Mayo de 1998) no se ha realizado.



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig-19 Muestra el intervalo productor en las areniscas arcillosas cortadas en el pozo la Laja 1B.

Debido a las anteriores experiencias, el grupo concluye que en el área estudiada existe un potencial petrolero que requiere de más estudios; éstos comprenderían desde una mayor definición de los plays hasta la delimitación y explotación de los yacimientos.

II.7.-Económicos.

En el Paleocañon Bejuco-La Laja, Petróleos Mexicanos ha perforado hasta la fecha un total de 107 pozos exploratorios con el propósito de encontrar acumulación de hidrocarburos en las rocas del Jurásico y Cretácico, todos ellos localizados en altos estructurales. A continuación se mencionan algunos resultados positivos en rocas del Terciario (I.V.-1002, Pemex. Inédito, 1979).

Campo Rancho Nuevo

Pozo Productor=12

Producción Inicial= 15 m³ de aceite y 2500 m³ de gas.

Producción acumulativa de aceite=9284 m³.

Gas=821,710 m³

Formación Productora= Eoceno Guayabal

(NOTA: La producción acumulativa es de Octubre de 1962 hasta abril de 1978)

Campo La Laja

Pozo Productor=Laja 1B

Producción Inicial=2m³ de aceite

Producción acumulativa= sin dato

Formación Productora= Eoceno Guayabal

Por otra parte, es interesante mencionar que el pozo Palmera-1 resultó productor de aceite en el intervalo 2379-2389 m , aunque en un principio se considero como la cima erosionada de la formación Tamaulipas Inferior por revisión de registros eléctricos se concluyó que el intervalo probado corresponde a rocas Terciarias de la formación Guayabal. (c). La producción obtenida fue de 5m³ de aceite y no se explotó por ser bastante viscoso, sin embargo éste hecho se considera de interés económico para el área.

Así mismo, en el pozo Tampamás-101, se probó una arenisca bastante arcillosa de espesor delgado correspondiente a la formación Guayabal(c). El

intervalo probado fue de 954-963m. resultando productor incosteable de gas.

Además de los anteriores resultados, se recopiló la información geológica económica de las rocas Terciarias, detectándose manifestaciones de hidrocarburos en las formaciones Guayabal del Eoceno y Palma Real Inferior del Oligoceno en los pozos: Bejuco 1 y 2, Cahuayotes-102, Catan-1, Comales-102, Cornizuelo-101, Cucharas-1, Granadilla-101, Jabonera-1, Juan A. Ramirez-1, La Llave-2, La Tota-1, Palma Colorada-1, Pasarones-1, Pecero-1, Piedra de Cal-1, Piñonal-1, Rancho Nuevo-6, Tampamas-2, Tampico Alto-101, Tanceme-101, Tantavil-1, Zavales-1, San Nicolás-1A y Oleotuju-1 (fig.20).

En 1997 se realiza el trabajo denominado identificación y evaluación de Plays en el Paleocanal Bejuco-La Laja. En este trabajo, además de la identificación y evaluación de Plays se evaluaron y documentaron áreas de oportunidad.

Dentro de las áreas de oportunidad se evaluó un intervalo arenoso detectado en el intervalo 1678-1696m. dentro de la secuencia Oligoceno 33m.a. en el pozo La Laja-1B, el cual resultó productor con una producción inicial de 44bls/día y una producción acumulada de 8000 bls. de Mayo hasta Diciembre de 1997.

Otras Actividades realizadas en este trabajo fueron las siguientes:

Campo Rancho Nuevo.

Secuencia Oligoceno (33m.a.)

Se intervinieron las arenas denominadas A3-R del pozo 16 y A4-r del pozo 639, resultando productora de aceite la arena a3-R del Pozo Rancho Nuevo-16

Secuencias Oligoceno(36m.a)

Se intervino la arena denominada A1-R del pozo 635 que en la actualidad no se ha probado

Campo La Laja.

Secuencia 33m.a.

Durante la prueba de producción del intervalo 1678-1696m. cabe mencionarse que el registro TDT tomando antes de la prueba, se interpreta la presencia de gas en los intervalos 2319-2329 y 2375-2387m con producción pero sin fracturar.

Campo Bejuco.

Secuencia Oligoceno 36 m.a.

Se recomendaron propuestas de reintervención en los pozos Bejuco 1 y 6: de tener éxito reintervenir los pozos 5, 7 y 8, pruebas que hasta la fecha no se ha realizado.

Recomendaciones adicionales en este trabajo fueron las siguientes:

Para el campo la Laja y concretamente en el pozo La Laja 1B tomando en cuenta el alto contenido de arcilla en las areniscas productoras se recomendó un fracturamiento en el intervalo productor con el que se espera optimizar el flujo horizontal y vertical.

Con respecto a la arena-5 (A5-L) probada en el pozo 6-A sin fluir, será necesario evaluar las operaciones mecánicas de acuerdo a las experiencias del pozo La Laja 1B.

Consideraciones.

Es necesario comentar que en el área se cuenta con infraestructura petrolera aprovechable, compuesta por un oleoducto de 20" y 24" de diámetro el cual llega a Cd. Naranjos, Ver. cruza por el campo Tres Hermanos y Ozuluama, Ver., Terminando finalmente en Cd. Madero Tamps, También se tiene un gaseoducto de 48" de diámetro, así como una serie de baterías y tanques de almacenamiento.

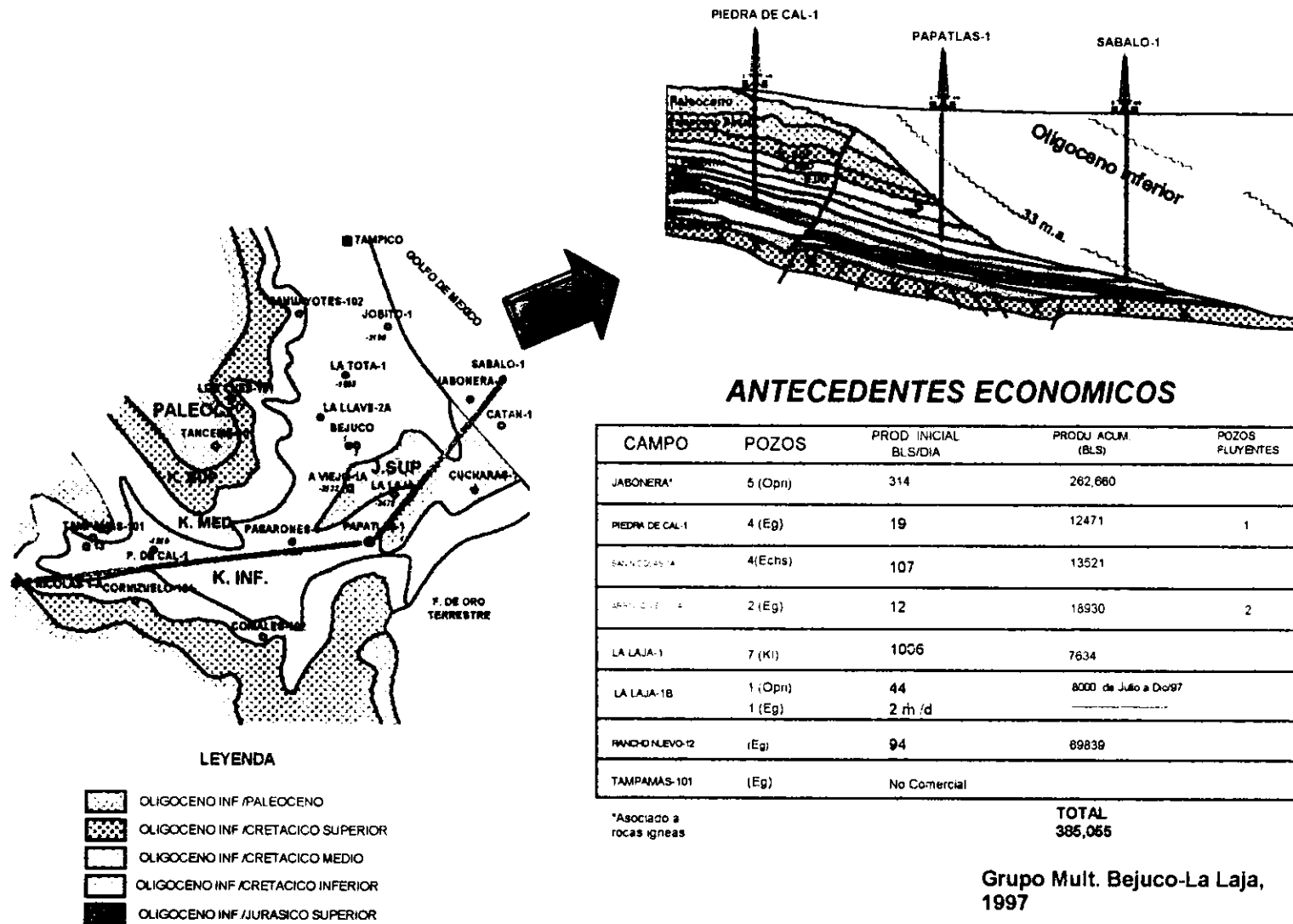


Fig. 20 Plano mostrando pozos con producción y manifestación de hidrocarburos a nivel Terciario en el área del proyecto

II.8.-ESTRATIGRAFIA.

En 1979 en el trabajo realizado por el departamento de Paleosedimentación Z.N. denominado "Análisis Exploratorio de las rocas del Eoceno-Oligoceno Inferior-Medio en el prospecto Bejuco-La Laja" se plantea la estratigrafía presente en el área del paleocañon, de tal manera, que únicamente se mencionan las características de la formación Palma Real Inferior ya que es la que representa el intervalo rocoso objeto de este estudio.

FORMACION PALMA REAL INFERIOR

DEFINICION

Fue estudiada por W.L.F. Nutall, en un reporte inédito (Geological Report 327 p.5). En fecha anterior, J.M. Muir la estudió con el nombre de Huasteca aunque su localidad tipo no fue determinada.

DISTRIBUCION.

Queda distribuida en el área del paleocañon, tanto en la superficie como en el subsuelo.

LITOLOGIA.

La unidad considerada en este trabajo como Formación Palma Real Inferior, esta constituida por grandes espesores de lutitas suaves gris a gris verdoso, con intercalaciones de lentes de areniscas gris y café por impregnación de hidrocarburos. Hacia el área de la Tota se identifica un conglomerado constituido principalmente por fragmentos angulosos y subarredondados de 0.5 a 10 cm., de caliza biógena, arenisca y pedernal, mal consolidados en matriz arcillo-arenosa.

ESPESOR.

En el área del paleocañon varia desde cero m. por no depósito o erosión, hasta un espesor máximo de 1700 m., considerándole un espesor promedio de 850m.

EDAD Y CORRELACION.

La edad de la formación Palma Real Inferior reportada por operación geológica de la zona, tiene un alcance cronoestratigráfico Oligoceno Inferior-Medio, según las determinaciones bioestratigráficas del I.M.P.. Se comentó también que en estas condiciones ésta formación involucra dos unidades litoestratigráficas; la del Oligoceno Inferior que sería precisamente la formación Palma Real Inferior y la del Oligoceno Medio, que por sus características microfaunísticas puede corresponder a la formación Alazán o bien a la formación Palma Real Superior que es equivalente en edad.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Es posible que en determinadas áreas la formación Palma Real Inferior pueda estar descansando en discordancia erosional a rocas del Paleoceno, Cretácico y en otras a rocas del Jurásico(Tabla Estratigrafica).

II.9.-Evolución Geológica.

Dentro de las estrategias de exploración para la cuenca Tampico - Misantla, en 1993 un equipo de trabajo de Pemex Exploración y Producción conjuntamente con la British Petroleum Company realizaron una reinterpretación de la evolución geológica en la cuenca Tampico-Misantla, la cual se encuentra localizada en la porción nororiental de la Rep. Mexicana, ocupando parte de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo y Veracruz.

**TABLA DE UNIDADES
TIEMPO - ESTRATIGRAFICA**

SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	AREA BEJUCO - LA LAJA	ZONAS (CON ALGUNOS DE SUS CONJUNTOS FAUNISTICOS DETERMINADOS POR Z.M.P.)		
TERCIARIO	MIOCENO	SAHELIANO	[Hatched Area]			
		VINDOBONIANO				
		VINDOBONIANO			TUXPAN (?) (Mt)	Foraminíferos bentónicos Hantzawa sp. Gr. Ciperoenes angustumbilicata, Globigerinoides triloba triloba, Gg. Ciperoenes angusturundis, Globorotaria cf. Gr. Fohs, Gr. Minutissima, truncatoloides rohri, Globigerinoides triloba imatura, Globigerinoides robleae.
		AQUITANIANO				
	OLIGOCENO	CHATIANO	MESON (?) (Om)	Gr. Ciperoenes ciperoenes, Gg. Praebulloides, Gg. eschitanensis eschitanensis, Gg. Ciperoenes angusturundis, Gg. Ciperoenes angustumbilicata, Gr. Opima nana, Gg. Tripartita tripartita		
		RUPELIANO	PALMA REAL SUP.-ALAZAN (?) (Opra-Oa)	Gr. Opima opima, Gr. Opima nana, Gg. Amphipertura euperturna, Globigerina sp. Catapydrax dissimilis, Globorotoloides auteri, Globigerina cf. Gg. Pseudoamplipertura		
		LATTORFIANO	PALMA REAL INF. (Oprl) (?) HORCONES (Oa) (?)	Gg. amplipertura		
		PRIABONIANO	CHAPOPOTE-TANTOYUCA (Ech-Et)	Gg. Higgins, Gr. Brodenmann, Gr. Lehneri, Gr. Bulbrook, Gr. Centralia, truncatoloides rohri		
	EOCENO	LUTECIANO	GUAYABAL (Eg)	Gg. amplipertura		
		YPRECIANO	ARAGON (Ea) CHICONTEPEC SUP. - VELASCO SUP. (Pechb-Pevb)	Gg. Soldadoones, Gg. Cf., Gg. Inasqupra, Gr. Formosa formosa, Gr. Formosa gracilis		
		PALEOCENO	LANDENIANO	CHICONTEPEC MEDIO - VELASCO MEDIO (Pechm-Pevm)	Globorotaria velascoensis, Gr. pseudomenardi	
	MONTIANO		CHICONTEPEC INFERIOR - VELASCO INFERIOR (Pechi-Pevi)	Gr. Pusilla pusilla, Gr. Pusilla mexicana, Gr. Mikami, Gr. Cf., angulata, Gr. Cf., Gr. Pseudobulloides, Gr. Concostruncata, Gr. Precurcario, Gr. Pseudobulloides, Gr. Angulata, Gr. quetra		
	DANIANO		CHICONTEPEC BASAL - VELASCO BASAL (Pechb-Pevb)	Gr. Trindadensis, Gr. Incrustatus, Gg. eugubna		
CRETÁCICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	[Hatched Area]			
		CAMPANIANO				
		SANTONIANO			MENDEZ (Km)	
		TURONIANO			SAN FELIPE (Ksf) AGUA NUEVA (Kan)	
	MEDIO	CENONTIANO	[Hatched Area]			
		ALBIANO			TAMAULIPAS SUPERIOR (Kts)	
	INFERIOR	APTIANO	[Hatched Area]			
		BARREMIANO			OTATES (Kio)	
		HAUTERIVIANO			TAMAULIPAS INFERIOR (Kti)	
		VALANGINIANO				
BERRIASIANO						
JURÁSICO	SUPERIOR	TITHONIANO	[Hatched Area]			
		KIMMERIDGIANO			PIMIENTA (Jp) TAMAM (Jt) ZUPICZO (Jz) SAN ANDRÉS (Jsa)	
		OXFORDIANO			SANTIAGO (Jsg) ZULUAGA (Jz)	
		CALLOVIANO			TEPEXIC (Jtx)	
	MEDIO	BATHONIANO	[Hatched Area]			
		BAJOCIANO			CAHUASAS (Jcs)	
	INFERIOR	LIÁSICO	AALÉNIANO	[Hatched Area]		
			TOARCIANO			ROSARIO (Jro)
CHABUTIANO			HUAYACOCOTLA (Jhy)			
PLEISBAQUITANO						
SINEBURIANO						
HETTANGIANO						

LEYENDA

[Box] Intervalo de Estudio

[Hatched] Ausencia por no Depósito o Erosión (Rocas Aflorentes) [Diagonal] No Depósito ? [Wavy] Discordancia (En pleistoceno)

II.9.1.-Modelo de tectonosecuencias.

El concepto de trabajo utilizado por el equipo para definir la evolución de la cuenca, fue el uso integrado de todos los tipos de información (sísmica, de pozos, afloramientos, bioestratigrafía y geoquímica) para construir una serie de secciones transversales regionales a través de la cuenca. Después de realizar el trabajo de campo e interpretar las secciones regionales, el equipo fue capaz de conjuntar varios paquetes de secuencias, las cuales están separadas por límites de secuencias regionales (discordancias) y que corresponden a los límites de Tectonosecuencias.

Los límites de Tectonosecuencias representan los límites de secuencias regionales/discordancias que definen importantes cambios en la geometría de la cuenca debido a eventos tectónicos. En la cuenca Tampico-Misantla se definieron los siguientes tipos de Tectonosecuencias (fig-21).

* *Syn-Rift*: Que da origen a cuencas limitadas por fallas que se forman durante la extensión de la corteza (el desarrollo de las cuencas *syn-rift*, se crean por la subsidencia térmica que generalmente sigue al *rifting*) (Fig.21).

* *Margen Pasiva*: Que incluye a cuencas, que generalmente se forman después de la extensión de la corteza (Fig.21)

* *antefosa*: Donde las cuencas se generan por la carga que se forma enfrente de cinturones montañosos orogénicos. Este tipo de cuenca se crea por el peso del apilamiento de cobigaduras que comprimen la corteza y forman enfrente del cinturón montañoso una cuenca asimétrica que aumenta de espesor hacia las montañas (Fig.21).

Usando los conceptos de los tipos de Tectonosecuencias descritas anteriormente, la (fig-22) resume el modelo de Tectonosecuencias que describe la evolución de la cuenca Tampico-Misantla. El modelo se subdivide en nueve Tectonosecuencias que están coloreadas según la edad.

En terminos generales, el modelo describe las cuatro fases de evolución de la cuenca Tampico-Misantla:

a).- Syn Rift.

Del Triásico Tardío al Jurásico Medio se presentaron tres episodios de *rifting* relacionados a la extensión que da origen a la apertura del Golfo de México (fig-22).

* *Syn-Rift* Triásico.

Constituido por una serie de cuencas delgadas de *rift* con dirección NE-SW y que están pobremente definidas por datos sísmicos y de pozos. Los *rifts* contienen clásticos continentales (fig. 23). Regionalmente, éstos *rifts* se pueden correlacionar con la amplia extensión del Mesozoico Temprano que precedió a la apertura del océano de Tethys entre las placas Americana y Africana.

* *Syn-Rift* Jurásico Temprano.

El Jurásico Temprano esta representado por una sección extensa de *rift* marino que está expuesta en el anticlinal de Huayacocotla, dentro de la Sierra Madre Oriental (fig-23). El equipo lo ha interpretado como un sistema de *rift* predominante marino y probablemente relacionado a la relajación NW-SE de las cabalgaduras Paleozoicas previas. Las fallas que limitan a los *rifts* son difíciles de ver, por lo que puede ser posible modelos geológicos alternos.

TIPOS DE TECTONOSECUENCIAS

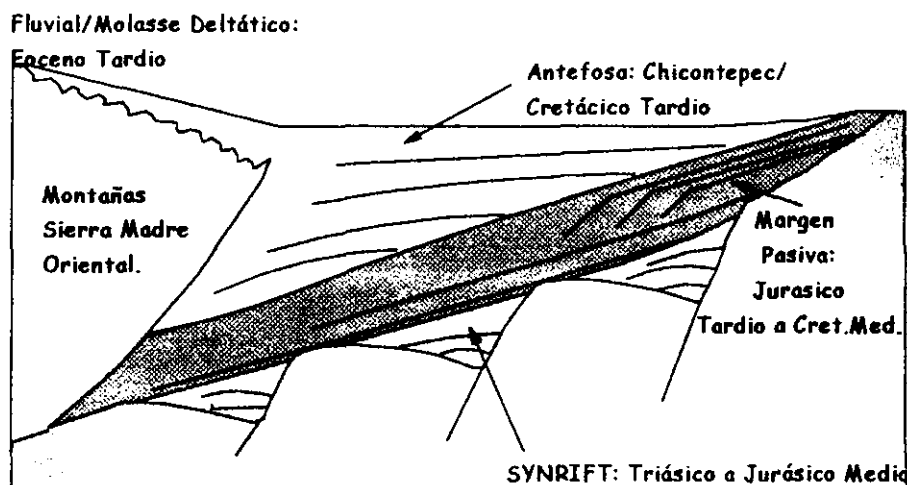


Fig. 21 Tipo de Tectonosecuencias interpretadas mostrando la evolución de la cuenca Tampico-Misantla

MODELO DE TECNOSECUENCIAS

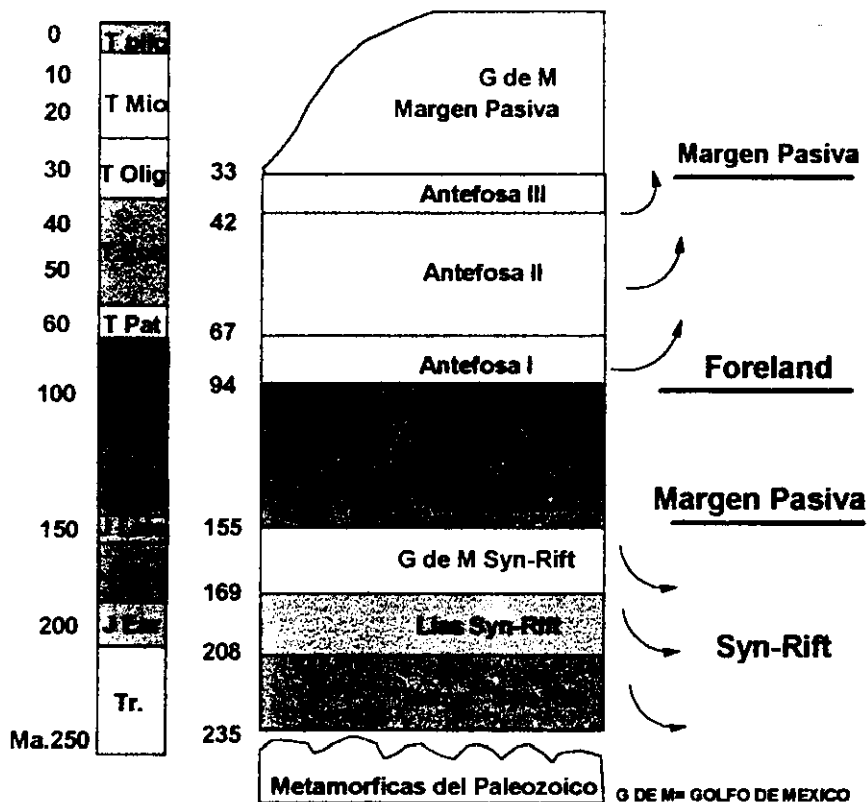


Fig. 22 Etapas de Evolución en la Cuenca Tampico-Misantla

Pemex-British Petroleum, Mayo 1984

Syn-Rift Tectonostratigraphic Sequences

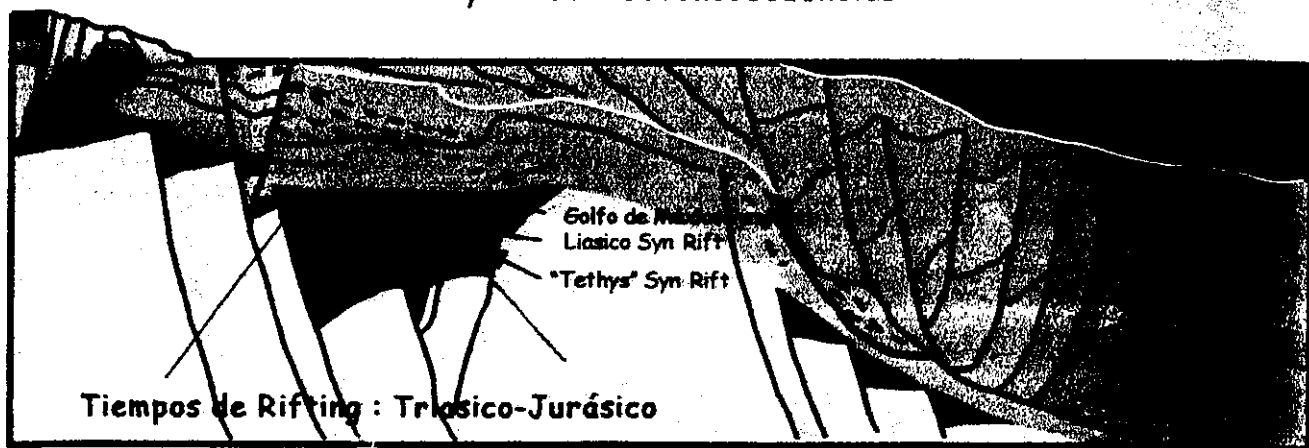


Fig. 23.-Modelo Geológico mostrando las tres etapas de syn rift durante la evolución de la cuenca Tampico-Misantla

Pemex-British Petroleum, Mayo 1984

- *Syn-Rift* Jurásico Medio.

El Jurásico Medio se caracteriza por una litoestratigrafía compleja. Esta etapa representa la complejidad del llenado depositacional de una serie de cuencas importantes de *syn-rift* (Fig. 23). El llenado de la cuenca se caracteriza por un depósito continental inicial, que fue inundado por una transgresión marina del Calloviano y que ha dado como resultado el depósito de una sección de rocas marinas profundas integrada por facies de yacimiento oolítico del Calloviano, y sobreyacidas por una gruesa sección de rocas generadoras de gran riqueza del Oxfordiano (Formación Santiago). Estas cuencas de *syn-rift* registran la fase extensional anterior a la apertura oceánica del Golfo de México en el Jurásico Tardío.

b).-Margen Pasiva.

Una amplia margen pasiva se desarrolló en el Jurásico Tardío, asociada con la apertura oceánica entre las placas de Norte América - Sudamérica y con la formación de la cuenca del Golfo de México. Esta margen pasiva contiene una primera unidad transgresiva temprana de subsidencia rápida, caracterizada por el depósito de una extensa roca generadora del Jurásico tardío; seguida de una unidad regresiva tardía, de subsidencia lenta, acompañada del desarrollo de grandes plataformas carbonatadas. (Fig-22 y 24)

*Margen Pasiva (Transgresiva).

El Jurásico Tardío (Kimmeridgiano Temprano) registra un gran cambio en la estratigrafía. Comienza con una discordancia regional marcada por el depósito de turbiditas gruesas en las partes bajas del sinclinal sobre las anteriores cuencas del *syn-rift*. Este límite ha sido interpretado por una discordancia que señala la base de la margen pasiva. Al seguir esta discordancia, la información de pozo / sísmica muestra una transgresión rápida, que sobreyace a los bloques de pilares afallados, que depositan amplios yacimientos de arenas oolíticas transgresivas (Formación San Andrés). A estas arenas le suprayacen extensas lutitas carbonatadas ricas en material orgánico (Formación Pimienta), la cual ofrece un horizonte sello y generador a los yacimientos oolíticos. (fig-24)

Las lutitas ricas en material orgánico representan la máxima transgresión dentro de la margen pasiva, éstas se depositaron durante el Tithoniano, en el momento en el que el nivel del mar global estaba elevado, fenómeno que se puede definir por completo en el Golfo de México.

***Margen Pasiva (Regresiva).**

En el Cretácico temprano disminuyó el índice de subsidencia de la margen pasiva y permitió la formación de plataformas carbonatadas importantes, que caracterizan la parte regresiva de la margen pasiva (fig-24) . Se desarrollaron varias plataformas en el área de la cuenca Tampico-Misantla, siendo las más importantes : la Plataforma Valles (expuesta en el cinturón de plegamiento de la sierra Madre Oriental) y una aislada y más pequeña denominada Plataforma de Tuxpan. Las márgenes de la plataforma de Tuxpan fueron karstificadas y posteriormente sepultadas en el Terciario Tardío, que es lo que ahora forma el famoso tren petrolero conocido como Faja de Oro.

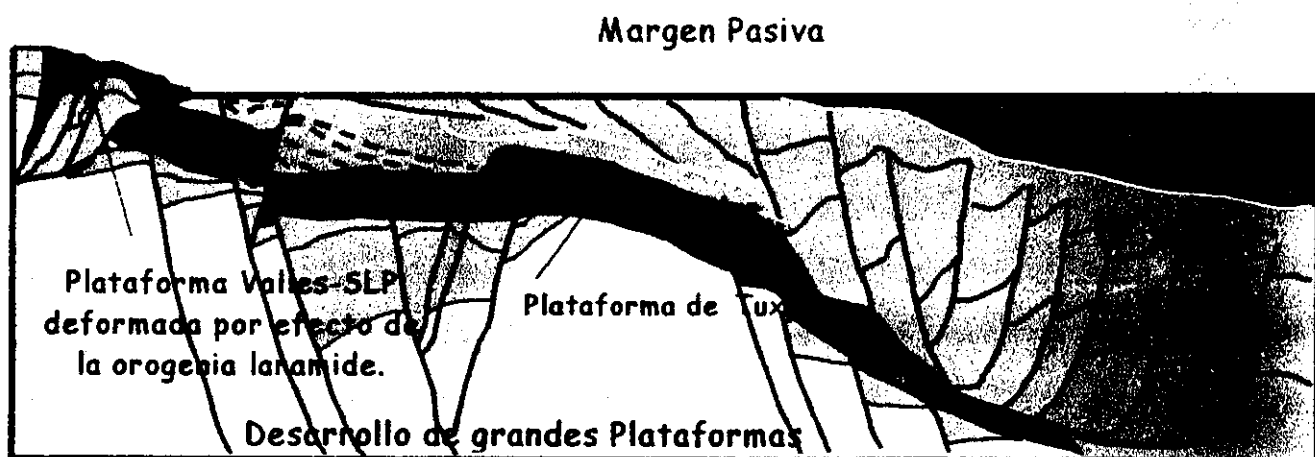
c).-Cuencas de Antefosa.

En el Cretácico tardío, la sedimentación de la margen pasiva se terminó por el inicio de los efectos compresionales de la orogenia Laramide en la Sierra Madre Oriental, lo que permitió la formación de tres cuencas de antefosa sobrepuestas, ubicadas en la parte occidental de la cuenca Tampico-Misantla.(fig-22)

El Cretácico tardío muestra un gran cambio en la geometría de la cuenca, lo que da como consecuencia el engrosamiento de los sedimentos hacia el noroeste del área dentro de la Sierra Madre oriental. Esto marca el cambio de la sedimentación dominada por carbonatos de la margen pasiva al inicio del fallamiento compresivo laramídico hacia el depósito dominado por clásticos de la cuenca de antefosa. Sobre las plataformas de Tuxpan y Valles, el impacto de inicio de ésta depositación de antefosa es causar un rápido y total hundimiento de la plataforma, con el continuo desarrollo de solamente aisladas plataformas carbonatadas que surgieron durante el Santoniano.

* Antefosa I Cretácico Tardío.

Se identificaron dos discordancias importantes. La primera discordancia es de edad Cenomaniano y probablemente fue el resultado de una drástica disminución eustática del nivel del mar que se puede identificar a través de la región del Golfo de México y que ha sido llamada "MCU" (Discordancia del Cenomaniano Medio).



Pemex-British Petroleum, modificado, 1999

Fig-24 Modelo de margen pasiva de la segunda etapa en la evolución de la cuenca Tampico-Misantla.

En la Cuenca Tampico-Misantla, ésta discordancia es importante ya que se le considera como el producto de una mayor erosión en la margen de la Plataforma de Tuxpan y el depósito en posición baja del nivel del mar (lowstand), de un abanico de talud arrecifal que se extiende al menos 50 km. a través del piso de la cuenca. Éste talud del arrecife forma el yacimiento del importante sector Tamabra-Poza Rica.

La interpretación permite que se correlacione la unidad de talud arrecifal con la porción basal de la formación Agua Nueva, donde se reconoció una extensa brecha; la cual, a menudo se asocia con fuertes

manifestaciones de aceite y que se interpreta como una posible extensión hacia el oeste del ya establecido tren Tamabra.

En el Campaniano se reconoce una segunda discordancia regional que marca un incremento total de la velocidad de depósito y una clara transición de carbonatos hacia una sedimentación con predominio de clásticos (Formación San Felipe).

* Antefosa II, Paleoceno-Eoceno Medio.

La base del Terciario marca un gran cambio en la geometría y el llenado en la cuenca de antefosa. Esta etapa se caracteriza por una mayor profundización de la antefosa y el comienzo del depósito importante de secuencias turbidíticas que se incrementan durante el Paleoceno y alcanzan su máximo desarrollo en el Eoceno Temprano. Las isopacas totales de este intervalo muestran un claro engrosamiento de la geometría de antefosa hacia la Sierra Madre Oriental.

Asociada a esta profundización, el translape sísmico (*onlap*) sobre las cuencas invertidas de *syn-rift* muestran un importante cambio en el estilo compresional de cabalgamientos del Cretácico tardío que no involucran al basamento (emplazamiento de la estructura El Abra y la saliente Monterrey-valles), hacia una tectónica que sí involucra al basamento con inversiones a gran escala. Probablemente, esta inversión causa el levantamiento del extenso anticlinal de Huayacocotla en la Sierra Madre Oriental y es por esto, que se observa una profundización mayor de la antefosa. Esta profundización produce el llenado de una depresión alargada clástica con turbiditas de piso de cuenca apiladas en capas delgadas y depósitos de abanicos de talud.

El suministro de sedimentos se interpreta que proviene principalmente del avance de los bloques de cabalgadura y muy probablemente de los márgenes laterales de la cuenca.

* Antefosa III, Eoceno Tardío.

Para el Eoceno tardío, la depresión alargada está completamente llena y se erosiona un profundo cañón submarino dejando expuesta la margen

occidental de la plataforma de Tuxpan, pudiendo mapearse una discordancia regional.

Este cañón esta relleno de clásticos de cuarzo y de areniscas conglomeráticas de ambientes marinos someros (formaciones Chapopote y Tantoyuca). La posición del cañón contra la margen occidental de la plataforma de carbonatos y el cambio completo de turbiditas de aguas profundas a sedimentación de aguas someras/ fluviales sugiere que este intervalo es el final del relleno de la antefosa tipo "molasse", y esto marca el comienzo del levantamiento regional del cinturón plegado de la Sierra Madre Oriental / Cuenca de Antefosa.

La importancia de definir su potencial petrolero en la cuenca es doble: ya que marca el tiempo de erosión / Karstificación de la margen occidental de la Plataforma de Tuxpan; y más importante aún, representa la erosión del cañón de Bejuco-La Laja. Éste cañón se ubica alrededor del borde noroccidental de la Plataforma de Tuxpan y representa el conducto de sedimentos clásticos y de cuarzo erosionados por el levantamiento expuesto de las montañas de la Sierra Madre Oriental y transportados directamente al cañón.

* Margen Pasiva del Golfo de México.

La fase final de la evolución de la Cuenca Tampico-Misantla esta representada por la formación del borde occidental de la margen pasiva continua del Golfo de México. Ésta cuenca está muy restringida hacia el área costa afuera y se desarrolla sobre un levantamiento regional amplio de la parte central de México.(Fig-22)

Este intervalo contiene al menos dos tipos de play potenciales que han sido exitosamente explorados en el sector de las cuencas de la costa del Golfo de México en EUA / Burgos hacia el norte.

El *play* arenas Terciarias, esta representado por yacimientos de arenas turbidíticas y de plataforma del Terciario Tardío, dentro de trampas estructurales de fallas de crecimiento (fig-25) Las penetraciones de pozos de este intervalo Terciario dan la impresión de que todo el intervalo esta dominado por arcillas y por lo tanto, la presencia de roca almacenadora es de un riesgo alto. Sin embargo, esta interpretación es

falsa ya que las arenas depositadas en esta tectonosecuencia es probable que se concentren en las áreas del conducto principal de sedimentos, los cuales, para la Cuenca Tampico Misantla, son el "Cañón Bejuco-La Laja".

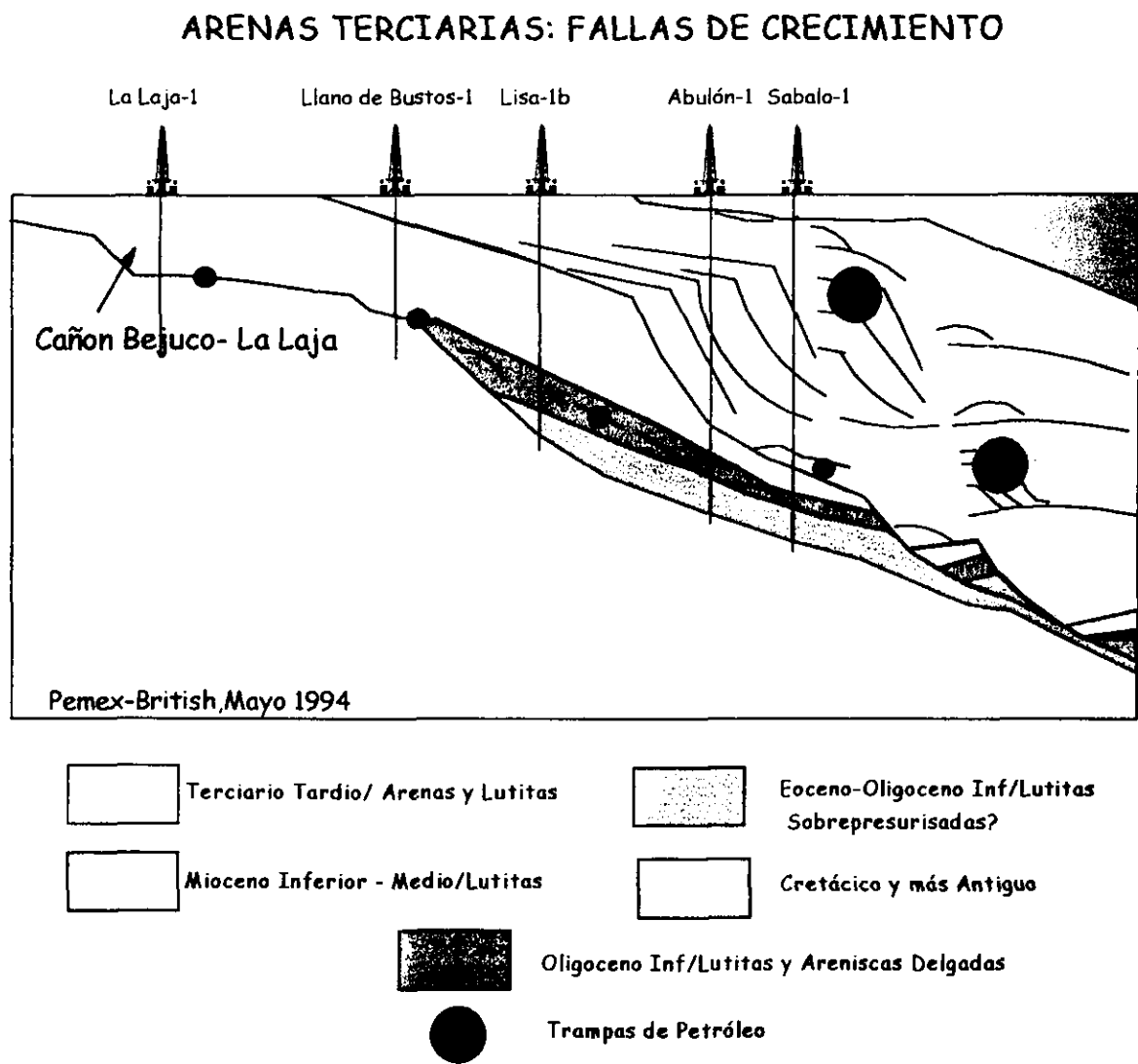
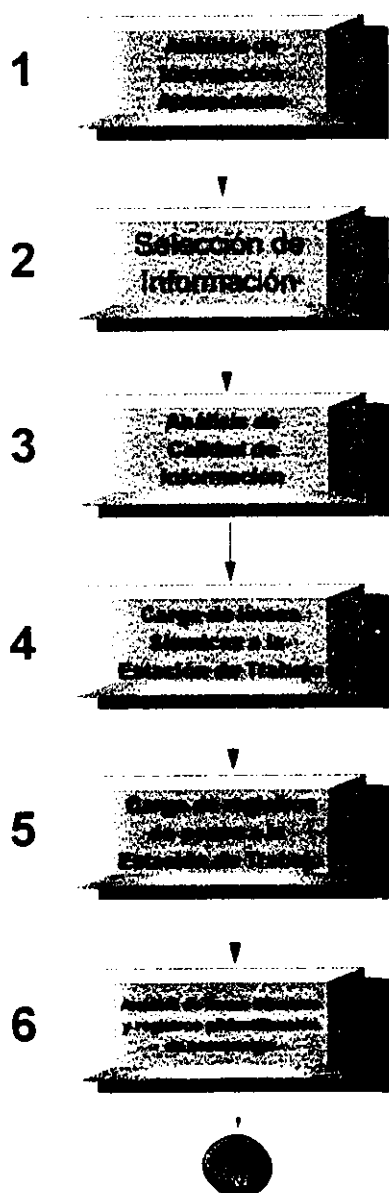


Fig.25 Modelo Geológico mostrando la ultima etapa en la evolución de la cuenca Tampico-Misantla (Margen Pasiva)

**CAPITULO III
METODOLOGIA
DE
TRABAJO**

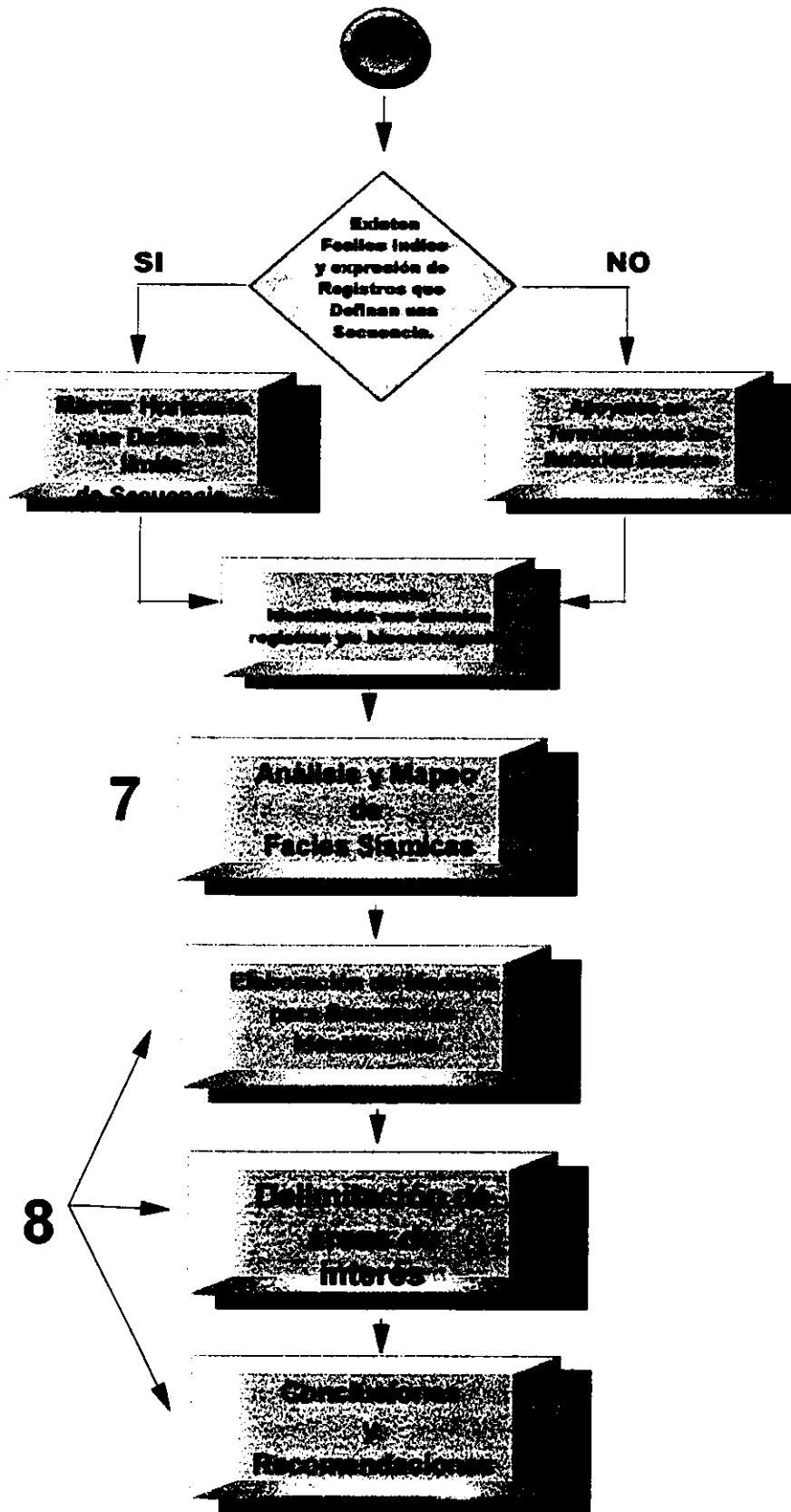
CAPITULO III.- METODOLOGIA DE TRABAJO.

El método de trabajo seleccionado, fue la interpretación de líneas sísmicas y registros de pozos considerando las curvas GR , ILD, además del análisis de los núcleos cortados por algunos pozos en el área de estudio. La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de la metodología de investigación seguida.



Rivas Reyes E.O. ,2000

Fig.26 Diagrama de flujo que muestra la metodología seguida.



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 26 Diagrama de flujo que muestra el proceso de trabajo

III.1 y 2.-Análisis y Selección de la información antecedente.

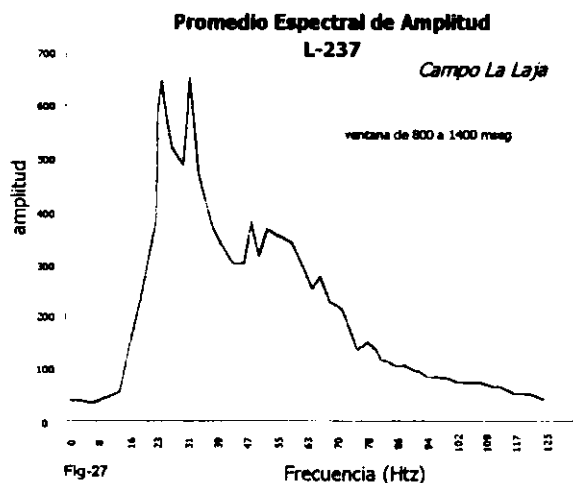
Primeramente se realizó una compilación de la información geológica, geofísica y paleontológica relacionada con el área de estudio. A partir de esta información se seleccionaron las líneas sísmicas y pozos a estudiar.

En cuanto a la información sísmica 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 resistividad y radioactividad lo más completa posible, además de que se tuvieran digitizados para su carga a la estación de trabajo; también se tomó en cuenta que los pozos tuvieran curvas TZ.

Cabe mencionar que algunas líneas sísmicas no se interpretaron con imágenes migradas ya que no fue posible su procesamiento; tales líneas fueron: L-222, 202A, 233 y 227.

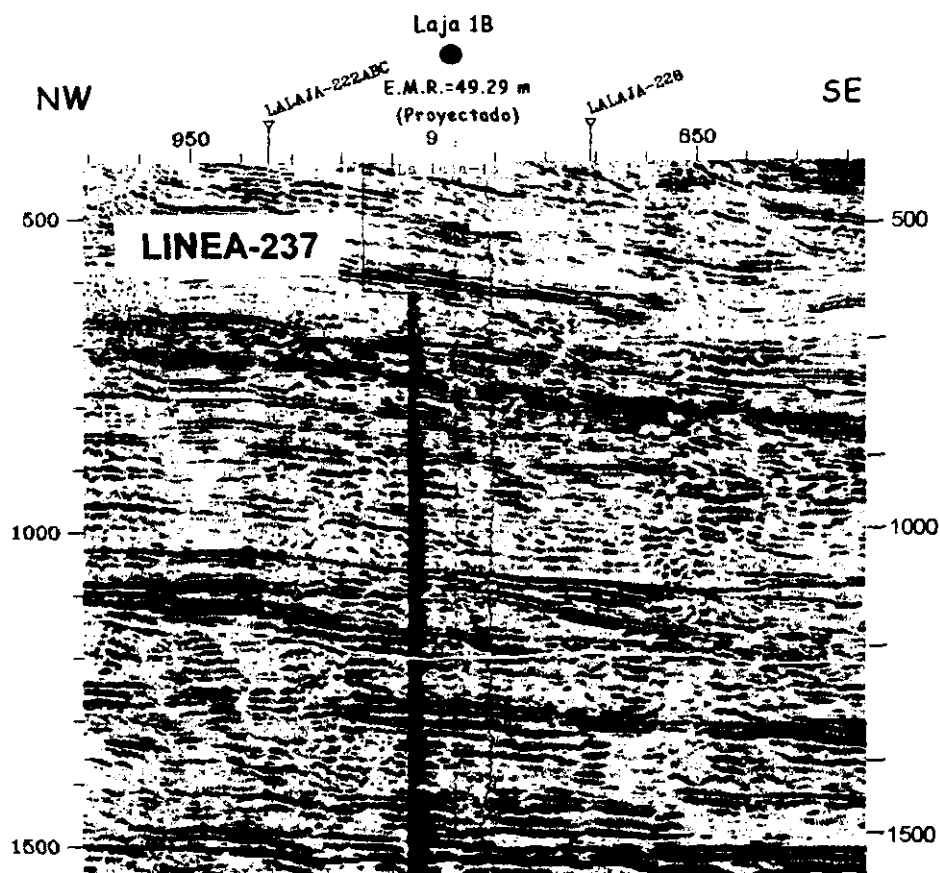
III.3.-Calidad de la información.

La calidad de la información sísmica se muestra en el ejemplo de la Fig. 27 en donde se encontró que la banda espectral llega a 80 hertz, por lo cual la resolución de la imagen sísmica se considera de regular a buena. Además en algunas líneas sísmicas del área de estudio se presenta el problema de amarre debido a que fueron realizadas con diferentes parámetros de campo (comunicación personal con geofísicos que han trabajado el área).



Cabe mencionarse que existen patrones sísmicos (sigmoidal) que pueden visualizarse en algunas líneas sísmicas del proyecto como es el caso de la línea 237, lo cual nos indica que dicha información sísmica nos proporciona datos para su interpretación. (Fig.28)

Levy Marjorie and Sequence Stratigraphy team, Chevron, 1992, mencionan que los patrones sísmicos sigmoidales son formados por construcción progresiva en líneas de costa o talud, debido a condiciones consistentes de sedimentación.



Rivas Reyes E. O., 2000

Fig. 28 Patrón sísmico sigmoidal entre horizonte amarillo y rosa (ver anexo A.2.3.3.1.- Configuraciones de reflexión sísmica) identificado en la línea 237 del proyecto sísmico "La Laja"

III.4.-Carga de líneas sísmicas a la estación de trabajo.

Una vez que se grabó la información sísmica en formato "TAR" o formato "Seg-Y" en el área de procesamiento sísmico, se procedió a crear un

proyecto de trabajo el cual fue denominado "Bejuco-2d" ; a su vez fue necesario generar también un proyecto maestro, el cual fue denominado "lgc-master" . Posteriormente se realizó toda la geografía del proyecto poniendo especial cuidado en las coordenadas extremas y las relaciones de PT/ CDP de cada línea. Finalmente se realizó la carga de las líneas sísmicas del proyecto.

En total se consideraron las siguientes líneas: (fig. -29)

Con dirección NW-SE las líneas 205, 231,233, 229, 237,203 y parte de la 227.

Con dirección NE-SW las líneas 222, 228, 202A, 224, 232, 226.

III.5.-Carga de registros a la estación de trabajo.

Primeramente las curvas de cada pozo se cargaron a un proyecto geológico que previamente se había realizado, el cual fue denominado "Zona Norte". Después se cargo toda la información del pozo como son columna geológica, coordenadas, P.T. etc. El editado de las curvas se hizo después de la carga de las mismas. Finalmente se cargaron las curvas TZ para hacer la transformación en tiempo de las curvas de los registros de pozos a la información sísmica.

Los pozos considerados en el estudio fueron los siguientes:

Pozo Llave-2A , Bejuco-8, Arroyo Viejo 1A, Fe-1, Granadillas-101, Papatlas-1 y La Laja 1B. (Fig. -29)

III.6.-Análisis de líneas sísmicas y registro de pozos para la identificación de secuencias .

En el análisis de la información sísmica para la identificación de secuencias se hizo considerando las terminaciones de reflexiones, continuidad y amplitudes de cada línea sísmica. Para realizar lo anterior primeramente se interpreto una línea considerada "clave", esto es, aquella que por su posición en la cuenca y por tener el mayor numero de pozos nos proporcione la mayor información posible, esta línea fue la 205.

Posteriormente se hizo una correlación de las secuencias interpretadas hacia las demás líneas del proyecto por medio del cierre de polígonos.

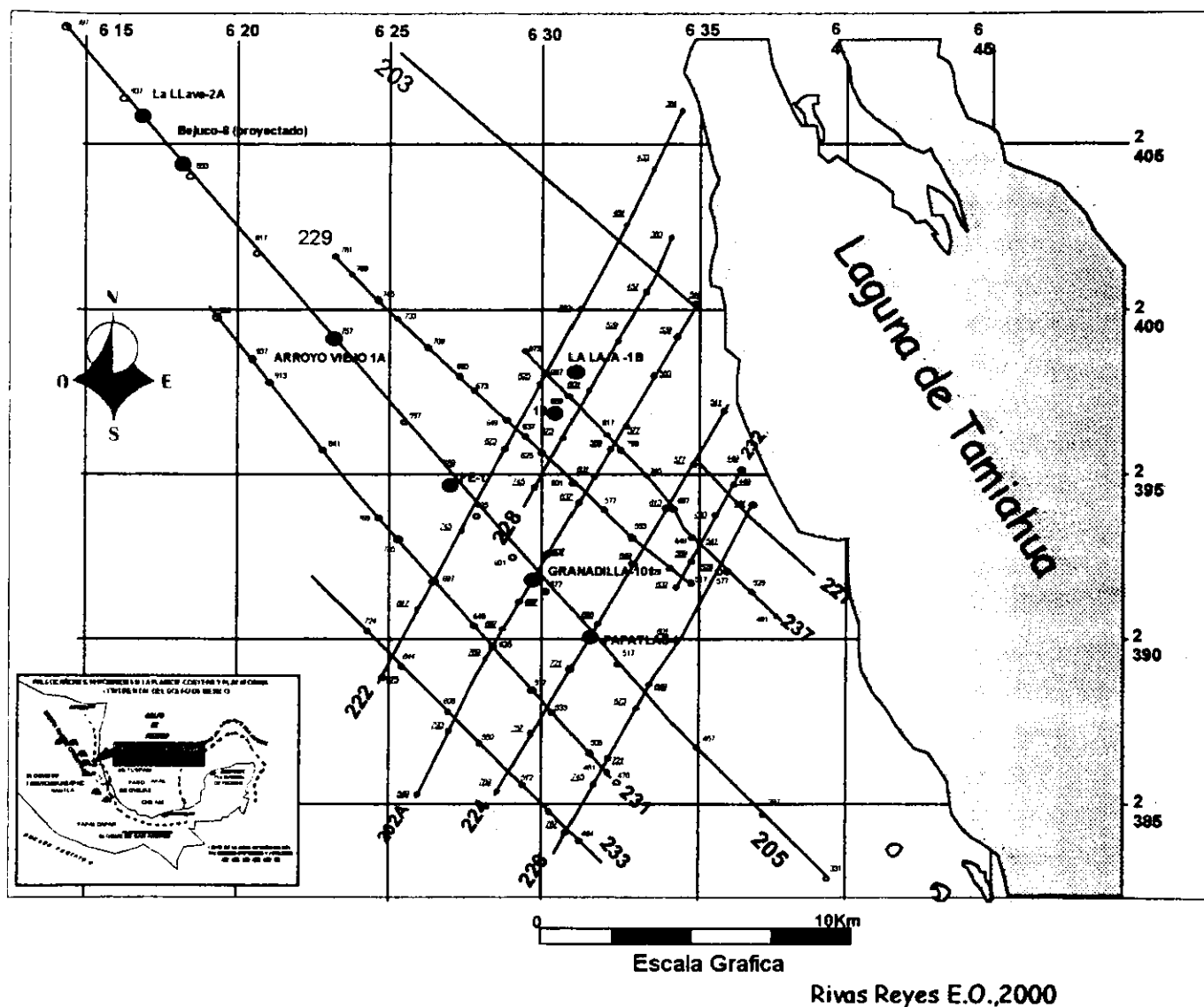


Fig. -29 Plano de ubicación de líneas sísmicas.

El análisis de secuencias a partir de registros de pozos se realizó en varias escalas, esto es, para checar las tendencias de las curvas que nos indicaran cambios eustáticos; siendo estas escalas 1:500, y 1:2000.

La secuencia de trabajo fue la siguiente:

Primeramente se marcaron en los registros las edades de las secuencias interpretadas en trabajos antecedentes siendo estas la de 36 m.a., 33 ma. y la de 32.4 m.a. Después se vació en los registros la información paleontológica, los ambientes de deposito; los núcleos se vaciaron para calibrar facies con las respuestas de los registros. También se mencionaron los intervalos que presentaron manifestación de hidrocarburos.

Después de tener controlado en tiempo las secuencias de deposito, se procedió a detallar la secuencia entre 33 m.a. a 32,4 m.a., tratando de identificar secuencias depositadas en un menor rango de tiempo (Systems Traks) por medio de la interpretación de las principales tendencias de las curvas registros, las superficies de máxima arcillosidad que pudieran corresponder a máximas superficies de inundación o a superficies de inundación, siempre corroborando esto con datos sísmicos.

Adicionalmente en los mismos registros se vaciaron las terminaciones de las reflexiones sísmicas identificadas en las líneas donde mejor se identificaron, de tal manera, que sirviera de comprobación a las secuencias interpretadas y viceversa, es decir , las secuencias interpretadas en sísmica se corroboraron con la respuesta de los registros.

III.7.-Análisis de facies sísmicas.

Una vez que se tuvieron controladas en tiempo todas las secuencias identificadas, se procedió a la identificación de facies sísmicas en espacio.

Posteriormente se hizo una correlación de los patrones geométricos de reflexión de las facies sísmicas en todas las líneas del proyecto. Finalmente se realizó el mapeo de las facies sísmicas para cada secuencia identificada.

III.8.- Interpretación de resultados.

Finalmente se interpretaron los resultados, proponiendo un modelo geológico para el área de estudio, que en realidad se tradujo en varios

modelos debido a que se interpretaron cada secuencia identificada en espacio y tiempo.

También se delimitaron las áreas que pudieran presentar interés económico con base a las expresiones sísmicas, tratando de relacionarlas con cuerpos arenosos, para finalmente proponer puntos de perforación.

CAPITULO IV
IDENTIFICACION
DE
SECUENCIAS

CAPITULO IV.-IDENTIFICACION DE SECUENCIAS.

IV.1.-CONCEPTOS DE ESTRATIGRAFIA DE SECUENCIAS.

QUE ES LA ESTRATIGRAFIA DE SECUENCIAS?

La estratigrafía de secuencias es una subdisciplina de la estratigrafía, y es definida como "La Geología Histórica de las rocas estratificadas" (Emery D y Myers K.,1996). En los últimos años han existido diferentes definiciones de la estratigrafía de secuencias, pero tal vez, la más simple y la preferida por muchos autores es "la subdivisión del relleno de cuencas sedimentarias en paquetes genéticos limitados por discordancias y sus concordancias correlativas" (Emery D y Myers K.,1996).

SECUENCIA

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

DISCORDANCIA.

Superficie que separa estratos jóvenes de los antiguos y donde existe evidencia de truncación erosional subaerea y en algunas áreas erosión submarina correlativa y donde esta presente un hiatus (Van Wagoner et. Al.,1988).

CONCORDANCIA.

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

De acuerdo a Van Wagoner et. al., 1988; Posamentier et. al.,1998,pag. 22, las secuencias pueden ser divididas en Systems Tracks basados en el criterio de la posición de estos dentro de la secuencia.

SYSTEM TRACK.

Este termino fue definido por Brown y fisher,1977, como una vinculación de sistemas deposito contemporáneas considerando que estos últimos son una asociación de litofacies en tres dimensiones y en origen relacionados a procesos antiguos o modernos y ambientes de deposito.

Los Systems Tracks (sistemas de deposito) son divididos en tres grupos de acuerdo a la posición del nivel del mar y al tiempo de deposito en: Lowstand (baja posición del nivel del mar), Transgressive (cuando la línea de costa se mueve hacia tierra 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 firma paleontológica. En el registro de rayos gamma (GR) y el de potencial espontaneo (SP) se espera que lean lecturas bajas en areniscas y altas en lutitas. Los de resistividad por el contrario, muestran lecturas altas en areniscas y bajas en lutitas (Neal J., Risch D, Vail P.,1993,p54).

Lowstand System 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 mounds masivos aislados de flujos de granos bien clasificados o areniscas turbiditicas. La respuesta de los registros es en forma de caja (apendiceA, fig. A.3.6.). La respuesta sísmica es mound con downlap hacia ambos lados y en contra del limite de secuencia inferior(Neal J., Risch D, Vail P.,1993,p54).

Slope Fan.- En áreas de alta relación de deposito el principal componente del Lowstand System Track es el Slope Fan Complex. El abanico de talud puede ser extenso y exhibir algunos estilos de deposito dependiendo del gradiente o inclinación del talud y de la fuente de sedimentos. El sistema incluye canales submarinos con levees, depósitos de sobrebanco, 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"(ApendiceA, Fig.A.6.3.). En secciones sísmicas, los canales "levee" en el abanico muestran un patron mound 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 plataforma se asocian con patrones caóticos(Neal J., Risch D, Vail P.,1993,p54).

Prograding Complex Wedge,- Estos sistemas son depositados durante una elevación acelerada del nivel del mar y son construidos hacia la cuenca desde el borde de plataforma, además de acuñarse con dirección hacia tierra.

La respuesta del registro muestra mas arena hacia tierra y menos hacia la cuenca dando un patrón "upward coarsing" (graduacion de grano fino a grano grueso de la base a la cima—ApendiceA.3.6,patrones de registros). La firma de la sísmica muestra amplitudes muy continuas y fuertes inclinándose hacia el piso de la cuenca. Esta unidad de deposito frecuentemente contiene amplia distribución de arenas especialmente cerca de la fuente de aporte.

Transgressive System Track,-

Representa la sedimentación durante una rápida elevación del nivel del mar. La línea de costa retrocede hacia la cuenca privando a la misma de sedimentos. La respuesta de los registros gamma y SP, muestran un patrón upward finning (graduación de grano grueso a grano fino de la base a la cima—ApendiceA.3.6). Los patrones sísmicos muestran reflectores acuñándose (onlapp) hacia el continente. Las arenas presentes cerca de la línea de costa pueden formar trends a lo largo de la misma.

La cima de la superficie transgresiva es el limite de una invasión marina y es denominada superficie de maxima inundación (maximum flooding surface). Estos estratos ricos en arcilla muestran baja resistividad y altas lecturas del registro de rayos gamma. Sísmicamente reflectores en downlap se acuñan sobre esta superficie además de ser un reflector muy continuo.

Highstand System Track.

Los sedimentos depositadas durante el mas alto nivel del mar son denominadas como Highstand System Track. La respuesta de los registros gamma y SP muestra un decremento gradual en el rayos gamma indicando un "upward coarsing"asociado con un decremento en la profundidad del agua. Los patrones de reflexión sísmica son caracterizados por sigmoidales y/o oblicuos, similares a los de la cuña progradante de nivel bajo.

IV.2.-SECUENCIA 36 m.a.

En este proyecto el límite de secuencia (36 m.a.) es identificado con el color verde claro; sísmicamente se interpretan truncaciones erosionales por debajo de la secuencia lo que se puede observar en la línea 205 entre los P.T. 880 a 920 y a un tiempo de 1.2 segundos aproximadamente (fig-30). En todas las líneas del proyecto la amplitud es bastante fuerte ya que representa el contacto de rocas terrígenas con rocas carbonatadas (Discordancia Terciario-Mesozoica).

Con respecto a la expresión de los registros en los pozos perforados dentro del proyecto como son Papatlas-1, Fe-1, Arroyo Viejo-1A ubicados sobre la línea-205 y La Laja 1B fuera de ella, se puede observar que la curva de rayos gamma presenta un inflexión bien marcada hacia la izquierda (valores bajo de resistividad) indicándonos la entrada de las rocas carbonatadas pertenecientes a las brechas de la formación Tamabra cortadas en los pozos Papatlas-1 y Granadilla-101, las rocas de la formación Tamaulipas Inferior cortadas por el Pozo Fe-1 y las rocas calcáreo-arcillosas de la formación Pimienta cortadas por el pozo Arroyo Viejo-1A (Fig-30).

El límite de secuencia correspondiente a las rocas terrígenas esta conformado por conglomerados basales mal clasificados constituidos por clásticos de rocas carbonatadas y de pedernal en matriz arenosa descritos en el nucleo-6 del pozo Arroyo Viejo-1A (fig-31). Rocas de estas características fueron también cortadas por los pozos Fe-1, Granadillas-1 y Charolais-1 ubicados sobre la L-205. Únicamente en el pozo Papatlas-1 el límite de secuencia (base del terciario) esta constituido por lutitas gris a gris verdoso en partes café, ligeramente calcáreas.

De acuerdo a los análisis paleontológicos realizados al pozo Laja 1B, se deduce que la edad de las rocas Terciarias que construyen dicha secuencia es de edad 36 m.a.. El argumento de lo anterior es la desaparición en el sentido de la perforación de la biozona Globigerina Ampliapetura y la aparición de la Pseudo hastigerina micra y C. Chipolensis.

Esta secuencia termina en el horizonte verde oscuro el cual representa el límite de secuencia 33 m.a. (Fig.30). Es probable que la secuencia 36 m.a. este construida o dividida con Systems Tracks, pero debido a que no es la secuencia objetivo no se detalla.

LLave-2a

EMR=48.71 m.
(Proy.)

Arroyo Viejo-1a

EMR=59.46 m.

Papatlas-1

NW

SE

La Laja 220

La Laja 222 ABC

La Laja 602A

La Laja-224

950

900

850

800

750

700

650

600

550

500

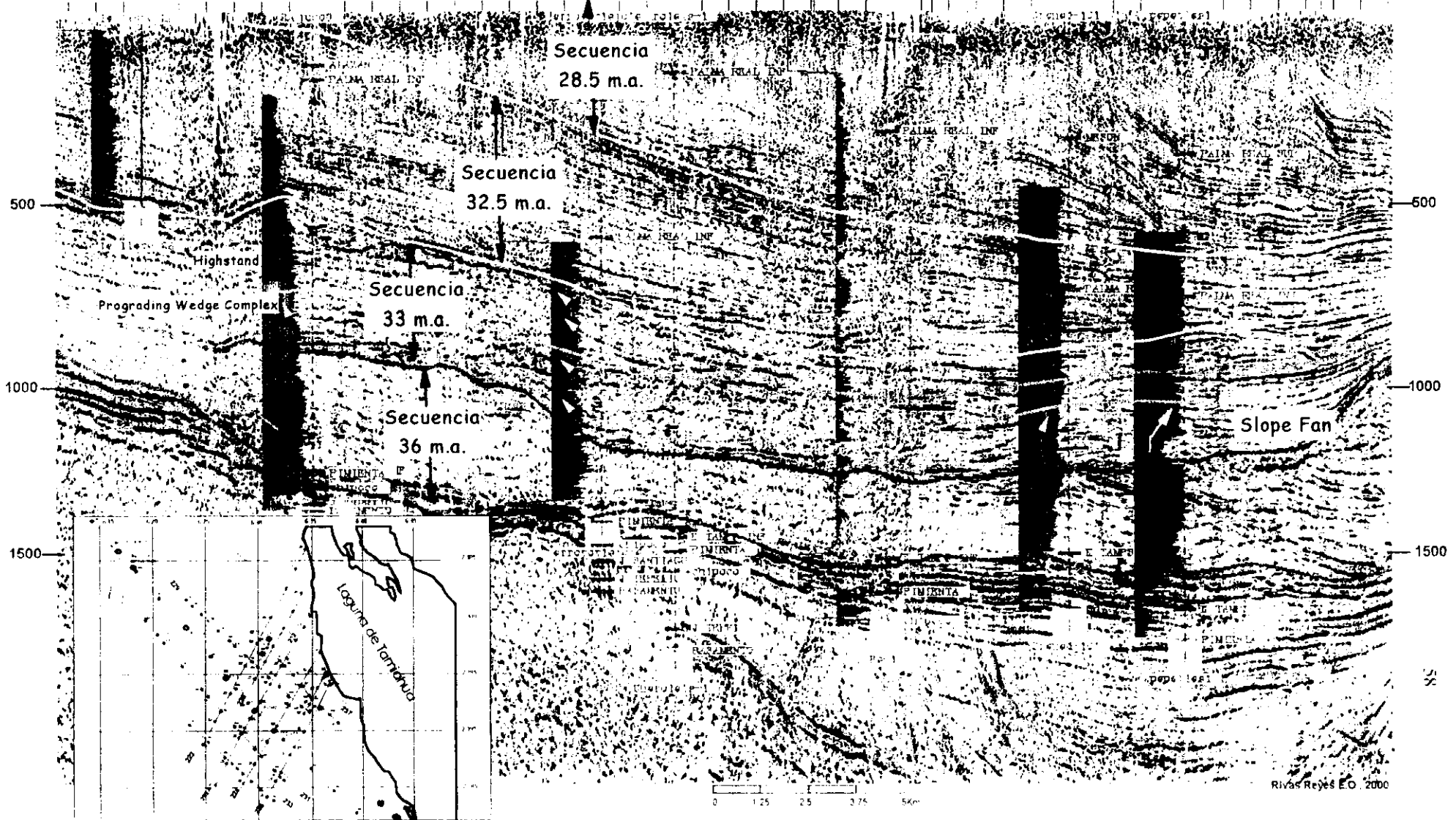


FIG-30 Mostrando el contacto discordante Terciario-Mesozoico (superficie con tono verde claro) y expresion de registros. ademas presenta la secuencia 33 m.a., terminaciones en onlapp y truncación erosional. (horizonte verde oscuro). Slope fan y cuña de progradación dentro de la 33 m.a.

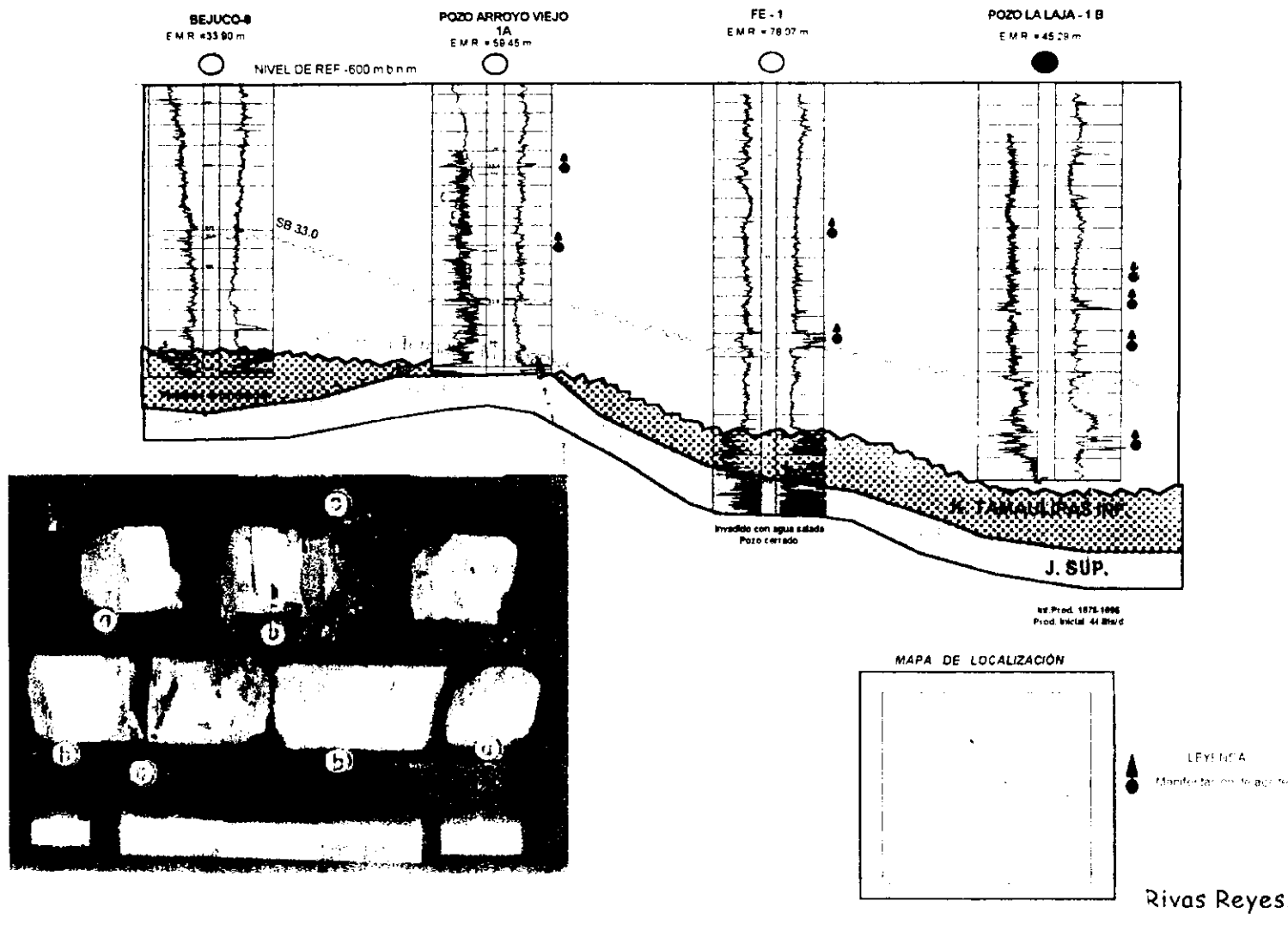


Fig.-31 Conglomerados basales cortados en el Arroyo Viejo 1A . estos cuerpos rocosos caracterizan el limite de secuencia 36 m.a., el cual esta asociado con una caída del nivel del mar y una reducción en el espacio de acomodación, provocando con ello una mayor energía y por consiguiente depositos de grano grueso.

La configuración estructural en tiempo de la superficie discordante (Ter-Meso), nos indica que en la porción NW del proyecto existen partes elevadas representadas con tiempos de 0.950 s debido probablemente al efecto de subsidencia del alto los Cues-Salinas, observándose así mismo una profundización hacia la porción E, es decir hacia las porciones extremas de las líneas 203,224 y226 con tiempos de 1.900 s (fig.32). En la porción SW del área existen partes con menor elevación que hacia la porción NW, pero también se puede observar el efecto de profundización hacia el E .

En la porción centro-occidental se puede observar algunas curvas con tendencias alargadas (1.550 s) que también se van profundizando hacia la porción E del área; este efecto nos da la idea de zonas que funcionaron como conductos de suministro en dirección W-E, aunque no podemos descartar otras tendencias de aporte sedimentario a partir de las porciones elevadas anteriormente descritas.(fig-32)

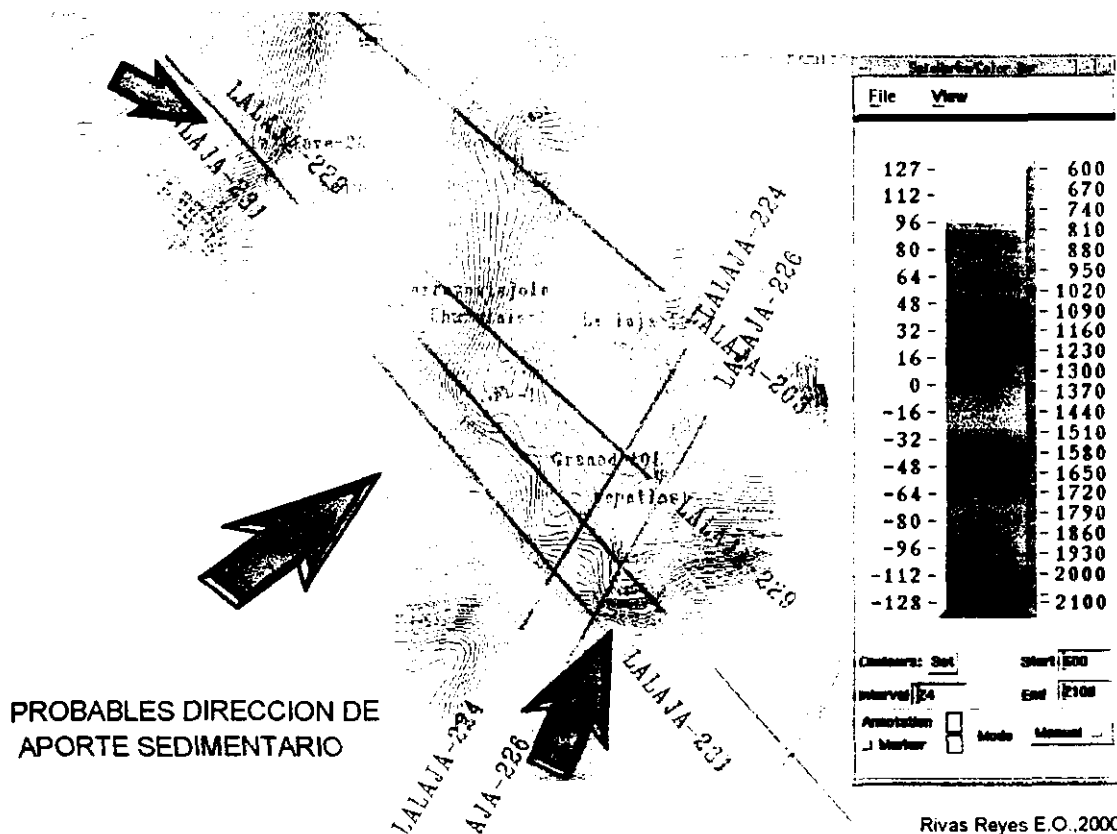


Fig. 32.-Muestra las tendencias estructurales de la secuencia 36 m.a.

IV.3.-SECUENCIA 33 m.a.

Sísmicamente el límite de secuencia que representa a la secuencia 33 m.a. (Tono verde oscuro) esta definido por truncaciones erosionales que se pueden visualizar en la línea-205 entre los P.T. 750-800 y 480-510 a un tiempo de 1.0 segundo para ambas partes (fig-30).. También se pueden observar en la línea 205 terminación de reflexiones en onlap entre los P.T. 750 a 830 y terminaciones en downlap entre los P.T. 650 a 700 todo lo anterior a un tiempo de .800 a 1.2 segundos.(Fig-30). Otra línea en la cual se pueden observar las truncaciones es la L-226 entre los P.T. 650 a 770 y a un tiempo de 0.700 a 1.200 segundos (fig-33)

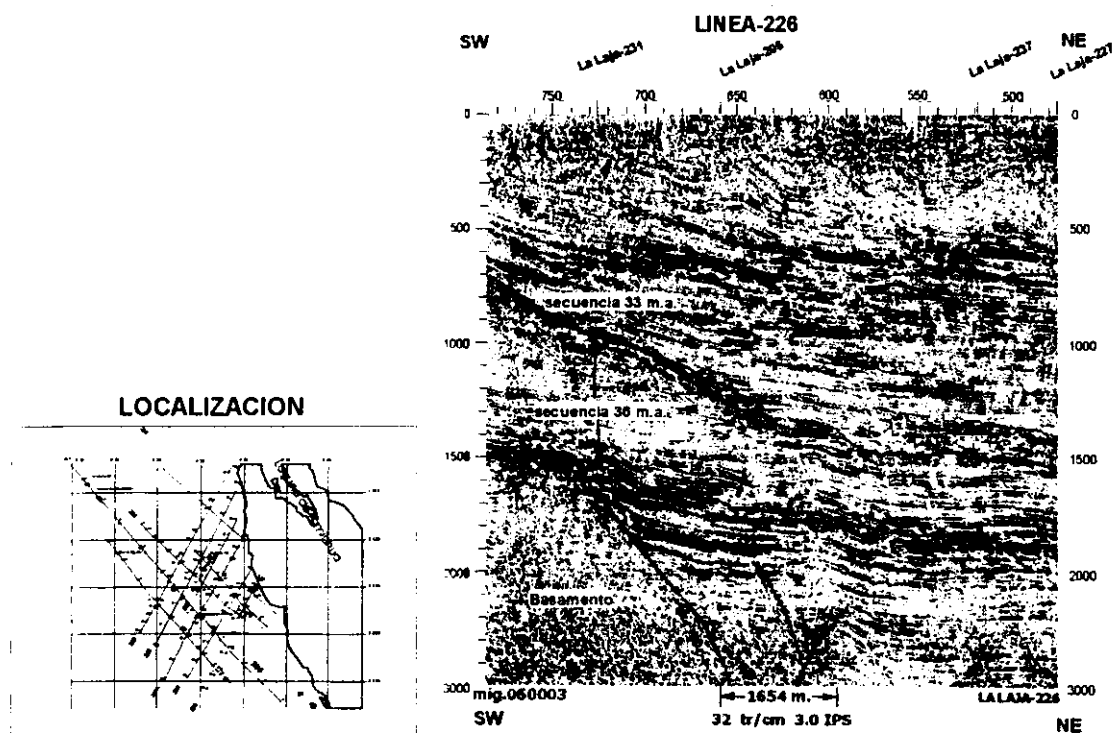


FIG 33.-Muestra terminaciones de reflexión con las cuales se identifica la secuencia 33 m.a.

En el Pozo Granadillas-101 ubicado en el cruce de la línea 205 y 202A, el límite inferior de la secuencia 33 m.a. también esta definido por el cambio de una sección de rocas de grano fino (lutitas) a depósitos de areniscas arcillosas descritas a partir de muestras de canal; este cambio litológico es captado por la curva de registro SP (fig. 34).

Con respecto a los registros del pozo Papatlas-1, el limite de secuencia esta caracterizado por el cambio vertical de una secuencia de lutitas a areniscas arcillosas de color gris a amarillo ocre las cuales presentan laminación cruzada (N-1 exp. del pozo), siendo depositadas en un ambiente marino profundo con batimetría batial inferior. (fig-35)

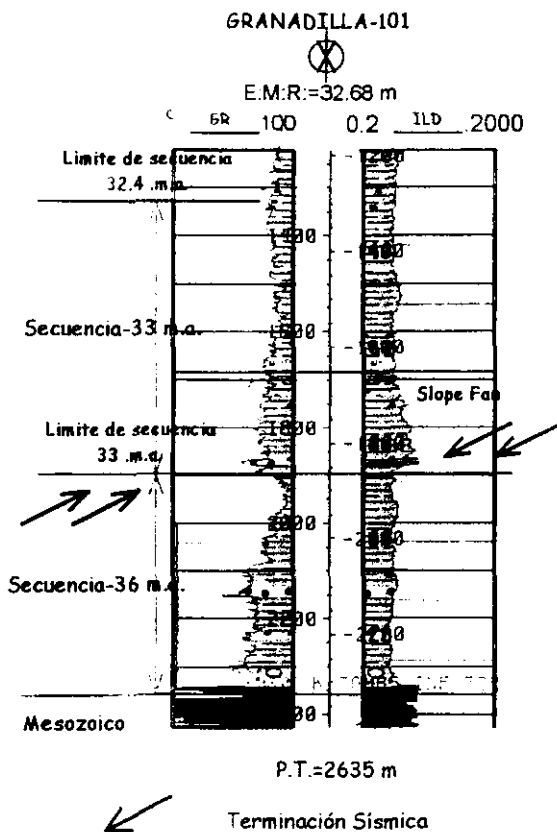


Fig. 34 Firma del registro en el limite de secuencia 33 y 32.4 m.a.

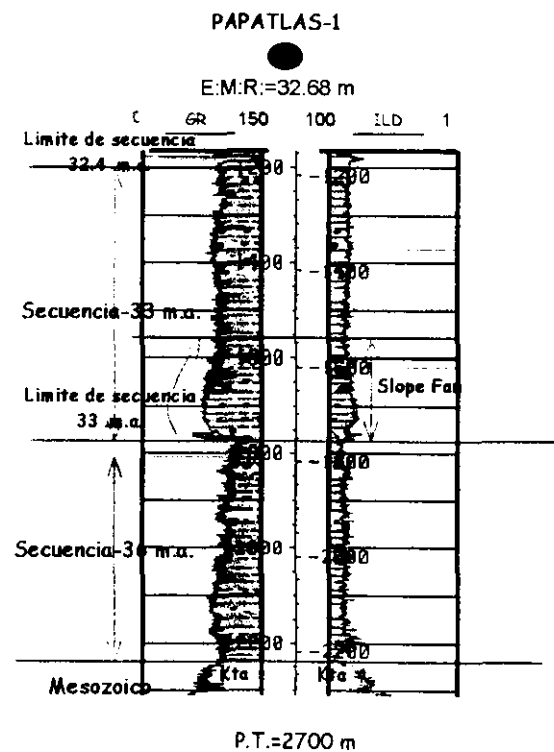
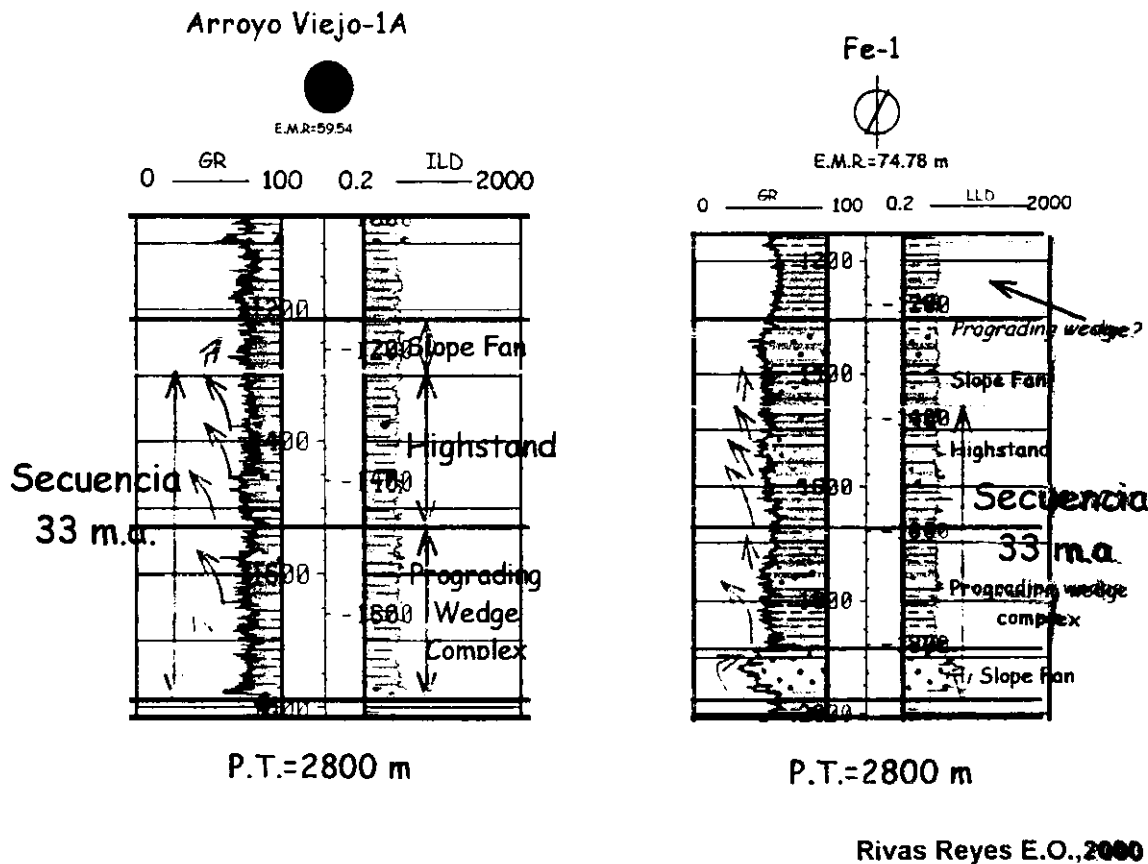


Fig. 35 Firma del registro en el limite de secuencia 33 y 32.4 m.a. La secuencia 33 m.a. termina en la 32.4 y litológicamente esta constituido de intercalaciones de lutitas y areniscas.

Rivas Reyes E.O,2000

En el pozo Arroyo Viejo-1A también se puede observar en la expresión del registro (fig-36) el cambio marcado de lutitas a areniscas arcillosas con menor espesor que los cuerpos de areniscas encontrados en los pozos descritos anteriormente.

El pozo Fe-1 es el otro pozo que se encuentra sobre la línea-205 y en el cual se tiene bien definido el limite inferior de la secuencia 33 m.a. a una profundidad de 1970 m. siendo ésta caracterizada por el cambio de lutitas a areniscas arcillosas pudiéndose observar esto en el registro del pozo.(fig-37).



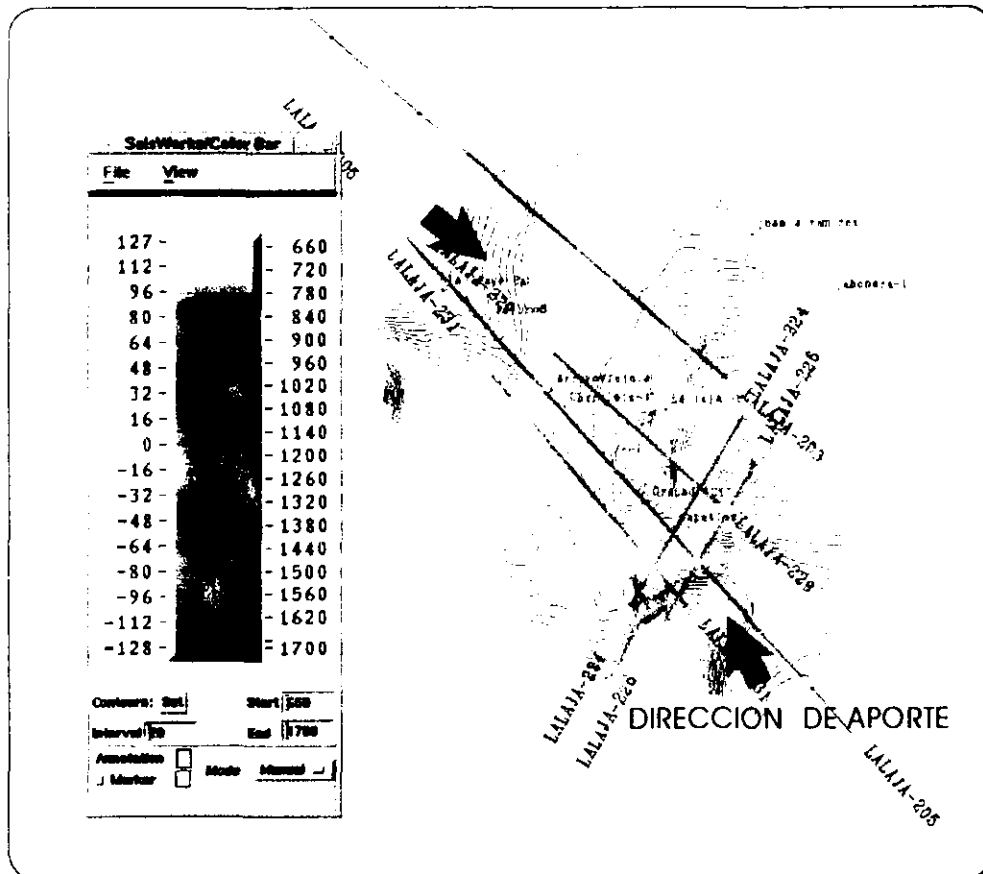
Figs. 36 y 37.-Mostrando el inicio de la secuencia 33 m.a.

El comportamiento estructural en tiempo de este límite de secuencia, de acuerdo a la fig-38 presenta dos tendencias de profundización; una en sentido NW-E y la otra en dirección S-E. La parte de la porción S presenta mayor elevación que la NW a diferencia de los altos interpretados en la configuración de la secuencia 36 m.a. Es probable que una fuente de suministro importante se derive de la porción S aunque podemos tener aporte secundario de la zona NW.

IV.3.1.-DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA SECUENCIA.

Esta secuencia se estima que fue depositada durante el tiempo 33 m.a. dentro del Oligoceno Inferior en condiciones marinas profundas (batial inferior?)(fig-30). La unidad consiste de depósitos turbiditicos constituidos por rocas conglomeraticas las cuales fueron descritas en muestras de canal reportadas en el pozo Papatlas-1, variando verticalmente a alternancias de areniscas de grano fino a medio, gris y café por pobre impregnación de aceite, ligeramente calcáreas y lutitas gris verdosas ligeramente arenosas

terminando en su porción superior (límite superior) con lutitas color gris verdoso a café ligeramente calcáreas e intercalaciones de arenisca (fig-35).



Rivas Reyes E.O., 2000

FIG-38 Configuración estructural de la secuencia 33 m.a.

Esta secuencia sufre un adelgazamiento hacia el NW del proyecto, es decir, hacia la zona donde fueron perforados los pozos Arroyo Viejo-1A y Charolais-1, de tal manera que en esos pozos la secuencia esta constituida por depósitos alternantes de areniscas de color gris a gris verdoso de grano que varia de fino a medio con lutitas de color gris a café ligeramente calcáreas(Fig.36).

Bioestratigraficamente y de acuerdo al análisis paleontológico realizado al pozo Papatlas-1 esta secuencia queda comprendida en la biozona Heterolepa-Uzbekistania, la cual es el parámetro para designarle el ambiente de deposito.

En el sentido de la perforación esta secuencia se define por la aparición de la biozona Globigerina Ampliapertura y la desaparición de la

Globigerina Opima Opima con la cual se le asigna la edad 33 m.a.(Rico Pérez J. Y Garza Hdz. A,1996)

Esta secuencia (33 m.a.),es construida por tres Systems Tracks (sistemas de deposito). El mas bajo se ha interpretado como un Lowstand System Track en un momento en que una caída del nivel del mar se presentó. Una superficie de inundación (MFS) separa el Lowstand de un Highstand con el cual termina la secuencia.

A su vez el Lowstand System Track es armado por un sistema de abanicos de talud (Slope Fan) y por uno de cuña progradante (Prograding Wedge Complex). La interpretación de los sistemas que construyen el Lowstand System Track es apoyado por los patrones de terminación sísmica y la firma de la curva del registro GR(rayos gamma) o SP(Potencial Spontaneo).

IV.4.-Secuencia Verde(Slope Fan).

Sísmicamente se encuentra entre el horizonte verde claro y azul(Fig-30). Las características sísmicas son terminaciones de reflectores en downlap en dirección SE-NW sobre la línea 205, acuñándose sobre el limite de secuencia 33 m.a.(Fig.30). El patrón de reflectores nos permite interpretar un patrón sísmico oblicuo.

La Firma del registro rayos gamma en el pozo Papatlas-1 y la curva de Potencial espontaneo del pozo Granadilla-101(Fig30 -registros calibrados con sísmica- y Fig.35), es de forma creciente (crescent shape) u upward finning, ello nos permiten inferir que se trata de sistemas de abanicos de talud(Neal J., Risch D., Vail P.,January 1993.p54). La firma del registro GR en upward finning (fig.35)nos indica una disminución gradual en la energía de deposito, es por ello que dicha firma termina con un pico de arcillosidad.

En el pozo Papatlas-1 la secuencia esta constituida por conglomerados que gradúan verticalmente a areniscas intercaladas con lutitas y finalmente a lutitas (Fig35). Neal J., Risch D., Vail P.,January 1993.p54 en su trabajo "*Sequence Stratigraphy A Global Theory for Local Success*" mencionan que los abanicos de talud son los sistemas que más se presentan cuando la tasa de deposito es alta.

IV.5.-SECUENCIA AZUL(*Prograding wedge complex*)

En la sísmica esta secuencia esta representada entre los horizontes azul y morado (Fig.-30). Aunque no se observan las terminaciones sísmicas en downlap hacia el piso de la cuenca (características de la cuña progradante), en la línea 205 se pueden observar terminaciones en onlap entre los P.T. 750 a 830 y a un tiempo de .800 a 1.2 s. *Vail P., Neal J., Risch D., 1993, p55*, mencionan que en estos sistemas podemos encontrar acuñaamientos (onlap) hacia batimetrías mas someras.

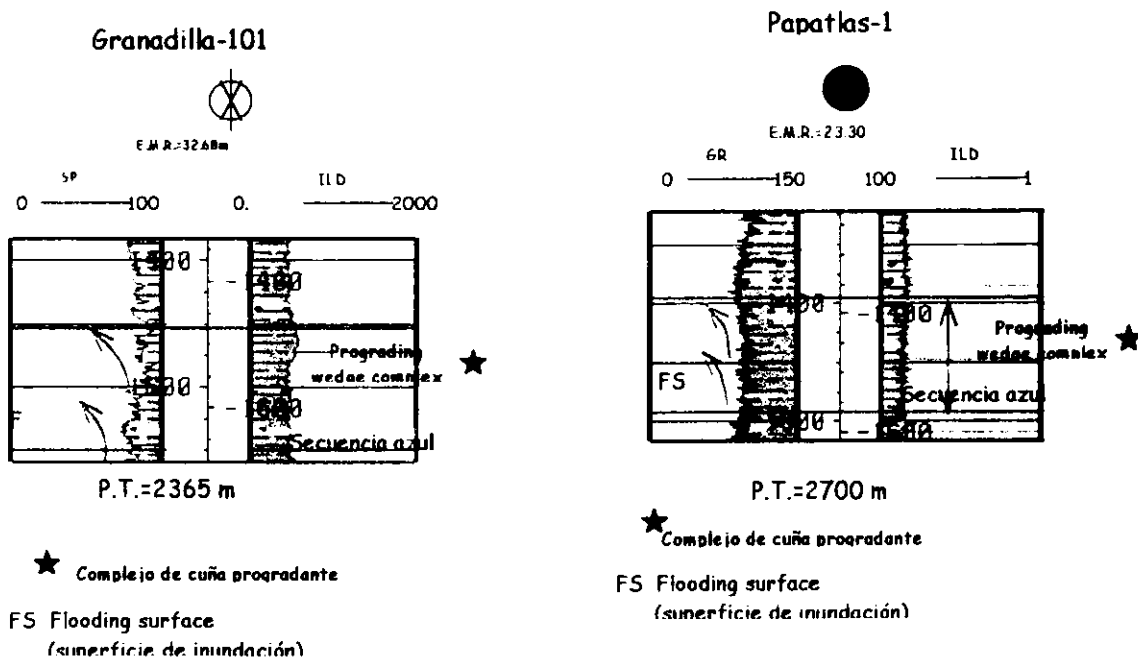
En la información sísmica se observaron amplitudes de regulares a fuertes en casi todas las líneas del proyecto.

El principal argumento que nos permite considerar a este sistema como un sistema de cuña progradante son las firmas de los registros rayos gamma y potencial espontaneo de los pozos Papatlas-1 y Granadilla-101.

En el pozo Granadilla-101(Fig.39), en la curva de potencial espontaneo se puede observar la forma de upward coarsing característica de los sistemas progradantes la cual evoluciona verticalmente del horizonte azul al morado. En la base del sistema se observa una superficie arcillosa dado por un pico del registro SP hacia la derecha, dicho horizonte es denominado superficie de inundación(Flooding Surface).

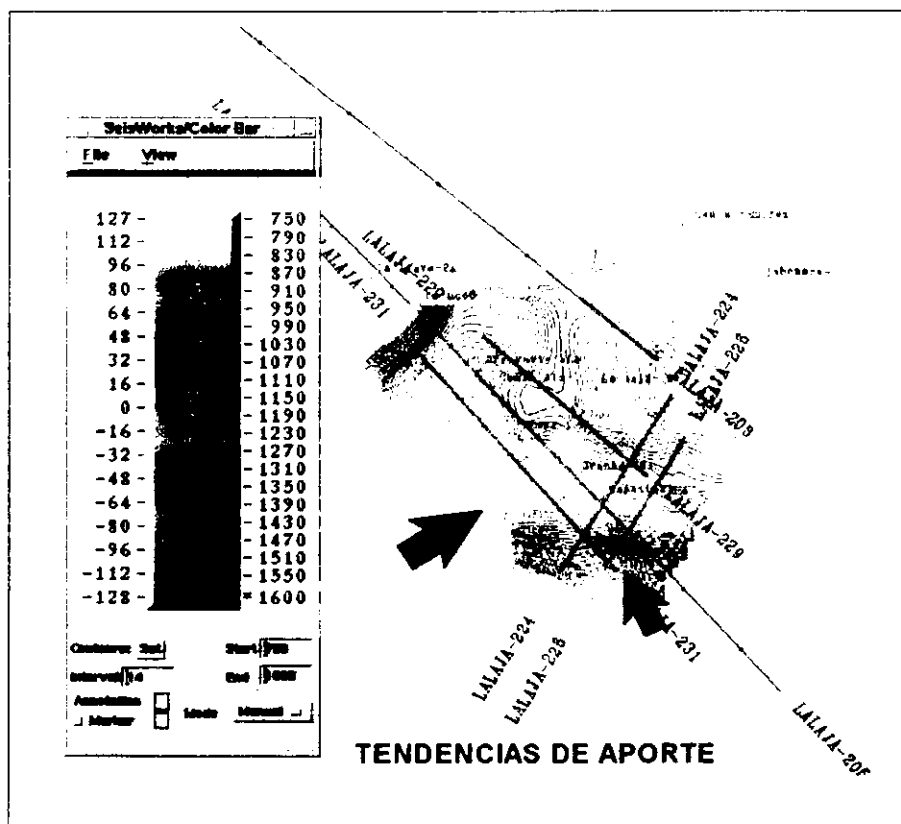
En el Papatlas-1, la firma del rayos gamma también presenta la forma upward coarsing característico. El pico de máxima arcillosidad se puede observar hacia la base de la secuencia cuando la curva de rayos gamma se flexiona hacia la derecha del carril del registro, Al igual que el pozo Granadilla-101, la secuencia evoluciona verticalmente del horizonte azul al morado (fig. 40).

En el análisis de la configuración estructural en tiempo de esta secuencia se deduce que se sigue preservando la porción alta hacia la porción S del área de estudio, a partir de la cual se visualiza una profundización hacia la parte E de la misma. Adicionalmente las tendencias de las curvas de la porción centro-occidente nos indican que probablemente tenemos un conducto de aporte principal en sentido SW-NE aunque con tendencias de aporte secundarios en dirección S-NE (Fig-41)



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 39 y 40 Pozo Granadilla-101 y Papatlas-1 mostrando comportamiento de registros que define el sistema de cuña progradante (secuencia azul). El upward coarsing lo representan las tendencias de las flechas de abajo hacia arriba.



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 41 Configuración estructural de la secuencia azul (Prograding wedge complex).

IV.5.1.-DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA SECUENCIA.

Esta secuencia junto con el sistema de abanicos de talud construyen el Sistema de Nivel Bajo (Lowstand System Track). Se considera que fue depositada inmediatamente arriba del sistema de abanicos de talud sin presentar evidencias erosivas (a partir de la inf. sísmica). La unidad inicia con depósitos de lutitas gris verdosas ligeramente arenosas variando a lutitas gris verdoso a café ligeramente calcáreas terminando en su porción superior con areniscas de grano fino a medio. La curva de registro de rayos gamma en el pozo Papatlas-1 presenta un engrosamiento hacia su porción superior (upward coarsing) (fig-40)(Apéndice A -A.3.6 Patrones de Registros).

Bioestratigráficamente y de acuerdo al análisis paleontológico realizado al pozo Papatlas-1 esta secuencia también queda comprendida en la biozona Heterolepa-Usbekistania la cual es el parámetro para designarle el ambiente de depósito.

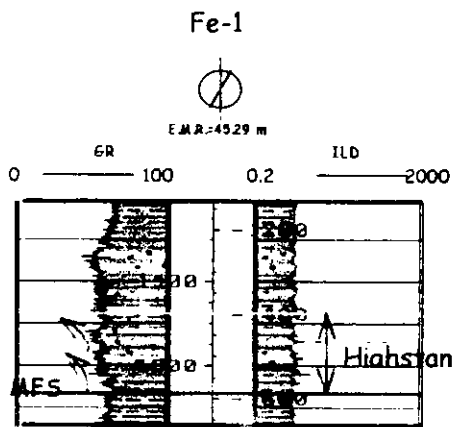
IV.6.-SECUENCIA MORADA (Highstand System track).

En la información sísmica esta secuencia se encuentra representada entre los horizontes morado y amarillo(Fig.43). El Highstand System Track es depositado cuando el nivel del mar se encuentra en su punto mas alto, es por ello que esta secuencia es muy lodosa y con pocos desarrollos de arena.

La superficie que separa el sistema de nivel bajo(lowstand) del sistema de nivel alto(Highstand) es una superficie de máxima inundación(MFS) con gran contenido arcilloso.

A partir de la información de registros de pozos Fe-1,Laja-1B y Arroyo Viejo-1A, la superficie de máxima inundación (horizonte morado) esta representada con un pico de máxima arcillosidad cuando la curva rayos gamma (GR) presenta una inflexión hacia la derecha del carril.(Fig.42a,,b, c)

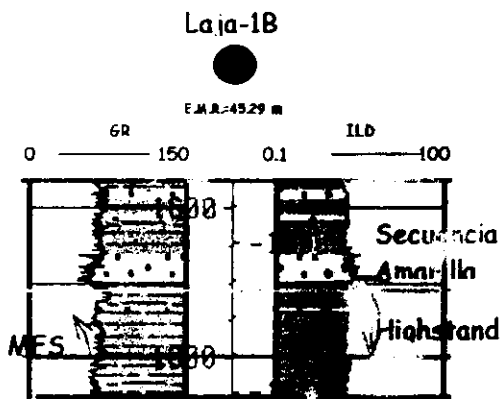
En la información sísmica de todas las líneas del proyecto, la máxima superficie de inundación esta representada por un reflector con amplitudes muy fuertes debido probablemente al carácter arcilloso (Fig-43). En la Línea-205 se interpretan terminaciones en downlap (hacia abajo) en contra de la superficie antes mencionada.



P.T.=2800 m

MFS= Maxima Superficie de inundación

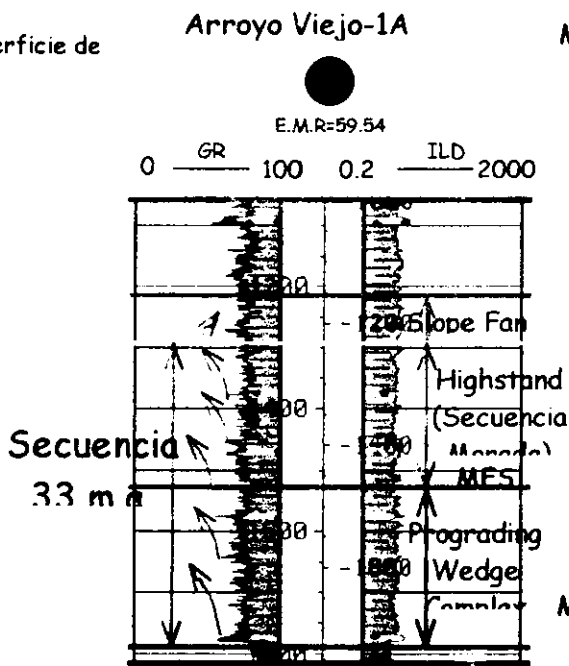
Fig.42a



P.T.=2506 m

MFS= Máxima Superficie de inundación

Fig.42b



P.T.=2800 m

MFS= Máxima Superficie de inundación

Fig.42c

Rivas Reyes E.O.,2000

Fig 42 a,b,c.- Patrones de la curva GR(Rayos gamma) en upward coarsing que definen el sistema de Highstand, último sistema de deposito de la secuencia 33 m.a.

LINEA-205

NW

SE

LLave-2a

EMR=48.71 m.
(Proy.)

Arroyo Viejo-1a

EMR=59.46 m.

Papatlas

La Laja 222 ABC La Laja 202 A La Laja 224 La Laja 226

950 900 850 800 750 700 650 600 550 500

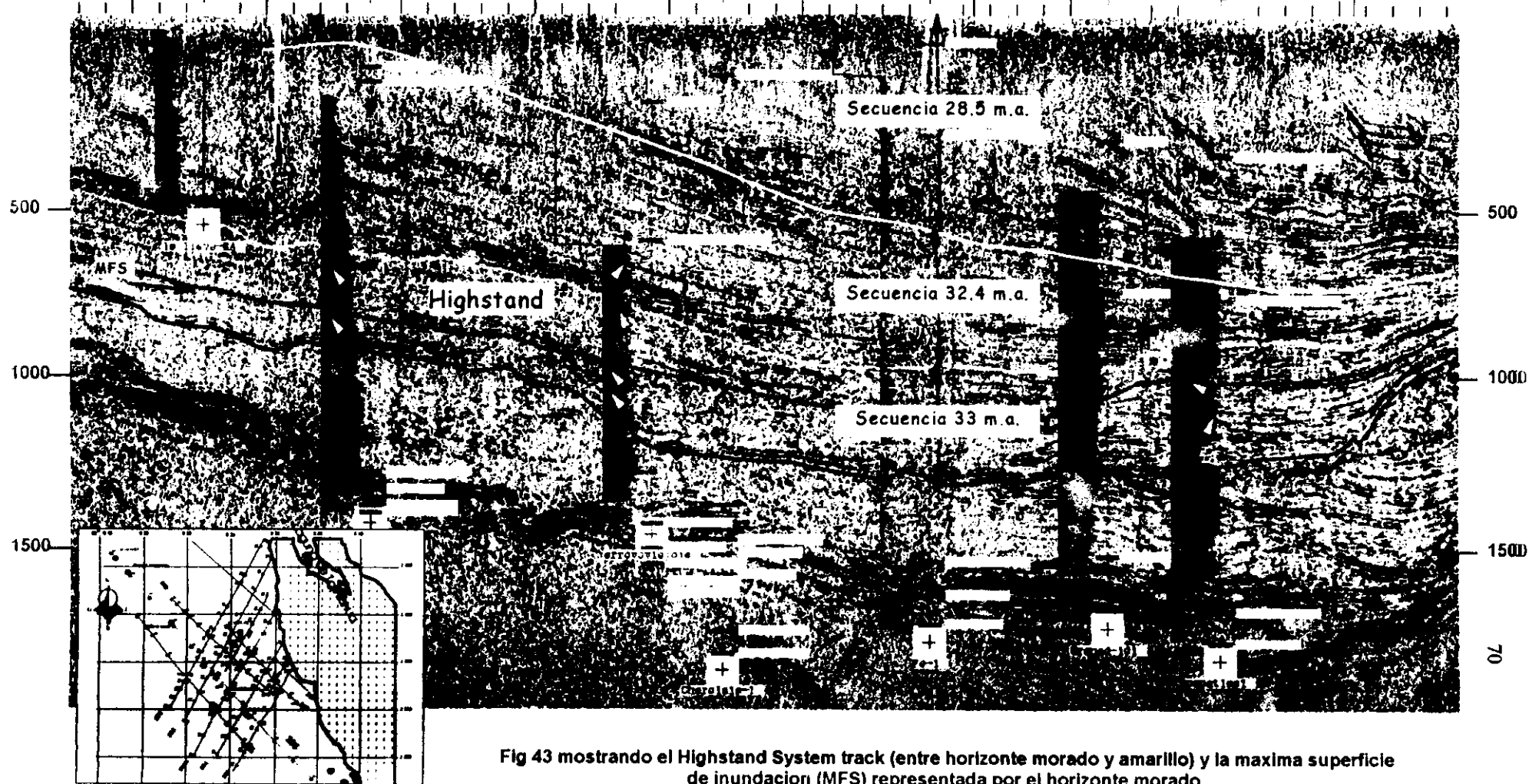


Fig 43 mostrando el Highstand System track (entre horizonte morado y amarillo) y la maxima superficie de inundacion (MFS) representada por el horizonte morado.

La configuración estructural de la máxima superficie de inundación nos presenta un alto hacia la porción NW del área que se va profundizando gradualmente hacia el E de la misma; este comportamiento estructural nos indica de alguna forma que podríamos tener una zona de entrada de sedimentos en dirección NW-E. Otro alto estructural lo tendríamos localizado hacia la porción S del área y el cual también presenta una tendencia de profundización en sentido S-E, esta área también pudo haber funcionado como un punto de aporte secundario, hacia las posiciones más bajas de la cuenca.(fig-44)

Otra probable área que pudo haber funcionado como zona de entrada de sedimentos es la depresión formada entre los dos altos anteriormente descritos y la cual se profundiza hacia la porción E del proyecto.(fig-44)

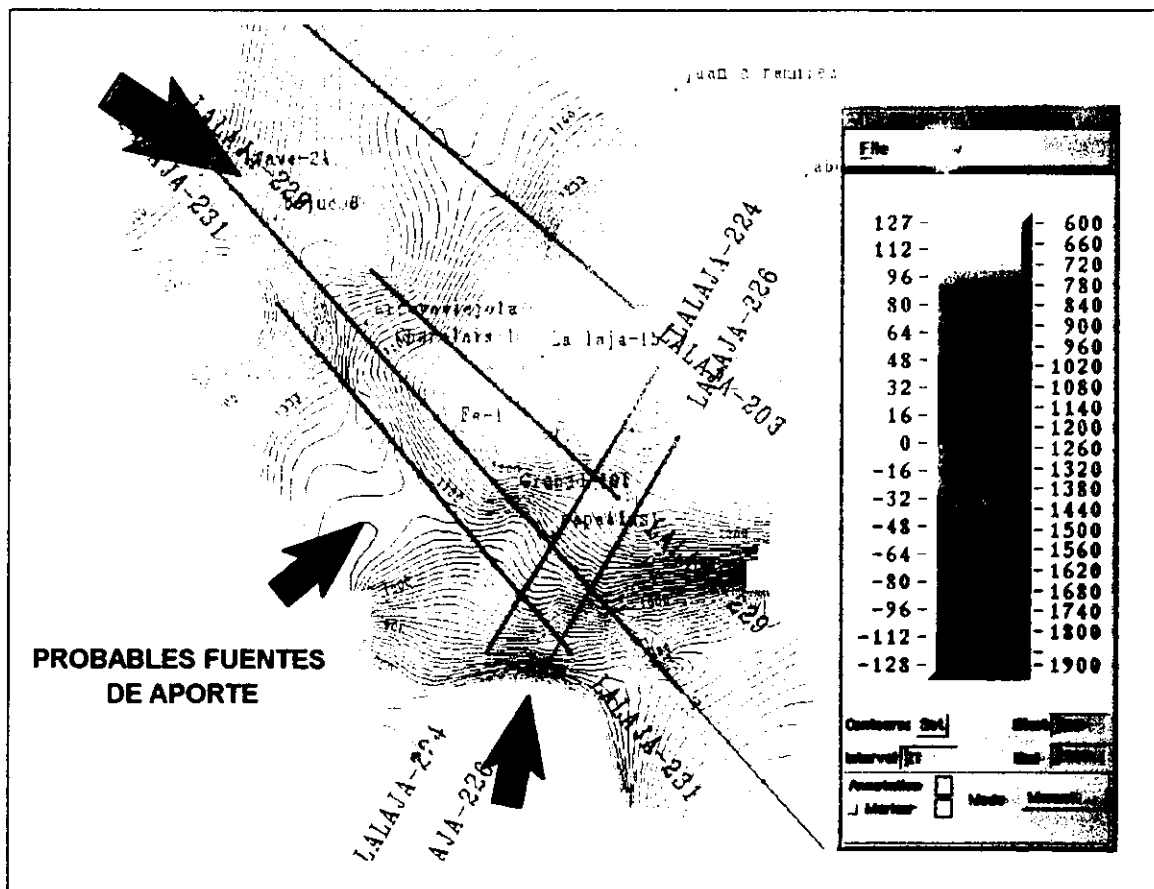


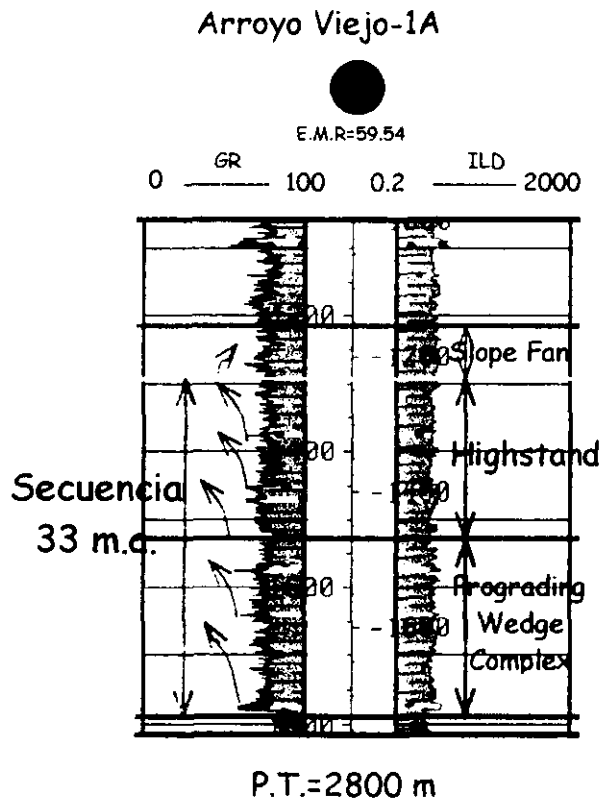
Fig. 44 Configuración estructural de la máxima superficie de inundación (horizonte morado).

El Highstand System Track sísmicamente esta representado por terminaciones en downlap con tendencia NW-SE lo cual se observa sobre la línea 205 (Fig.43). Los patrones de reflexión construyen una forma oblicua.

Las formas de registros en algunos pozos como el Fe-1, Laja-1B y Arroyo Viejo-1A nos permiten interpretar un sistema de Highstand System Track. Al igual que en el sistema progradante, en el Highstand se presentan patrones upward coarsing lo cual se puede ver en la figura 42 a,b,c.

En el pozo Arroyo Viejo-1A y de acuerdo al comportamiento de la curva de registro, el limite inferior de la secuencia comienza con una unidad de lutitas pobremente desarrolladas, terminando en su limite superior con un cuerpo de areniscas .(fig-45)

Con el limite superior del highstand es cuando termina la secuencia 33 m.a. Paleontológicamente y apoyado en el análisis del pozo Arroyo Viejo-1A, desaparece en el sentido de la perforación la *Globigerina Opima Opima* y aparece la *Ampliapertura*, aproximadamente a 1170-1200m.



Rivas Reyes E.O.,2000

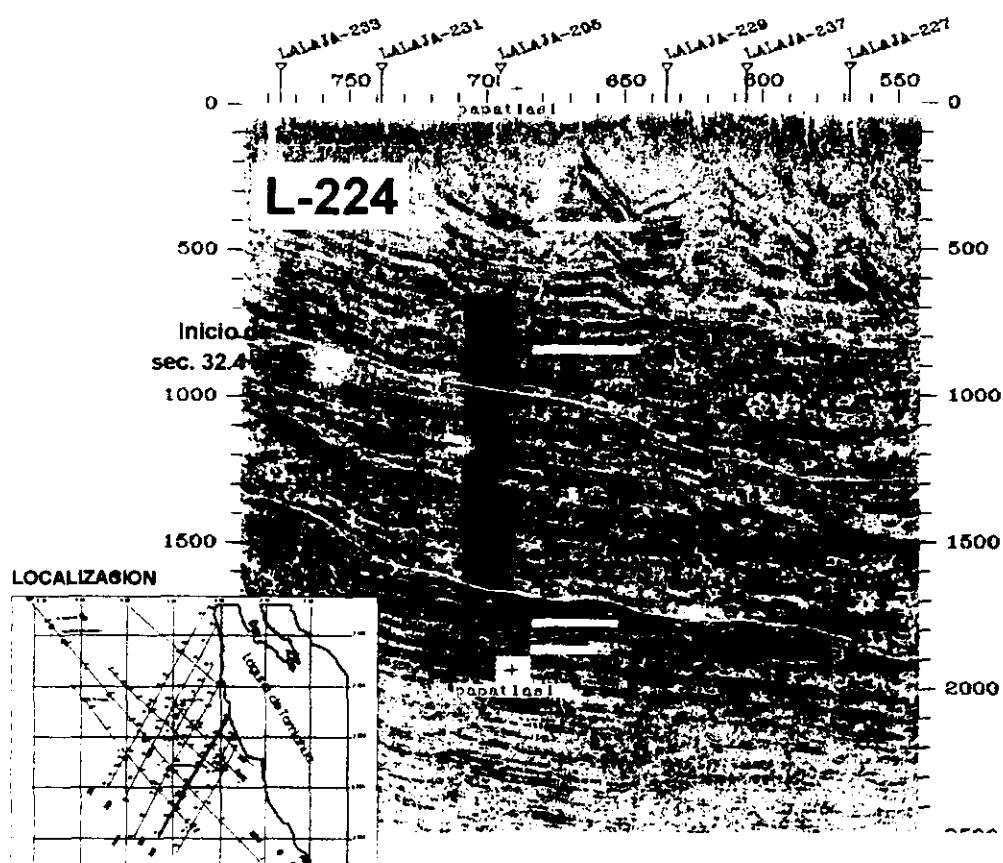
Fig.45 .-Comportamiento de la curva GR en el limite de secuencia morada (Highstand)

IV.6.1.-DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA SECUENCIA.

Esta secuencia consiste de depósitos turbiditicos siendo caracterizados por intercalaciones con mayor frecuencia de lutitas y esporádicamente de areniscas de grano fino (fig. 42 a,b,c)

IV.7.-SECUENCIA 32.4 m.a..

Sísmicamente este limite de secuencia fue identificado por una serie de terminaciones en onlapp por arriba de la misma y truncaciones erosionales por debajo de la unidad lo cual se puede visualizar en la linea-224. El horizonte sísmico de dicho limite presenta amplitudes fuertes y se puede correlacionar en todas las líneas del proyecto,



Rivas Reyes E.O.,2000

Fig-46 Identificación de secuencia amarilla (32.4 m.a.) con registros y sísmica.

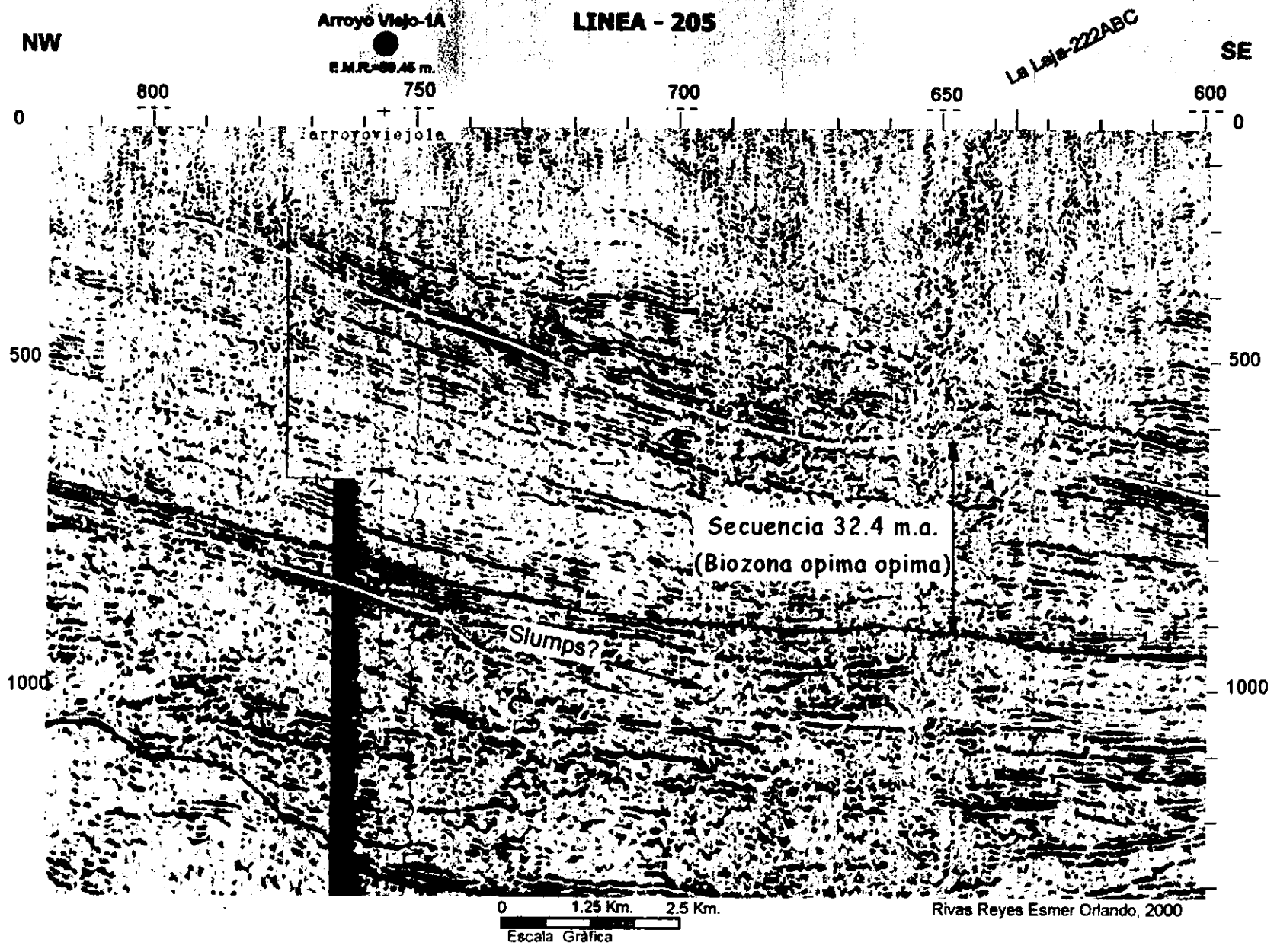


Fig. 47.-Sección sísmica que muestra las terminaciones en onlap que definen el límite de secuencia 32.4 m.a. además patrones sísmicos caóticos asociados a procesos sedimentarios de gravedad (slumps?).

En la línea-205, por arriba de la secuencia se observan terminaciones en onlap aproximadamente entre los P.T. 720 a 800; además de observarse un patrón sísmico caótico entre los P.T. 690 a 720 aproximadamente. Vail P., Neal J., Rish D., 1993, p55, mencionan que los patrones caóticos se pueden relacionar a depósitos por gravedad (slumps o Slides), claro dependiendo del sistema de depósito (System Track) donde se identifiquen. (fig-47)

El límite de secuencia 32.4 m.a. es identificado en la línea-237 donde se observó una serie de terminaciones en downlap aproximadamente entre los P.T. 850 a 900 y para un tiempo aproximado de 1.000 seg. (fig.48). Dichas terminaciones se acuñan en contra del límite de secuencia 32.4 m.a.

En la información sísmica, la secuencia esta representada entre el horizonte amarillo y el blanco (Fig48).

Paleontológicamente esta secuencia se identifica por la desaparición en el sentido de la perforación de la biozona Globigerina Opima-Opima y la aparición de la ampliapertura. De hecho la Opima-Opima es la que le da la edad 32.4 m.a. El análisis paleontológico fue hecho en varios pozos del proyecto, pero el mas claro es el del Arroyo Viejo-1A.

Esta secuencia es armada por un Lowstand System Track en su parte mas baja. Es probable que este sistema este constituido por otros System Tracks pero en este trabajo no se identifican ya que únicamente se detalla el sistema de nivel bajo. La razón de trabajar el sistema bajo es porque en el se han cortado arenas que han resultado productoras (Laja-1B).

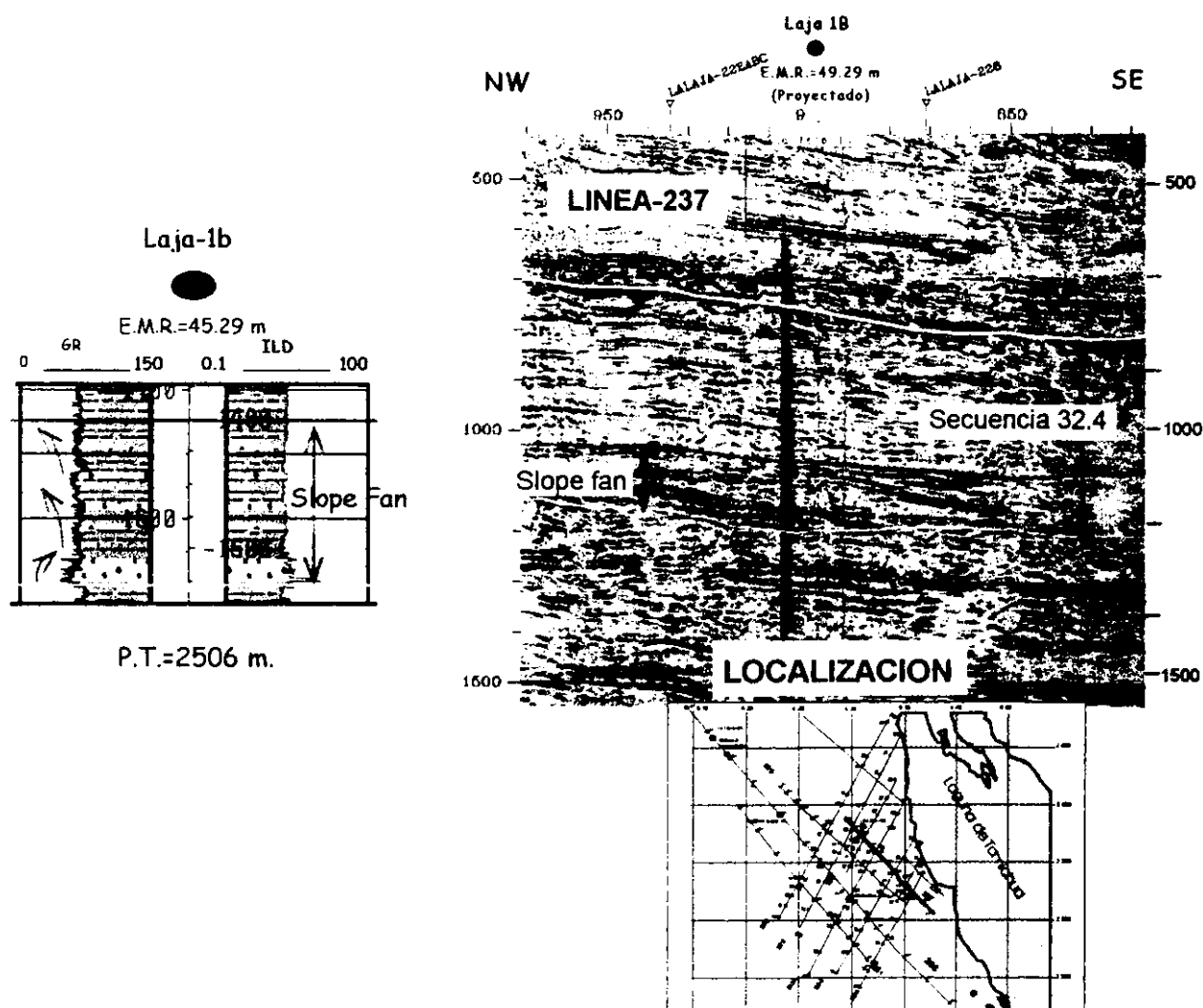
El Lowtsand System Track es construido por un Slope fan (abanico de talud) en su posición mas baja seguido de un Prograding Wedge Complex (Sistema de cuña progradante).

IV.8.-SECUENCIA AMARILLA (Slope Fan)

Sísmicamente el abanico de talud (Slope Fan) esta representado entre los horizontes amarillo y rosa (Fig.48). Los patrones sigmoidales (apendice A.2.3.3.1) encontrados en la línea 237 (fig-48) nos da el argumento para determinar este sistema. Otro apoyo para considerar lo anterior son las terminaciones en downlap en contra del límite de secuencia 32.4 m.a. De

hecho la dirección de estas terminaciones NW-SE nos indican una dirección de aporte sedimentario en ese sentido.

La firma del registro rayos gamma en el pozo Laja-1B en forma de upward finning (apendice A.3.6) nos apoyan para interpretar el sistema de *slope fan* (fig-48). Esta forma del registro es seguida de un patrón progadacional caracterizada por el patrón upward coarsing. Este conjunto de patrones de registro nos sugiere que la secuencia se empezó a depositar en condiciones de nivel bajo de mar, después el nivel asciende lo que da la forma upward finning. El upward coarsing superior es debido a una oscilación de nivel alto a nivel bajo (fig-48).

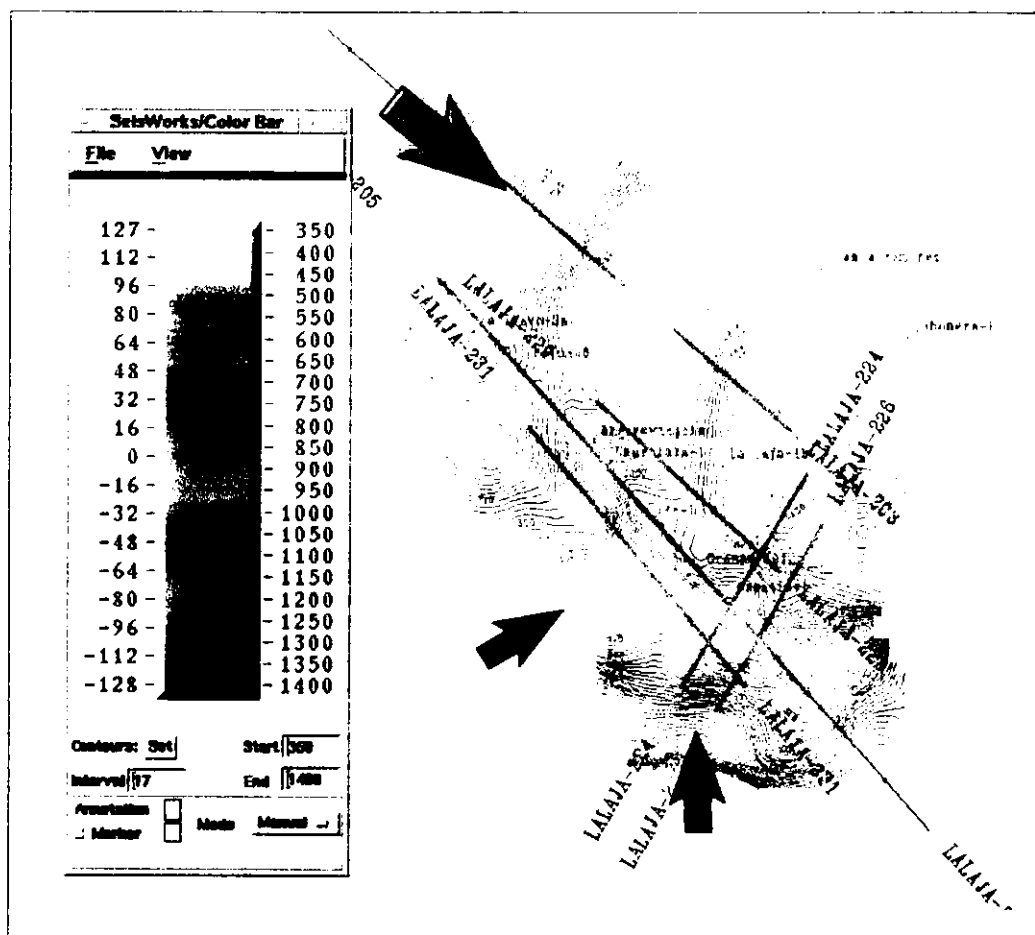


Rivas reyes E. O., 2000

Fig. 48.- inicio de la secuencia amarilla (slope fan) en el pozo Laja 1B y el patrón interno sigmoide en la sísmica (Apéndice A –Configuración de reflexión interna sísmica A.2.3.3.1). En los registros la flecha con tendencia a la derecha es upward finning, y con tendencia a la izquierda son los upward coarsing.

La configuración estructural en tiempo de esta secuencia nos presenta un alto hacia la porción NW del proyecto que se profundiza hacia la porción E del área, aunque en la porción extrema NW de la línea 229 se puede observar una terraza estructural con tiempos de 0.900 segs. En la porción S se observa otra profundización hacia el este del proyecto, es decir, hacia las porciones extremas de las líneas 203 y 224(fig-49)

En la porción centro-occidental del proyecto se tiene una zona a 0.900 segs. situada entre los dos altos estructurales mencionados anteriormente la cual se profundiza hacia la porción E del área de estudio. Todas las tendencias estructurales de la secuencia amarilla nos indican de alguna manera que para esta unidad se tuvieron tres zonas de entrada de sedimentos siendo la más probable la que tiene una dirección NW-E, aunque es necesario considerar los puntos de aporte en dirección S-E y W-E. (fig-49)



Rivas Reyes E.O.,2000

Fig. 49.-Configuración estructural de la base de la secuencia amarilla(Slope Fan).

IV.8.1.-DESCRIPCION LITOLOGICA.

Esta secuencia fue depositada en ambientes marinos profundos con batimetrías que variaron desde batial inferior hasta borde de plataforma. La unidad consiste de depósitos turbidíticos que para el pozo La Laja-1B comienza con un paquete de areniscas de grano fino a medio color gris a café por impregnación de aceite presentando estratificación paralela y en ocasiones laminación convoluta (N-5 Pozo La Laja-1B) (fig-50). Verticalmente cambia a un cuerpo de areniscas de grano fino café por impregnación de aceite y lutitas café y gris, plásticas y calcáreas.

En el pozo Arroyo Viejo-1A la secuencia esta compuesta de un paquete formado por una alternancia de areniscas de grano fino a medio intercaladas con lutitas de color café y gris ligeramente calcáreas que varían verticalmente a un paquete netamente de lutitas.

Bioestratigráficamente y de acuerdo al análisis paleontológico realizado al pozo Papatlas-1, esta secuencia se encuentra en la biozona de Heterolepa, fósil con el cual se dio la batimetría batial inferior para esta porción del área de estudio, ya que hacia la zona donde se encuentra localizado La Laja-1B el reporte paleontológico menciona un borde de plataforma.(fig-50)

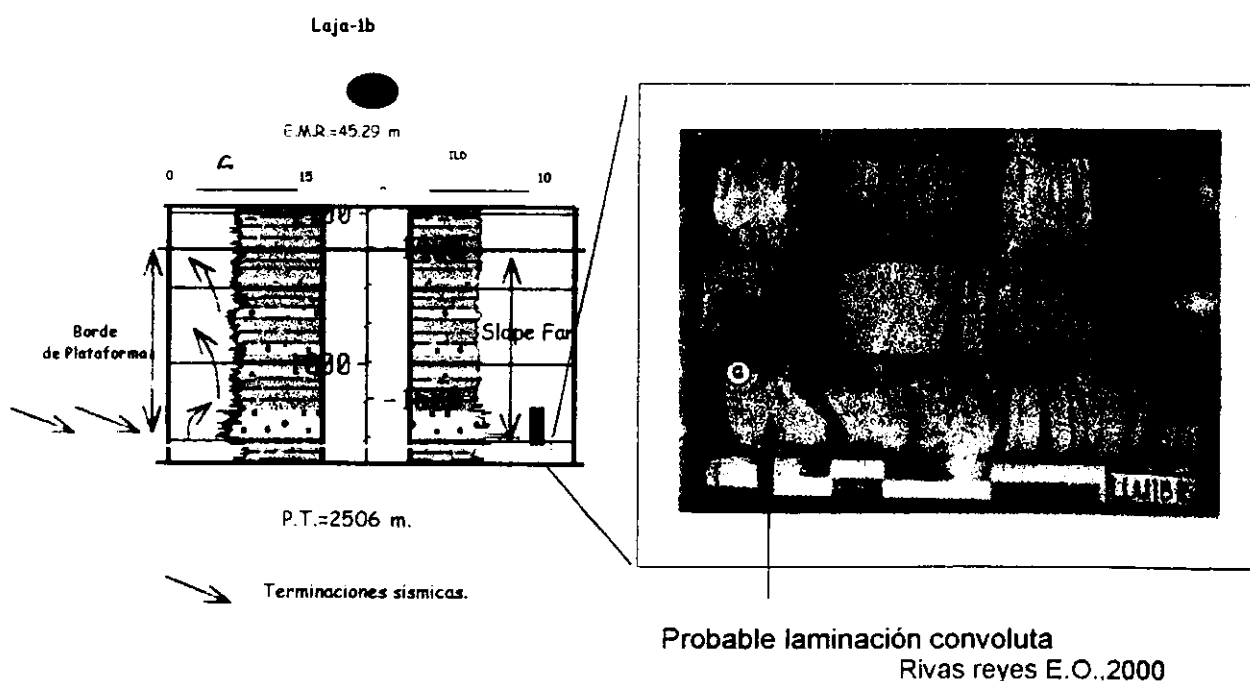


Fig. 50 Laminación convoluta y areniscas en un sistema de abanicos de talud

IV.9.-SECUENCIA ROSA (Prograding wedge complex)

El otro sistema que construye el Lowstand System track de la secuencia 32.4 m.a. es un complejo de cuña progradante. En la información sísmica es representada entre los horizontes rosa sin definir su límite superior. Sísmicamente esta secuencia fue identificada por terminaciones en onlap en la línea 224 entre los P.T. 630 y 670 y a un tiempo de 0.600 segs.(Fig. 51); otra evidencia de este inicio de secuencia son las terminaciones en downlap que se pueden observar en la línea-205 entre los P.T. 700 a 850 y a un tiempo aproximado de 0.600 segs. Esto se ve apoyado por el comportamiento de la curva de registros como es el caso de los pozos Papatlas-1, Arroyo Viejo -1A y La Llave-1A .(fig-52).

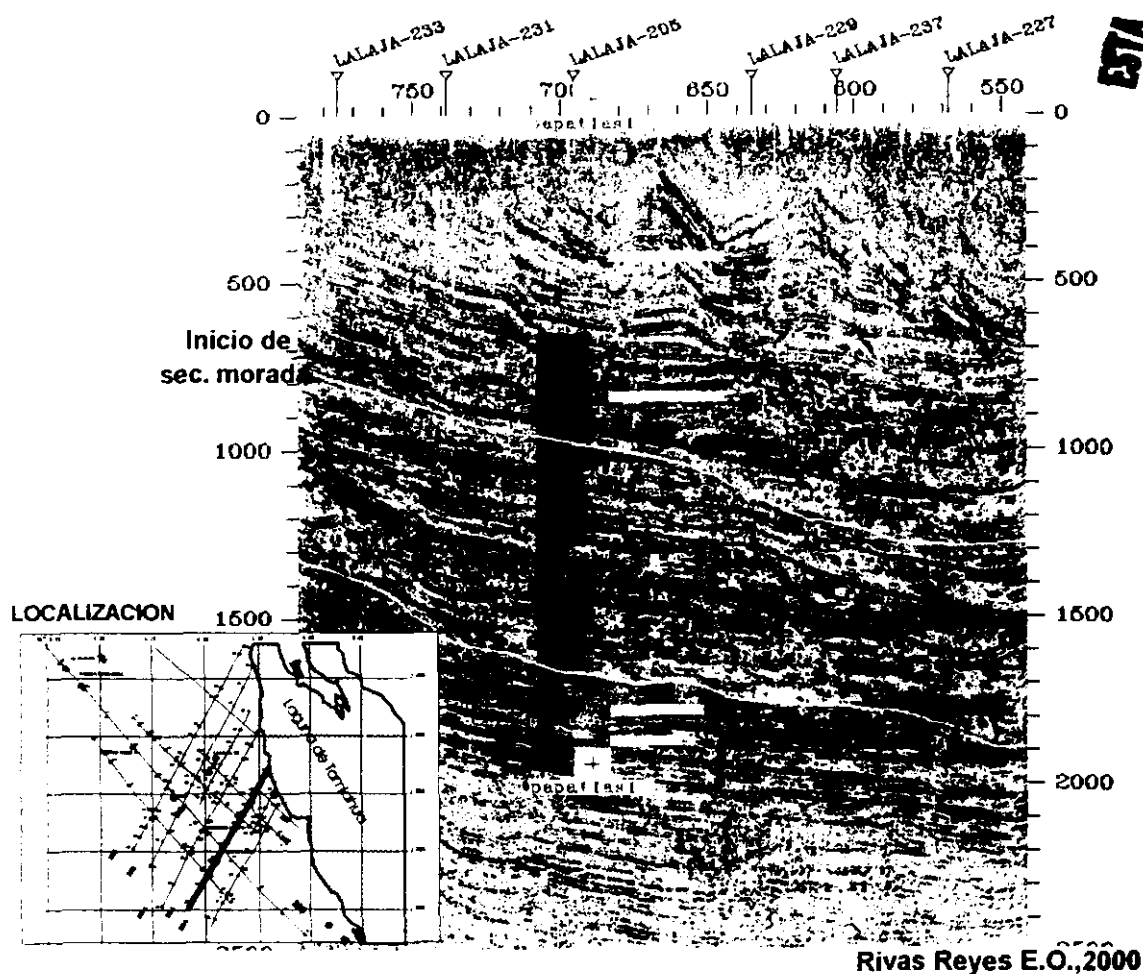


Fig. 51 Comportamiento de registros rayos gamma-resistividad y terminaciones en onlap de la Secuencia rosa.(L-224)

En el caso del pozo Arroyo Viejo 1A dentro de esta secuencia se tienen procesos sedimentarios tipo slumps (fig.53) debido a que en el nucleo-3 se describe un fragmento de lodolita entre unidades de litarenita, considerando esto, como un flujo de escombros lo cual también nos da la idea de la cercanía de un borde de plataforma o talud.

En el caso del pozo La Llave-1A la secuencia comienza con una unidad de conglomerados con abundancia de fragmentos biogenos e impregnación de aceite N-2 (fig-54)

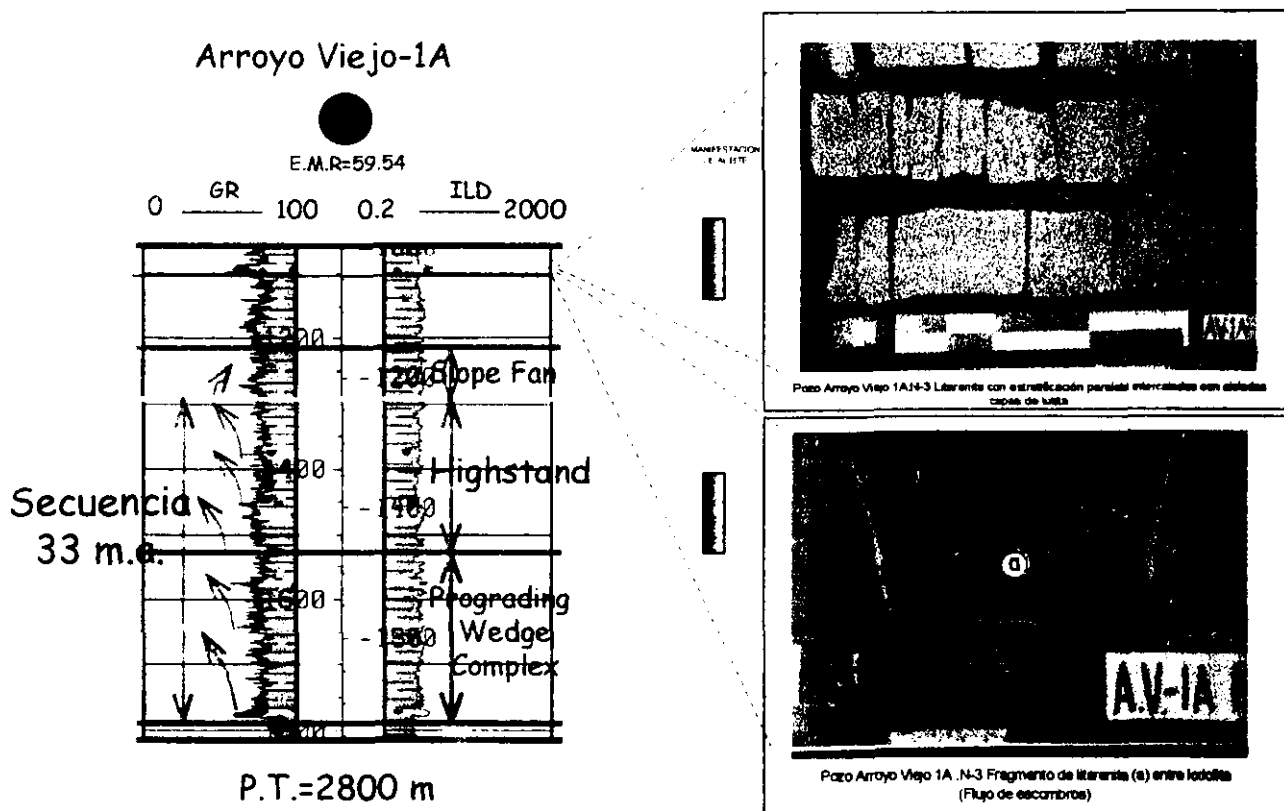
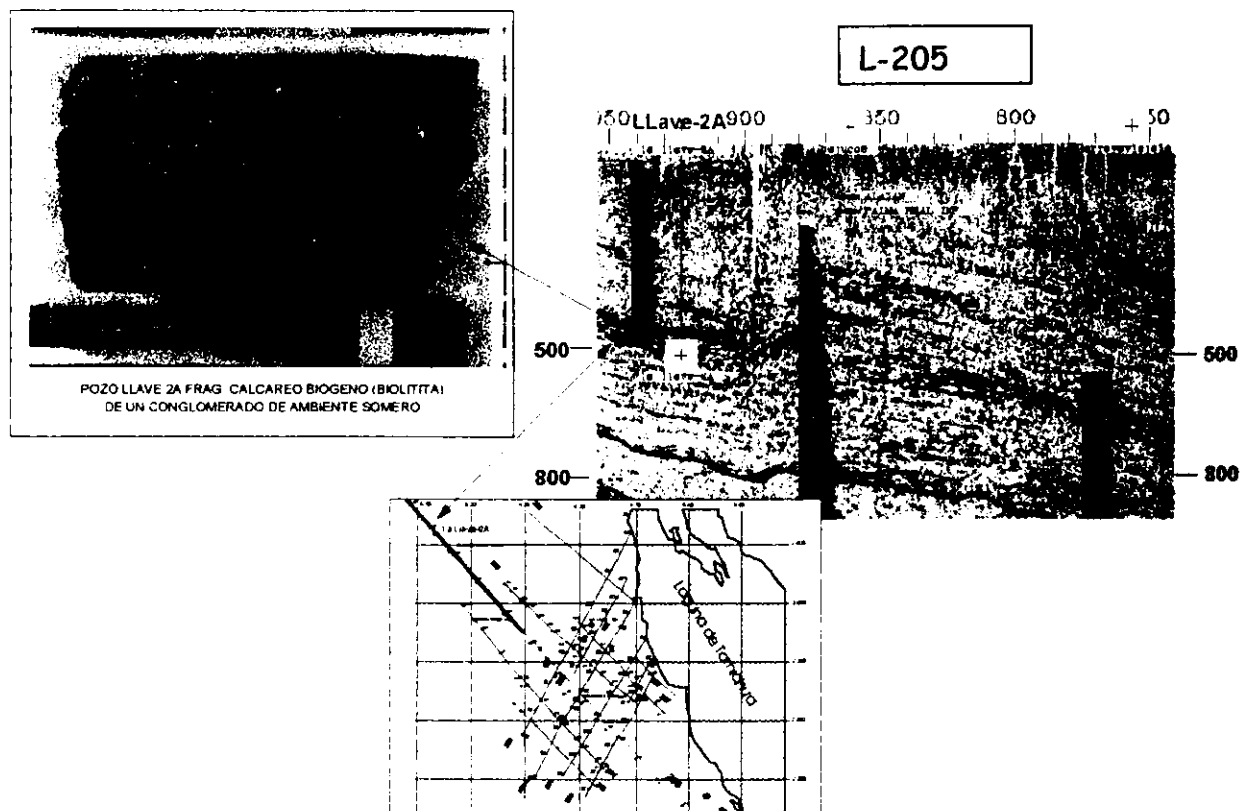


Fig. 53 Depósitos arenosos dentro del sistema de cuña progradante (secuencia rosa)

El comportamiento estructural que presenta esta secuencia nos indica la presencia de un alto que ha ido evolucionando a medida que las anteriores secuencias se fueron depositando y que gradualmente se profundiza hacia la porción E del área de estudio lo cual puede funcionar como una fuente de aporte importante.(fig-55)

Otra fuente de aporte podría ser en sentido W-E esto es debido a la depresión formada entre los dos altos que se observan en la configuración de la secuencia analizada. El otro alto estructural aunque con menor expresión podría funcionar como una tercera zona de entrada de sedimentos (fig-55).



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 54 Muestra el conglomerado con impregnación de aceite cortado por el pozo Llave 2A

IV.9.1.-DESCRIPCION LITOLOGICA DE LA SECUENCIA.

En el pozo Llave-2A la secuencia comienza con una unidad de conglomerados constituidos por fragmentos biógenos gris a café por impregnación de aceite depositados en ambientes someros. El comportamiento de la curva de rayos gamma nos presenta una inflexión bien marcada hacia la izquierda lo cual es relacionado al paquete de conglomerados de la Fig.54; sísmicamente corresponde con un reflector bastante fuerte. -

Para el pozo Arroyo Viejo 1A la secuencia inicia con un paquete de areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de depósitos que han sido interpretados como de flujo de escombros -N-2- (Inf. pozo A.V. 1A). El carácter de la curva de rayos gamma nos presenta una inflexión hacia la izquierda que corresponde con este inicio de secuencia, sísmicamente a este nivel se tienen reflectores bastante fuertes.

De acuerdo al análisis paleontológico realizado al pozo Papatlas-1, esta secuencia queda comprendida en la biozona de *Sphaerodina melonis* con la cual se le asigna una batimetría batial superior para esa porción del área de estudio.

Rivas Reyes E.O., 2000

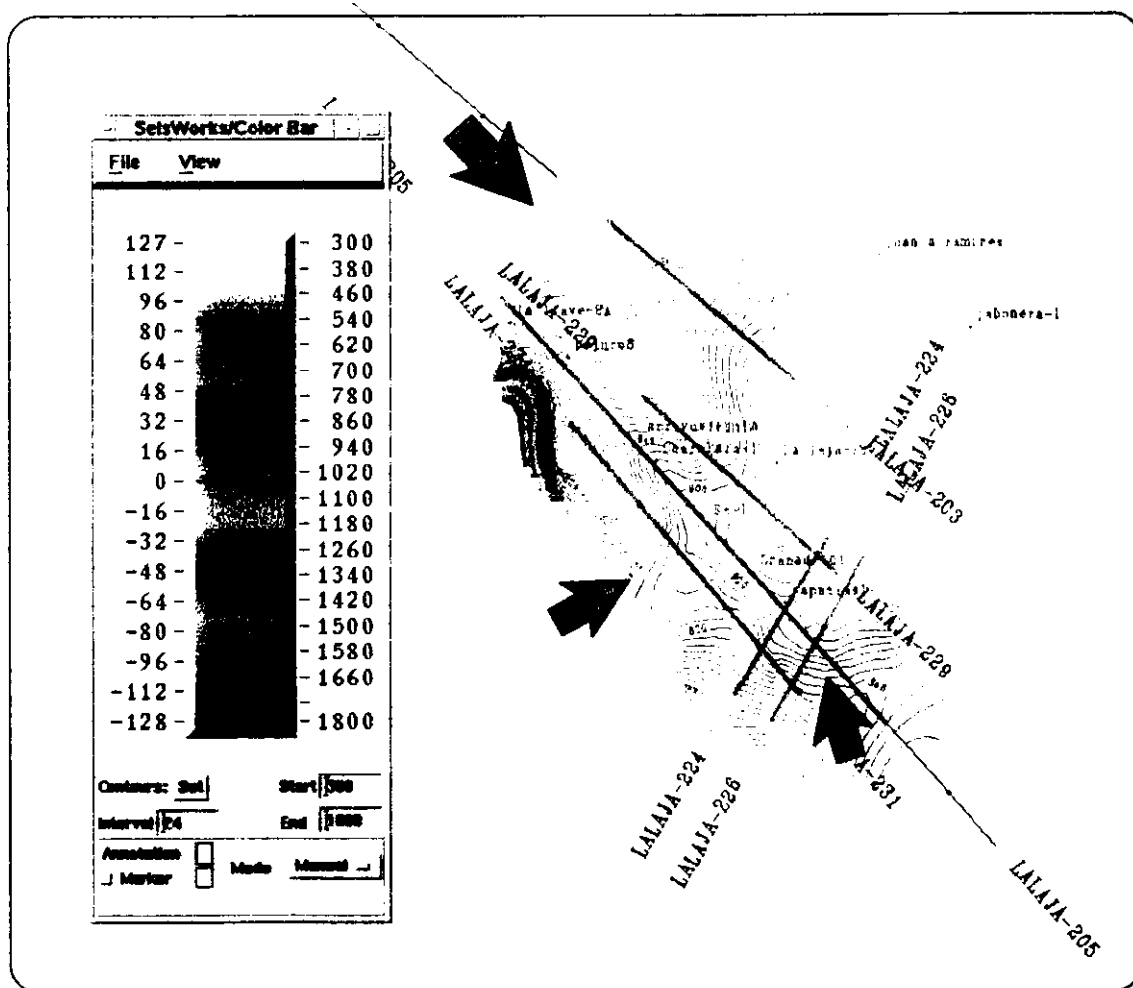


Fig. 55 Configuración estructural de la secuencia rosa (PWC)

POZO LA LAJA - 1 B

E.M.R. = 45.29 m.



FE - 1

E.M.R. = 78.07 m.



POZO GRANADILLA - 101

E.M.R. = 32.68 m.



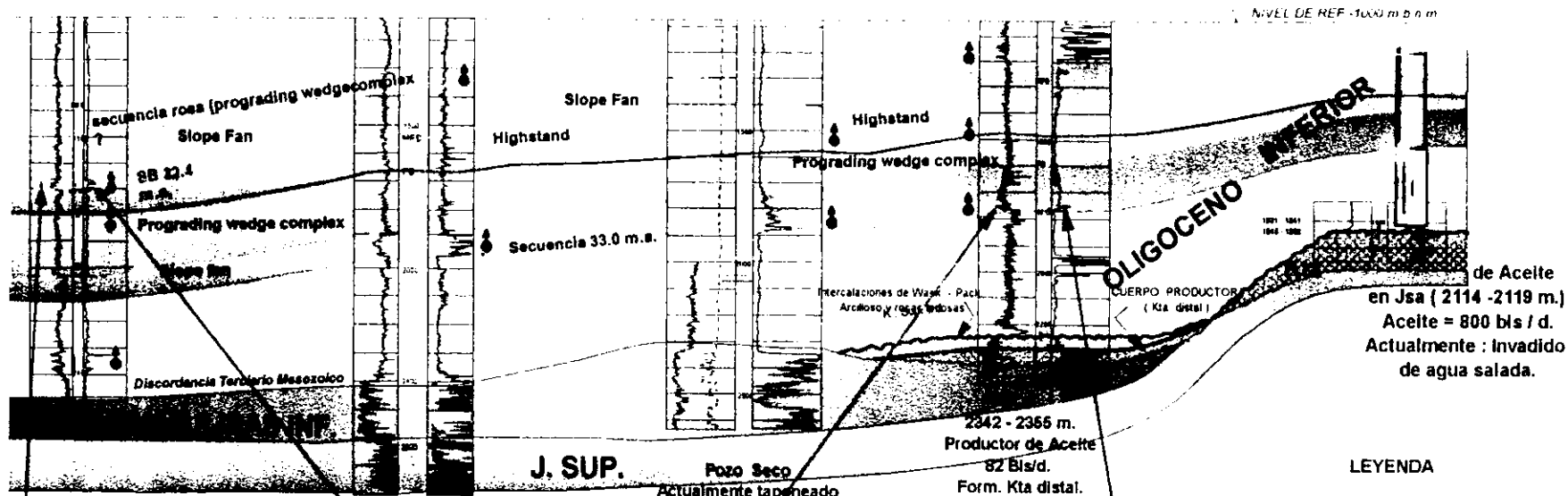
POZO PAPTALAS - 1

E.M.R. = 23.3 m.



RANCHO NUEVO - 635

E.M.R. = 23 m.



NIVEL DE REF. -1000 m s.n.m.

de Aceite en Jsa (2114 -2119 m.)
Aceite = 800 bls / d.
Actualmente : Invasido de agua salada.

Int. Prod. 1678-1696
Prod. Inicial 44 Bls/d

Invasido con agua salada
Pozo cerrado

Pozo Seco
Actualmente taponeado

2342 - 2355 m.
Productor de Aceite
82 Bls/d.
Form. Kta distal.

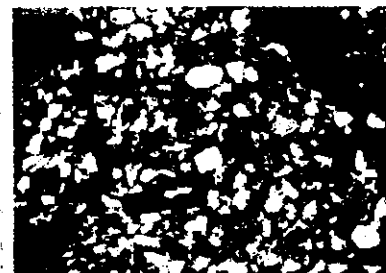
LEYENDA



Manifestación de aceite



Porosidad de areniscas productoras (tono Azul)



Porosidad de areniscas improductivas (tono Azul)

MAPA DE LOCALIZACIÓN

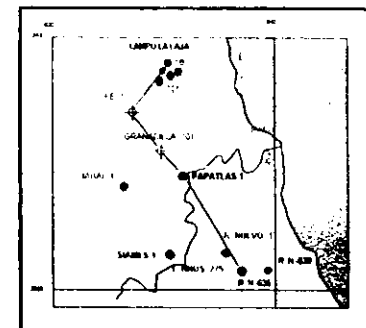


Fig-56 Sección estructural entre pozos que muestra la correlacion de las secuencias interpretadas , además de los intervalos con manifestación de aceite ubicados en los limites de secuencia.

CAPITULO V
INTERPRETACION
GEOLOGICA-
GEOFISICA

CAPITULO V.-INTERPRETACION GEOLOGICA GEOFISICA.

V.1.-ANALISIS DE FACIES SISMICAS

La palabra facies se deriva de la palabra latina "aspecto" o "apariencia" en el entorno de la sismología. Un cambio de facies sísmica es el cambio en el carácter sísmico de una secuencia dada cuando esta es mapeada lateralmente, esto sugiere un cambio en el carácter de la roca cuando se trata por ejemplo de intercalaciones de lutitas y areniscas, o lutitas únicamente, o cuando se trata de un núcleo arrecifal o una facie de postarrecife, por tanto, las "facies sísmicas" son interpretadas por el análisis de reflexiones dentro de secuencias. Las "facies sísmicas" de una secuencia dada pueden ser mapeadas por el graficado de los patrones internos de reflexiones. (Macurda B., Seismic Facies Analysis, 1993).

V.2.-CARACTERIZACION DE FACIES SISMICAS.

El rango total de escenarios ambientales, desde abanicos aluviales hasta sedimentos abisales, de depósitos de supramarea hasta depósitos de mar profundo pueden ser interpretados en secciones sísmicas. La habilidad para reconocer e interpretar lo anterior se correlaciona con la familiaridad de un interprete de reconocer diferentes clases de ambientes y algunas de las posibles asociaciones de facies. El mayor conocimiento con que se cuente nos dará la mayor habilidad para generar hipótesis y modelos alternativos mucho más confiables que nos permitan determinar áreas con mayor posibilidad de contener hidrocarburos (Macurda B., Seismic Facies Analysis, 1993).

Cuatro configuraciones de reflexión sísmica han sido reconocidas:

- a).-Configuraciones de reflexión paralela, subparalela y divergente.
- b).-Configuraciones de reflexión progradacional.
- c).-Configuraciones de reflexión mounded.
- e).-Configuraciones de reflexión onlap y de relleno.

Cada uno de estos patrones de reflexión son sugerentes de un escenario ambiental, en ese sentido, los patrones de reflexión paralela y divergente pueden ser asociados a condiciones: de plataforma, evaporíticas, frente deltaico y planicie deltaica, planicie aluvial, porción distal de abanico submarino y piso de cuenca.

Las configuraciones de reflexión progradacional son asociadas a escenarios tales como: Plataforma progradante asociada a talud (siliciclastica o carbonatada), prodelta o delta de margen de plataforma, talud inferior, countouritas, porciones de abanicos aluviales proximales y depósitos eólicos.

En cuanto a los patrones de reflexión mound, éstos, se pueden asociar a arrecifes y lóbulos de abanico; así mismo, los de onlap y de relleno se asocian con facies de onlap costero y cañones submarinos.

V.3.-ANALISIS DE FACIES SISMICAS DE LAS SECUENCIAS IDENTIFICADAS.

V.3.1.-SECUENCIA VERDE (Slope Fan)

En el área de estudio para esta secuencia se ha identificado una zona de patrones de reflexión interna hummocky (*Apéndice A—A.2.3.3.1*) en las líneas 233,231,205,229, 222 y 228 (Fig.-57), que pueden corresponder a sedimentos turbidíticos depositados en condiciones de energía moderada y por las tendencias que presentan en el área (SW-NE) nos da la idea que en esa dirección se tuvieron fuentes de aporte(Fig-57);es necesario comentar que otro factor que sustenta lo anterior son las patrones que presenta la configuración estructural de dicha secuencia(Fig. 38).

Zonas con patrones de reflexión subparalela que se puede asociar a depósitos en condiciones de baja energía se encuentran hacia la porción NW del área, principalmente en las líneas 205,231y 233 así como en la porción centro-oriental en las líneas 228 y 237. Estas reflexiones mapeadas como "subparalelas" se pueden relacionar a condiciones de depósito distales de la fuente de aporte o zonas intercanales? -(Fig-57)

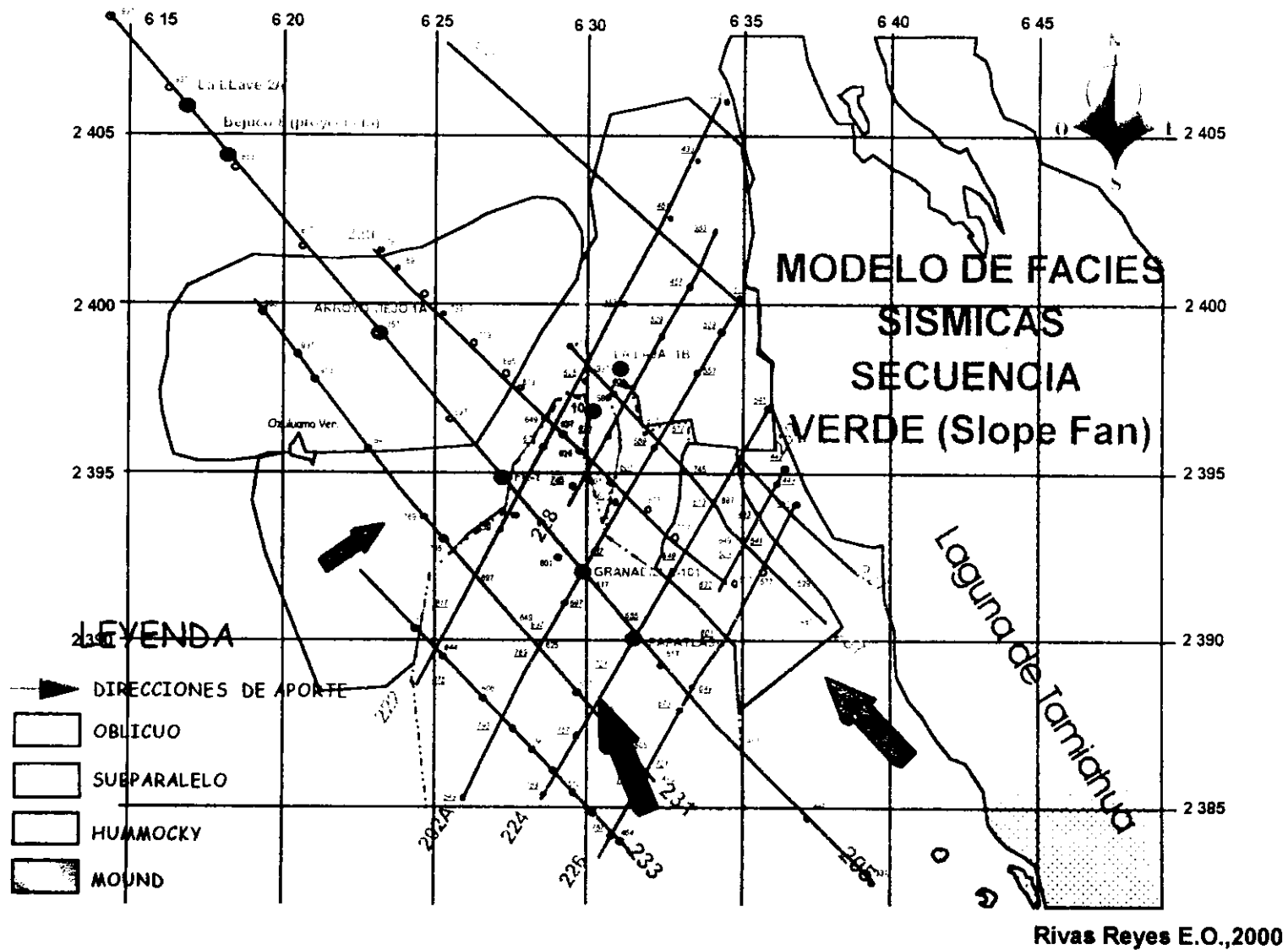


Fig 57.-Muestra el plano de facies y sus tendencias de aporte

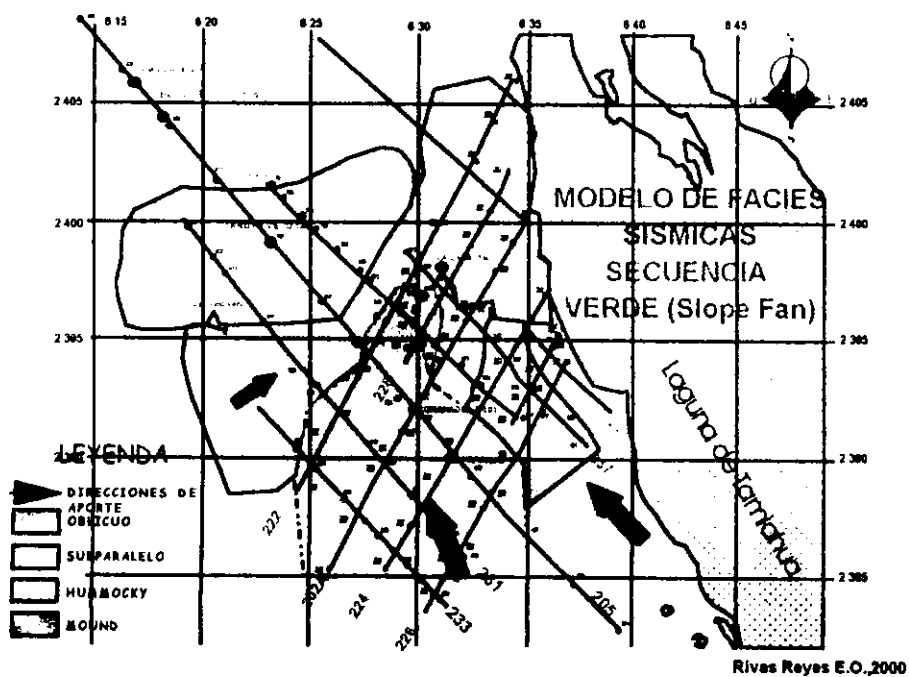
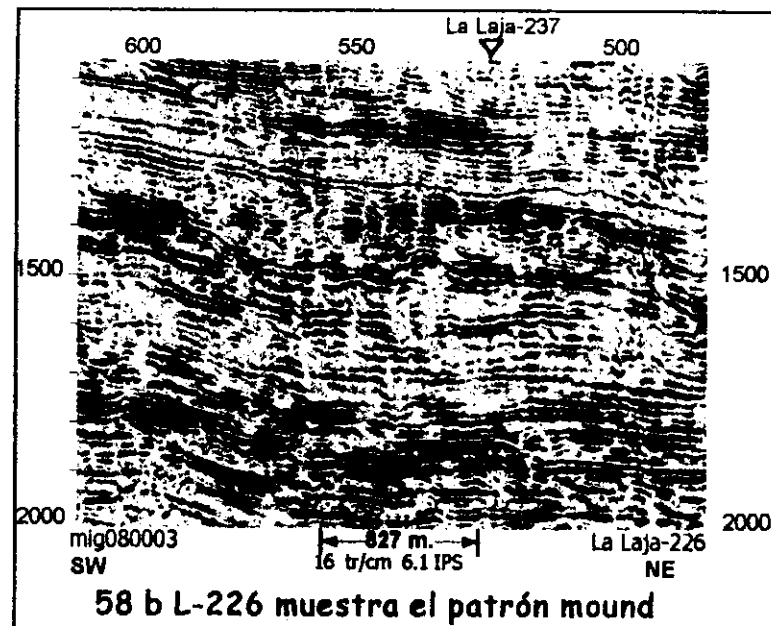
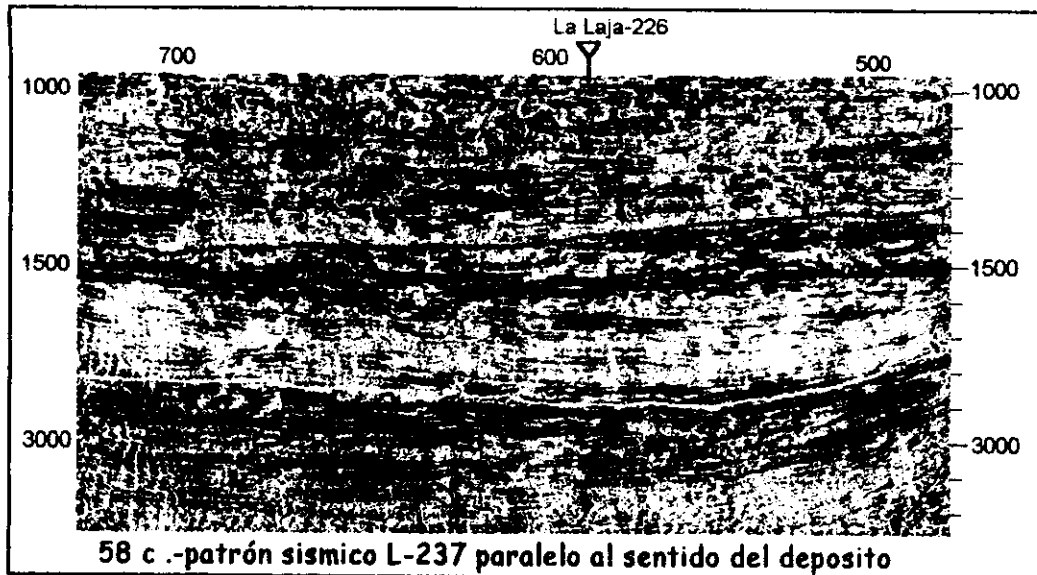
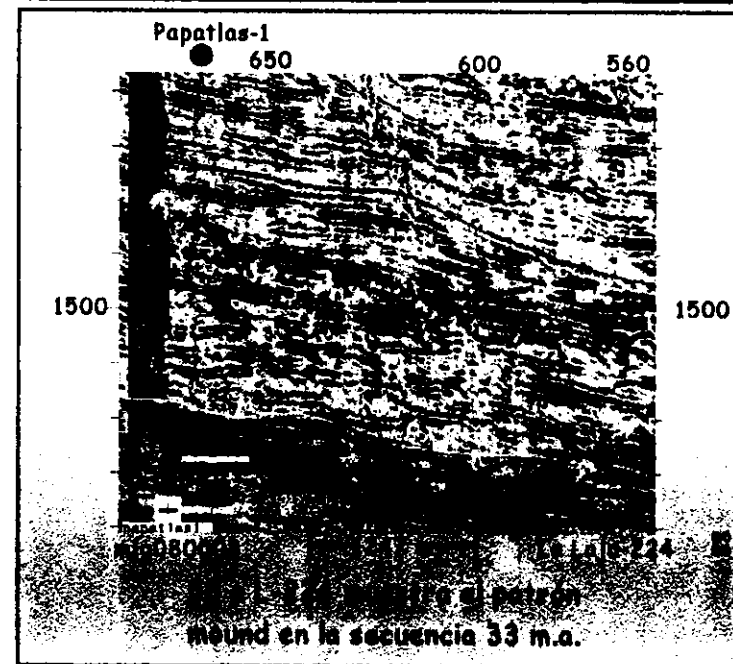


Fig 58.-Muestra el plano de facies y sus tendencias de aporte



Rivas Reyes Esmer Orlando; 2000

Las áreas que presentan mound como patrones de reflexión y que pueden asociarse a depósitos de abanicos submarinos, se encuentran hacia la porción E del proyecto, lo cual puede verse en las secciones 237 (donde se observa terminaciones en downlap hacia la parte más distal del abanico-Fig.58.c-)227 y 229, además en las líneas 226 -Fig.58.b-,232 y 224, en sus flancos se pueden ver terminaciones en downlap. Adicionalmente en esta última línea se observan terminaciones en downlap que se acuñan con el mound identificado-Fig.58.a-.

La tendencia que muestran dichas reflexiones nos indican de alguna manera que para esa porción del área también se tuvo una dirección de aporte sedimentario.(fig-58)

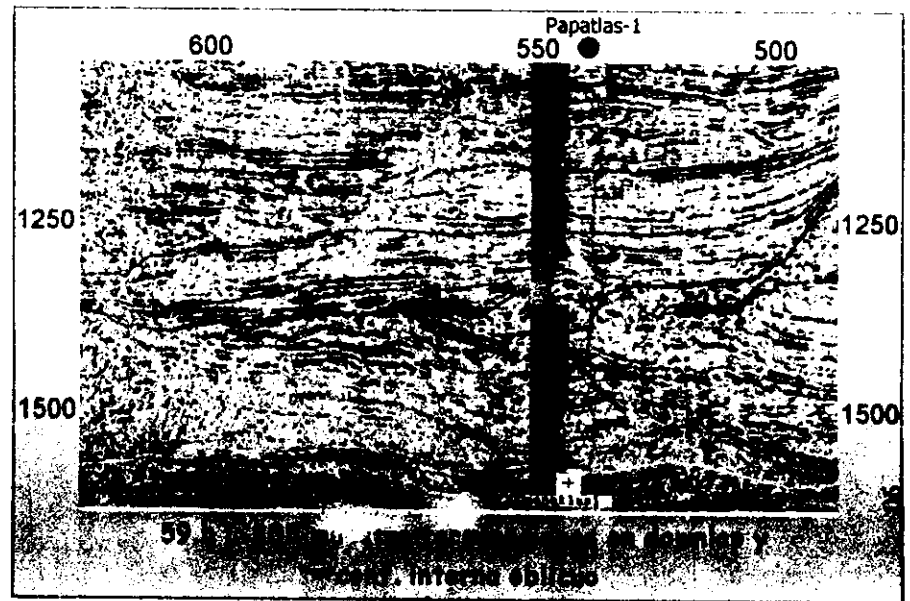
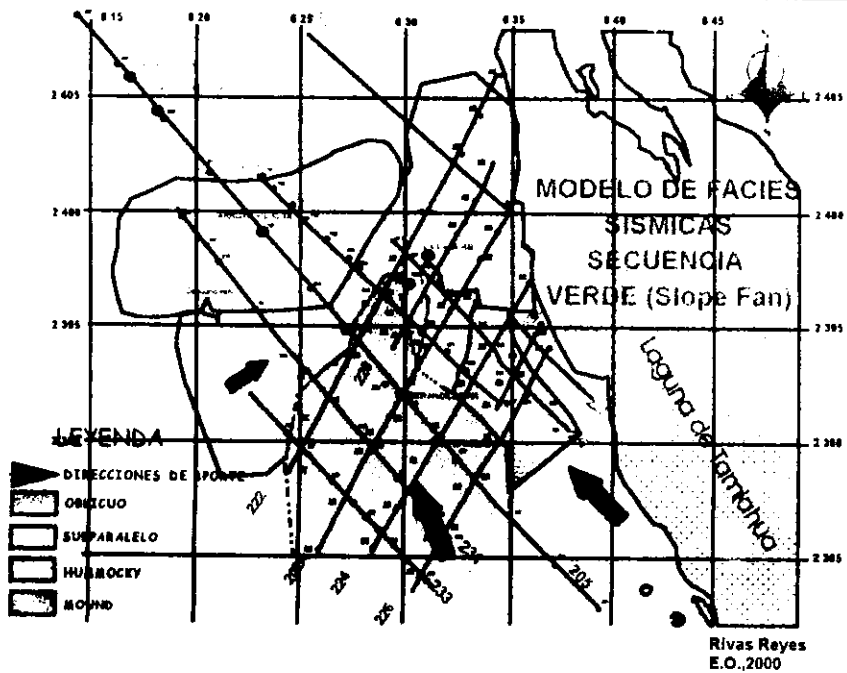
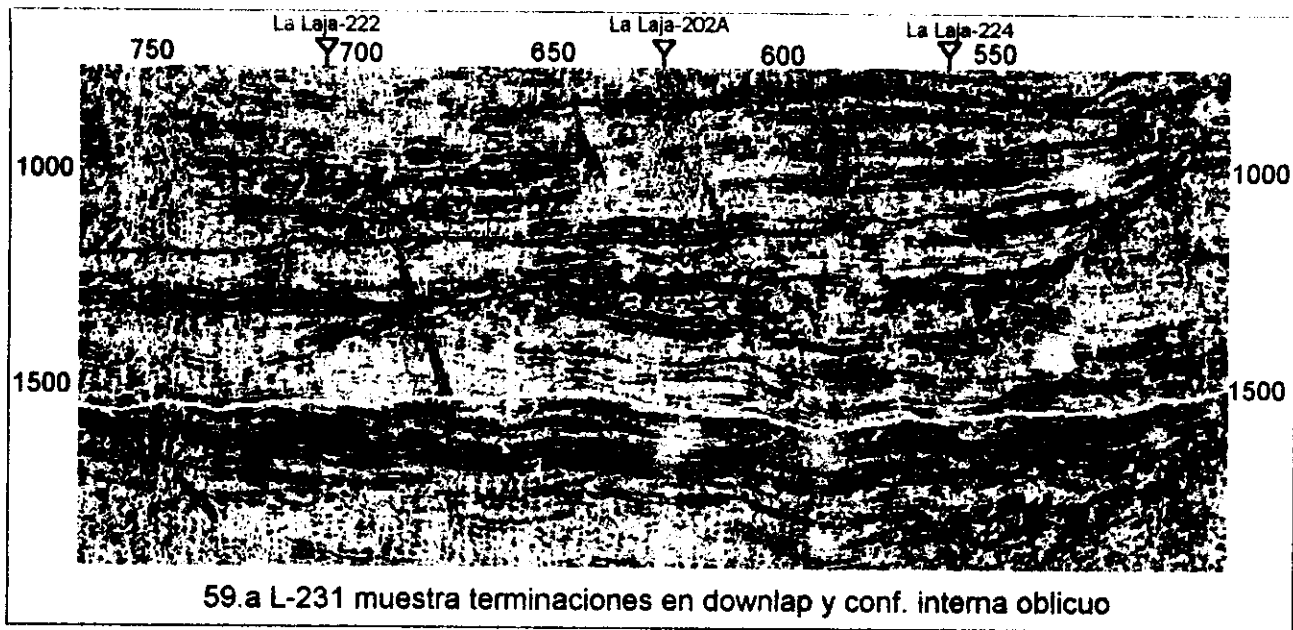
En la porción centro-sur se interpretaron patrones divergentes con sus terminaciones en downlap acuñándose hacia el reflector que marca el inicio de la secuencia que es analizada, todo lo anterior puede observarse en la líneas 205, 231 y 233, estas tendencias nos indican que existe otra fuente de aporte hacia esa zona del proyecto y que es considerada como una de las principales zonas de entrada de sedimentos, probablemente derivadas de los altos estructurales que pudieron existir hacia la porción S y fuera del área de estudio (figs-59).

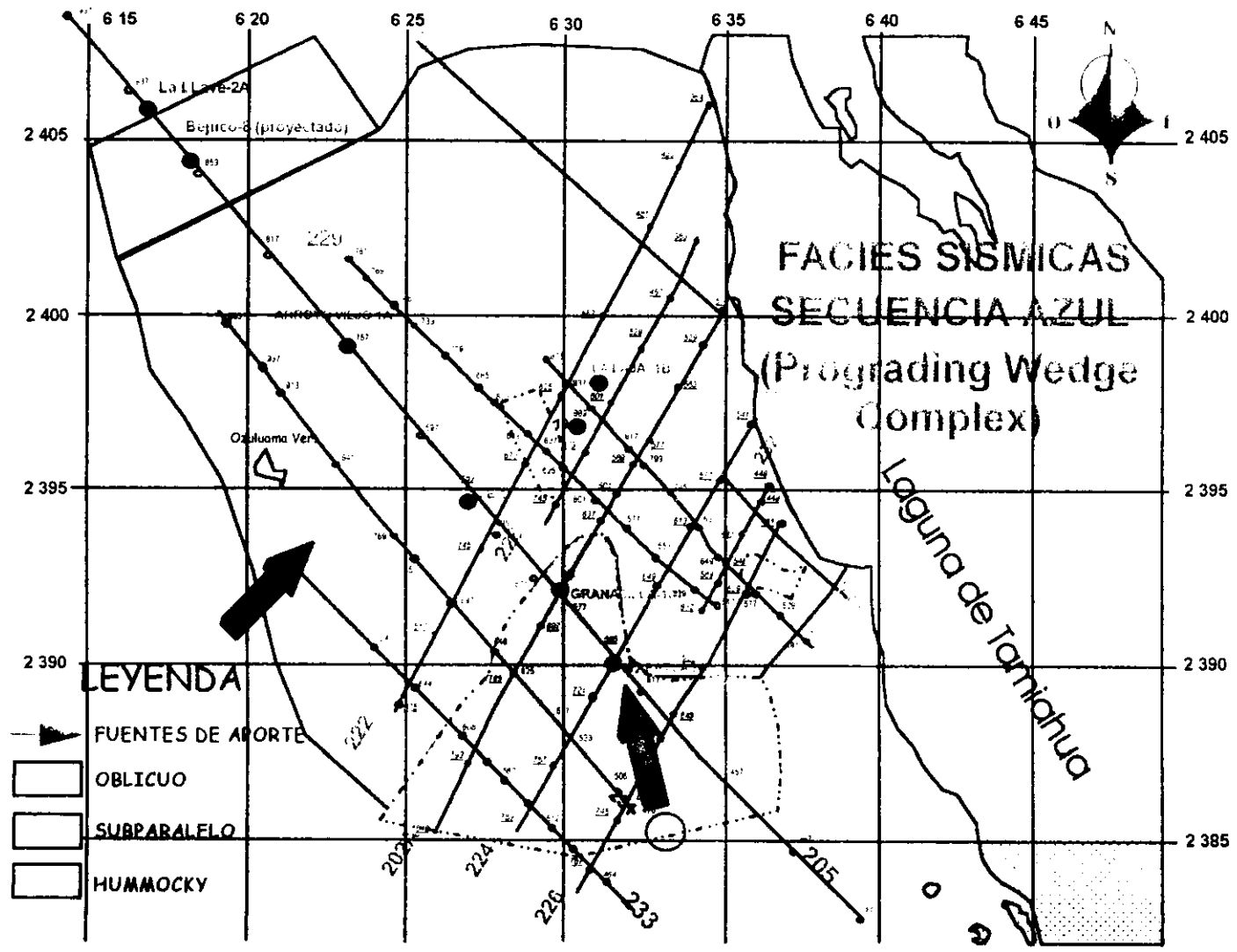
V.3.2.-SECUENCIA AZUL (Prograding Wedge Complex)

Para esta secuencia, en la mayor parte del área se ha interpretado patrones de reflexión hummocky que son relacionados a sedimentos turbidíticos depositados en condiciones de energía moderada, así mismo, la distribución que presentan y relacionada con la configuración estructural de su base nos sugiere que la dirección de la fuente de aporte principal fue de SW-NE (fig. 60).

En algunas líneas del proyecto como son la 226, 222 y 205 se han identificado patrones subparalelos que probablemente correspondan a sedimentos depositados en condiciones marinas de menor energía.

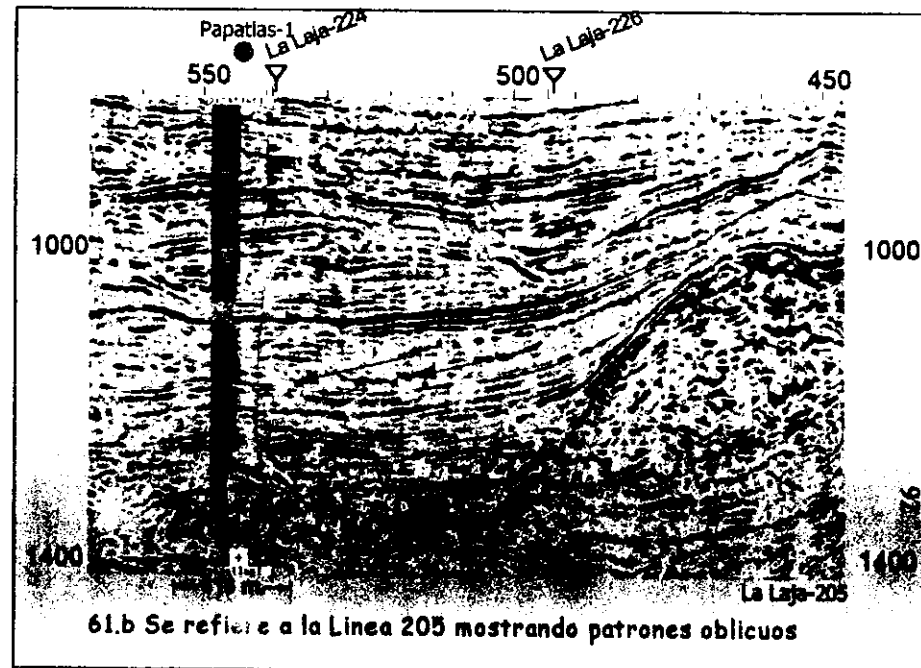
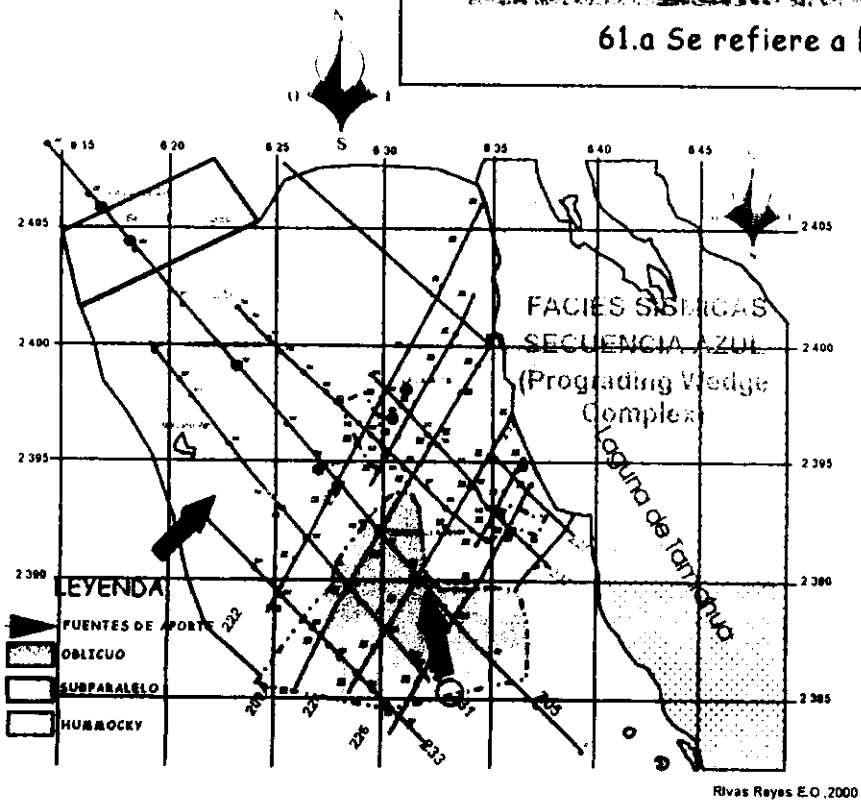
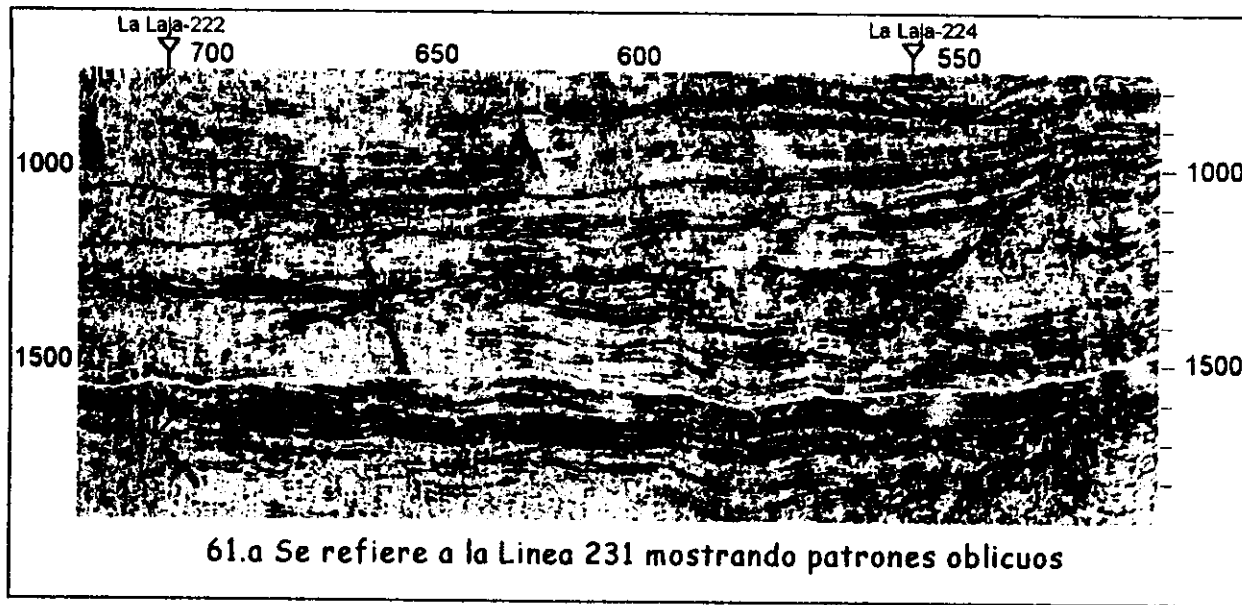
Un patrón de reflexión sísmica que llama la atención, ya que nos indica otra zona por donde entraron sedimentos a la área de estudio, son las -----





Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 60 Plano de facies sísmicas de la secuencia morada mostrando tendencias de aporte



reflexiones oblicuos (*Apéndice A—A.2.3.3.1*) en dirección SE-NW, patrones que fueron interpretados en las líneas 205, 231,224. (fig.61)

V.3.3.-SECUENCIA MORADA (Highstand).

Hacia la porción NW del área de estudio, la influencia del alto estructural que funcionó para el Oligoceno Inferior originó pendientes por donde se tuvieron suministros turbidíticos derivados precisamente del NW, hecho que viene a ser evidenciado por los patrones de reflexión oblicuos interpretados en la línea 205 y 229 (fig.62).

En esta secuencia la distribución de los patrones de reflexión hummocky parece ser que quedaron influenciados por los patrones oblicuos, ya que las tendencias que presentan son alargadas y en sentido W-E; es probable que los sedimentos presentes en estas áreas hayan sido depositados en condiciones de energía moderada derivados de 3 direcciones de aporte (fig.62).

Hacia la porción E, se identificó un área con patrones subparalelos siguiendo casi la misma tendencia del punto de aporte localizado hacia la porción S, es probable que esta zona represente áreas con sedimentos depositados en condiciones de moderada a baja energía debido a que se alejan del punto de aporte.

La otra zona que presenta patrones oblicuos fue interpretada en las líneas 231 y 233 localizadas hacia la porción S-SW del proyecto (fig-62)

V.3.4.-SECUENCIA AMARILLA (Slope Fan de la secuencia 32.4 m.a.).

En esta secuencia los patrones de reflexión interna que presenta un gran interés desde el punto de vista económico es el localizado en la línea 237 (fig.63), el cual corresponde a un patrón sigmoide (*Apéndice A—A.2.3.3.1*); en esta porción de la línea y a este nivel estratigráfico el pozo laja 1B corto un cuerpo de areniscas arcillosas que resultaron productoras. La producción inicial fue de 44 bl./d .

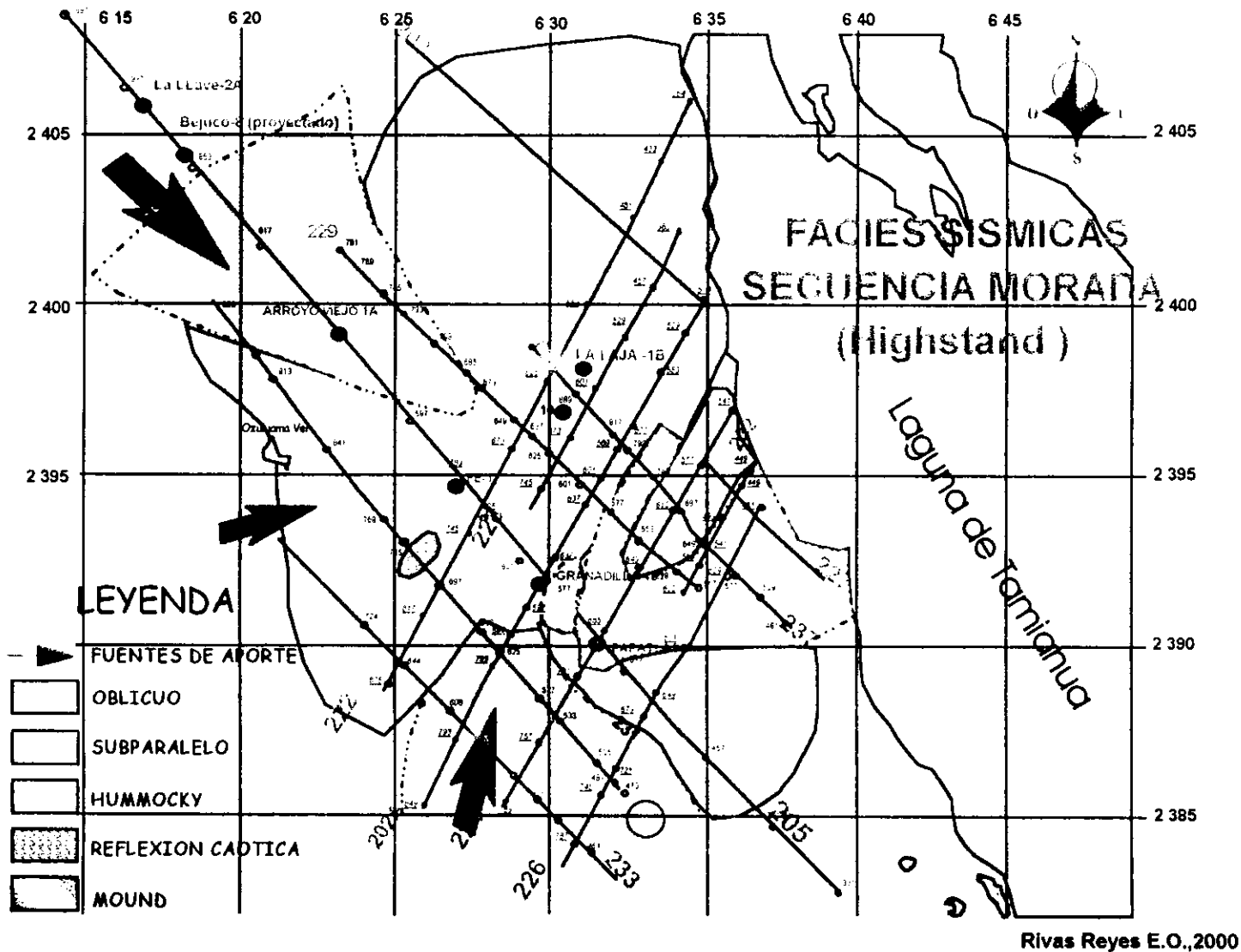


Fig. 62 Plano de facies sismicas mostrando tendencias de aporte

Dichas areniscas coinciden con los reflectores básicos del patrón interno antes mencionado.(Fig-63).(Macurda B., *Seismic Analysis Facies*,1993, menciona que estos patrones sísmicos pueden relacionarse con avances de plataforma asociada a talud, ya sea Siliciclastico o Carbonatado y/o a deltas de borde de plataforma). También hacia la línea 231 se pudo identificar el patrón sigmoide que nos indica de alguna manera otra fuente de aporte menor en dirección SW-NE (Fig-64).

Hacia la porción central del proyecto se identifico un patrón de facies subparalelas lo cual fue identificado en las líneas 233,231,205,229,224 y 226 cuya distribución nos hace pensar en áreas de moderada a baja energía que podrían corresponder a posiciones distales de las fuentes de aporte o partes intercanales ? (fig.64). Para la mayor parte del proyecto se interpreto facies hummocky y únicamente en la línea 205 se encontró un patrón sísmico de reflexión free.

Es probable que asociado al borde de plataforma se hayan depositado materiales por medio de slumps, ya que en ciertas porciones de las líneas 229,228 y 222 (fig.64-65), se encontraron patrones de reflexión caótica y mound con muy baja amplitud (*Walker,R,G, Facies Models, 1992, asocia estos patrones sísmicos a complejos de transporte de masa por gravedad*)Ver Apéndice A—A.2.3.3.1.

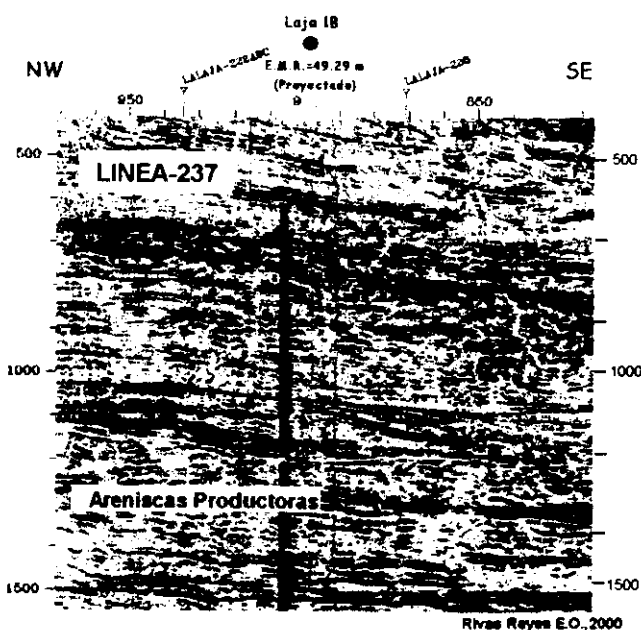


Fig.63: Patron sigmoide asociado a deposito de areniscas productoras.

Rivas Reyes E.O., 2000

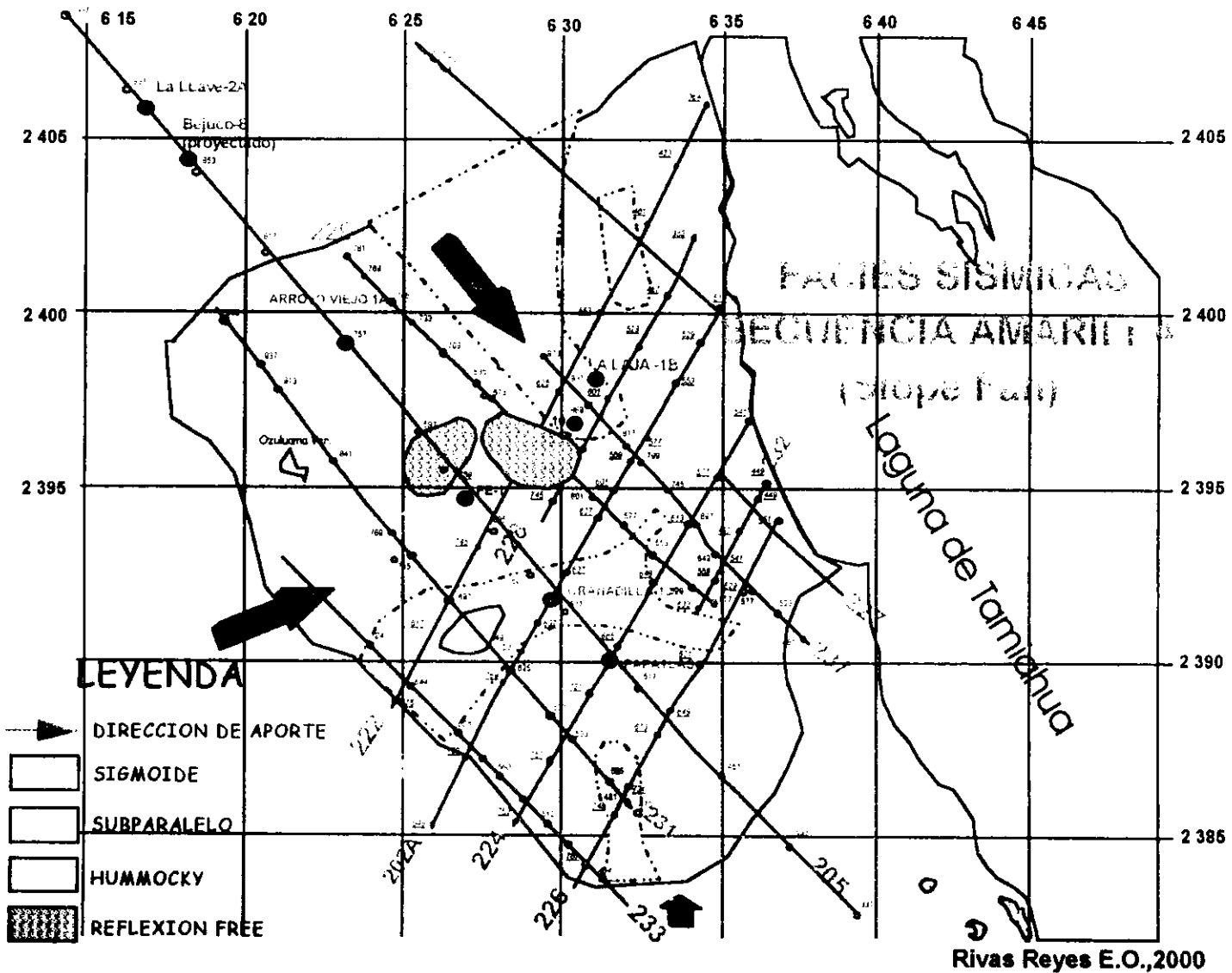


Fig. 64 Facies sísmicas y tendencias de aporte del Slope fan (abanico de talud) dentro de la secuencia 32.4 m.a.

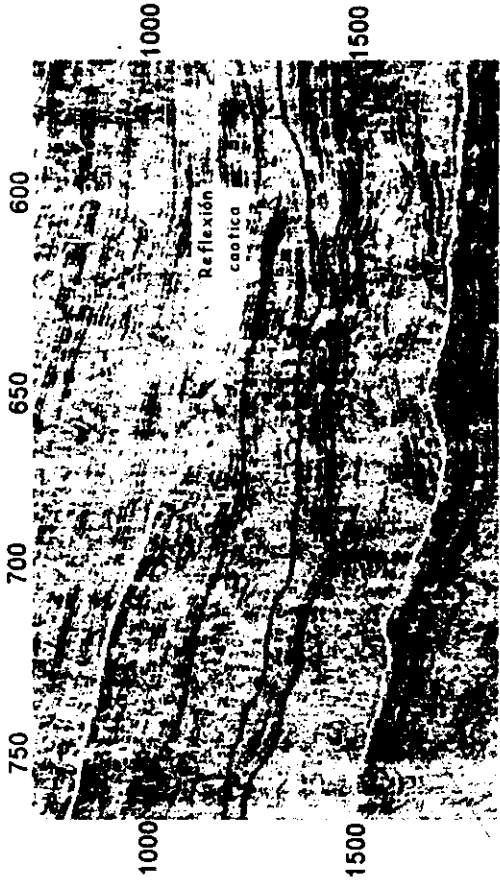
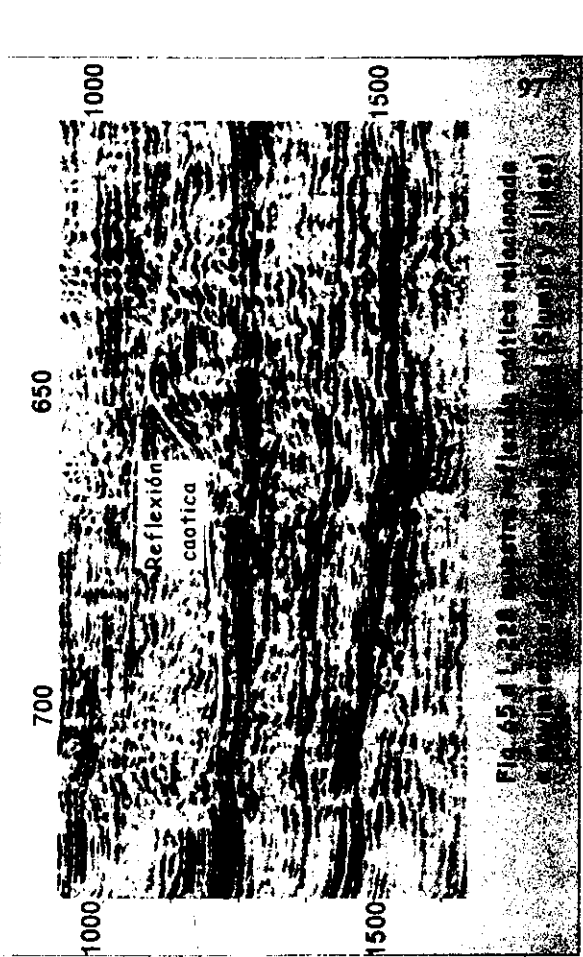


Fig. 65.c L-229 muestra reflexión caótica relacionada a movimientos de masa por gravedad (Slumps y Slides)



Rivas Reyes Esmer Orlando; 2000

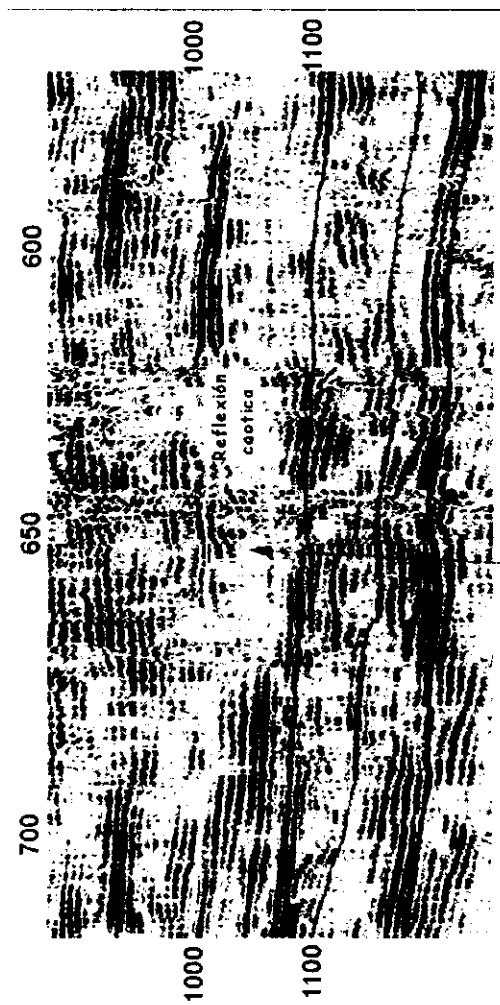
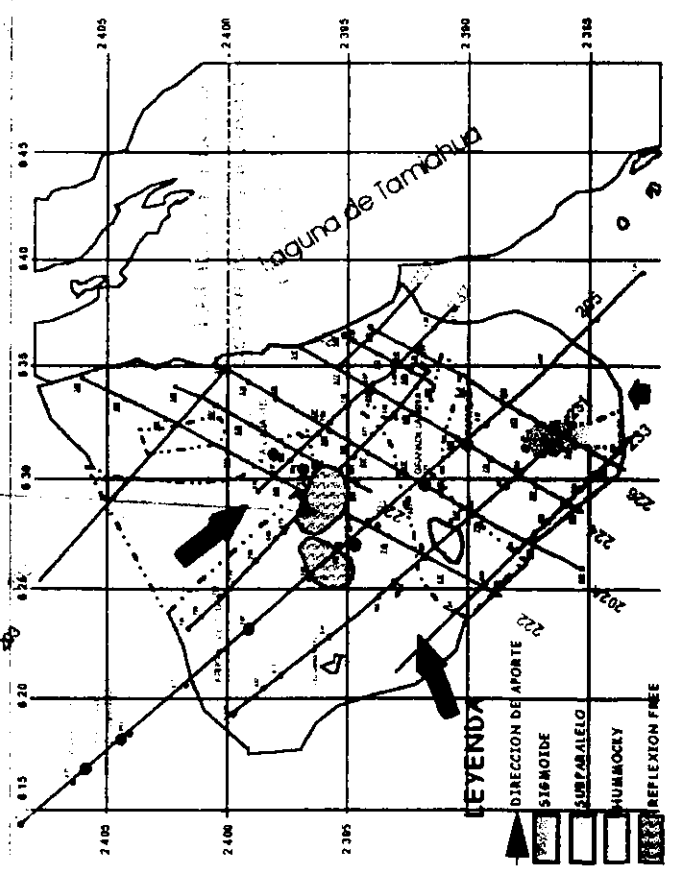


Fig. 65.b L-222 muestra reflexión caótica relacionada a movimientos de masa por gravedad (Slumps y Slides)



65a.- Modelo de facies

V.4.-MODELO GEOLOGICO DE LAS SECUENCIAS IDENTIFICADAS.

V.4.1.-MODELO GEOLOGICO DEL SISTEMA DE ABANICO DE TALUD -SLOPE FAN-(Secuencia Verde).

El sistema de abanicos de talud es identificado como parte del sistema de nivel bajo (Lowstand system track) dentro de la secuencia 33 m.a.

El sistema de abanico de talud dentro del proyecto, comienza a depositarse cuando el nivel del mar sufre un descenso importante en su posición relativa T₀ a T₁ (fig. 66), esto da como consecuencia que se tenga una entrada importante de sedimentación en dirección SE-NW(fig. 66), derivada de zonas erosionadas y topográficamente mas altas. Dicha sedimentación es depositada en forma de abanicos hacia el piso de la cuenca.

Emery D. y Myers K., BP Exploration, 1996, p98, menciona que los abanicos de talud son producidos por procesos de flujos de gravedad de sedimentos suministrados fluvialmente y pasando (bypassing) hasta la plataforma y el talud superior vía valles incisados y cañones. Es por ello que en estos sistemas se encuentran organismos derivados del continente y asociaciones de fósiles retrabajados, erosionados desde el talud y la plataforma. *En el trabajo de Rico Juan y Garza A., 1996*, mencionan que en este nivel estratigráfico se encuentran bastantes intervalos de fósiles retrabajados (Pozo Arroyo Viejo-1A por ejemplo).

Nael J., Vail P., Rish D., en su trabajo "Estratigrafía de Secuencias-una Teoría Global Para Exitos Locales", p55., mencionan que estos sistemas pueden exhibir algunos estilos de depósito dependiendo de la inclinación, forma del talud, además de la fuente de aporte en: canales submarinos con "leaves"(borde de canal), depósitos de sobrebanco, Slumps y flujos caóticos.

En esta tesis, la mayoría de los pozos considerados no cuentan con núcleos que nos permitan ubicar la facie sedimentaria donde ellos fueron perforados, sin embargo en el caso del pozo Fe-1 (fig-66), el cual corto uno de los mayores desarrollos arenosos de este patrón de abanicos, es posible que éste haya cortado alguno de los canales arenosos que componen este sistema.

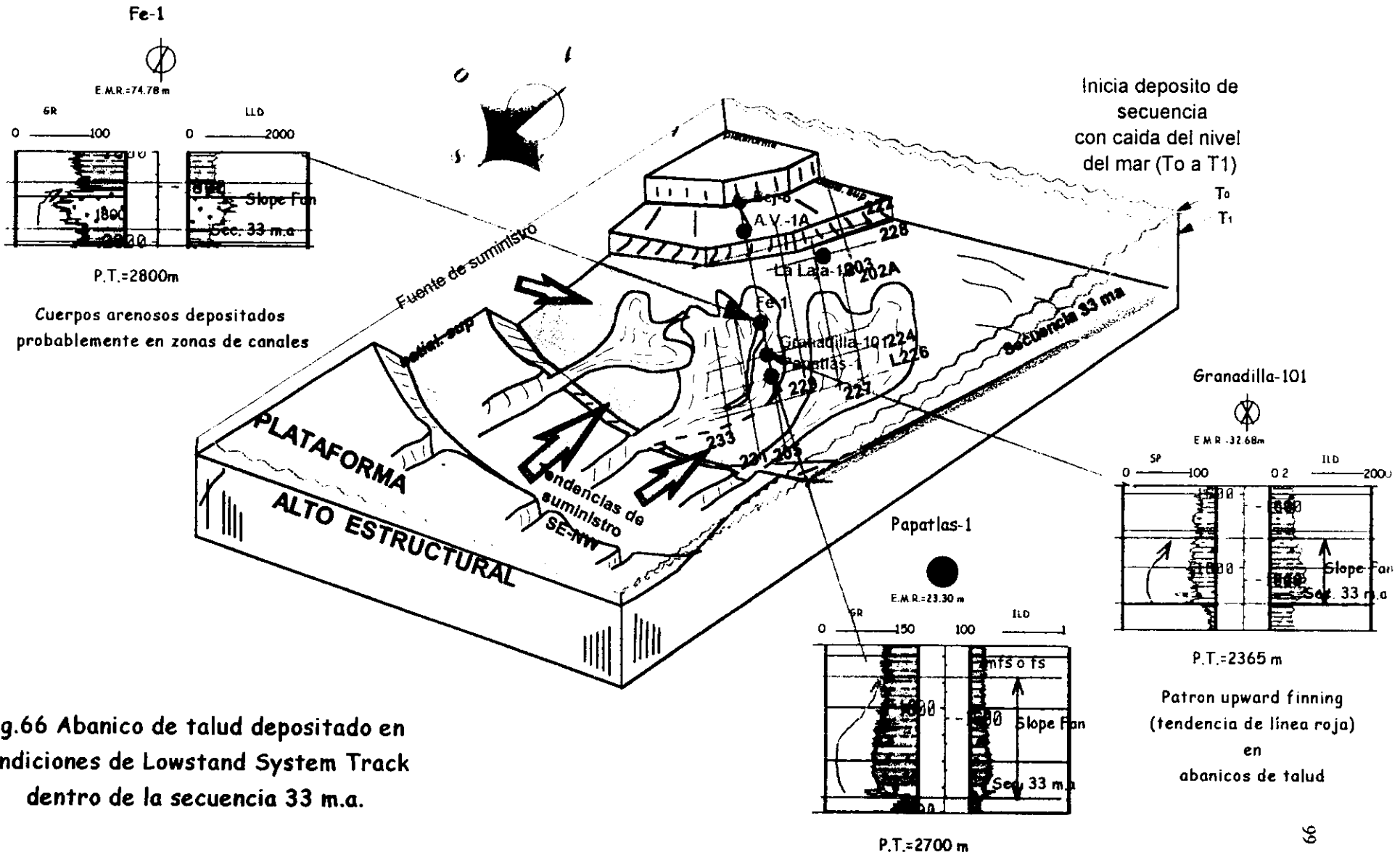


Fig.66 Abanico de talud depositado en condiciones de Lowstand System Track dentro de la secuencia 33 m.a.

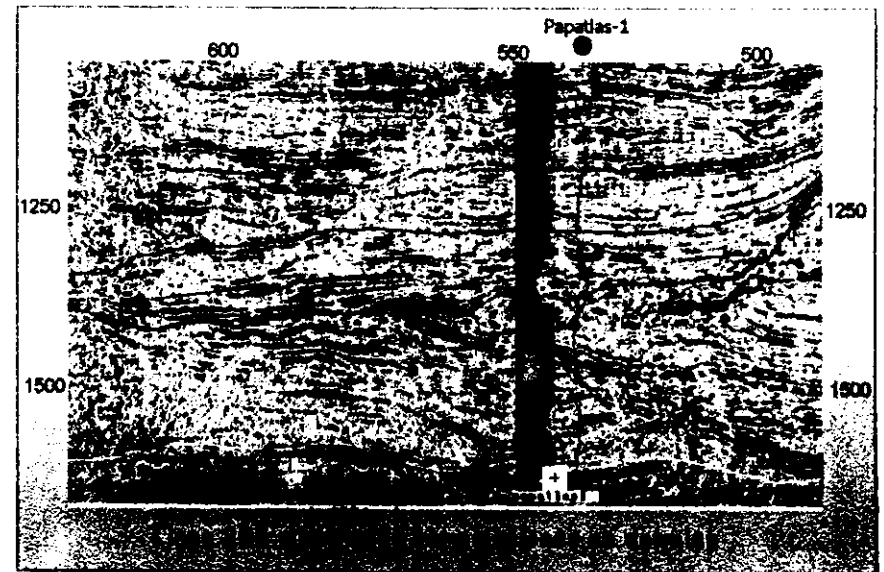
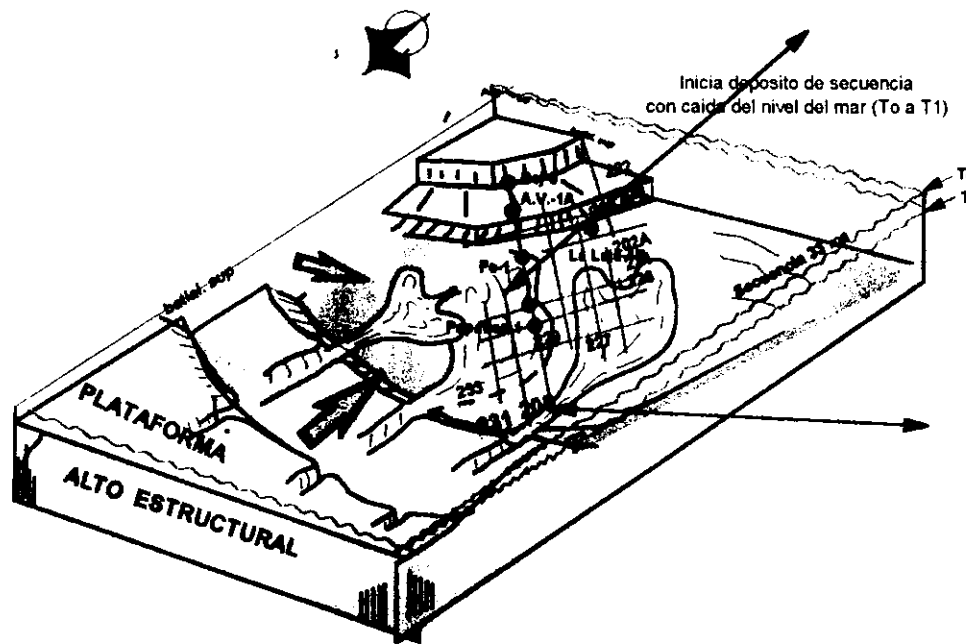
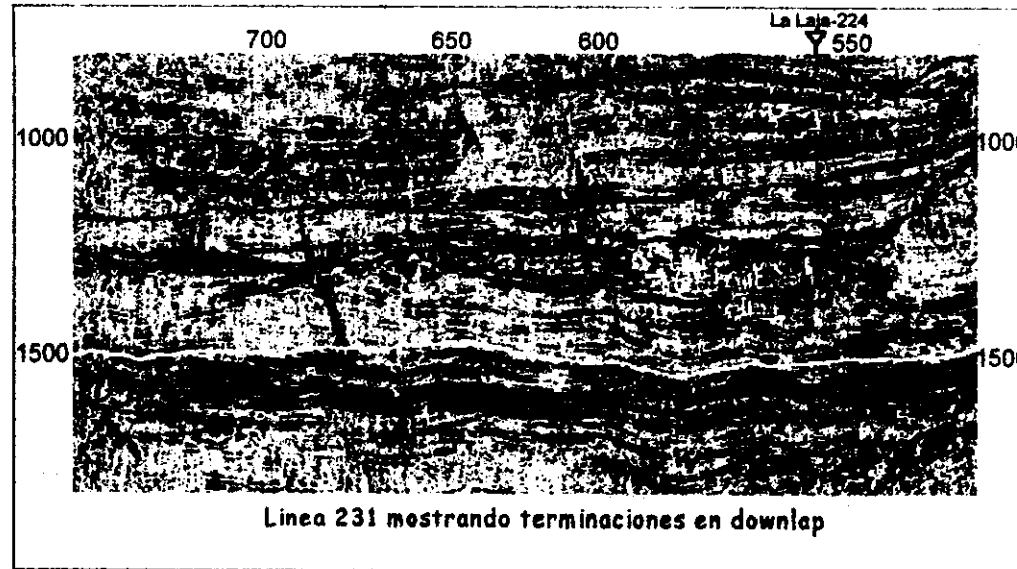
Patron upward finning (curva roja) en abanicos de talud. En la parte basal se encontraron conglomerados. Es probable que el punto de aporte este cercano.

Para esta secuencia y de acuerdo a la información aportada por el pozo Papatlas-1, la unidad esta caracterizada por conglomerados y alternancias de areniscas con laminación cruzada y lutitas, que de entrada nos indican las condiciones de energía que para esta porción del área se tuvieron, derivadas por una zona de entrada de sedimentos que se encuentra hacia esa parte (Fig. 66).

El pozo Granadilla-101 siguiendo la tendencia de aporte (Fig. 66) probablemente quedo situado hacia las zonas donde la energía va decreciendo, de tal manera, que hacia la base de la secuencia donde se tienen las mejores areniscas de este pozo, éstas estén mas pobremente desarrolladas; de gran utilidad hubiese sido que para este pozo y ha este nivel se cortaran núcleos que nos permitieran calibrar las facies sedimentarias por medio del análisis de estructuras sedimentarias.

Un factor que influyo de gran manera en la distribución que la secuencia presenta en el proyecto, fue la paleotopografía existente para este tiempo; se menciona esto, debido que a pesar de la tendencia general del paleocañon en cuanto a que funciono como un conducto de aporte sedimentario importante en dirección W-E, para esta secuencia en particular se tuvieron fuentes de suministro de mayor relevancia provenientes de la porción S-SE del área, aunque no se descartan aporte secundarios en el sentido tradicional del paleocañon(Fig-66). En sedimentología terrígena el hecho de interpretar las probables direcciones de aporte es de gran ayuda para tratar de interpretar la distribución lateral de facies que se puedan encontrar en una secuencia dada, de tal manera, que nos permita definir áreas donde se puedan tener los mejores desarrollos arenosos (Walker R.,1992,definicion de asociación de facies.).

Para la porción S-SE del área, la información sísmica de las líneas 231 y 205 nos dan un gran apoyo en el sentido de reforzar la interpretación de la dirección de aporte, ya que por medio del análisis de las terminaciones de reflexión en el que se visualizan terminaciones en downlap (SE-NW),nos da la idea de la dirección de las mismas (Fig.67). En esta parte del proyecto (SE), el pozo Papatlas-1 corto un núcleo consistente de conglomerados, lo cual nos da una idea de la energía del medio de deposito.



Rivas Reyes Esmer Orlando, 2000

Fig. 67 Modelo geológico integrando datos de registros y sísmica

Para esta secuencia, también se identificó otra zona de entrada de sedimentos, la cual queda localizada hacia la porción SE del área de estudio, siendo identificada a partir del patrón geométrico interno de mound visible en las líneas 226 y 224, las cuales tienen una dirección SW-NE y las líneas 229 y 237 con orientación NW-SE (fig-58 a,b,c), así mismo en la línea 226 dentro del mismo patrón interno "mound" hacia su porción superior resulta interesante el reflector sísmico bastante fuerte identificado.(Fig.58.b).

Llama la atención otro posible abanico que en este proyecto se considera de edad más antigua que el interpretado para el sistema de abanicos de talud, el cual puede visualizarse en las líneas 229 y 237.(fig. 68)

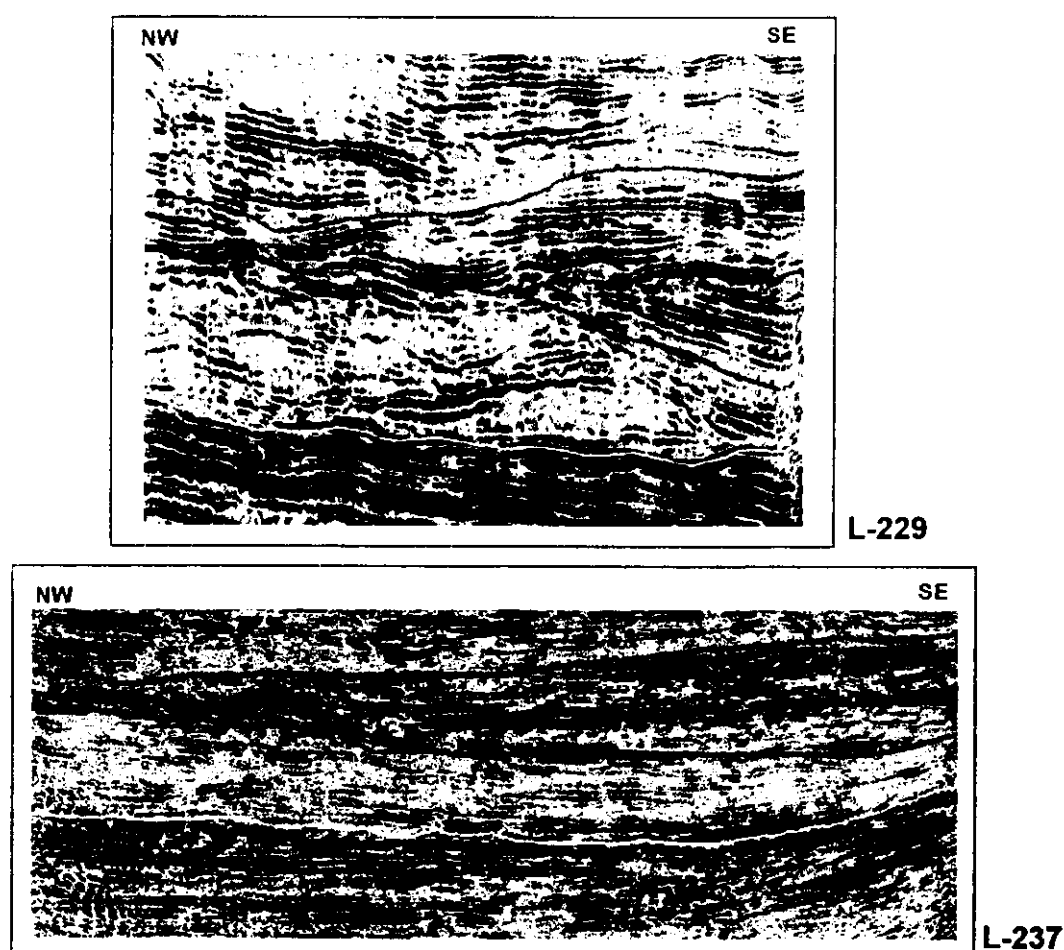
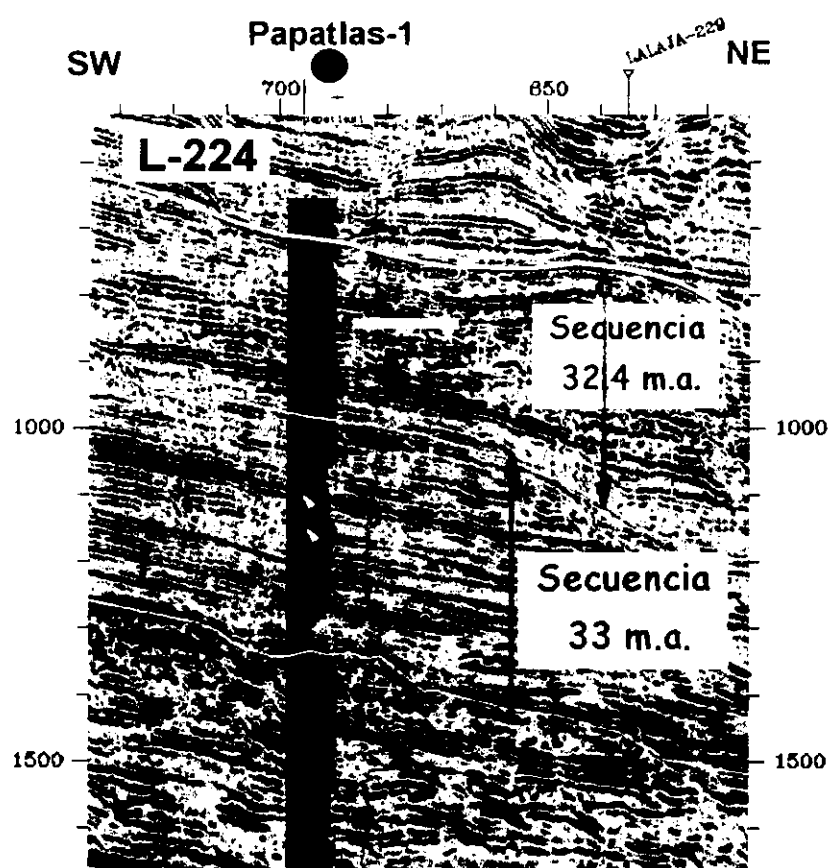


Fig 68 Abanico interpretado dentro de las secuencias objetivo (Verde y azul) y otro de edad más antigua que la secuencia 33 m.a.(entre rosa y verde)

V.4.2.-MODELO GEOLOGICO DEL SISTEMA DE CUÑA PROGRADANTE (PROGRADING WEDGE COMPLEX), SECUENCIA AZUL.

Esta secuencia a diferencia de la anterior se caracteriza por ser litológicamente más lodosa, ya que inicia su depósito cuando el nivel del mar estaba en un punto alto, descendiendo gradualmente a medida que la secuencia se depositaba, lo que da lugar a que su límite superior se encuentra caracterizado por una unidad de areniscas arcillosas que alternan con un paquete de lutitas de color gris a gris claro. Lo anterior es analizado a partir del comportamiento de la curva de registro de rayos gamma del pozo Papatlas-1 el cual corresponde a la tendencia denominada "upward coarsening". (Fig 69)



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig 69 Comportamiento de la curva de registro en el inicio de la secuencia azul.

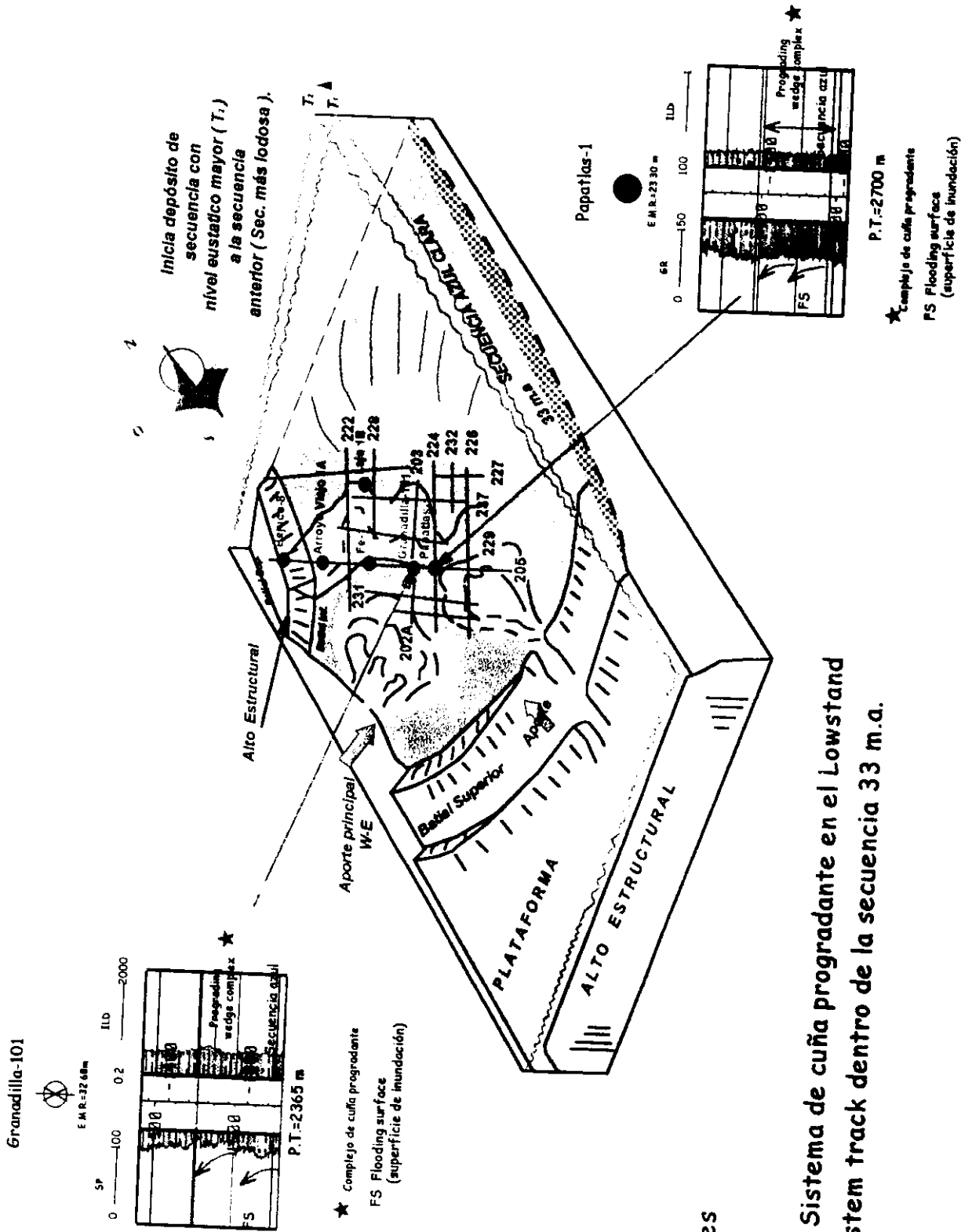
De acuerdo a Sangree J. Y Mitchum R.,1994, después de la caída del nivel eustático en el que se depositan los abanicos de piso de cuenca y los abanicos de talud, el nivel del mar empieza a elevarse lentamente. Este efecto, combinado con una subsidencia continua de la cuenca empieza a mover la posición relativa del nivel del mar hasta el antiguo quiebre depositacional del talud. Los ríos depositan sedimentos hasta el talud formando con esto el complejo de cuña progradante. Las unidades sedimentarias progradan lateralmente en la cuenca dando lugar a depósitos en el talud topográfico los cuales están compuestos predominantemente de lutitas y delgadas intercalaciones de areniscas.

En este trabajo se estima que los altos estructurales localizados en la parte NW y S-SE juegan un papel importante, ya que hacia esas partes los ríos que probablemente existieron fuera del área de estudio aportaron sedimentos en dirección NW-SE y SE-NW los cuales se depositaron en los taludes en forma progradante lo cual es comprobable con el comportamiento de las curvas de registros de los pozos Papatlas-1 y Granadillas-101 (Fig.70).

La paleotopografía sigue jugando un papel importante en los procesos sedimentarios y en su distribución, lo anterior es debido a que la depresión topográfica presente entre los dos altos estructurales localizados hacia la porción NW y SW del área, probablemente también funciona como un conducto principal de los sistemas turbidíticos en sentido W-E (Fig 70), los cuales se encuentran caracterizados por paquetes alternantes de lutitas gris a gris claro y areniscas gris y café cortados en los pozos Fe-1, Granadilla-101, Arroyo Viejo-1A y Papatlas-1.

La información sísmica nos apoya para interpretar la zona de entrada sedimentaria influenciada por la paleotopografía de la porción S, esto es apartir de los patrones de terminación de reflexión sísmica en downlap, los cuales fueron localizadas en la línea 205 entre los P.T. 500 a 550. (Fig.-59 b.)

Existen algunas oportunidades de exploración en este sistema. La primera es por los desarrollos arenosos que se acuñan hacia la plataforma somera a medida que el nivel del mar se eleva. En este trabajo no esperamos encontrarlos ya que los ambientes de deposito identificados son profundos. Una gran oportunidad se presenta en la cuña progradante cuando esta es expandida por fallas lístricas.



Rivas Reyes
 E.O., 2000

Fig.70 Sistema de cuña progradante en el Lowstand
 System track dentro de la secuencia 33 m.a.

V.4.3.-MODELO GEOLOGICO DEL SISTEMA DE HIGHSTAND (SECUENCIA MORADA)

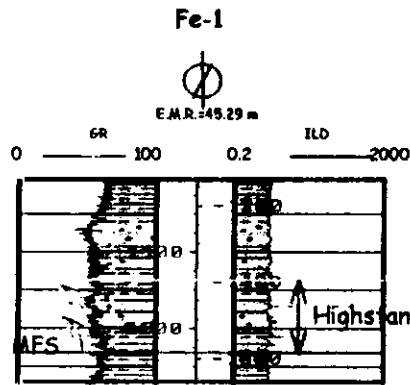
Este sistema es el ultimo patrón de deposito de la secuencia 33 m.a., el cual es depositado cuando el nivel del mar se encuentra en su punto mas alto - T2 a T3- (Fig.71). En este, los mares tienen su máxima avance hacia el continente y es ampliamente distribuido en la plataforma. En la plataforma se caracteriza por un conjunto de "parasecuencias sets" (paquetes rocosos que construyen a un sistema de deposito o System Track) agradacionales o progradacionales, pero aquí, la plataforma se encuentra fuera del área de estudio.

Debería de pensarse que los depósitos en la cuenca se condensan cuando se tienen condiciones de Highstand, pero si la tasa de sedimentación es mayor que la de subsidencia se logran ver patrones "upward coarsing" en los registros de pozos (fig.71).

El sistema de highstand es separado por una superficie de máxima inundación del Lowstand System Track, argumento tomado por la respuesta de los registros en los pozos Laja-1B y Fe-1, los cuales presentan un pico de máxima arcillosidad hacia la derecha del carril en la curva de rayos gamma(fig.71).

La entrada de sedimentos se dedujo de los patrones de reflexión sísmica en las líneas 229 y 205(Fig.43) y 231 y 233 (fig.62). En las primeras se observaron reflectores en downlap con dirección NW-SE por lo que se deduce que una entrada se tuvo hacia la parte NW. En las segundas se identificaron reflectores en downlap con dirección SE-NW por lo que se deduce otra entrada hacia la parte S-SE. Es probable que se tenga otra entrada siguiendo la paleotopografía del paleocañon, el cual tiene una tendencia W-E.

En este sistema las perspectivas exploratorias son muy pobres cuando se trata de explorar en condiciones profundas (batial superior e inferior), ya que se tiene mayor frecuencia de lutitas que de areniscas, sin embargo, se debe de buscar depósitos arenosos en condiciones costeras las cuales quedan fuera del proyecto.



Secuencia depositada en nivel Eustatico (T₃). Máxima elevación del nivel del mar. Las costas tienen su máximo avance hacia el continente

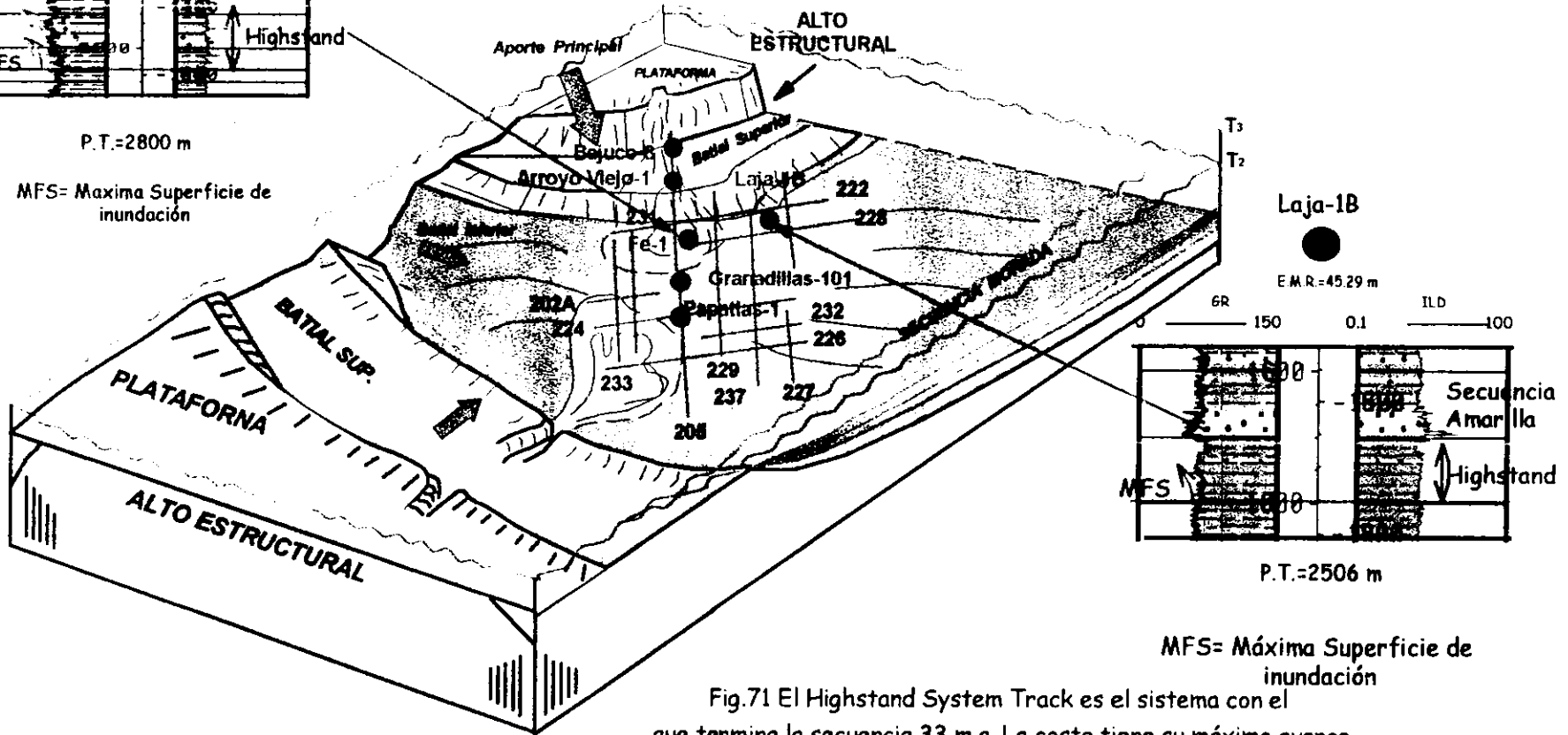


Fig.71 El Highstand System Track es el sistema con el que termina la secuencia 33 m.a. La costa tiene su máximo avance hacia el continente. En la Plataforma se forman secuencias progradantes (Parasecuencias). Las zonas más arenosas están hacia la costa. En la cuenca este sistema normalmente se condensa, pero si el régimen de subsidencia es menor que la tasa de sedimentación se logran ver patrones "Upward coarsing" en la cuenca.

V.4.4.-MODELO GEOLOGICO DEL SISTEMA DE ABANICOS DE TALUD(SECUENCIA AMARILLA).

Una nueva caída del nivel del mar (T4) da lugar al comienzo de la secuencia 32.4 m.a.(Fig72). Paleontológicamente se presenta la desaparición de la *Globigerina Opima Opima* (la cual da la edad) en el sentido de la perforación y comienza la aparición de la *Globigerina Ampliapertura* (Rico J, Garza A.,1996-Pozo Granadilla-101).

Debido a la caída del nivel eustático los sedimentos erosionados desde el continente y plataforma pueden llegar hasta el borde del talud e incluso llegar hasta la cuenca, una prueba de esto es la presencia de asociaciones de fósiles retrabajadas de edad más antigua (Eoceno),*Rico J.,Garza A.,1996*(Pozo Laja 1-A).

Debido a lo anterior, el primer sistema que construye la secuencia 32.4 m.a. es el lowstand system track, dentro del cual se identifico los abanicos de talud que es el modelo geológico que se describe.

La información sísmica y paleontológica nos proporciona datos que nos permiten interpretar un avance de la plataforma en dirección NW-SE (fig-72). Asimismo los patrones de reflexión sísmica en downlap (fig-73b) nos indican tendencias de aporte del NW hacia el SE.

Al igual que el sistema de abanicos de talud identificado dentro de la secuencia 33 m.a., es posible que en este también se encuentre una variedad de facies y que irían desde un sistema de canalizaciones con levees (bordes de canal) hasta procesos por gravedad como son los Slumps y flujos caóticos.

En el análisis de la sísmica se lograron identificar patrones que se pueden asociar a Slumps o Slides arcillosos y que en el mapeo de facies sísmicas fueron denominados "reflexión free" o "caóticos"(figs. 64 y 65). Asimismo dichos patrones caóticos que en la sísmica (L-229,222 y 228) se asocian a Slumps se plantean en el modelo sedimentario de la Fig.73, la cual es un zoom de la porción NW de la figura 72.

Es probable que algunos pozos del campo la Laja (Laja-8 y 9, hayan corta-

do estos cuerpos por lo cual se deduce que son muy arcillosos y sin interés económico- petrolero(fig-73).

Otro patrón sísmico fue identificado en la Línea 237(fig73b), el cual se le denomino sigmoide. De hecho este patrón es una de las mayores contribuciones de la sísmica a este estudio, ya que es asociado al sistema de abanico planteado en el modelo sedimentario de la figura 73 y el cual presenta interés económico-petrolero, ya que dentro de este patrón se encontraron arenas que son productoras (Laja-1B).

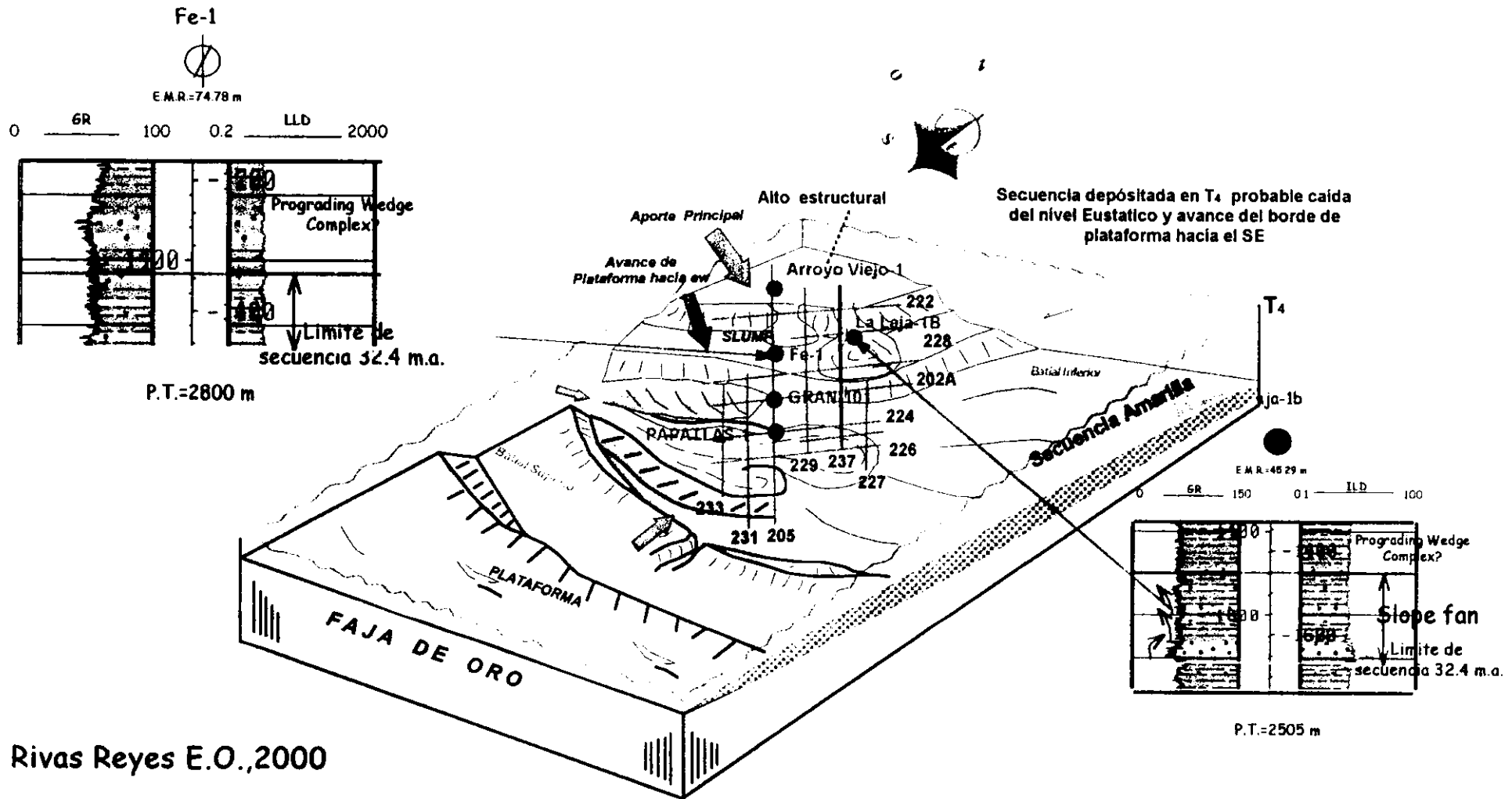
A este nivel estratigrafico, únicamente el pozo Laja 1b corto 3 núcleos (4,5,6), los cuales nos permiten considerar que dicho pozo probablemente corto un canal del sistema pero en una posición distal de la fuente de aporte, es decir en un abanico externo o bien en una zona intercanal (fig-73a).

La anterior deducción es hecha por las estructuras sedimentarias descritas en los núcleos antes mencionados, las cuales corresponden a estratificación paralela y que nos indica de alguna manera una energía moderada a baja.

Es conveniente mencionar que los mayores desarrollos arenosos en un sistema de abanicos los vamos a tener en la zona del abanico medio(*Reading and Richards,1994*) donde tenemos un mayor numero de canalizaciones y donde es probable que se tengan estructuras sedimentarias con estratificación cruzada, lo cual nos indica la energía del medio depositante de moderada a alta(fig-73).

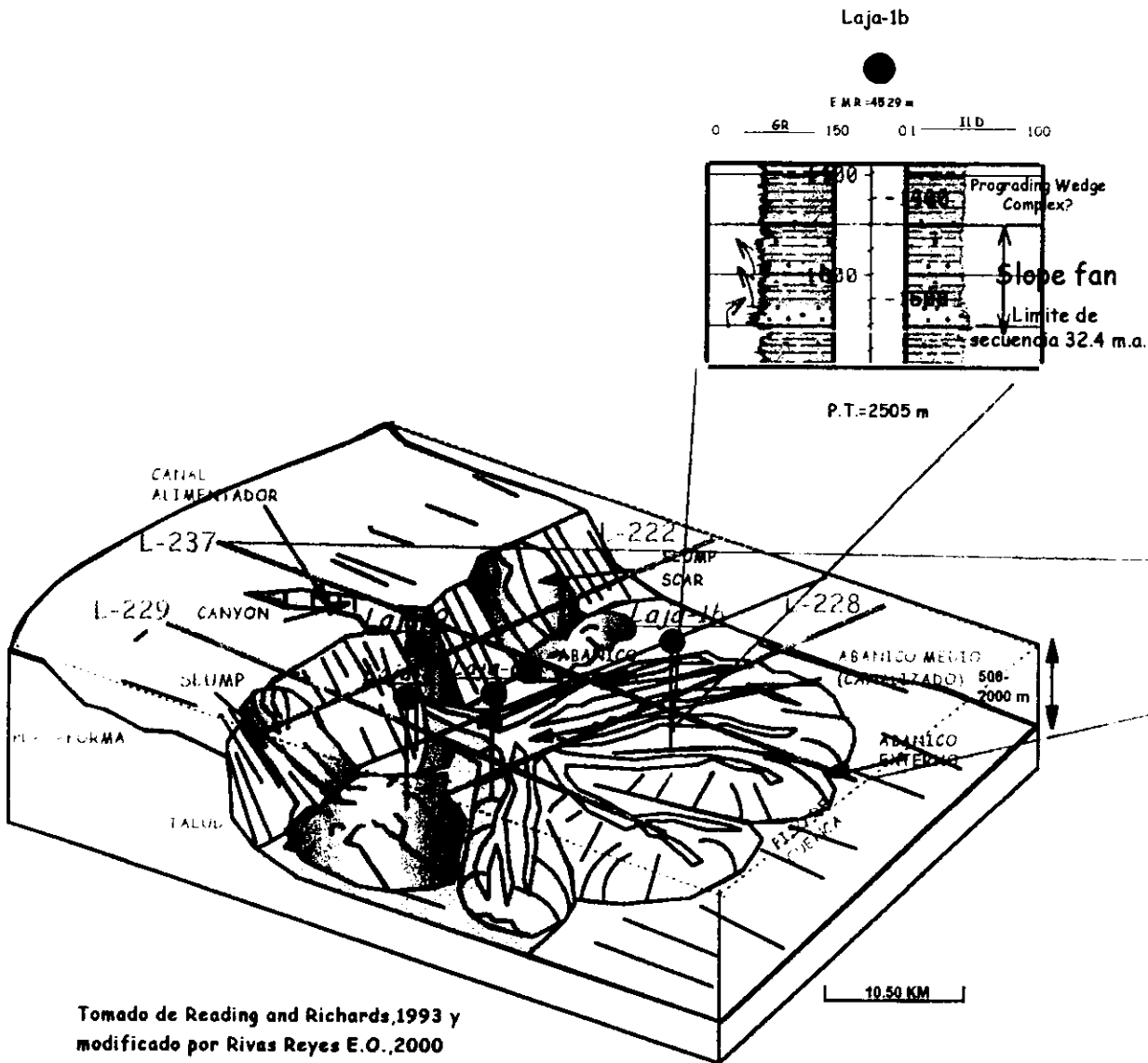
De acuerdo a lo anterior, si consideramos que el aporte sedimentario se presento en dirección NW-SE, y tomando en cuenta las estructuras sedimentarias de los núcleos 3,4 y 5 cortados a este nivel los cuales corresponden a estratificación paralela (Fig. 73.a), pensamos que la zona de abanico medio podría encontrarse hacia la izquierda de la posición del pozo Laja 1b calibrado con la sísmica(fig-73b).

Para esta secuencia, la otra porción que funciono como zona de entrada de sedimentos se encuentra localizada hacia la parte W del proyecto presentando una dirección W-E(fig.72)



Rivas Reyes E.O., 2000

Fig. 72 El modelo geológico corresponde a un sistema de nivel bajo (Lowstand System Track) dentro de la secuencia 32.4 m.a., el cual está constituido por un sistema de abanicos de talud (Slope fan), en su posición más baja, seguida probablemente por una cuña progradante (rosa).



Tomado de Reading and Richards,1993 y modificado por Rivas Reyes E.O.,2000

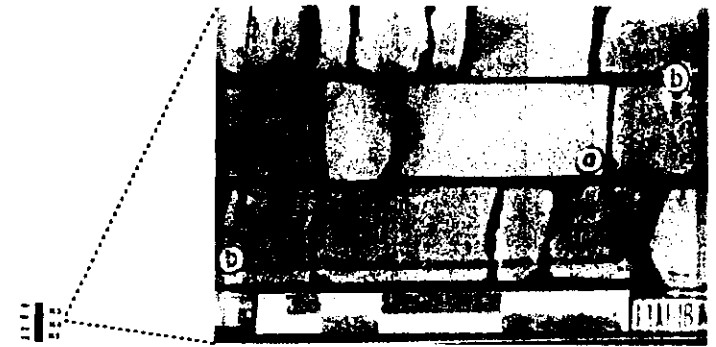


Fig 73a Pozo La Laja 1b N-4 Calcarenita de color café claro y café por contenido de hidrocarburos, las partes sin procesar corresponden a intercalaciones de limolita

Fig. 73d

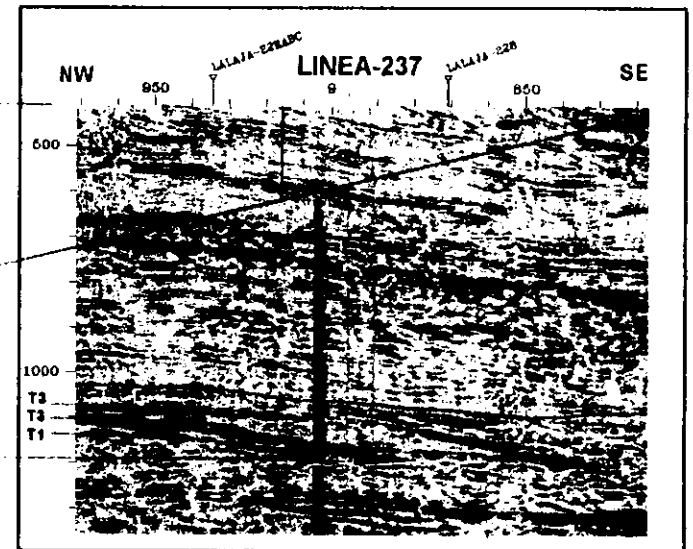


Fig. 73b.- Línea NW-SE muestra reflectores como tiempos de depósito y zonas de interés, además de terminaciones en downlap.

Fig.73 Modelo en zoom de la porción NW de la fig. 72 que muestra las condiciones sedimentarias de la arena productora en el pozo La Laja 1B(Las líneas azules representan líneas sísmicas).

V.4.5.-MODELO GEOLOGICO DE LA SECUENCIA ROSA (Sistema de cuña progradante?).

En este sistema no se identifico su limite superior pero por los patrones de terminación sísmica en downlap identificados en la línea 205 (fig-52) y las terminaciones en onlap definidos en la línea-224 (Fig-55) acuñándose sobre el horizonte rosa, interpretamos que encontramos el limite inferior de esta secuencia. Consideramos que este sistema es la cuña progradante, sistema que forma parte del Lowstand System Track y que a su vez forman parte de la secuencia 32.4m.a..

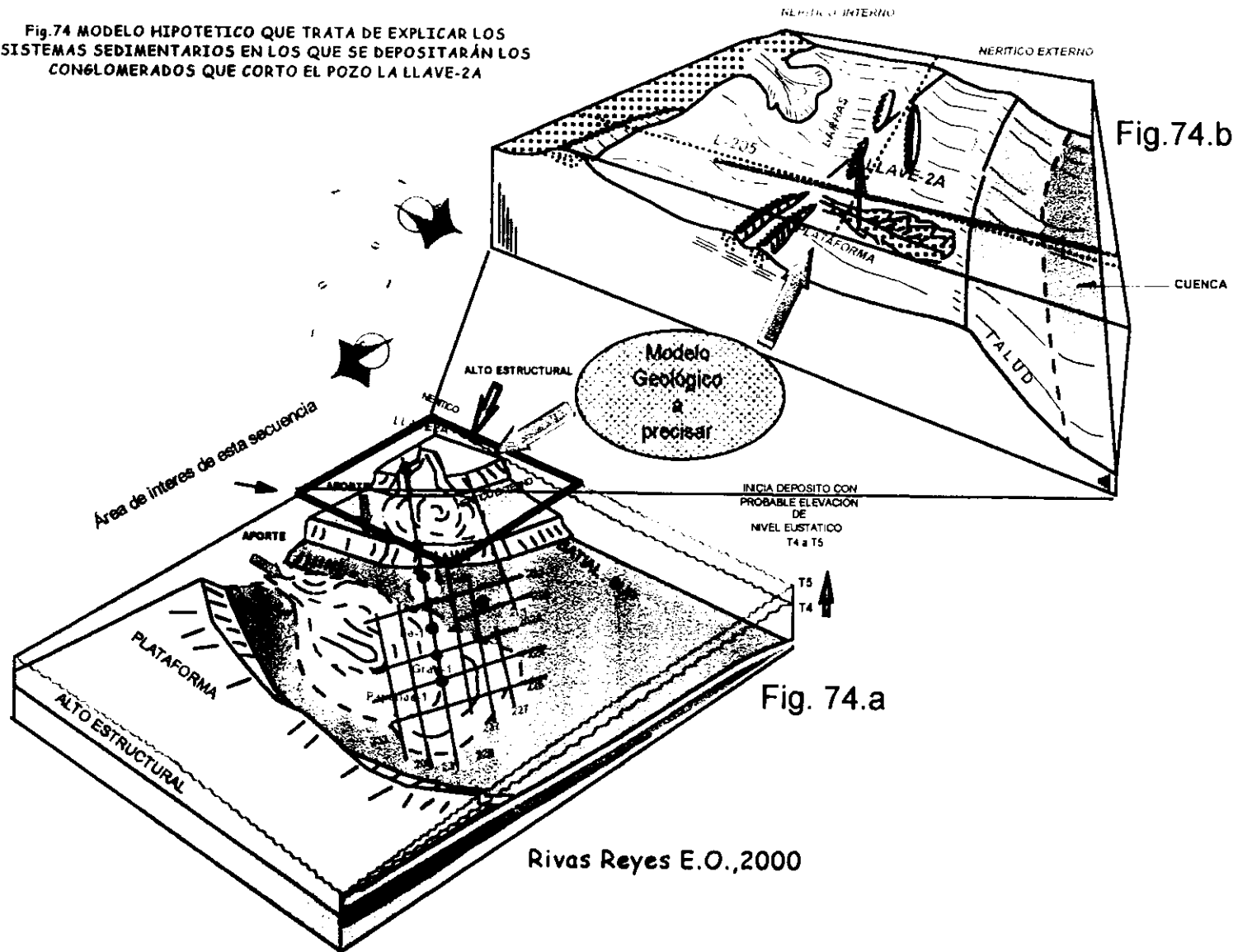
Cuando se deposita esta secuencia el nivel del mar se eleva gradualmente de T4 a T5(74a). Al igual que el sistema de cuña progradante identificado dentro de la secuencia 33 m.a., los ríos aportan sedimentación al talud y a la cuenca. es por ello que el alto estructural localizado hacia la porción NW sigue funcionando también como zona de entrada de sedimentos en batimetría marina somera, aunque en la mayor parte del área se tuvieron depósitos turbiditicos de ambientes batiales.(Fig. 74.a)

De acuerdo a la información de núcleos del pozo Arroyo Viejo 1A para esa porción del proyecto y en el lugar donde fue perforado dicho pozo se han interpretado fenómenos de transporte de masas que pueden relacionarse con Slumps o Slides y los cuales se depositaron sobre un talud (Fig.53 y 74.a).

Una de las zonas que revisten gran importancia desde el punto de vista económico, es la localizada precisamente en la porción NW del proyecto (Fig.74.a y b), el interés de esta se debe a que el pozo La Llave 2A corto un paquete de rocas conglomeraticas constituidas por clastos biógenos color café por impregnación de aceite que fueron considerados como depositados en ambientes someros (*Flores Balboa R., I.V. PEMEX 1002*). En este intervalo se realizo una prueba de producción que resulto insatisfactoria debido a que el resultado oficial de dicha prueba fue dada como incosteable de aceite (Inf. Final de Pozo, PEMEX, inédito).

Con respecto a lo anterior si es que el ambiente de deposito corresponde a condiciones someras (el comentario se menciona debido a que el análisis paleontológico menciona como indeterminado dicho intervalo) habría que pensar o precisar el modelo sedimentario en el cual se depositaron las rocas cortadas

Fig.74 MODELO HIPOTETICO QUE TRATA DE EXPLICAR LOS SISTEMAS SEDIMENTARIOS EN LOS QUE SE DEPOSITARÁN LOS CONGLOMERADOS QUE CORTO EL POZO LA LLAVE-2A



por el pozo Llave 2A, esto es porque a este mismo nivel y hacia la porción NE fuera del área del proyecto, el pozo la Tota-1A corta rocas conglomeráticas con características litológicas diferentes a la del pozo anterior. Otro punto para reflexionar sería el referente a los sistemas sedimentarios que pudiéramos encontrar en ambientes someros (plataforma) y que pudieran resultar de interés económico; dentro de estos se pueden mencionar las islas de barrera, los deltas tipo "ebb" o los depósitos de "washover" (debido a tempestitas).

Por último, la tendencia de aporte sedimentario en dirección W-E sigue prevaleciendo para esta etapa de evolución geológica, de tal manera que tenemos depósitos turbidíticos distribuidos en la mayor parte del área debido a este conducto de sedimentos.(Fig.74a).

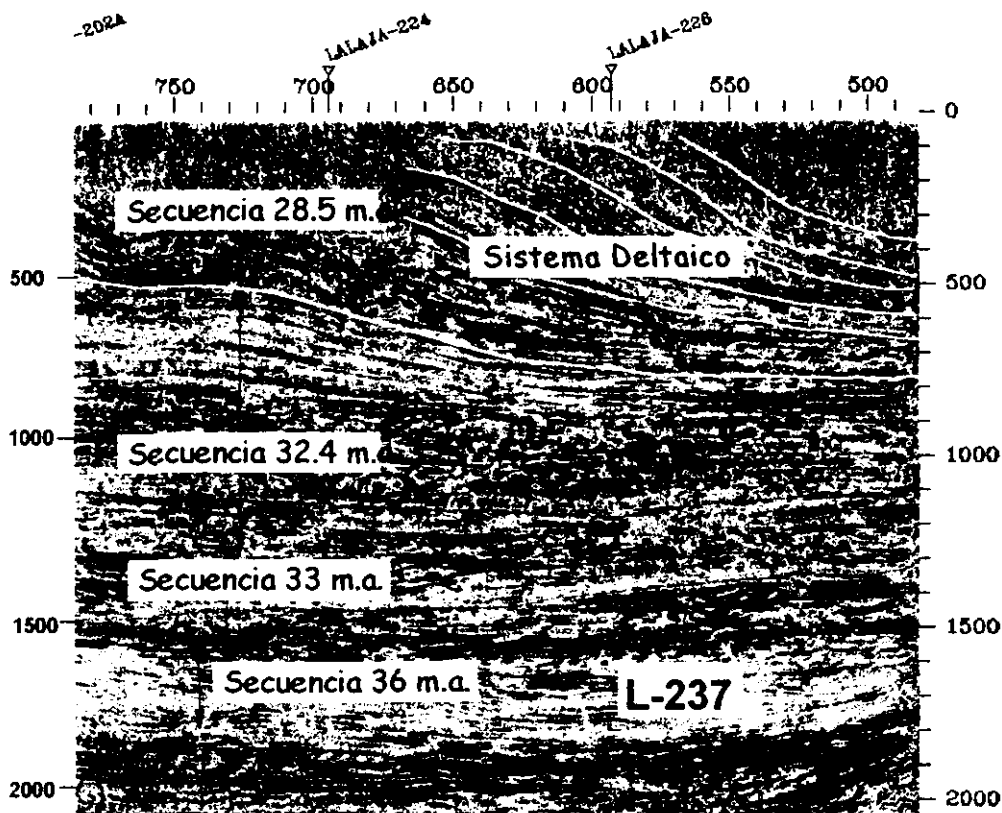
V.4.6.-MODELO GEOLOGICO DE LA SECUENCIA 28.5 M.A.(HIGHSTAND)

El principal objetivo de mencionar esta secuencia, es mostrar otra vez que la información de patrones sísmicos nos apoyan de gran manera para asociarlos a sistemas sedimentarios, claro, en este caso también apoyado con la información Paleontológica. La identificación de esta secuencia de acuerdo a dicha información es debida a la desaparición de la *Globigerina Ciperioensis* Ciperioensis (la cual da la edad) en el sentido de la perforación y la aparición de la *Ampliapertura*.

El intervalo donde se encuentra el patrón sigmoidal progradante(líneas amarillas fig.75) es definido como un sistema de highstand conformado por parasecuencias progradantes, éste, es un sistema de depósito que forma parte de la secuencia 28.5 m.a. Rico J., Garza A.,1996, nos dan un ambiente nerítico medio a externo de acuerdo al análisis de los pozos Granadilla-101, Arroyo Viejo-1 y Laja 1b.

Por lo anterior, pensamos que el patrón sísmico sigmoidal progradante es asociado a un sistema sedimentario deltaico. De acuerdo a la clasificación de deltas(*Galloway,1975*), existe una división tripartita que los ubica en deltas dominados por ríos, por mareas y por olas, la cual es basada en la relación de influencia de procesos fluviales contra procesos de cuenca (mareas y olas).

Pensamos que el sistema deltaico en cuestión es un delta dominado por ríos donde la tasa de sedimentación es bastante considerable por lo que provoca una progradación hacia la cuenca y dichas progradaciones son detectadas por la información sísmica (fig.75).

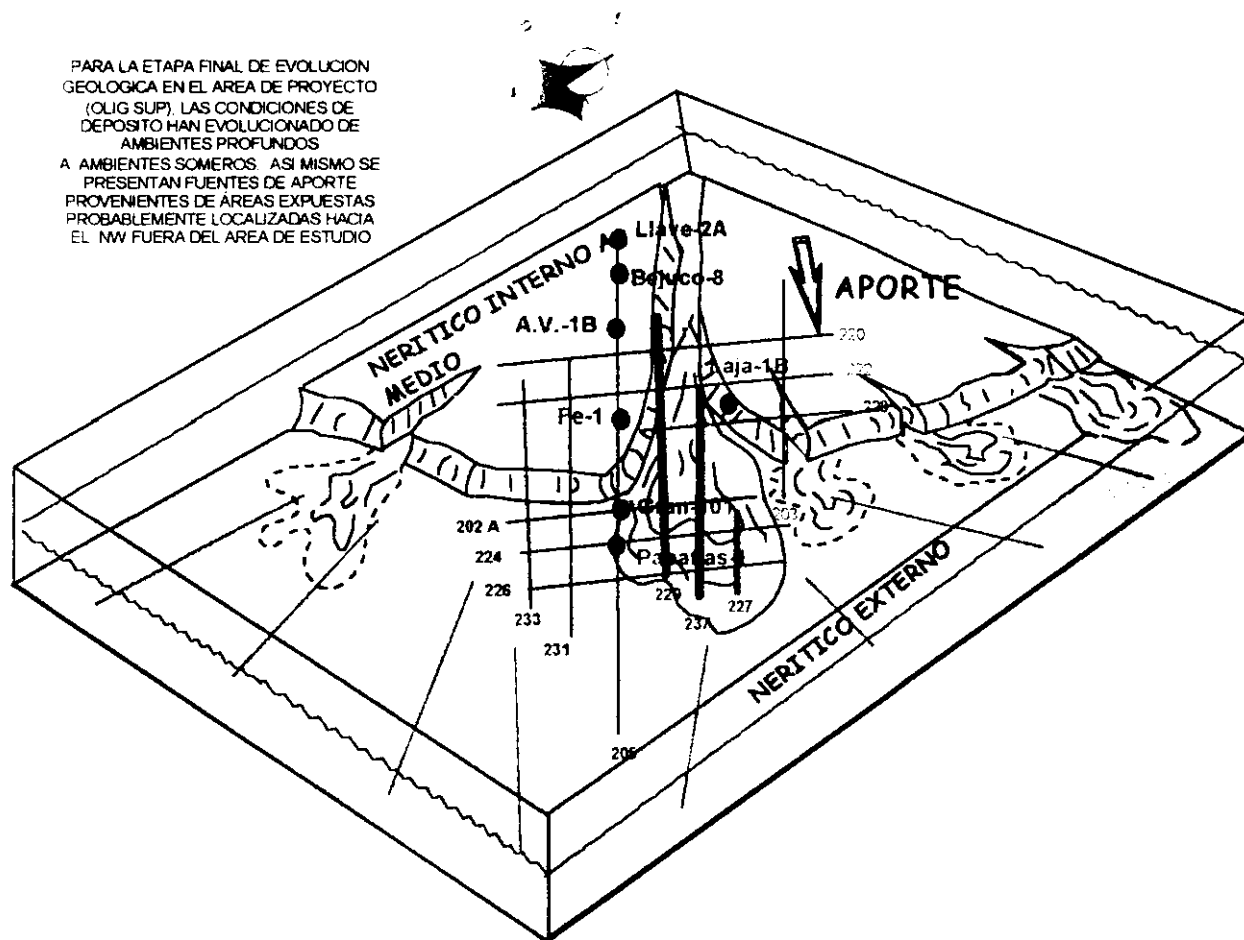


Rivas reyes E.O.,2000

Fig.75 Secuencias objetivo e información sísmica progradacional

La información sísmica que nos permite definir el modelo que se maneja en esta etapa son las líneas sísmicas 237, 229 y 227, la dirección que éstas presentan son NW-SE (Fig.76). La línea 237 es la que muestra con mejor expresión los lóbulos pertenecientes a un sistema deltaico de deposito (patrón sigmoide) (Fig.75); es muy probable que entre los P.T. 550 a 750 se tengan buenas rocas almacenadoras que podrían tener interés económico pero

desafortunadamente el intervalo carece de sello, así mismo, aunque en el área de estudio no se ha logrado definir la zona de costa, es muy probable que ésta se encuentre más hacia la porción NW y fuera del proyecto.



Rivas Reyes E.O.,2000

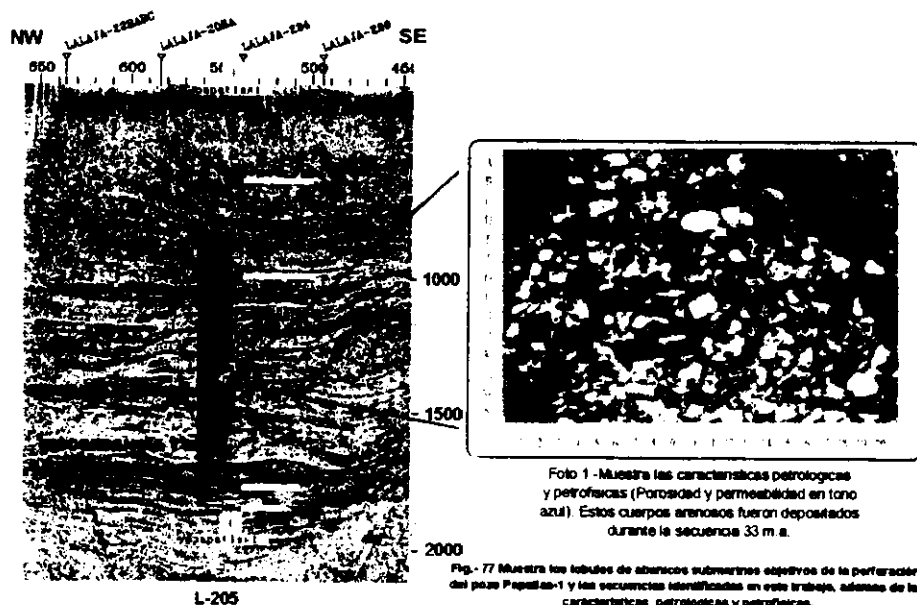
Fig. 76 Modelo sedimentario de Highstand dentro de la secuencia 28.5 m.a. (Oligoceno Superior) en el área de estudio.

V.5.-DELIMITACIÓN DE AREAS DE INTERES.

V.5.1.-ABANICOS DE TALUD (SLOPE FAN) DENTRO DE LA SECUENCIA 33 M.A.

Como se menciona en los antecedentes, en el año 1996 a partir de los análisis geológicos y geofísicos realizados por el Grupo Multidisciplinario Bejuco-La Laja, se propuso perforar un pozo exploratorio denominado Papatlas-1 con el objetivo de probar dos lóbulos de abanicos submarinos interpretados a partir de las líneas 205,226 y 224 y depositados durante el Oligoceno Inferior. Con la perforación de dicho pozo se confirmó la presencia de cuerpos arenosos con manifestación de aceite en el lóbulo superior, no así en el lóbulo inferior donde se encontraron flujos carbonatados de edad Cretácico Superior Indiferenciado (Fig.-77).

En el análisis petrofísico de fragmentos de núcleo cortados al nivel estratigráfico correspondiente a la expresión sísmica del lóbulo superior (1710-1720 m.), David K. Davies (1997) menciona que se tratan de areniscas moderadamente clasificadas, consistiendo de granos subangulares a angulares de cuarzo monocristalino además de pequeñas cantidades de feldespato. También menciona que los granos de fragmentos de roca son abundantes y consisten de fragmentos carbonatados. Este análisis permitió también conocer que la porosidad es de tipo intergranular, encontrándose moderadamente desarrollada (tono Azul) y parcialmente ocluida por cementación calcítica desarrollada en asociación con fragmentos carbonatados. Finalmente menciona que la calidad del yacimiento es considerada pobre (Fig.77)



El análisis petrofísico de dichas areniscas es mostrado en la tabla-2:

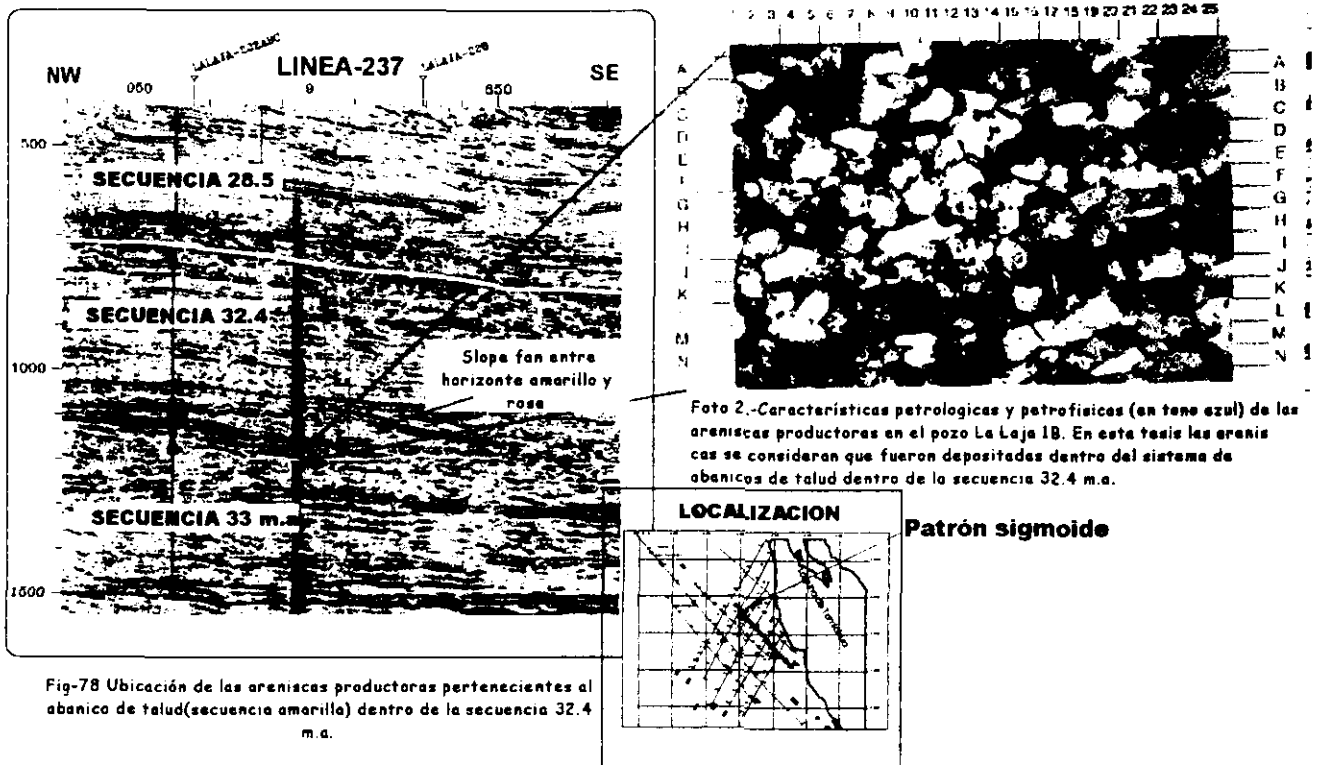
DATOS PETROFISICOS DE POZOS DEL AREA BEJUCO-LA LAJA

POZO	INTERVALO M.	ESPESOR NETO M.	POROSIDAD %									PERM. MD.		S W %				
			NUCLEOS			REGISTROS			D.K.D.			D.K.D.		D.K.D.		NUCLEOS		REGISTROS
			Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
LA LAJA-1B	1680 - 1706 2318 - 2380	18 20	4	12	17	12	18	28	18	28	30	1000	45	31	72	48	65	
FE-1	1888 - 1961	50				7	12	20								42	60	
ARROYO VIEJO-1A	2090 - 2185	64	6	12	14	6	11	22						73	84	37	55	
PAPATLAS-1	1756 - 1763 1685 - 1730					6	18	23								45	60	

TABLA -2

En el análisis petrográfico de las areniscas del N-4 cortado por el pozo Laja 1B, David K. Davies (1997) menciona que se trata de areniscas calcáreas de grano fino, moderadamente clasificadas consistiendo predominantemente de granos de cuarzo monocristalino (H-10), además de granos de fragmento de roca (A-12) y granos de fragmentos carbonatados (A-17). La porosidad es intergranular y se encuentra moderadamente desarrollada. El espacio poroso se encuentra parcialmente ocluido por sobrecrecimientos de cemento silicio (B-20,C-21, bordes de granos blancos). En este análisis también se comenta que la estructura porosa de la roca es capaz de la transmisión de fluidos si este intervalo es probado (Fig.78)

La razón de hacer dicha comparación entre la calidad de las areniscas como roca almacén, es mostrar que tenemos evidencia que en el proyecto existen rocas con capacidad de almacenar y transmitir fluidos si estos son probados. Aunque en este trabajo se ha encontrado que las areniscas productoras en el pozo Laja-1B se asocian con el sistema de abanicos de talud dentro de la secuencia 32.4 m.a., pensamos que en el sistema de abanicos de talud dentro de la secuencia 33 m.a., podemos encontrar cuerpos arenosos con posibilidades de almacenar hidrocarburos; la evidencia de ello son los cuerpos de areniscas del mismo sistema de abanicos de talud de la secuencia 33 m.a. cortadas por el pozo Fe-1, que aunque no se probaron, se estima que pueden resultar productores (calculo de registros de pozos). Por tanto, las áreas donde podemos tener la posibilidad de encontrar mayores desarrollos arenosos, es la localizada en la porción SE del proyecto donde en el mapeo de facies sísmicas fue interpretada como "facies mound"(Fig-58)



Rivas Reyes E.O., 2000

Geológicamente tales expresiones sísmicas se interpretan como otro patrón de abanico submarino con tendencia de aporte del SE y diferente al que dio origen a las areniscas cortadas en el pozo Papatlas-1 (Fig. 58). Llama la atención el reflector fuerte que se encuentra en la línea 226 entre los P.T. 480 a 580 a un tiempo aproximado de 1.400 seg. el cual corresponde al límite superior de este sistema sedimentario (Fig. 58b)

La razón que nos permite relacionar el patrón sísmico "mound" con un sistema arenoso, es que en este trabajo de tesis hemos encontrado dos patrones sísmicos (los patrones sigmoidales), que hemos asociado: uno a abanicos submarinos con arenas productoras y el otro a un sistema deltáico.

V.5.2.-ABANICOS DE TALUD DENTRO DE LA SECUENCIA 32.4 m.a.

Para esta otra secuencia, el área que presenta mayor interés, es la zona localizada en la porción N-NW, la cual en el plano de facies sísmicas fue interpretada como una configuración interna sigmoide que geológicamente se asocia con avances de plataforma relacionada a talud y con una tendencia de aporte NW-SE (Fig.72). Sedimentológicamente, las zonas de interés económico, son las más cercanas a la fuente de aporte donde se supone que existe mayor energía del medio depositante y por lo tanto areniscas con mejores características de roca almacén, lo cual es posible que suceda entre los P.T. 940 a 970 y a un tiempo de 1.100 seg. (Fig. 73a y b).

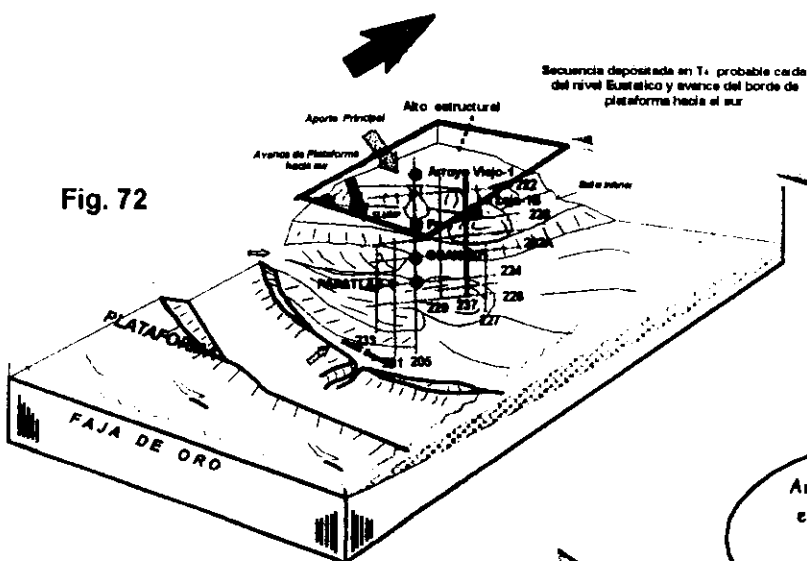
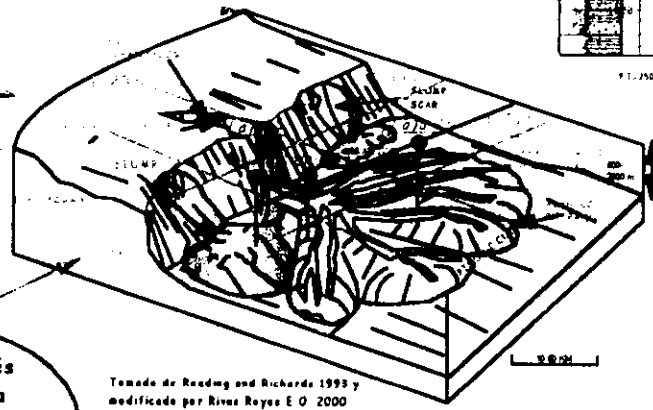


Fig. 72



Tomado de Reading and Richards 1993 y modificado por Rivas Reyes E.O. 2000

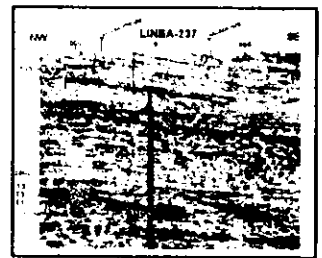
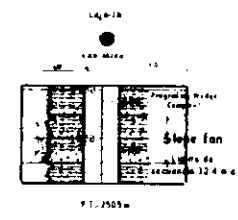


Fig. 75. Línea NW SE muestra reflectores como tiempos de depósito y líneas de mirror, además de terminaciones en depósitos

Fig. 73 Modelo en zoom de la porción NW de la fig. 72 que muestra las condiciones sedimentarias de la arena productora en el pozo La Laja 1B (Las líneas azules representan líneas sísmicas).

Areas de interés económico para la secuencia amarilla

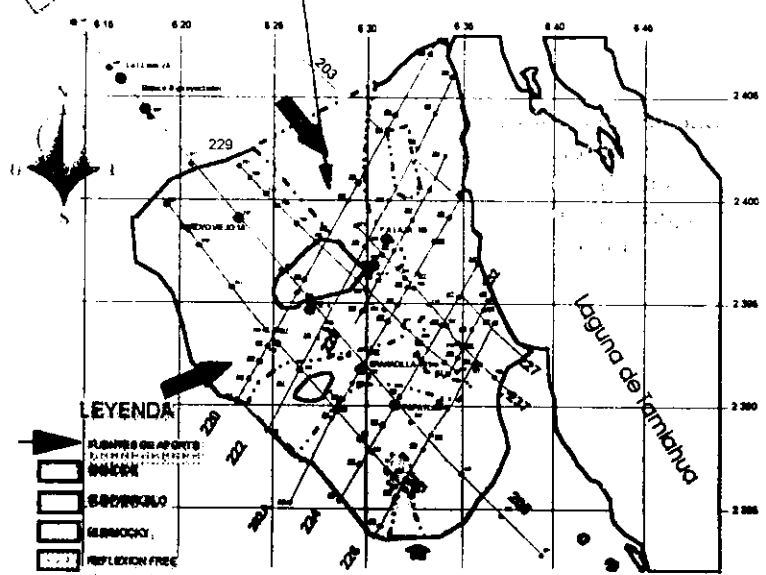


Fig 85 MODELO DE FACIES SISMICAS MOSTRANDO AREA DE INTERES

.5.3.-CUÑA PROGRADANTE? DENTRO DE SECUENCIA 32.4 (ROSA)

Esta es otras de las secuencias que presentan interés de tipo económico, ya que hacia la porción NW del área de estudio entre los P.T. 900 a 950 de la línea 205, el pozo (proyectado) Llave 2A corto rocas conglomeraticas de ambientes marinos someros con impregnación de aceite, y en el cual el resultado de la prueba de producción se dio como incosteable. A pesar de lo anterior, el área mostrada en la Fig. 74 a y b sigue revistiendo importancia, ya que es probable que se tengan sistemas sedimentarios donde se presenten desarrollos de rocas con mejores características de roca almacén como serian las barras de arena.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES
y
RECOMENDACIONES

CAPITULO VI.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

1.-2 secuencias de 3er. orden (Apéndice A—A.1.3.3), fueron identificadas tomando en cuenta la bioestratigrafía, el comportamiento de las curvas de registro y las terminaciones de reflexión sísmica, dichas secuencias fueron denominadas: 33 m.a y 32.4 m.a. (Fig. 80).

2.-La secuencia 33 m.a. fue identificada por la aparición en el sentido de la perforación de la biozona pseudohastigerina micra y la desaparición de la *Globigerina Ampliapertura*, además apoyada por las truncaciones erosionales identificadas en la línea-205 por debajo del límite de secuencia y las terminaciones en onlap por arriba de la misma. El comportamiento de la curva de rayos gamma nos ayudo a reforzar la identificación de la secuencia, esto es, porque los pozos Fe-1, Granadilla-101, y Papatlas-1 cortaron desarrollos arenosos en el límite de secuencia.

3.-La secuencia 32.4 m.a. fue identificada por la aparición en el sentido de la perforación de la biozona *Globigerina Ampliapertura* y la desaparición de la *Globigerina Opima Opima*, además apoyada por las terminaciones en downlap identificadas en la línea-237 y las terminaciones en onlap en la línea-205. El comportamiento de la curva de rayos gamma nos ayudo a reforzar la identificación de la secuencia, esto es, porque el pozo Laja 1B corto desarrollos arenosos en el límite de secuencia.

4.-Dentro de la secuencia 33 m.a. se identificaron 2 sistemas de depósito: Un sistema de nivel bajo (Lowstand System Track) y uno de nivel alto (Highstand System Track. Una máxima superficie de inundación separa los dos sistemas (Horizonte morado-Fig.80-).

5.-Dentro del sistema de nivel bajo se identificaron un sistema de abanicos de talud y uno de cuña progradante.

6.-*El sistema de abanicos de talud tiene interés económico-Petrolero* ya que es asociado con una caída importante del nivel del mar lo que permite que los sedimentos arenosos erosionados en el continente o plataforma puedan llegar hasta el talud e inclusive la cuenca. Es por ello que en este sistema se han identificado los mejores desarrollos arenosos comprobables en el pozo Fe-1 y Papatlas-1(Fig. 80). En el límite de secuencia las areniscas

cortadas por los pozos antes mencionados además del Granadilla-101 presentan manifestaciones de aceite.

7.-Dentro del sistema de abanicos de talud se han identificado patrones sísmicos "mound" que se pueden asociar con desarrollos arenosos.

8.-El sistema de cuña progradante (entre horizonte azul y morado-Fig.80-) fue depositado en condiciones de nivel de mar mas elevado que el anterior sistema, es por ello, que se tienen mayores desarrollos lodosos. Este sistema fue interpretado por el comportamiento de las curvas de registro de rayos gamma en "upward coarsing" de los pozos Papatlas-1 y Arroyo Viejo-1A.

9.-Una máxima superficie de inundación es identificada por picos arcillosos de la curva de rayos gamma en los pozos Fe-1, Laja-1B y Arroyo Viejo-1A (Horizonte Morado-Fig.80). Este horizonte separa el sistema de nivel bajo del alto.

10.-Sísmicamente la máxima superficie de inundación es representada por amplitudes fuertes. Además se identificaron terminaciones en downlap por arriba de dicha superficie de inundación.

11.-El sistema con el cual termina la secuencia 33 m.a es el sistema de nivel alto (Highstand System track-Fig-80-). El nivel del mar se encuentra en su punto mas alto por lo que las líneas de costa avanzan hacia el continente. En la cuenca, la tasa de sedimentación mayor que la de subsidencia permiten depósitos importantes lo que nos da patrones upward coarsing en los registros de los pozos Arroyo Viejo-1A y Fe-1. Litológicamente este sistema tiene mayor presencia de lodo y escasos desarrollos de arena.

12.-La secuencia 32.4 m.a. inicia su deposito con un sistema de nivel bajo, el cual fue interpretado como un sistema de abanicos de talud (Entre horz. Amarillo y rosa).

13.-*El sistema de abanicos de talud dentro de la secuencia 32.4 m.a. presenta también interés económico-petrolero ya que dentro de éste se han podido identificar rasgos sísmicos que se asocian a abanicos submarinos con una fuente de aporte en dirección NW-SE. Dentro de estos sistemas sedimentarios se deduce que fueron depositadas las areniscas productoras en el pozo Laja 1B, las cuales, se interpreta que quedaron en una posición*

distal de la fuente de aporte, todo lo anterior deducido por el patrón sigmoide identificado en la línea-237 y las estructuras sedimentarias identificadas en los núcleos 3,4,5 cortados en el pozo la Laja-1B.

Dicha sistema es identificado a partir de las terminaciones en onlap visualizadas en la línea-205, y por el comportamiento de la curva de registro rayos gamma en "upward finning" del Pozo la Laja-1B, la cual, presenta una inflexión hacia la izquierda que es debida a los desarrollos arenosos productores en dicho pozo.

14.- También dentro del sistema de abanicos de talud se han mapeado patrones sísmicos denominados "Reflexión Free o Caóticos" que son asociados a procesos por gravedad (Slumps).

15.-El sistema de cuña progradante suprayace al sistema de abanicos de talud (horiz. Rosa-Fig.80-). Sísmicamente es apoyado por las terminaciones sísmicas en downlap identificados en la línea-205, además del comportamiento de las curvas de registros de los pozos Llave-2A , Arroyo Viejo-1A y Papatlas-1, que son debidas a los cuerpos arenosos cortados en el limite de dicha secuencia (Fig.80). En este limite se ha encontrado manifestación de hidrocarburos en los pozos Llave-2A, Arroyo Viejo 1A, Fe-1 y Papatlas -1.

Sedimentologicamente dicha secuencia se ve influenciada por la variación lateral de ambientes de depósito, ya que hacia la porción NW se identificarón ambientes de plataforma, así como en la parte donde fue perforado el pozo Arroyo viejo 1A se interpretaron ambientes de talud, y ambientes marinos profundos con batimetrías batial superior donde se perforaron los pozos Fe-1, granadilla-101 y Papatlas-1 (Fig.80).

Para esta secuencia el área que económicamente presenta cierto interés es la localizada hacia la porción NW del proyecto, esto es, porque el pozo Llave-2A corto un cuerpo de conglomerados de fragmentos biógenos y con impregnación de aceite, depositados en ambientes someros (plataforma?).

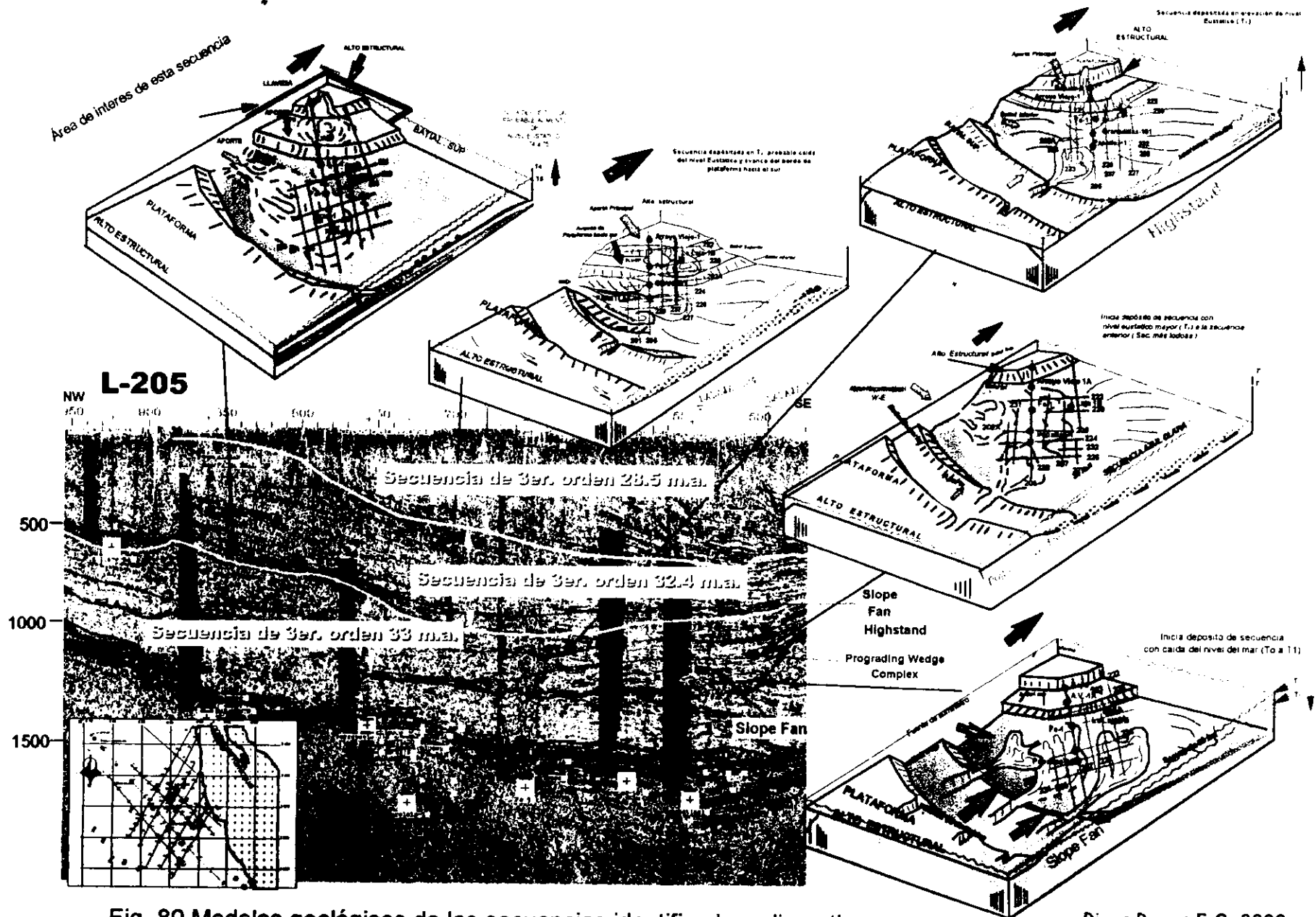


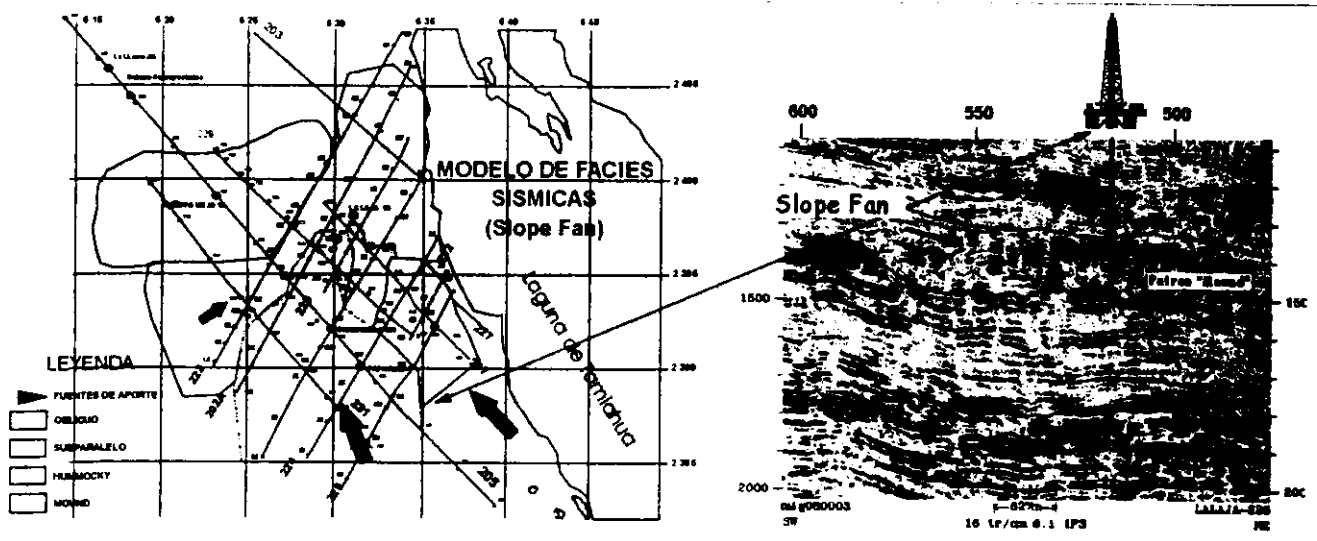
Fig. 80 Modelos geológicos de las secuencias identificadas y línea tipo.

RECOMENDACIONES

1.-Para el sistema de abanicos de talud en la secuencia 33 m.a., se recomienda considerar y evaluar los patrones sísmicos de "mound" que presentan su mejor expresión en la línea 226. Llama la atención el reflector fuerte en la parte superior del patrón sísmico antes citado, el cual puede corresponder a cuerpos de areniscas.

En el aspecto geológico, si se considera que se tiene una fuente de aporte hacia la porción SE del proyecto, la zona donde se tiene el mound con mejor expresión es probable que corresponda a zonas cercanas de la fuente de aporte y por lo tanto se tengan areniscas con mejores características de roca almacén, es por ello, que se recomienda la perforación de un pozo en el P.T. 520 de la línea 226 tratando de encontrar paquetes de areniscas con presencia de aceite que nos ayuden a incrementar el interés en el área (Fig. inferior). Cabe recordar que ya se cuenta con una analogía de areniscas en la misma área de estudio que aunque con una producción modesta nos demuestran que son capaces de almacenar y transmitir hidrocarburos.

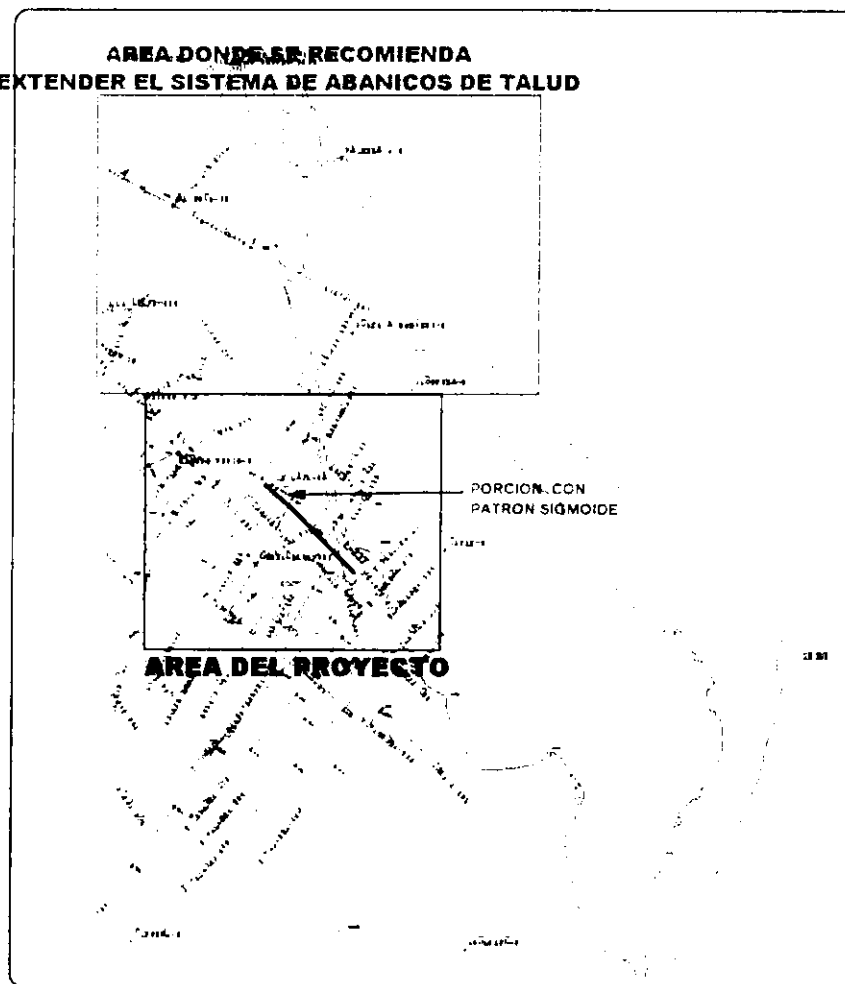
Otro factor que hay que tomar en cuenta con respecto a la expresión sísmica, es que el patrón interno "mound" que puede asociarse con presencia de areniscas presenta una distribución aceptable en el proyecto.



L-226 muestra el patrón mound

2.-Se recomienda correlacionar el sistema de abanicos de talud de la 33 m.a. en todas las líneas del paleocañon ya que es probable que se encuentren patrones sísmicos que se puedan asociar a depósitos arenosos, con lo cual obtendríamos mas áreas de oportunidad que le daría valor a la zona del paleocañon .

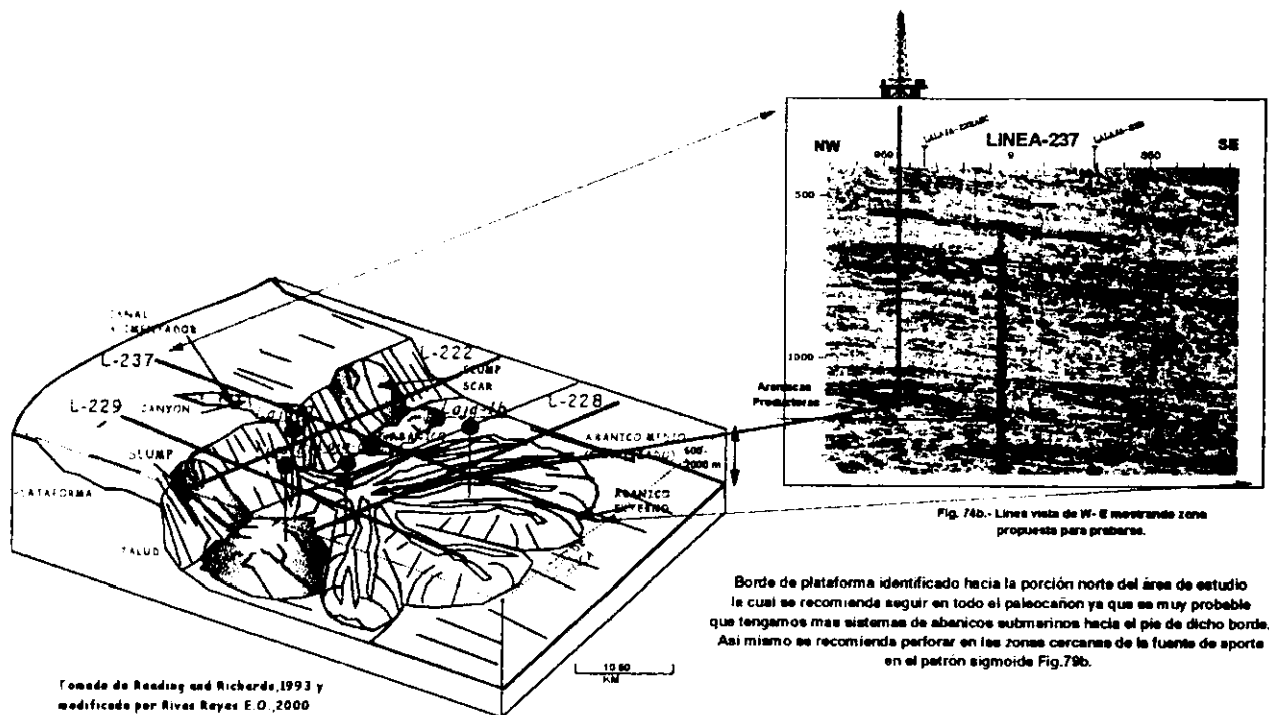
3.-Se recomienda correlacionar el sistema de abanicos de la talud de la secuencia 32.4 m.a.(fig.81), tratando de buscar patrones sísmicos que se puedan asociar con depósitos arenosos, ya que en este trabajo se ha comprobado que el patrón "sigmoide" identificado en la línea 237 esta asociado a cuerpos de areniscas que han resultado productoras (Laja-1B).



Rivas Reyes E.O.2000

Fig. 81.-Plano de Líneas sísmicas del proyecto; además área donde se recomienda correlacionar el sistema de abanicos de talud

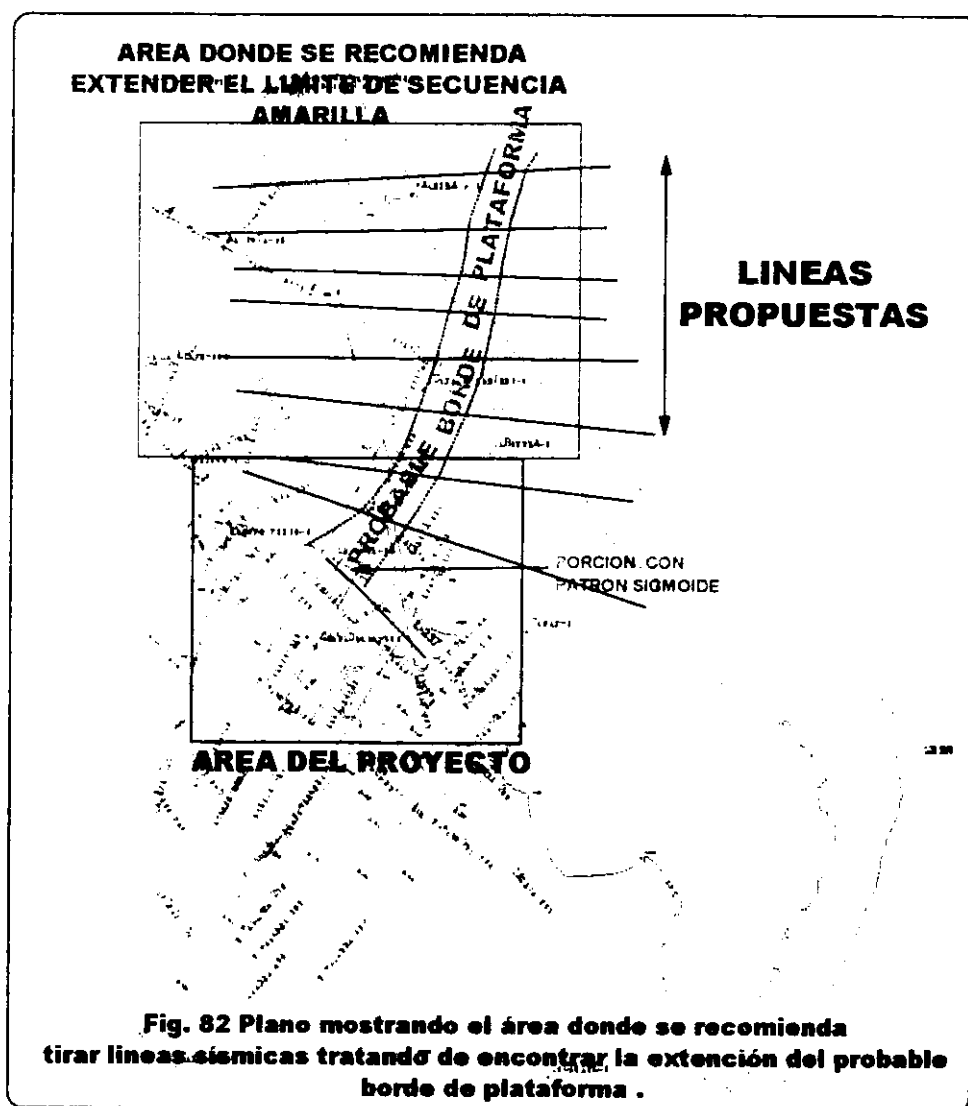
4.-Así mismo, dentro del patrón "sigmoide" identificado en la línea 237, se recomienda perforar hacia la zona más cercana de la fuente de aporte donde se considera que se puedan tener areniscas depositadas en condiciones de mayor energía y con mejores características de roca almacén, lo cual, en dicho patrón se ubican entre los P.T. 940 a 970 y a un tiempo de 1.100 segs.(Fig. Inferior)



4.-Se recomienda tirar líneas sísmicas en la porción del área de la Fig. 82 y con la dirección que se muestra en la misma, con el objeto de tratar de encontrar el patrón sísmico sigmoide identificado en la línea-237. Esto es porque en este trabajo se estima que el borde de plataforma identificado dentro del sistema de abanicos de talud (Fig. anterior) puede extenderse en esa dirección .

3.-Para el sistema de cuña progradante dentro de la 32.4 m.a., seria conveniente tratar de precisar el modelo geológico en los que se supone fueron depositados los conglomerados de fragmentos biógenos con impregnación de aceite cortados en el pozo la Llave 2A, para esta manera tratar de inferir áreas donde se hayan depositado cuerpos arenosos "barras de arena" que resultaran de interés económico (Fig. 74).

Así mismo, se recomienda realizar un análisis diagenético que nos permita conocer si las rocas conglomeráticas que fueron probadas con resultados poco halagadores sufrieron efectos de diagénesis destructiva, efecto que hubiese provocado que las características de roca almacén fueron pobres, razón por la cual no aportaron hidrocarburos en el momento de la prueba, o analizar si el resultado de la misma fue por malas condiciones operativas.



BIBLIOGRAFIA

Araujo M. J., 1977, Estudio Estratigrafico de la Formación Tamaulipas Inferior en los Campos Bejuco y La Laja, Proyecto C-1031, I.M.P.

Barahona, A y F. Barahona, 1982, Metodología de Trabajos Científicos, Bogotá.

Brown D.R., June 1932, Gravity Survey Over Chucharas-Ozuluama-Chicayan-Tempoal-Tantoyuca-Orejón-Pecero, Gravity Report No.155 , PEMEX, Inédito.

Castillo C. V., 1984, Informe Final del Pozo Fe-1, PEMEX, Inédito.

Day A. R., 1990, Como Escribir y publicar trabajos científicos. Traducción de Miguel Sáenz. Washington, Organización Mundial de la Salud.

Emery D. And Myers K. , 1996, Sequence Stratigraphy, BP Exploration.

Flores B. R. , 1961, Informe Final del Pozo Llave-2, PEMEX, Inédito.

Flores B. R., 1963, Informe Final del Pozo Tota-1, PEMEX, Inédito.

Flores B. R. y Otros, 1979, Análisis Exploratorio de las rocas del Eoceno-Oligoceno Inferior-Medio en el prospecto Bejuco-La Laja, I.V.-1002, PEMEX Inédito.

Galloway W.E.,1975, Process framework for describing the Morfologic and Stratigrafic Evolution of Deltaic Depositional Systems, in Brouard, M.L., ed. ,Deltas, Models for Exploration: Houston Tx., Houston Geological Society, p87-98.

Gomez Ponce J.A., Bioestratigrafía de los sedimentos del Paleocanal Bejuco-La Laja, Proyecto C-1060,IMP.

G.S.I. de México, 1981, Prospecto Sismológico Ampliación La Laja, PEMEX. Inédito.

G.S.I. de México,1981,Informe Integral de un Estudio Sismológico - Estratigrafico en la Línea-205, PEMEX, Inédito.

Hans N.C. and Hans N.T., 1989, Modern and Ancient Deep-Sea Fan Sedimentation, Lecture Notes for SEPM Short Course No.14, Tulsa Oklahoma.

Hochman E. y Maritza M.,1991, Técnicas de Investigación Documental, Editorial Trillas.88ps.

Islas C. O., 1996, Seminario de Tesina, Diplomado en Admón. de la Calidad Total, I.T.E.S.M.

K. Davies D. , 1996, Conventional Core Analysis, Geological Analysis and Petrophysical Analysis Pemex Papatlas -1 Well Veracruz, México.

K. Davies D., Thin Section, X-Ray Diffraction, Scanning Electron Microscope and Routine Core Analyses , PEMEX, La Laja 1B Well Veracruz, Mexico.

Levy M., 1992, Sequence Stratigraphy Terms and Concepts. Contributions by COFRC Sequence Stratigraphy Team, W. M. Bashore, K.L. Finger, N.J. Hancock, S.R. Jacobson, W.J. Schweller.45ps.

Loyo Hernandez G., 1969, Informe Final del Pozo Arroyo Viejo-1, PEMEX, Inédito.

Macurda D.B., 1995, Sequence Stratigraphy and Seismic Facies Analysis of Deep Sea Systems (Notas del curso Estratigrafía de Secuencias en la UNAM).

Martinez Pontvianne G., Nov. 1996, Estudio Geoquímico Tuxpan Norte II, PEMEX, Inédito.

Paulino Gómez P., 1998, Informe Final del Pozo Papatlas-1, PEMEX, Inédito.

Pemex Exploración y Producción y BP Exploración México limited, Mayo de 1994 La Cuenca Tampico- Misantla, Estrategias de Exploración.

Pérez Rincón H., 1961,Informe Final del pozo Granadilla-101, PEMEX, Inédito.

Pérez C., Orosco Ch. R., Rico J., Sanchez M. y Nossif A., 1997, Identificación y Evaluación de Plays en el Paleocanal Bejuco-La Laja, PEMEX, Inédito.

Pickering K. T., Hiscott K.N. and Hein F.J., 1989, Deep - Marine Enviroments "Clastic Sedimentation and Tectonics".

Ramírez de la Barrera R., 1984, Interpretación y Evaluación Geofisica-Geológica del Oriente de Bejuco.La Laja, I.I.E-57, PEMEX, Inédito.

Reyes F. R. y Berman C. G., 1984, Comentarios sobre el prospecto Terciario Bejuco-La Laja, PEMEX, Inédito.

Rico P. J., 1998, Informe Paleontológico del pozo Papatlas-1, PEMEX, Inédito.

Rico P. J., 1996, Informe Paleontológico de los pozos Granadilla-101 y Arroyo Viejo 1A, PEMEX, Inédito.

Rodríguez C. H., 1978, Informe Final del Pozo La Llave-2A, PEMEX, Inédito.

Rodríguez C. H., 1979, Informe Final del Pozo La Laja 1B, PEMEX, Inédito.

Rodríguez C. H., 1979, Informe Final del Pozo Arroyo Viejo-1A, PEMEX, Inédito.

Rodríguez C. H., 1979, Informe Final del Pozo La Tota 1A, PEMEX, Inédito.

Sandoval M.J. y Cardona H.R., 1977, Evaluación de los sedimentos Terciarios en la Zona Norte, PEMEX, Inédito.

Sangree J.,and Mitchum R,1994, Exploration and Production Applications of Sequence Stratigraphy (Curso Pemex).

SEPM Special Publication No. 42 , 1988, Sea Level Changes an Integrated Approach.

Vail P.,Risch D., Neal J., Jenuary 1993, Sequence Stratigraphy - A Global theory for Local Succes,p51-61.

Van Wagoner J.C., Posamentier H.W.,1998, an overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions, Exxon Production Research Company.

Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D., 1996, Siliciclastic Sequence Stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for High-Resolution Correlation of Time and Facies, AAPG, Methods in Exploration Series, No. 7.

Ward P., June 1933, Ozuluama-Tampico Alto-Topila, Gravity Report No. 168, PEMEX, Inédito.

Ward P., December 1934, Gravity Survey Over the Tanceme-Aguada Area , Gravity Survey Report No. 162, PEMEX, Inédito.

Weimer P. And Posamentier H. , Siliciclastic Sequence Stratigraphy, AAPG Memoir 58.

APENDICE A.-TERMINOS Y CONCEPTOS

Tomado de "Sequence Stratigraphy Terms and Concepts" de Marjorie Levy y contribuciones por el Sequence Stratigraphy Team integrado por W.M. Bashore, K.L.Finger, N.J. Hancock, S.R. Jacobson, W.J. Schweller.CHEVRON.

A.1.-ESTRATIGRAFÍA DE SECUENCIAS.

A.1.1.-Acomodación.- Espacio disponible para acumulación potencial de sedimentos.

A.1.2.-Geometría Estratal.- Relación geométrica entre superficies de estratos sísmicos tales como Onlap, Downlap, Toplap, y Truncación erosional. Las superficies de estratos pueden ser concordantes y/o discordantes.

Concordante.- Relación geométrica paralela entre las superficies de estratos infrayacientes y suprayacientes.

Discordante.- Patrón geométrico en el cual las superficies de estratos infrayacientes y suprayacientes exhiben una relación angular.

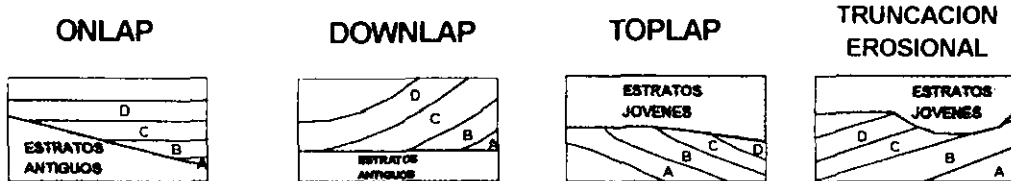
Onlap.- Terminación lateral de estratos jóvenes en contra de estratos viejos inclinados anteriormente. El Onlap es visto típicamente hacia la base de una secuencia depositacional e indica la presencia de un limite de secuencia (fig. A.1.2).

Downlap.- Terminación hacia abajo de estratos jóvenes inclinados inicialmente en contra de estratos antiguos. El downlap ocurre tanto hacia la base de una secuencia depositacional en la cuenca y arriba de la máxima superficie de inundación, indicando la presencia del limite de secuencia o de una superficie de máxima inundación (fig. A.1.2).

Toplap.- Terminación hacia arriba de estratos antiguos inclinados anteriormente en contra de estratos jóvenes suprayacientes. El toplap se acuña hacia la cima de una secuencia depositacional e indica la presencia de un limite de secuencia (fig. A.1.2).

Truncación erosional.- Terminación discordante de estratos antiguos en contra de estratos jóvenes resultado de la erosión . La truncación erosional es comúnmente reconocida en la cima de secuencias depositacionales y en la base de valles incisados e indica la presencia de un limite de secuencia (fig. A.1.2).

RELACION ESTRATIGRAFICA



RELACION CRONOESTRATIGRAFICA

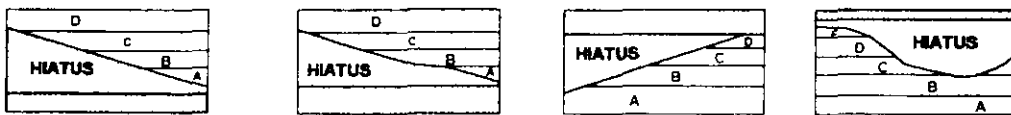


Fig A.1.2.-Relación geométrica entre superficies de estratos sísmicos

A.1.3.-Secuencia o Secuencia Depositacional.- Sucesión relativamente concordante de estratos genéticamente relacionados y limitados por discordancias.

A.1.3.1.-Secuencia de 1º Orden.- Secuencia que ocurre con una ciclicidad de mas de 50 m.a. , también es conocida como megasecuencia.

A.1.3.2.-Secuencia de 2º orden.- Secuencia que ocurre con una ciclicidad de 5 a 50 m.a. también conocida como supersecuencia.

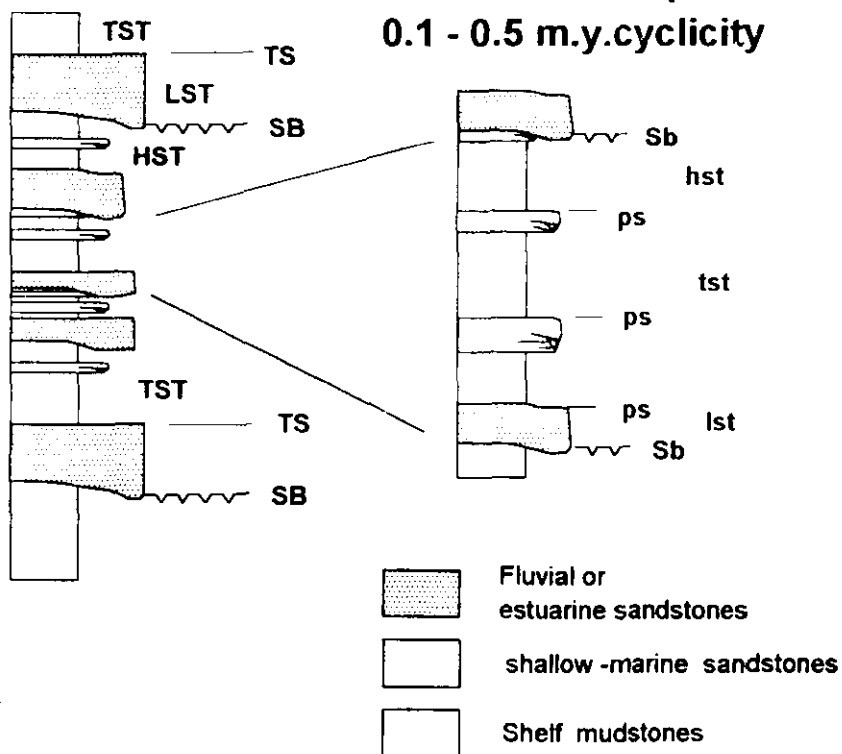
A.1.3.3.-Secuencia de 3º orden.- Esta secuencia es la unidad fundamental de la estratigrafía de secuencias y ocurre con una ciclicidad de

0.5 - 5 m.a. La secuencia de 3° orden es definida por geometría estratal (e.g. Onlap, Toplap y patrones de apilamiento).

A.1.3.4.-*Secuencia de 4° orden.*- Secuencia que ocurre con una ciclicidad de 100000 a 500000 años y tiene los mismos atributos estratales que una secuencia de 3° orden, grupos de secuencias de 4° orden se apilan para formar Lowstand, Transgressive o Highstand System Track que son depositados entre las secuencias de 3° orden.

third-order Sequence
0.5 - 5 m.y.cyclicity

Fourth-order Sequence
0.1 - 0.5 m.y.cyclicity



Tomado de Levy Mayorie, 1993, Modif. por Rivas Reyes E.O., 2000

A.1.3.-Secuencias de Tercer orden depositadas con una ciclicidad de 0.5 a 5 m.a. y Secuencias de cuarto orden depositadas con una ciclicidad de 0.1 a 0.5 m.a.

A.2.-ESTRATIGRAFÍA SÍSMICA.

A.2.1.-Estatigrafía Sísmica.

Disciplina que trata con la definición en el subsuelo de las relaciones estatigráficas y litológicas tomando en cuenta datos de reflexión sísmica. El estratígrafo sísmico debe ser capaz de reconocer ruido derivado de efectos de propagación de ondas no deseadas, con las verdaderas representaciones geológicas. Para realizar un adecuado reconocimiento y hacer la mejor interpretación sísmica se debe de tener conocimiento de física sísmica, principios estructurales-estratigraficos, de procesos sedimentarios, además de mediciones y análisis de registros de pozos.

A.2.2.-Facies Sísmicas.

Conjunto de reflexiones sísmicas cuyas propiedades (configuración, amplitud, continuidad, frecuencia y velocidad de intervalo) defieren de grupos adyacentes . Existen tres criterios principales que son usados para distinguir diferentes unidades de facies en los datos sísmicos:

1.- Terminaciones de reflexión que son asociadas con los limites de la unidad (Toplap , Onlap, Downlap, Truncación erosional)

2.- Configuración de patrones de reflexión dentro de la unidad (Paralelo, Subparalelo, Caótico, Sigmoidal, Obliguo y Divergente).

3.-Forma geométrica de la unidad (de hoja , cuña, lente, montículo y banco.)

A.2.3.-Análisis de facies sísmicas.

Trata de la identificación y mapeo de facies sísmicas. La aseveración fundamental es que los patrones de reflexión en un intervalo seleccionado puede ser definido por la descripción de tres propiedades :

A.2.3.1).- El tipo de terminación de reflexión presente en la cima del intervalo.

A.2.3.2).- El tipo de terminación de reflexión que ocurre en la base del intervalo.

A.2.3.3).- La naturaleza de las propiedades de reflexión (facies sísmicas) dentro del intervalo.

Estos tres descriptores del intervalo se combinan para formar una unidad mapeable, de tal manera que la distribución de estas facies conduce a la interpretación de un ambiente de depósito hipotético.

A.2.3.1.1 y A.2.3.2.1).- Terminaciones de reflexión sísmica.

Un concepto básico en la estratigrafía de secuencias sísmicas, es que las reflexiones tienden a superficies de estratos paralelos y que tienen el mismo significado cronoestratigráfico que los estratos geológicos. Los siguientes tipos de terminación han sido identificados con su respectivo significado de estratos.

Toplap.- Una terminación discordante de estratos ascendentes inicialmente inclinados (o reflexión sísmica) en contra de una superficie sobreyacente.

Estas terminaciones son encontradas en ambientes marinos progradacionales tales como deltas y en ambientes marinos, donde las corrientes marinas profundas definen un nivel base de depósito submarino.



Fig. A.2.3.1.1.-y A.2.3.2.1.-Terminación de reflexión sísmica Toplap-Truncación

Truncación erosional.- Una terminación discordante en la cima, resultante de una relación angular de una superficie erosional con los estratos infrayacentes. La truncación erosional en ocasiones puede llegar a confundirse con una terminación en Toplap cuando la superficie discordante sea subparalela a la superficie depositacional infrayacente

Onlap.- Una terminación discordante de estratos jóvenes (o reflexiones sísmicas) que se acuñan progresivamente en forma ascendente en contra de una superficie inicialmente inclinada (o reflexión sísmica). El Onlap puede ser interpretado como representante de un hiatus depositacional.

Downlap.- Terminaciones descendentes de estratos inicialmente inclinados (o reflexiones sísmicas) en contra de una superficie antigua (reflexión sísmica) horizontal o casi horizontal. La superficie que define las terminaciones en Downlap puede ser interpretado como un hiatus de deposito donde sucesivos estratos jóvenes se acuñan en contra de una superficie preexistente.

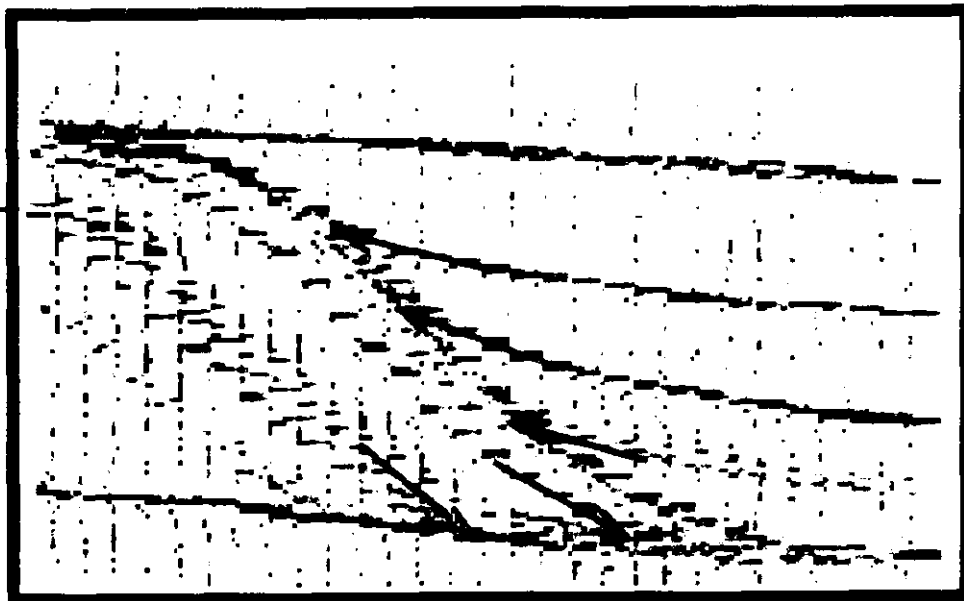


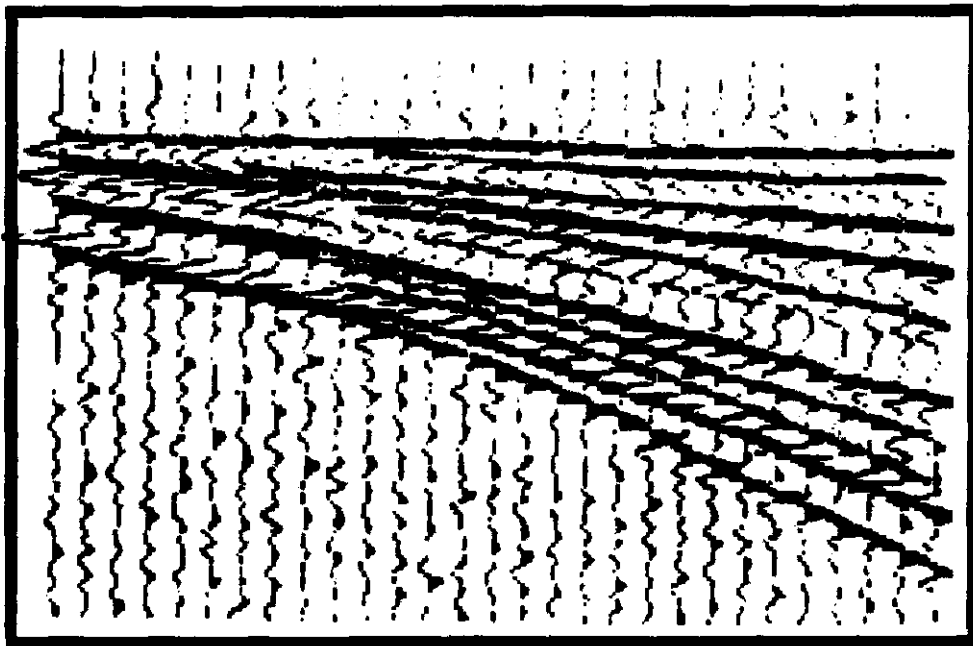
Fig. A.2.3.3.1.-Terminaciones de reflexión sísmica Onlap-Downlap

A.2.3.3.1.- Configuraciones de Reflexión Sísmica.

Los patrones de estratificación "gruesa" que se desarrollan como resultado de procesos depositacionales, erosión y paleotopografía, pueden ser interpretados desde patrones de reflexión sísmica. La continuidad de las reflexiones se encuentra fuertemente asociada con la continuidad de los estratos. Las siguientes configuraciones de estratos principales han sido consideradas:

Paralelo y Subparalelo.- Reflexiones sísmicas que son uniformes (paralelas) o relativamente uniformes (subparalelos) en amplitud, continuidad, y separación en tiempo. El grado de variación lateral sugiere el grado de cambio en la relación de depósitos locales y contenido litológico.

Divergente.- reflexiones sísmicas de un paquete en forma de cuña, en el cual la mayor parte del adelgazamiento lateral es producido por el adelgazamiento de ciclos de reflexión individual dentro del paquete.

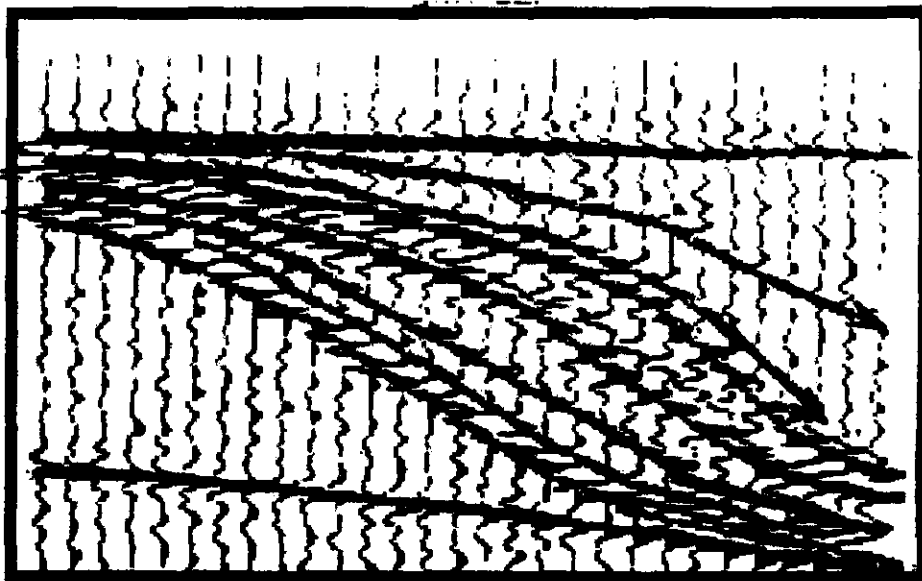


A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica divergente.

Clinoformas Progradantes.- Paquetes simples o complejos de reflexiones, que son interpretados como resultado de una importante acumulación de sedimentos progradando lateralmente. Cada reflexión con progradación lateral dentro del paquete es llamada "clinoforma".

Las diferencias en patrones progradantes resultan en gran parte de variaciones en las relaciones de depósito y batimetría, debido a lo anterior, han sido identificados algunos tipos de patrones clinoformes.

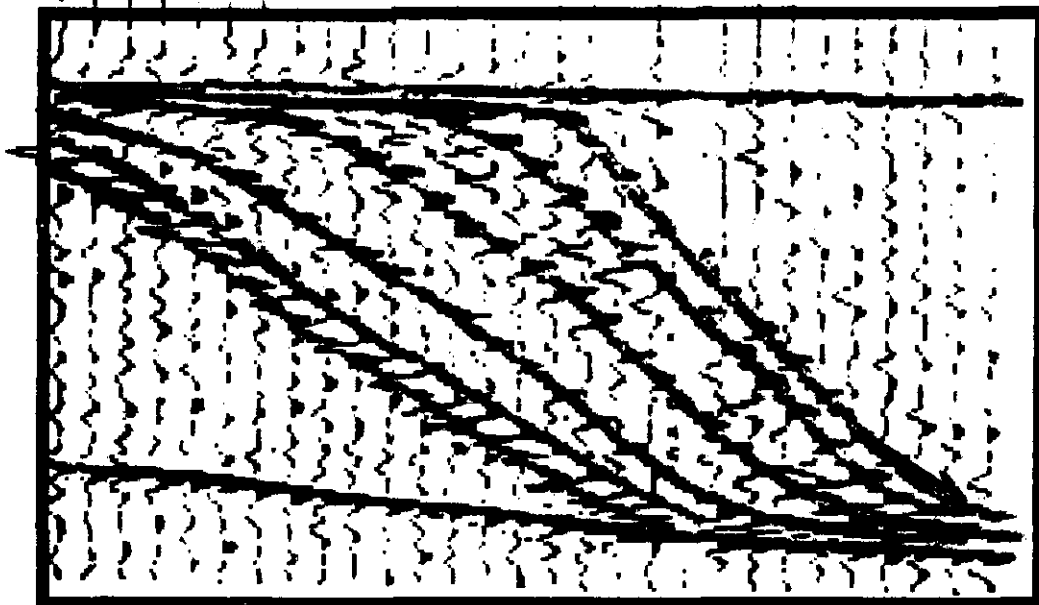
Sigmoidal.- Un patrón clinoforme progradante formado por reflexiones sigmoidales superpuestas, interpretadas como estratos con segmentos hacia su parte superior e inferior inclinados suavemente y de poco espesor. Los más gruesos se encuentran hacia la parte media del patrón sísmico y con inclinación más fuerte, éstos segmentos más gruesos forman lentes superpuestas de una manera gradacional o progradacional. Lo anterior sugiere que la acomodación (nivel eústatico) fue incrementándose durante la depositación de los estratos progradantes.



A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica sigmoidal

Oblicuo.- Un patrón clinoforme progradante que consiste de reflexiones fuertemente inclinadas terminando hacia el límite superior por

Un toplap y hacia abajo por un downlap en contra de una superficie de reflexión inferior. Sucesivamente, los segmentos gruesos más jóvenes depositados pendiente abajo presentan una forma horizontal. Lo anterior implica que el nivel de acomodación se encuentra reduciendo. A diferencia del anterior patrón sísmico, la inclinación de los reflectores es mucho más fuerte.

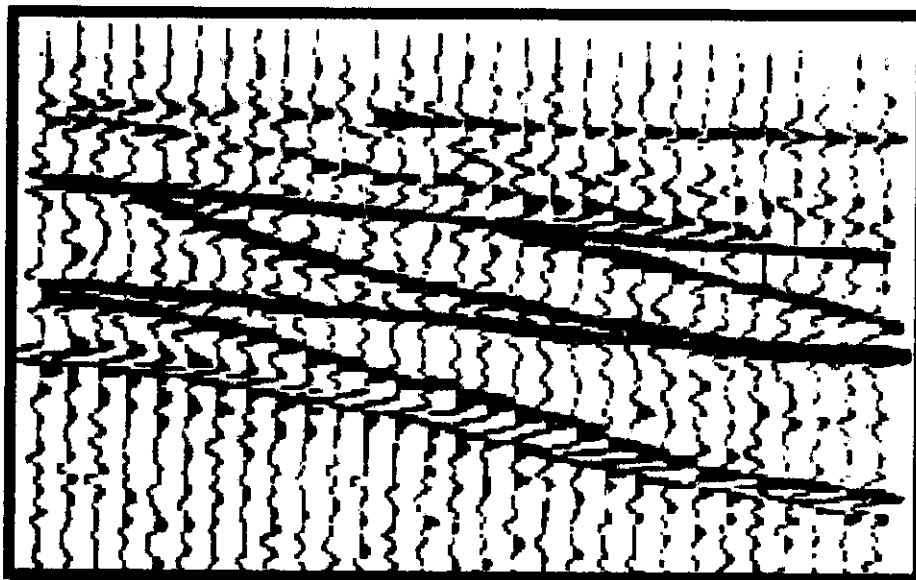


A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica oblicuo

Shingled.- Un patrón cliniforme progradante, consistente de reflexiones con sus límites superior e inferior paralelos y terminando contra el reflector inferior en Downlap. Las configuraciones *Shingled* comúnmente indican condiciones marinas someras.

Hummocky.- Un patrón cliniforme progradante consistente de reflexiones subparalelas discontinuas irregulares. Los lóbulos cliniformes se consideran formados en ambientes someros, ya sean en prodeltas, condiciones interdeltáicas o marinas profundas.

Caotico.- Reflexiones discordantes y discontinuas sugiriendo un desarreglo de superficies de reflexión. Estas reflexiones pueden ser derivadas de estratos depositados en ambiente de alta energía.



A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica shingled.

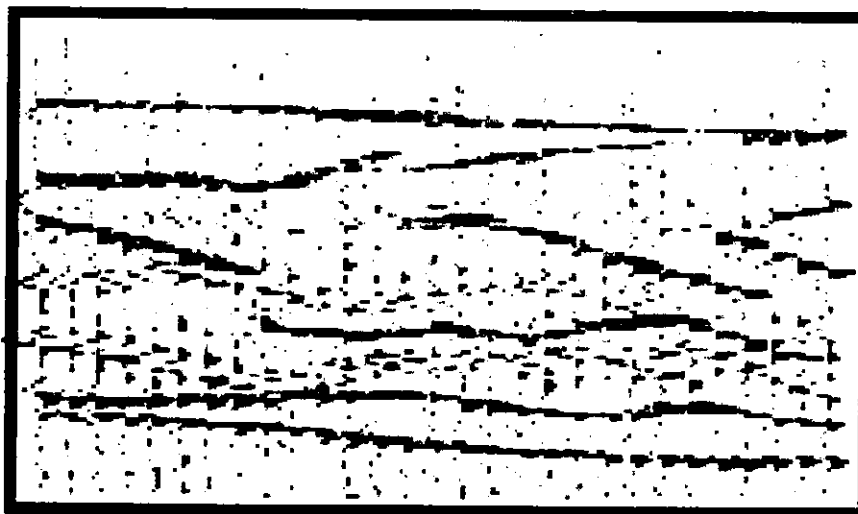


Fig. A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica hummoky

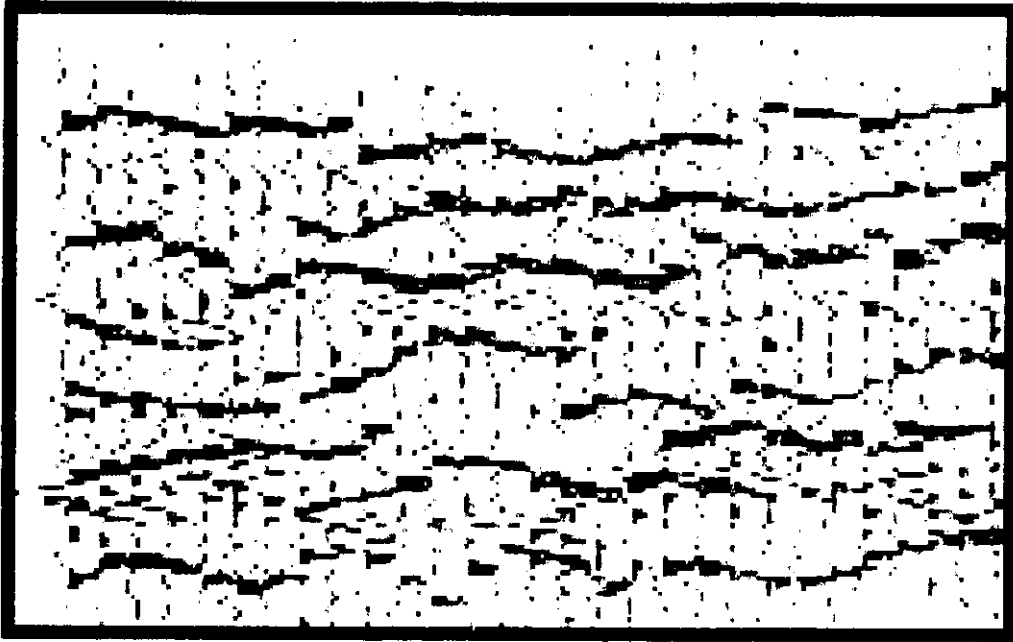


Fig. A.2.3.3.1.-Configuración interna de reflexión sísmica caótica.

A.3.-LITOESTRATIGRAFIA.

A.3.1.-Litoestratigrafía .- Estratigrafía física basada solamente en el tipo de roca, no en fósiles.

A.3.2.-Facies .- Es la apariencia de una roca sedimentaria, basada en características específicas (tipo de roca, contenido mineral, contenido orgánico) que caracterizan a la roca y la distinguen de otras. Por lo tanto las litofacies están basadas en la litología; las biofacies en la flora y fauna, y las facies sísmicas en atributos sísmicos y configuraciones.

A.3.3.-Coarsing-Upward Sequence.- Evolución vertical de sedimentos de grano fino a sedimentos de grano grueso en un conjunto de estratos , ya sea desde unos cuantos metros hasta ciento de metros, indicando un incremento gradual en la energía depositacional . Las secuencias "Upward Coarsing " son asociadas comúnmente con un engrosamiento de estratos hacia arriba. El "Upward coarsing" dentro de un estrato, generalmente es referido a una gradación inversa.

A.3.4.-Fining-Upward Sequence.- Evolución vertical de sedimentos de grano grueso a sedimentos de grano fino dentro de una serie de estratos, generalmente desde unos cuantos metros hasta decenas de ellos, lo que nos indica un decremento gradual en la energía depositacional. Los "Fining-Upward Sequence" están comúnmente asociados con el adelgazamiento hacia arriba de estratos. El "Fining Upward" dentro de un estrato, generalmente es referido a una gradación normal (e.g, turbidita).

A.3.5.-Prograding Clinofolds.- Conjunto de estratos inclinados que son vistos en perfiles sísmicos y en grandes afloramientos. Las clinofolds progradantes son formados por construcción progresiva en líneas de costa o talud, debido a condiciones consistentes de sedimentación. Los ejemplos bien desarrollados muestran estratificación topset, foreset y bottomset.

Topsets.- Estratos delgados y horizontales que progradan hacia fuera sobre estratos progradantes inclinados. (fig A.3.5)

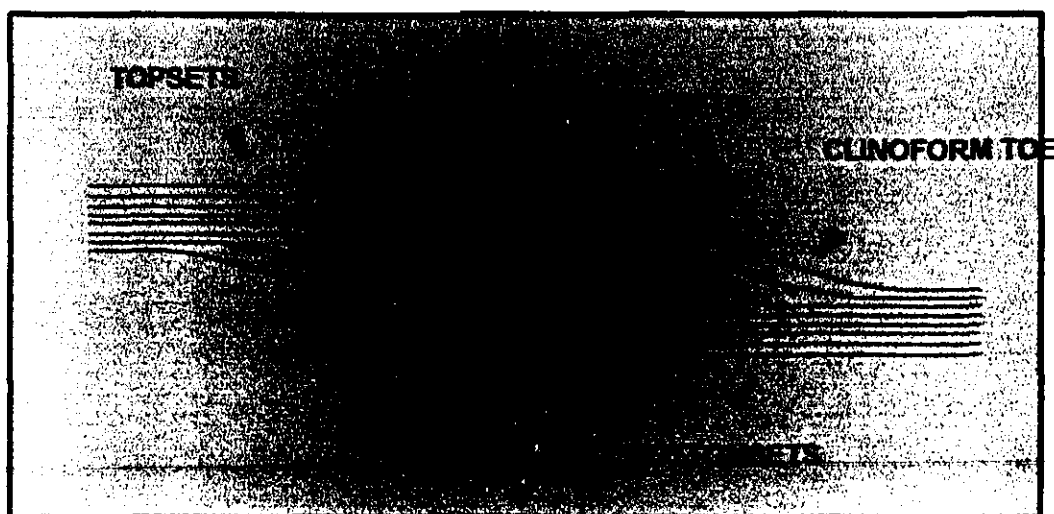
Foreset.- Estratos inclinados depositados en un talud depositacional progradante. Normalmente el talud progradante, debería ser un delta tipo Gilbert con inclinación de 20° o más, pero el termino es frecuentemente aplicado a la porción inclinada de una variedad de "prograding clinofolds". Durante la progradación, los "foresets" se construyen hacia fuera sobre "bottomsets" depositados previamente.(fig A.3.5)

Bottomset.- Estratos delgados, casi horizontales, depositados en el fondo marino o en el fondo de un lago, enfrente de un talud depositacional progradante. Normalmente el talud progradante debería ser un delta tipo Gilbert pero el termino podría ser aplicado a la parte basal de cualquier "prograding clinofold" incluyendo grandes clinofolds vistos en perfiles sísmicos.(fig.A.3.5)

A.3.6.-Patrones de Registros.

Los patrones de registros, normalmente reflejan cambios en la energía depositacional, variando desde altos (arena) a bajo (lutitas). Durante la interpretación geológica, un "salto" es hecho por la energía

deposicional vía procesos depositacionales a ambientes de depósito, aunque este proceso implica en ocasiones mucha ambigüedad y debería ir siempre apoyado por otras evidencias tales como espesor de unidades, asociación de tipo de rocas y sobre todo, ambiente de depósito.



A.3.5.- Los prograding cliniforms son identificados en perfiles sísmicos y en grandes afloramientos, siendo formados por construcción progresiva en líneas de costa o talud debido a condiciones consistentes de sedimentación

Los patrones de registros son usualmente observados en registros de rayos gamma o SP, pero similares conclusiones pueden también ser hechas desde registros de densidad-neutrón y en algunos casos con registros de resistividad. La identificación e interpretación de patrones de registro son la base de la estratigrafía de secuencias (Fig. A.3.6).

Patrón "Coarsing Upward" o de forma de embudo(funnel).-Las formas de embudo representan un incremento ascendente en la energía de depósito.

Una desembocadura de río es un típico ejemplo. Cuando la resolución es adecuada en ambientes de plataforma, cada parasecuencia debería ser marcada por una señal de registro "Upward Coarsing". (fig A.3.6)

Los patrones progradacionales apilados de conjuntos de parasecuencias, dan una apariencia de formas de embudo a gran escala, en escenarios depositacionales tales como lóbulos de deltas. También los conjuntos de parasecuencias se presentan en ambientes de plataforma así como en cuñas progradantes de lowstand y highstand system track.

Patrón de formas cilíndricas.- Este patrón implica energía relativamente constante durante la depositación. Algunos ejemplos típicos incluyen dunas eólicas, relleno de valle incisado, canales distributarios de bajo sinuosidad y playas(fig. A.3.6).

Patrón de afinamiento ascendente o de forma de campana.- Las formas de campana reflejan un decremento hacia arriba en la energía depositacional. A gran escala múltiples cuerpos de arena con patrones "fining Upward" representan un conjunto de parasecuencia retrogradantes, lo cual es la expresión típica de un sistema transgresivo en ambientes de plataforma (fig. A.3.6).

A.4.-PROCESOS DEPOSITACIONALES.

A.4.1.-Flujo por gravedad.- Un termino general para el movimiento pendiente abajo de sedimentos no consolidados debido a mecanismos de transporte por fuerza de gravedad. (fig. A.4)

A.4.2.-Flujo de detritos.- Movimiento caótico de masa constituida de lodo, arenisca y clastos grandes, en la cual, la matriz tiene suficiente fuerza para soportar los clastos. El flujo de detritos (debris flow) ocurren en escenarios depositacionales marinos profundos, prodeltas y abanicos aluviales, pudiendo ser un componente principal de sistemas depositacionales de nivel bajo (Lowstand System Track). Los flujos de detritos se originan en pendientes moderadamente abruptas y forman depositos proximales cerca de la base del talud donde el gradiente decrece. Muchos sedimentos por flujo de gravedad probablemente empiezan como flujo de detritos y cambian a flujos turbidíticos cuando ganan velocidad pendiente abajo y llegan a ser más turbulentos. (fig. A.4)

A.4.3.-Debrite.- Un deposito formado por flujo de detritos, consistiendo de una mezcla pobremente clasificada de lodo, arena, y clastos grandes. Los debrites son considerados a ser facies proximales con pobres características de yacimiento debido a su alto porcentaje de matriz, pero pueden estar interestratificados con turbiditas de areniscas gruesas dentro del "abanico del piso de cuenca y los abanicos de talud" del sistema de deposito de nivel bajo.

Typical Log Associated With Gulf of Mexico Depositional Sequences and Systems tracts

paleo-bathymetry	Depositional systems	Log patterns	Electric Log Pattern		Sequence Stratigraphy	Systems tracts
			SP or GR	Sonic or Resistivity		
Inner Neritic (0-50) to Fluvial	Fluvial Estuarine or Shoreface Sands	Cylinder			Incised Valley III (M)	LST
	Fluvial Estuarine or Shoreface Sands	Funnel			Sequence Boundary	
Inner Neritic (0-50) to Mid Neritic (50-300)	Backstepping Shoreline	Bell			Maximum flooding Surface	
	Fluvial estuarine or shoreline sands	Cylinder			Incised Valley III (M)	
Middle Neritic (50-300)	Prograding Shoreline or Delta	Funnel			Sequence Boundary	TST HST
	Backstepping shorelines	Bell			CS	
Inner Neritic (0-50)	Prograding Shoreline or Delta	Funnel (inverted christmas Tree)			Transgressive Surface	Lowstand Systems tract
Middle Neritic (50-300)					Prograding Wedge (pw)	
Outer Neritic (300-600) to Upper Bathyal (600-1500)	Channel / Overbank Unit 2	Crescentic			CS	Lowstand Systems tract
	Channel / Overbank Unit 1	Crescentic			CS	
Outer Neritic (300-600) to Upper Bathyal (600-1500)	Backstepping shorelines	Bell			Sequence Boundary	HST
	Prograding Shoreline or Delta				Funnel	
Upper Bathyal (600-1500) to Middle Bathyal (1500-3000)	Channel / Overbank Unit 2	Crescentic			Transgressive Surface	Lowstand Systems tract
	Channel / Overbank Unit 1	Crescentic			Prograding Wedge (pw)	
	Mound 2	Cylinder			top of slop fan surface	
Middle Bathyal (1500-3000) to Lower Bathyal (3000-6000)					Slop fan (sf)	HST
					Sequence Boundary	
					Maximum flooding Surface	
					Transgressive Surface	
					Prograding Wedge (pw)	
					top of slop fan surface	
					Transgressive Surface	
					Slop fan (sf)	
					Sequence Boundary	
					Maximum flooding Surface	
					Transgressive Surface	
					Prograding Wedge (pw)	
					top of slop fan surface	
					Transgressive Surface	
					Slop fan (sf)	

Fig A.3.6.-Patrones de registros normalmente reflejan cambios en la energia depositacional, variando de altos (arena) a bajos (lutita).

A.4.4.-Slump.- Depositos formados por el movimiento pendiente abajo de una masa coherente de sedimentos por deslizamiento o flujo viscoso lento. Un deposito de Slump puede ser internamente deformado pero permanecer relativamente intacto. El "Slumping" es común en ambientes de prodelta ricos en lodo donde se presentan estratos gruesos de pobre calidad para yacimiento. Los "Slumps" pueden ser un componente principal de abanicos de talud y de cuñas progradantes de lowstand (fig. A.4).

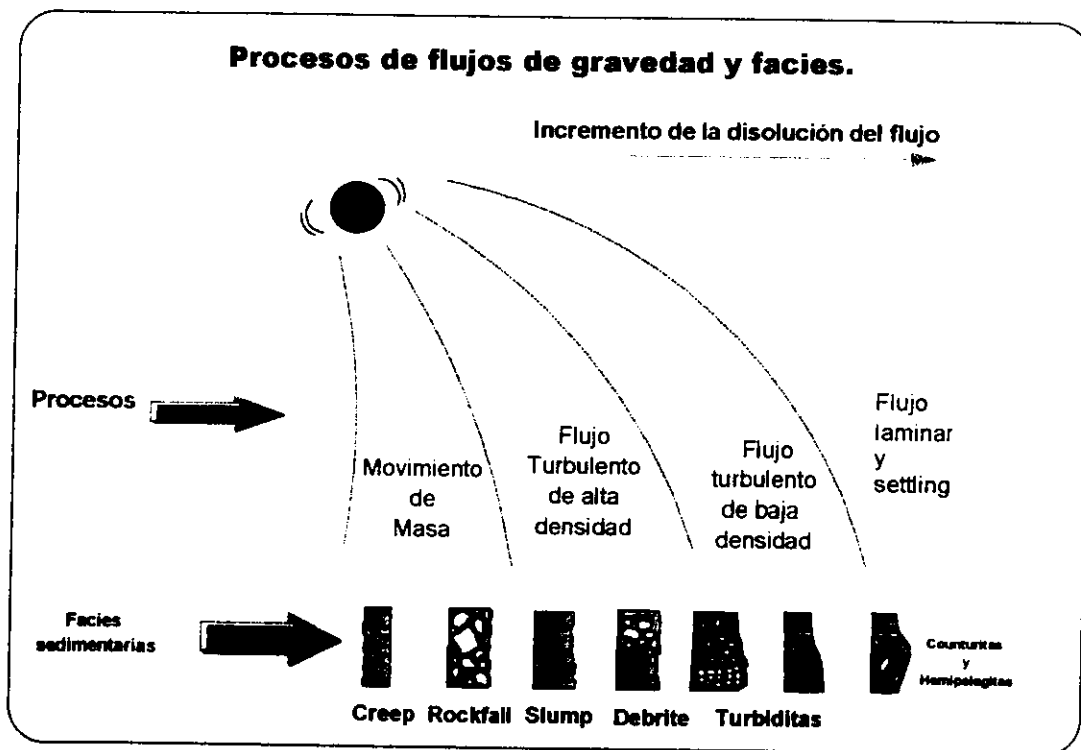
A.4.5.-Flujo Turbidity/ Corriente de Turbidez.-Termino intercambiable para un movimiento turbulento pendiente debajo de sedimentos y agua, impulsados por la fuerza de la gravedad debido al contraste de densidad entre la mezcla de agua-sedimento y el agua circundante. El flujo turbidity puede ser erosional en el talud y llegar a ser depositacional cuando desaceleran atravez de áreas de bajo gradiente (fig. A.4)..

A.4.6.-Turbidita.- Estrato depositado por un flujo turbidity, típicamente teniendo una base gruesa y mostrando algo de gradación, particularmente cerca de la cima del estrato. El rango de turbiditas va desde 0.1m y consiste de estratos limolíticos con abundante laminación ondulada y planar a más gruesos (mas de 1m) consistiendo de arenisca pobremente clasificadas, principalmente masivas y sobreyacidas por una zona gradada delgada (fig. A.4).

A.5.-BIOESTRATIGRAFIA.

La bioestratigrafia es un poderoso método para determinar la edad de las secuencias estratigraficas. Cuando se integra con registros de pozos y datos paleobatrimetricos, la información bioestratigrafica es útil para localizar limite de secuencias.

Quando las interpretaciones bioestratigraficas son integradas con el conjunto de datos multidisciplinario (registros de pozos, sísmica y geoquímica) en la estratigrafía de secuencias, éstas interpretaciones son claves para poder desentrañar los complejos retos del reino de la geología del subsuelo.



A.4.-Facies y procesos depositacionales en ambientes marinos profundos.