

01153



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TRABAJO TERMINAL

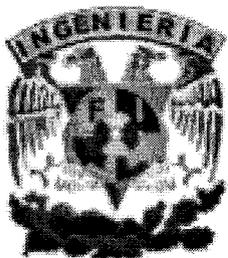
**"ANÁLISIS SISMO-ESTRATIGRÁFICO DE LAS
SECUENCIAS 5.5 M.A.- 4.2 M.A. – 3.8 M.A. DEL
PLIOCENO INFERIOR EN EL ÁREA DEL CAMPO
MACUILE EN EL ESTADO DE VERACRUZ"**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIZACIÓN EN:

ESTRATIGRAFÍA

PRESENTA:

HUMBERTO TORRES SASTRE



MAYO DE 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES:

YOLANDA Y JUAN JOSÉ.... QUIENES ME DIERON Y DEMOSTRARON EL VALOR DE LA FAMILIA Y ME HAN APOYADO SIEMPRE EN LA VIDA.

A MIS HERMANOS:

MIGUELQUIÉN COMIENZA A TRAZAR SU DESTINO.

Y *JUAN JOSÉ* JUNTO CON SU NUEVA FAMILIA FORMADA POR *ALEJANDRA Y JOSÉ ALEJANDRO*.

A *GLORIA A. HERNÁNDEZ PÉREZ*. UN REFLEJO DEL CIELO AQUÍ EN LA TIERRA, QUIÉN CON SUS SUEÑOS ME HIZO SOÑAR DE NUEVO.

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

NOMBRE: Humberto Torres

FECHA: 25-01-2005

FIRMA: P.A.
Ma. Dolores Lucía Romero

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a las autoridades de Pemex Exploración y Producción la oportunidad brindada para efectuar los estudios de la Especialidad en Estratigrafía. Especialmente al M. en I. Alex Iparrea Decuir.

Al M.en C. Alfredo Guzmán Baldizán por el apoyo para que el personal técnico mejore sus conocimientos técnicos.

Al M.en I. Teódulo Gutiérrez Acosta y la Ing. Patricia Ocegüera Serrano de la STDP por las atenciones brindadas.

Al Dr. Jaime Barceló Duarte por la dirección en la elaboración de este proyecto y por sus enseñanzas.

Al M. en C. Carlos Williams Rojas y al Ing. Arturo Escamilla Herrera por los comentarios sobre este trabajo.

Al M. en C. Víctor Dávila Alcocer por las atenciones como coordinador de esta Especialidad.

Un especial Agradecimiento a los catedráticos por el interés de compartir sus conocimientos.

A las autoridades de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A todo el personal del Activo Salina del Istmo en especial mis compañeros de trabajo de La Coordinación de proyectos Papaloapan – Malpaso. Gracias por su apoyo y buenos deseos.

Al coordinador Ing. Lucio Cartagena Hernández y a los líderes de los proyectos Ing. David Barrera González y al Ing. Manuel Maldonado Leal.

A los Ingenieros de la compañía Schlumberger: Claudia Castro, Jorge Granados, Jesús Martínez y Roberto Acosta.

A mis compañeros de la Especialidad.

RESUMEN.

En el presente trabajo se realizó un estudio Sismo-estratigráfico de las secuencias depositacionales 5.5 m.a- 4.2 m.a y 4.2 m.a- 3.8 m.a correspondientes al Plioceno Inferior en el Campo Macuile en el Edo. de Veracruz; en él se incluyen los reestudios bioestratigráficos realizados en 1996 de 3 pozos: Macuile-3, Macuile 4 y Macuile Sur 1, así como la interpretación de la sísmica y de los registros geofísicos realizadas para este trabajo.

Se efectuó la calibración de los tres pozos citados, con los datos sísmicos y los registros geofísicos para marcar los límites de secuencia en el cubo sísmico Jimba y se elaboraron planos de facies sísmicas de acuerdo a la fórmula de Ramsayer , dentro de los cuales se identifican las facies sísmicas paralelas y subparalelas (asociadas con zonas de baja energía), hummocky (asociadas con el complejo de canales y niveles naturales), clinoforma hummocky (asociado a la cuña de progradación de bajo nivel) y la geometría monticular(asociada con lóbulos).

De acuerdo al análisis de la información de los microfósiles bentónicos reportados en las muestras de los pozos antes mencionados, las secuencias en estudio corresponden a una paleobatimetría de batial superior.

De acuerdo a los planos de facies y a los mapas de amplitud que se realizaron de los límites de secuencia aplanados 5.5 m.a y 4.2 m.a; se propone el modelo de depósito correspondiente a rampas submarinas para las secuencias 5.5 m.a-4.2 m.a y 4.2 m.a- 3.8 m.a, característico de fuente de aporte múltiple y se considera que dentro de su asociación corresponden a las denominadas rampas submarinas ricas en lodos.

INDICE.

Capitulo I

a) Introducción.....	2
b) Ubicación geográfica.....	3
c) Objetivos.....	4
d) Justificación.....	4

Capitulo II

a) Metodología.....	7
b) Diagrama de flujo de la interpretación.....	9
c) Desarrollo.....	10
d) Conclusiones.....	37

Referencias bibliográficas.....	38
--	-----------

CAPITULO I

I.a.- INTRODUCCIÓN.

La política actual de Petróleos Mexicanos en cuanto a la exploración de objetivos someros y la necesidad de la incorporación de las reservas de gas y aceite ligero, presentan la oportunidad de realizar un estudio detallado de los sedimentos del Neógeno, que anteriormente revestían una menor importancia debido a que los objetivos eran estructurales y mesozoicos. Parte del éxito que se tenga en la incorporación de reservas en estos sedimentos, deberá estar basado en el conocimiento y entendimiento de los ambientes sedimentarios en que se depositaron estas arenas, así como las relaciones que guardan lateralmente y verticalmente cada una de estas facies sedimentarias.

El propósito de este trabajo es establecer estas relaciones que existen de acuerdo a la información aportada por los registros geofísicos, la información sísmica y la información bioestratigráfica, utilizando las nuevas metodologías de trabajo empleadas dentro de la Estratigrafía de Secuencias para el estudio de cada una de ellas para poder establecer un modelo geológico de las secuencias de depósito 5.5m.a – 4.2 m.a. y 4.2m.a - 3.8 m.a teniendo un mejor conocimiento debido a que en el área se ha manifestado la presencia de hidrocarburos.

I.b.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La Cuenca de Veracruz y la Plataforma de Córdoba se localizan en la posición central del Estado de Veracruz, parte oriente del Estado de Puebla y el extremo NE de Oaxaca. Fig (1). El área del Campo Macuile se encuentra en la parte central de la Cuenca de Veracruz.(Santiago,A. et al., 1984).

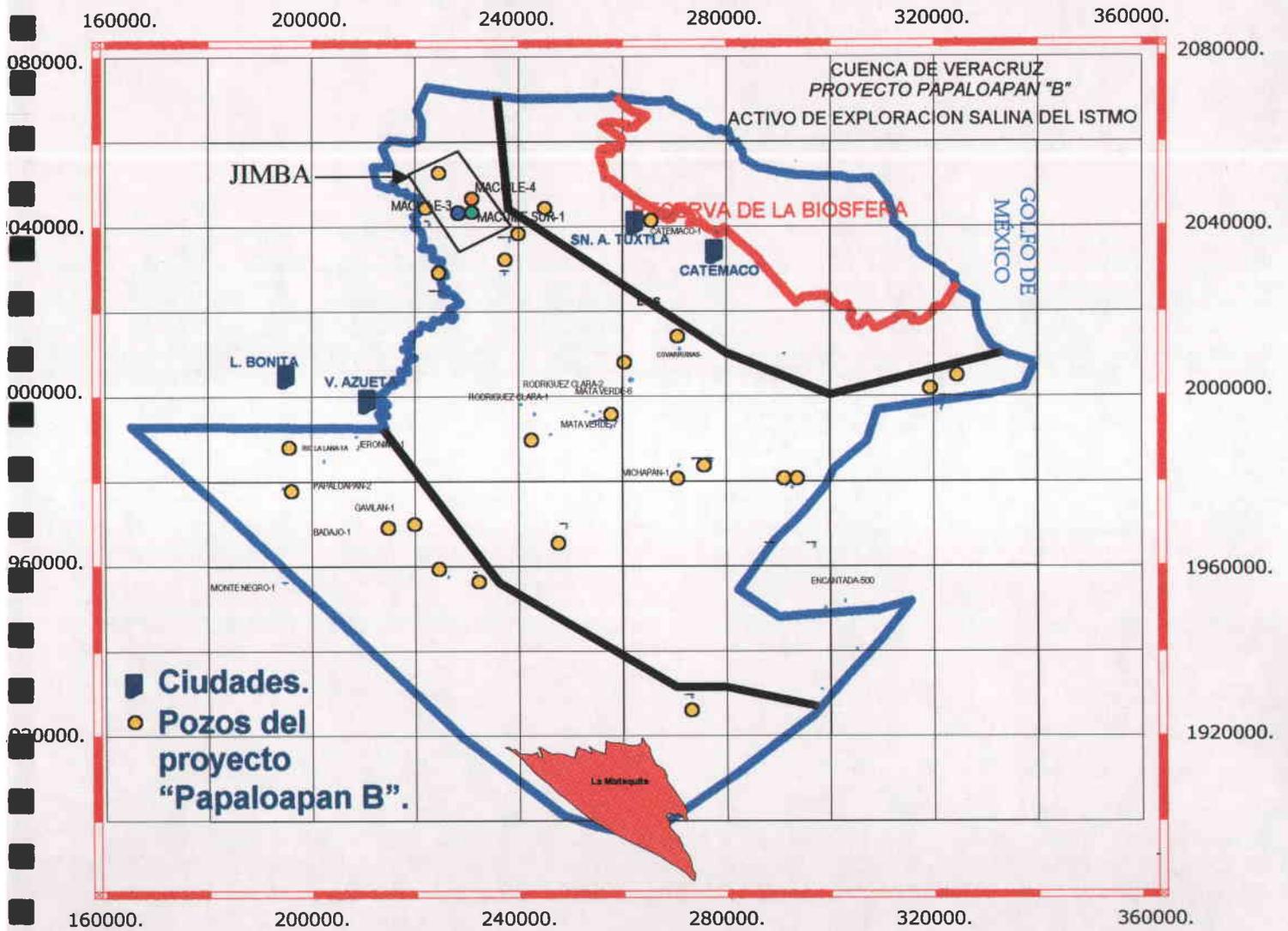


Fig. 1.- Ubicación del área de estudio. El área del rectángulo corresponde al cubo sísmico, dentro de él se observa en color azul la posición del Pozo Macuile 3, en naranja el Pozo Macuile 4 y en verde el Pozo Macuile Sur 1.

I.c.- OBJETIVO.

El objetivo principal del presente estudio es el establecer el modelo geológico de las secuencias de depósito 5.5. m.a 4.2 m.a y - 4.2 m.a - 3.8 m.a en el área del campo Macuile, en el Edo. de Veracruz.

I.d.- JUSTIFICACIÓN.

El medio ambiente de depósito de los sedimentos ejerce un control específico sobre las características geométricas, petrofísicas y mineralógicas de las facies que originan; por lo que se considera indispensable conocer el origen de los cuerpos arenosos que constituyen la roca almacenadora de un yacimiento.

Para la perforación de un pozo petrolero el aspecto que primordialmente se ha tomado en cuenta es el estructural, sin considerar realmente el carácter estratigráfico. Por ejemplo: La mayoría de los cuerpos arenosos tienen formas diversas (un canal , una barra , un banco de arena de playa , etc.), con buen potencial almacenador de hidrocarburos y dependiendo de las dimensiones tanto del cuerpo arenoso como de la estructura se puede pensar que es más fácil que el primero ocupe solo una parte de la segunda.

Aquí radica la importancia de tomar en cuenta también el aspecto estratigráfico con el cual se pueden tener, además de la posición estructural, los límites dados por la distribución de los cuerpos arenosos.

Cada ambiente sedimentario, es controlado por la paleotopografía de la cuenca de depósito y los cuerpos arenosos que se originaron, tiene una relación bien definida con la línea de costa existente durante su depositación, sin que deformaciones estructurales posteriores modifiquen esta relación. Por lo que al conocer la paleotopografía de la línea de costa antigua y el probable origen del cuerpo arenoso, se podrá definir en que dirección la roca almacenadora se distribuye preferentemente; información muy necesaria para el desarrollo de los campos descubiertos en este tipo de depósitos.

Por esta razón es sumamente importante detallar lo mejor posible el modelo sedimentario en cuestión, para establecer con mayor eficacia las estrategias exploratorias y poder realizar un mejor cálculo del volumen de hidrocarburos que un yacimiento pueda contener.

Por las razones expuestas anteriormente, es necesario conocer los sistemas de depósito y sus características de las rocas siliciclásticas pliocénicas del Campo Macuile.

CAPITULO II

II.a.- METODOLOGÍA.

El procedimiento llamado análisis de secuencias sísmicas involucra el reconocimiento de los principales paquetes de reflexión llamados secuencias sísmicas.

El análisis de secuencias sísmicas permite delinear las unidades de depósito fundamentales, llamadas secuencias depositacionales por Vail et al.,(1977), las cuales son delimitadas por discordancias o sus equivalentes concordancias. La correlación a través de la malla sísmica, seguida por el mapa de isopacas de la secuencia usando el control del punto de disparo seleccionado, es el primer paso en el análisis de las secuencias. Las secuencias sísmicas proveen un marco estratigráfico en tiempo de una región.

El segundo paso es la conversión de profundidad a tiempo de los datos de los registros geofísicos y datos de muestras de canal y núcleos de pozos. El tiempo graficado puede ser directamente colocado en el perfil sísmico para proveer litología y otras propiedades de la roca con las cuales interpretar las facies sísmicas.

El análisis de facies sísmicas es una parte esencial de la interpretación. Este involucra el reconocimiento de unidades menores de reflexión dentro de una secuencia, las cuales pueden ser la respuesta sísmica a las litofacies. Las facies sísmicas son caracterizadas por distintivos despliegamientos de la reflexión, la continuidad, amplitud y frecuencias de la reflexión, geometría externa además de la velocidad de intervalo. Las reflexiones como facies sísmicas pueden terminar abruptamente o gradar hacia dentro de otras facies sísmicas. El mapeo de las facies sísmicas dentro del máximo control del punto de disparo, es una parte importante del análisis porque la geometría externa generalmente permite mejorar la interpretación de las correspondientes litofacies.

El análisis del carácter de la reflexión, de reflexiones individuales, permite interpretaciones más sofisticadas de las facies sísmicas por medio de la forma de la ondícula, amplitud y frecuencia entre otras. Como los análisis son realizados por un geofísico, puede servir para verificar la interpretación de las facies sísmicas.

La interpretación geológica final, involucra la identificación de secuencias sísmicas y el análisis de facies, para mapear y definir la paleogeografía y geología histórica de una determinada región.

Los mapas y secciones correlacionadas pueden ser convertidos de tiempo a profundidad en este paso. La distribución de (los) sistema(s) de depósito(s) inferido(s) dentro de cada secuencia, permite el reconocimiento y mapeo de los límites de facies, límites de plataformas, y otras características estratigráficas mayores.

La evaluación de plays y prospectos, es la aplicación de los datos sísmicos-estratigráficos adquiridos, para definir, mapear y evaluar yacimientos potenciales, capas generadoras y sellos para trampas estratigráficas y estructurales. El éxito en esta fase depende principalmente de la experiencia y perspectiva del analista. Los escenarios geológicos inferidos (deposición, erosión submarina, exposición subaérea / erosión, condiciones estructurales, entre otras) para cada secuencia, provee la conceptualización de plays de menor riesgo para la exploración.

Conceptualmente el proceso difiere muy poco de la prospección convencional, excepto que los datos estratigráficos derivados sísmicamente son aplicados. Mapas innovados son importantes en este estado para integrar todo lo pertinente a los elementos del prospecto (Brown y Fisher, 1979).

A continuación se describen los diferentes pasos que se siguieron durante el presente trabajo terminal, los cuales se resumen en la figura 2.

II.b.- DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INTERPRETACIÓN.

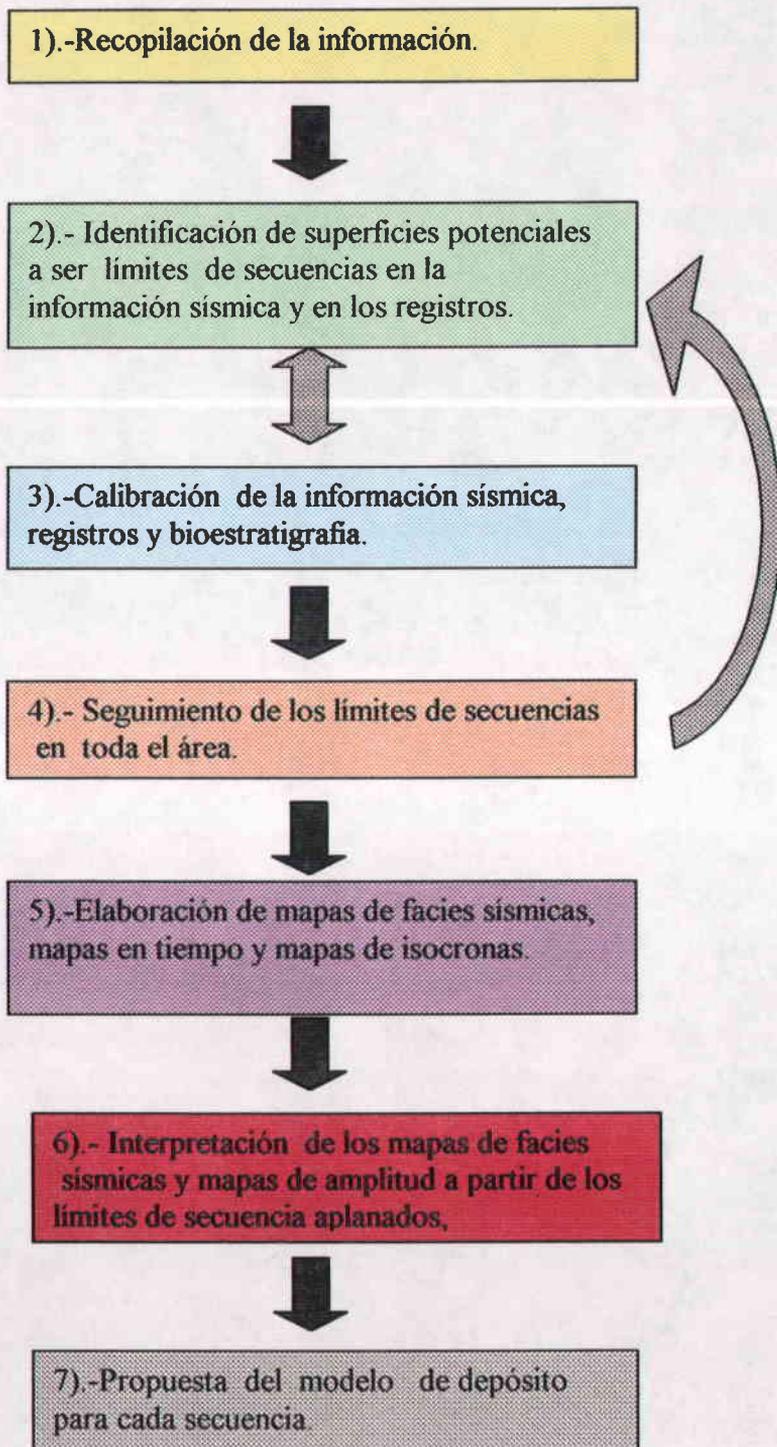


Figura 2.- La figura muestra el diagrama de flujo que se siguió durante la aplicación de la metodología realizada.

II.c.- DESARROLLO.

1).- Recopilación de la información.

Pozos:

Durante los años setenta se llevo a cabo la perforación de tres de los cinco pozos en el área actualmente sujeta a estudio: Macuile 4 (1974), Macuile 3 (1975) y Macuile sur 1 (1976).

Anteriormente se perforó el Pozo Macuile 1(1962), el cual no se considera en este estudio porque guarda una posición muy cercana al Pozo Macuile 4 que tiene una información más completa. El Pozo Tlacotalpan-1 ubicado al norte del cubo no se considera en este estudio.

Durante el desarrollo de la perforación de estos pozos se tomaron diversos registros geofísicos. En este estudio se utilizaron los registros de rayos gamma, potencial espontáneo y de carácter resistivos cuando se contaron con ellos. Además de la información obtenida por el estudio de las muestras de canal.

Bioestratigrafía:

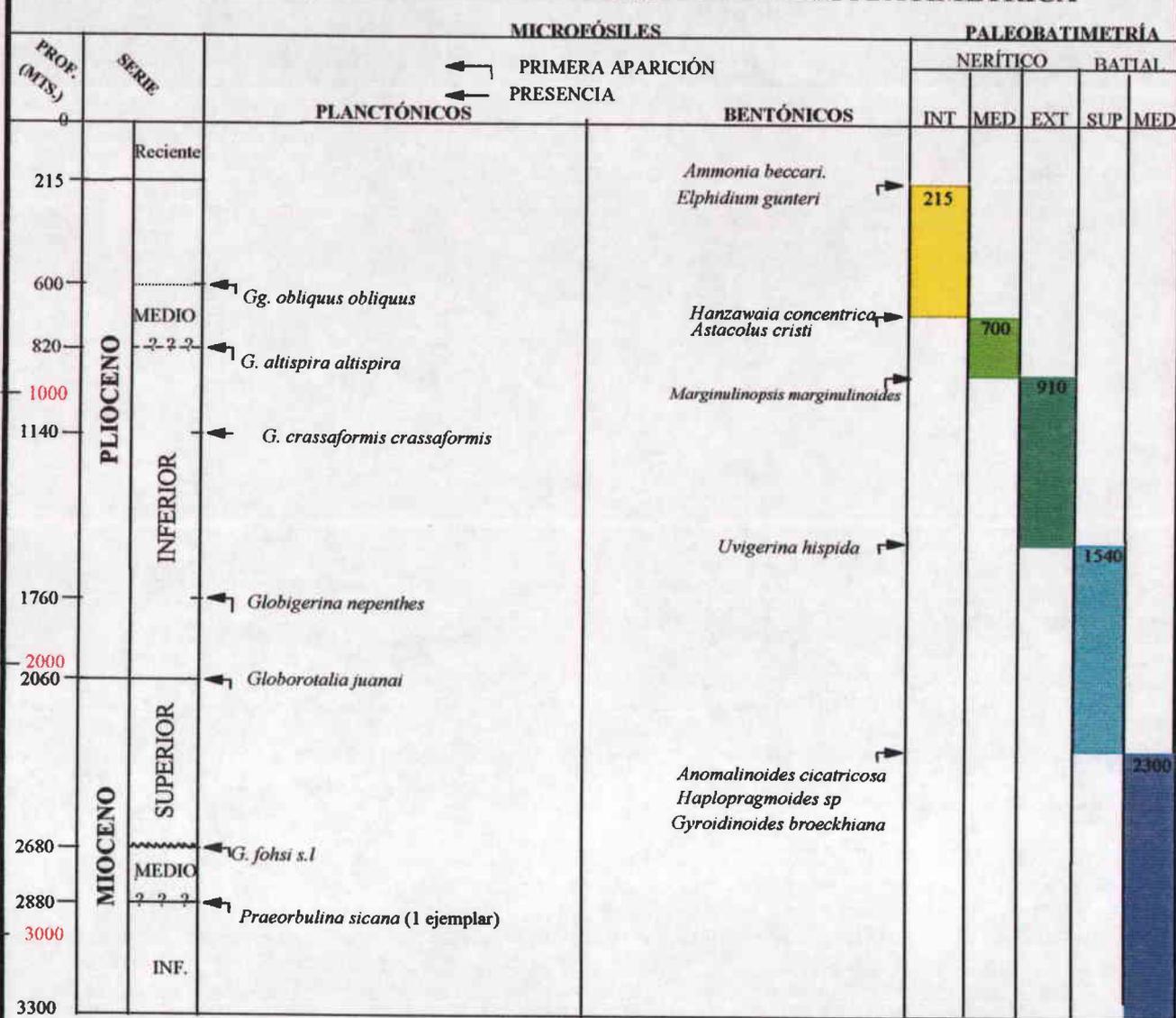
En los años en que se realizó la perforación de estos pozos, las correlaciones estratigráficas de los estratos sedimentarios estaban basadas principalmente en los datos aportados por los microfósiles de foraminíferos bentónicos, los cuales definían las siguientes unidades estratigráficas: Paraje Solo, Concepción Superior, Concepción Inferior, Encanto y Depósito.

Posteriormente se adoptaron las zonas basadas en el uso de los microfósiles de foraminíferos plantónicos (Bolli, 1966, Blow, 1969, Stainforth, 1975, Bolli 1985) tomado de Haq et al.,(1987) y de Nannoplancton calcáreo (Martini, 1971, Burky 1981) tomado de Haq et al., (1987).

En 1996 se realizó un reestudio bioestratigráfico cada 20 mts de las muestras de los pozos mencionados donde se definieron las edades de los sedimentos así como las paleobatimetrías de los depósitos; tales edades correspondieron al Plioceno Medio, Plioceno Inferior y Mioceno Superior. Esta información se muestra en las figuras 3 ,4 y 5.

POZO: MACUILE 3

COLUMNA CRONOESTRATIGRÁFICA Y PALEOBATIMÉTRICA



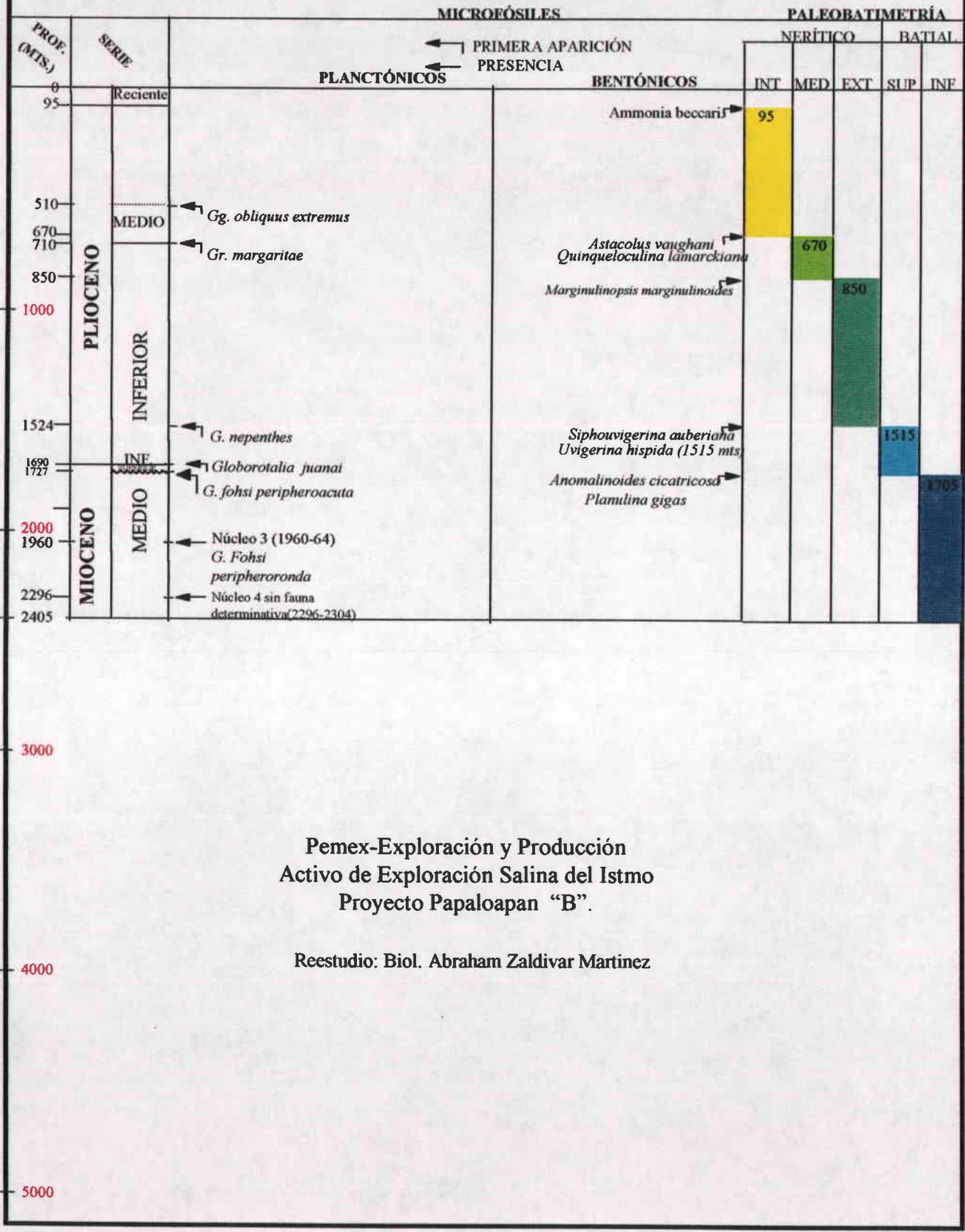
Pemex-Exploración y Producción
Activo de Exploración Salina del Istmo
Proyecto Papaloapan "B".

Reestudio: Biol. Abraham Zaldivar Martinez.

Fig. 3.- Información bioestratigráfica del pozo Macuile 3.

POZO: MACUILE 4

COLUMNA CRONOESTRATIGRÁFICA Y PALEOBATIMÉTRICA



Pemex-Exploración y Producción
 Activo de Exploración Salina del Istmo
 Proyecto Papaloapan "B".

Reestudio: Biol. Abraham Zaldivar Martinez

Fig.4.- Información bioestratigráfica del pozo Macuile 4.

POZO: MACUILE SUR 1

COLUMNA CRONOESTRATIGRÁFICA Y PALEOBATIMÉTRICA

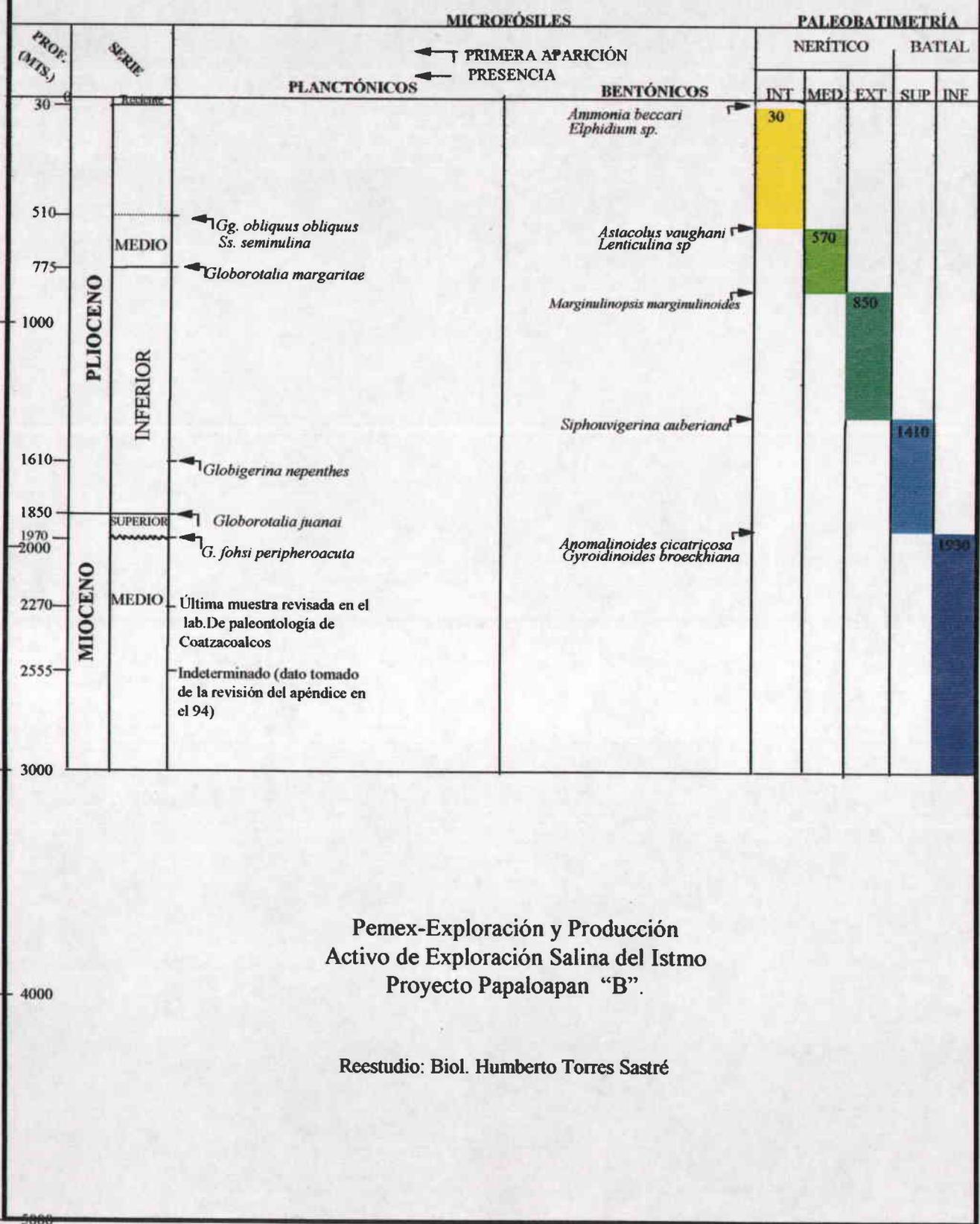


Fig. 5.- Información bioestratigráfica del pozo Macuile Sur 1

Sísmica:

La información sísmica utilizada corresponde al cubo sísmico Jimba del proyecto de inversión de Pemex - Exploración y Producción Papaloapan "B", del Activo de Exploración Salina del Istmo de la Región Sur. El cual se encuentra en una versión migrada posterior al apilamiento; con un tamaño de bin de 35 x 35 mts, con 22.2 Km de largo y 12.6 Km de ancho aproximadamente.

La calidad de la información presentada varía de regular a buena.

La información sísmica fue cargada en la base de datos para su trabajo dentro de la plataforma Geoframe en el módulo de Charisma en la parte correspondiente a interpretación.

Registros geofísicos:

La información de los registros geofísicos de los pozos Macuile 3, Macuile 4 y Macuile Sur 1. Fue cargada en la base de datos del proyecto dentro de Geoframe, pero solo se pudo trabajar con los registros de Rayos Gamma y SP en el módulo de Charisma.

Durante la carga de la información, la tabla de valores de conversión tiempo-profundidad del pozo Macuile 3 fue utilizada como TZ del campo para los tres pozos.

2).- Identificación de superficies potenciales a ser límites de secuencia en la información sísmica y en los registros.

En los registros SP y Rayos Gamma de los pozos: Macuile 3, Macuile 4 y Macuile Sur 1, se marcaron las primeras apariciones en el sentido de la perforación de los microfósiles Globigerina nepenthes y Globorotalia juanai (ver figuras 3,4 y 5), marcando en el registro cuerpos de arenisca limpia que pudieran corresponder, a los límites de secuencia 3.8 m.a y 5.5 m.a. y un cuello arcilloso que pudiera corresponder a las secciones condensadas del intervalo en estudio (las secciones condensadas no se interpretaron en la información sísmica).

Posteriormente las profundidades de las bases de los cuerpos de areniscas obtenidas en los registros, fueron convertidos a tiempo y se buscaron en la línea sísmica 1230 y la traza 5270 (las cuales fueron tomadas como base para efectuar el amarre de los datos) además se buscaron las características sísmicas que pudieran definir un límite de secuencia, de acuerdo a la metodología

empleada por Vail y Mitchum (1977); Vail, Mitchum y Sangree (1977); Vail, Todd y Sangree (1977); Vail, Mitchum y Thompson (1977); Brown y Fisher (1979).

El registro geofísico del Pozo Macuile-3, muestra un cuerpo arenoso de buena expresión encima de donde se encuentra marcada la primera aparición correspondiente al microfósil Globigerina nepenthes este cuerpo de arenisca se consideró el candidato al límite de secuencia 3.8 m.a. La profundidad marcada de la arenisca corresponde +/- 1690 mts de profundidad. (Fig. 6)

El candidato a límite de secuencia 5.5. m.a fue más difícil de marcar en los registros de los pozos (ya que no se observa una marca de arenisca muy clara en los pozos Macuile 4 y Macuile Sur 1), sin embargo en el Pozo Macuile 3, cerca de la profundidad de la primera aparición de Globorotalia juanai (2060 mts), existe la marca de una arenisca limpia en el registro de SP a la profundidad de 2040 mts., aproximadamente (Fig. 6).

El candidato a límite de secuencia 4.2 se determinó en forma posterior a los límites 3.8 m.a y 5.5. m.a. Una vez marcados en los registros de los pozos involucrados, se observó que entre ellos existía una marca de arenisca limpia de fuerte expresión en el Pozo Macuile 3, Macuile 4 y Macuile Sur 1 y se consideró un candidato a límite de secuencia.

En la tabla de secuencias cronoestratigráficas del Mioceno-Pleistoceno de Mitchum, et al., (1991), se reconoce un límite de secuencia intermedia entre los límites de secuencias 3.8 m.a. y 5.5. m.a. Este límite corresponde al límite de secuencia 4.2 m.a. (Fig. 6), el cual se considera que corresponde aquí a las marcas de arenisca observadas en los pozos mencionados anteriormente.

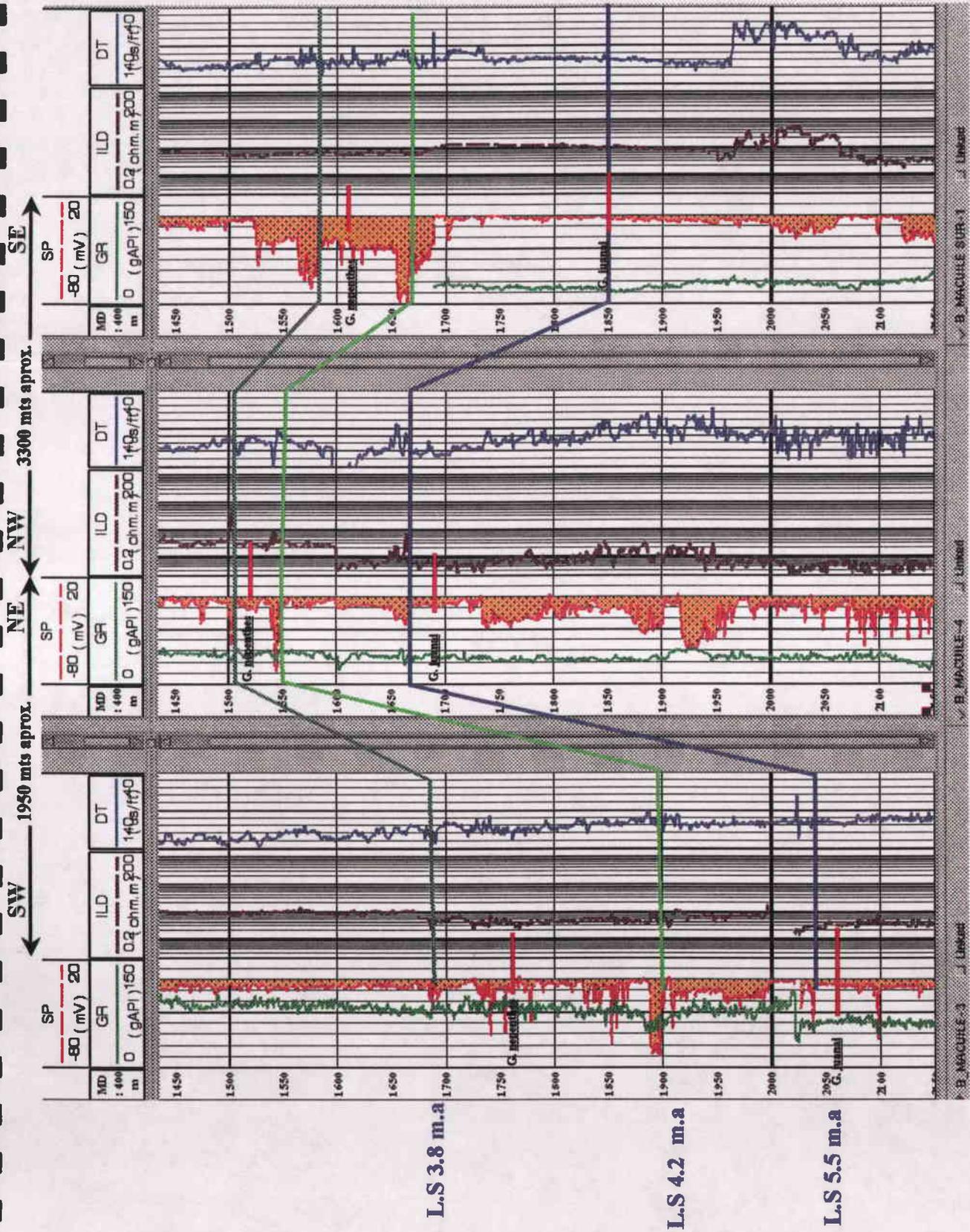


Fig. 6.- Límites de secuencias identificadas en los pozos Macuile-3, Macuile-4 y Macuile sur -1. Línea roja marca la profundidad de la primera aparición de los foraminíferos planctónicos índices en los pozos en el sentido de la perforación.

3) Calibración de la información sísmica, registros y bioestratigrafía.

Los datos bioestratigráficos de los fósiles bentónicos nos indican que las condiciones paleobatimétricas de el intervalo de estudio en los pozos corresponde al denominado como batial superior, (Fig. 3,4 y 5).

Se interpretó el cubo sísmico tomando como base la traza 5270 y la línea 1230 sobre las cuales se efectuó el amarre de la sísmica con los registros geofísicos, mediante el uso de los valores proporcionados por la tabla de conversión tiempo-profundidad del Pozo Macuile 3 en los tres pozos, determinando las superficies que corresponden a los límites de secuencias, de acuerdo a la información proporcionada por los registros y la sísmica (Fig. 7).

L.S. 3.8 m.a.

En la traza 5270, las marcas de los registros de las areniscas del Pozo Macuile 3 propuestas como candidatos a límites de secuencia, coinciden con reflectores de una alta amplitud, las cuales en el caso del candidato a límite de secuencia 3.8 m.a se puede seguir por todo el cubo y coincide con una marca similar en el registro del Pozo Macuile Sur 1 y la línea sísmica 1230 donde el cuerpo de la arenisca coincide con la superficie de fuerte amplitud. En esta superficie se determinan downlaps y onlaps a los flancos de la parte estructural más alta del cubo y se observa en las trazas 5270 y 5330 (Fig. 8 y Fig. 9). En la línea 1050 se puede observar un canal con relleno de onlap, en esta superficie considerada como el límite de secuencia 3.8 m.a. (Fig 10).

L.S. 4.2 m.a.

A la profundidad de 1900 mts se encuentra en el Pozo Macuile-3 un cuerpo de arenisca que coincide en la traza 5270 con una superficie sobre la cual se determinan onlaps y se observa además una fuerte amplitud en esta línea. Esta superficie se correlaciona bien con las marcas de arenisca en los registros de los pozos Macuile 4 y Macuile Sur 1, posicionados sobre la línea sísmica 1230 (Fig. 7).

Esta superficie se considera el límite de secuencia 4.2. m.a.

L.S 5.5 m.a.

En la traza 5270 (Fig. 8) existe un reflector de una alta amplitud sobre el cual se observan onlaps que coincide con la marca de una arenisca limpia en el registro de SP del Pozo Macuile 3. Esta superficie se consideró el límite de secuencia 5.5. m.a. y se siguió con problemas en las cimas estructurales dentro del cubo, teniendo una mejor expresión en las trazas a los flancos de las estructuras.

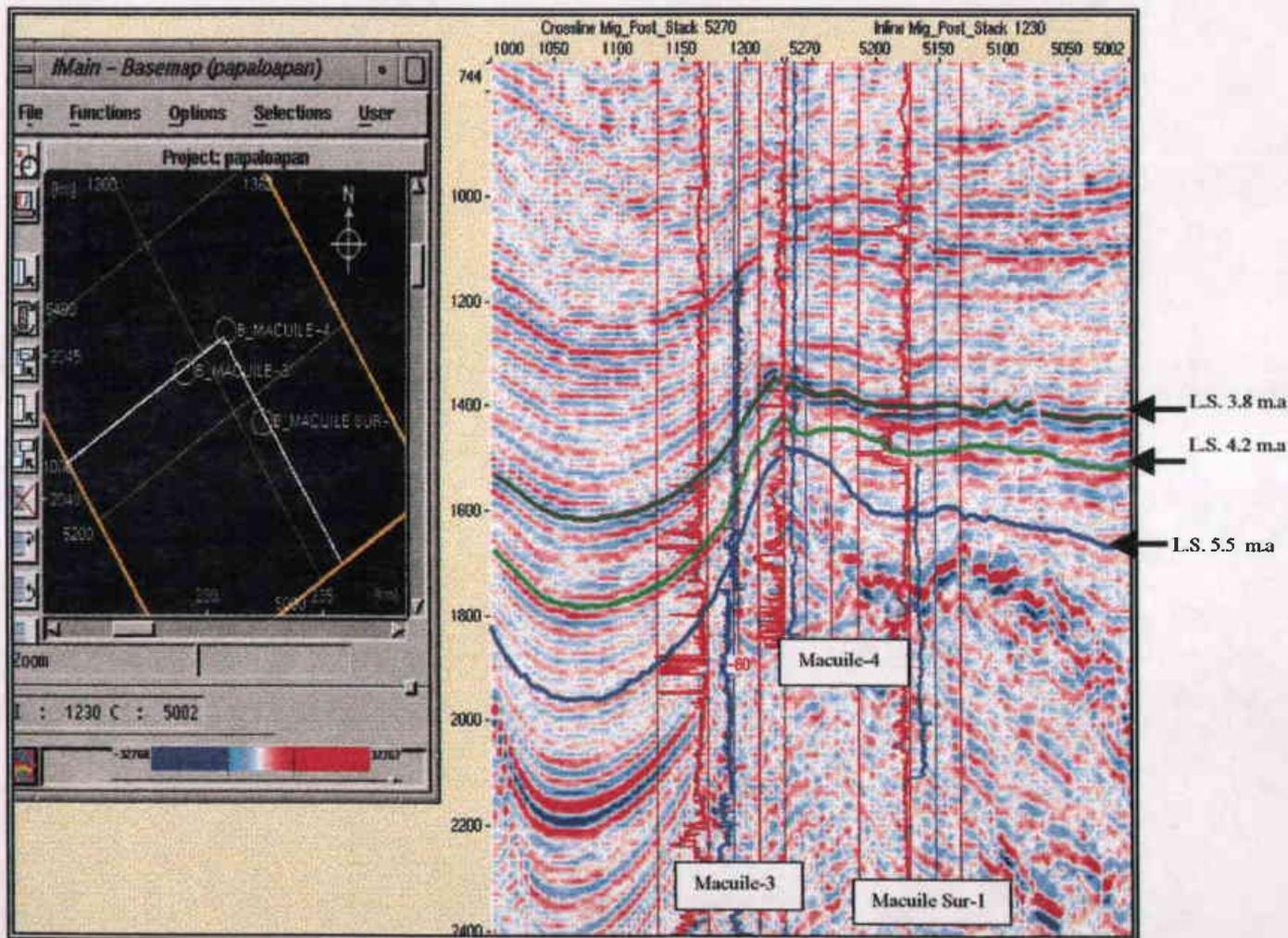


Fig. 7.- Línea sísmica compuesta por la línea 1230 y la traza 5270. Las cuales se usaron de base para efectuar el amarre de los datos de los registros geofísicos y los datos sísmicos, se muestran de izquierda a derecha, los pozos Macuile 3, Macuile 4 y Macuile Sur 1; con los límites de secuencias marcados. En azul el límite de secuencia 5.5 m.a.; en verde claro el límite de secuencia 4.2 m.a. y en verde oscuro el límite de secuencia 3.8 m.a.

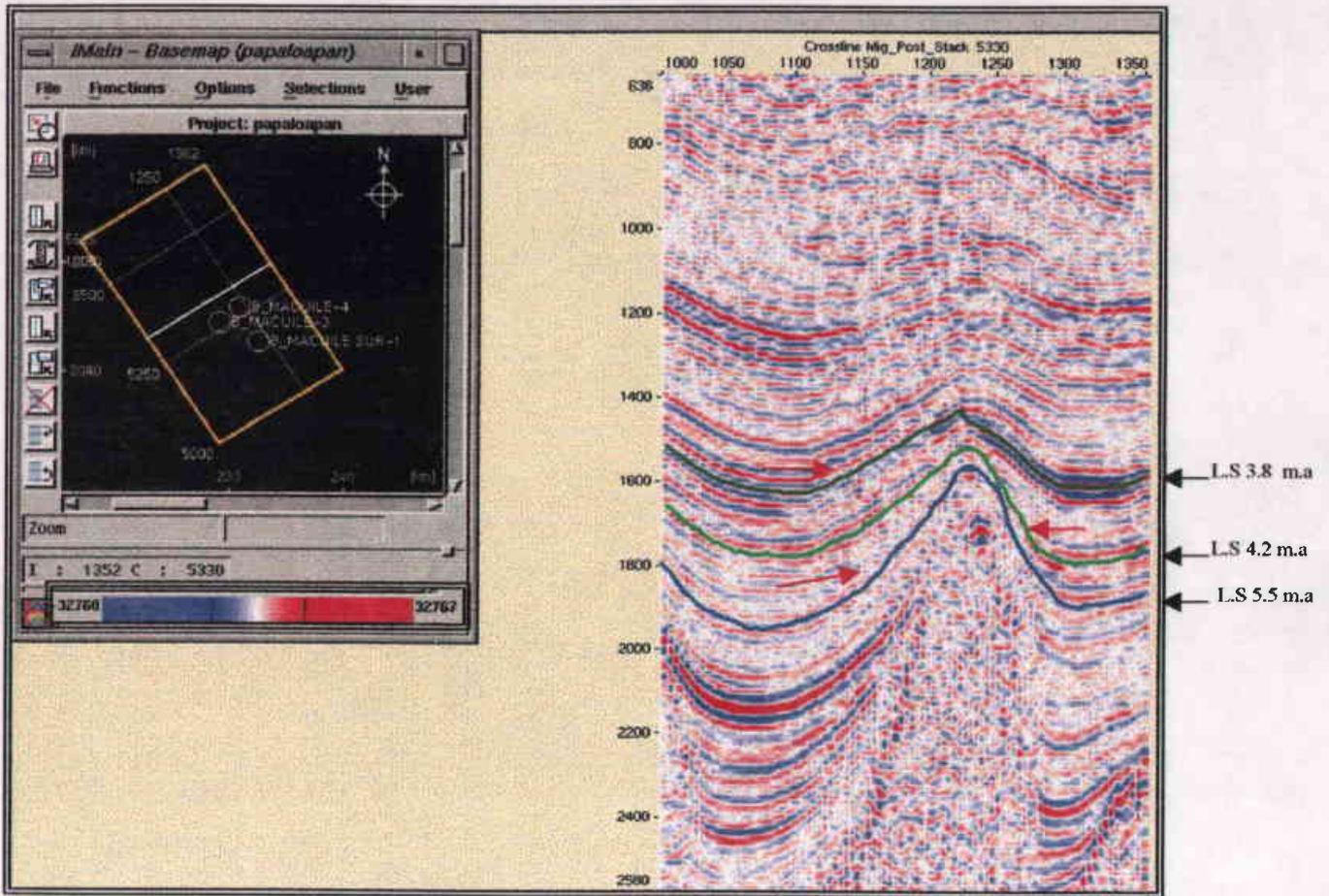


Fig. 8.- Traza 5330. A los flancos de la estructura se observan onlaps (flechas rojas) sobre las superficies marcadas como límites de secuencia.

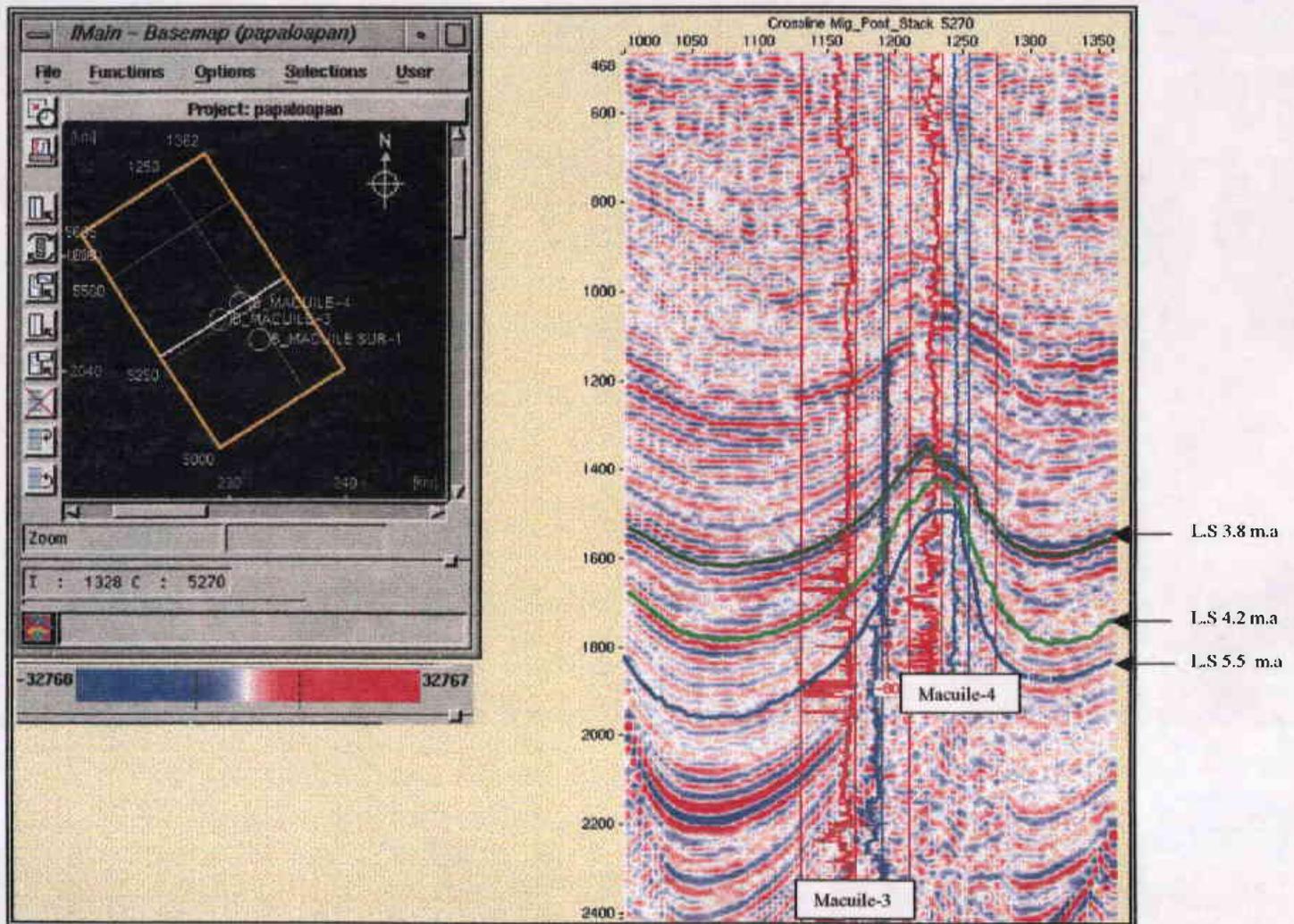


Fig. 9.- Traza 5270. Se observan de izquierda a derecha, los registros SP (rojo) y RG (azul) de los pozos Macuile 3 y Macuile 4; con los límites de secuencia marcados.

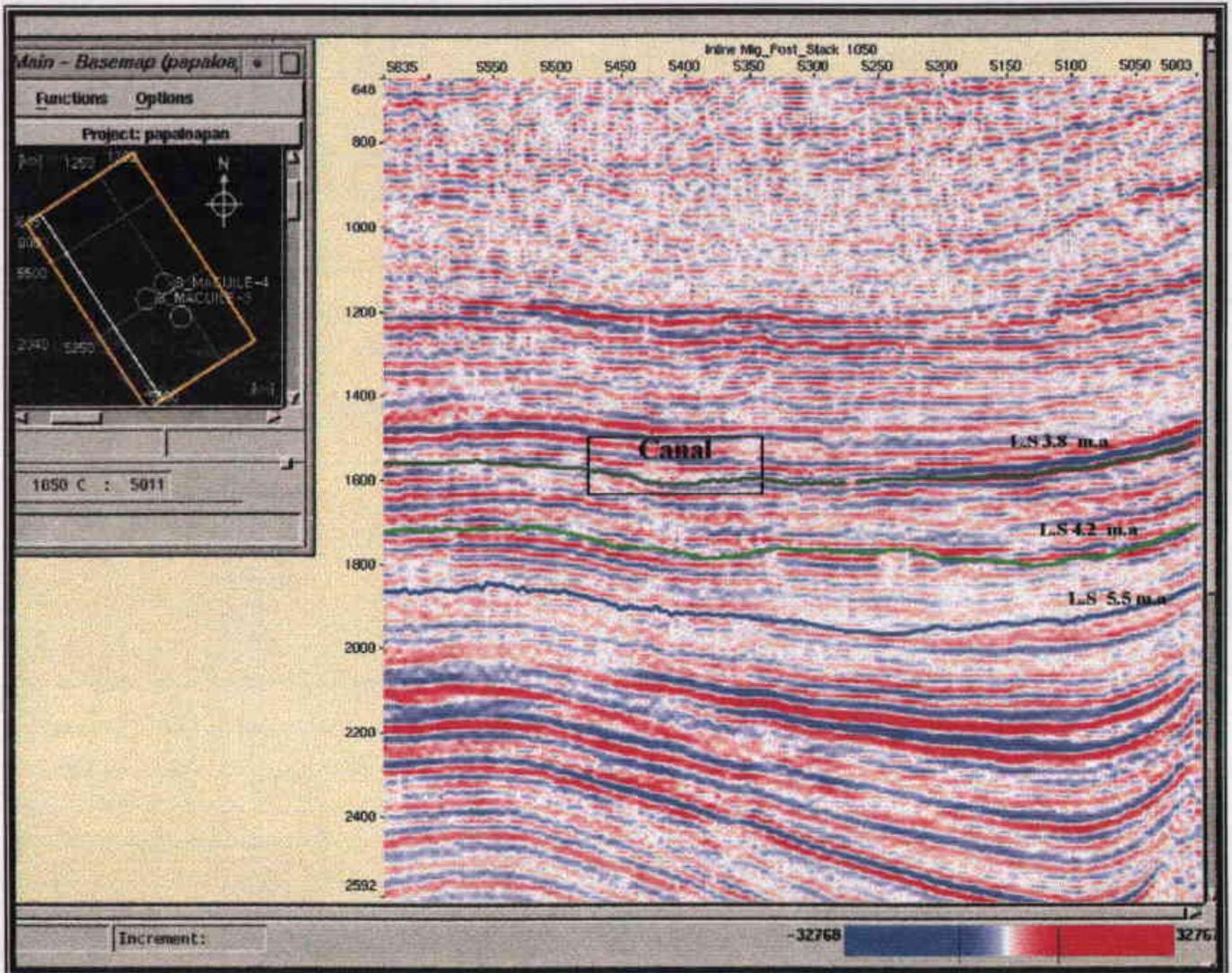


Fig. 10.- Línea 1050. En el límite de secuencia 3.8 m.a. (verde oscuro entre los cruces de las trazas 5400 y 5450 se observa un canal con relleno de onlap.

4) Seguimiento de los límites de secuencia en el cubo sísmico.

Los límites de secuencia interpretados se extendieron sobre el cubo. La interpretación del cubo se efectuó cada 20 líneas, siendo las siguientes líneas y trazas sobre las cuales se efectuó la interpretación.

	<i>LINEAS</i>		<i>TRAZAS</i>	
1010	1310	5010	5310	5610
1030	1330	5030	5330	5630
1050	1350	5050	5350	
1070		5070	5370	
1090		5090	5390	
1110		5110	5410	
1130		5130	5430	
1150		5150	5450	
1170		5170	5470	
1190		5190	5490	
1210		5210	5510	
1230		5230	5530	
1250		5250	5550	
1270		5270	5570	
1290		5290	5590	

Para el caso del límite de secuencia 3.8. m.a. se consideró seguir una superficie de un valor máximo de amplitud y en los límites de secuencias 4.2. m.a. y 5.5. m.a. se consideró el seguimiento de superficies de valor mínimo de amplitud debido a que presentaban una mejor expresión en todo el cubo.

La figura 11; corresponde al seguimiento de la interpretación a través del cubo y muestra el Pozo Macuile 3 con las tres superficies marcadas como límites de secuencias.

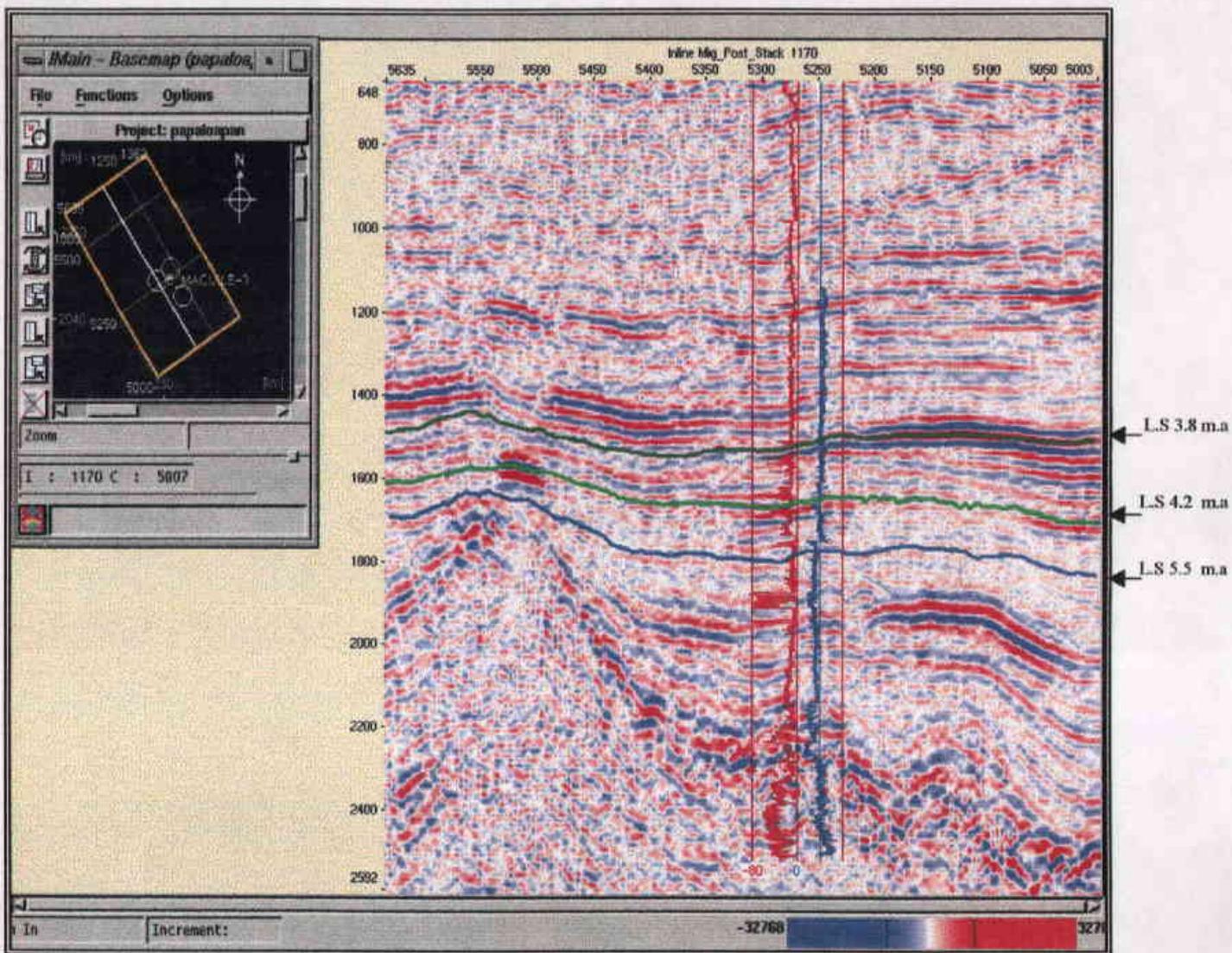


Fig.11.- La figura muestra los límites de secuencias identificados junto con los registros geofísicos del Pozo Macuile-3.

5).-Elaboración de los mapas en tiempo, de los mapas de isócronas y de los mapas de facies sísmicas de las secuencias de depósito interpretadas.

Los mapas de tiempo de los tres límites de secuencias correlacionados, se obtuvieron al interpretar las líneas y las trazas en el cubo sísmico Fig. 12,13 y14. En ellos se puede observar en los tres límites de secuencia interpretados, como la parte estructural más alta (tiempo menor) se encuentra en la parte central con una orientación principal NW-SE y está relacionada con los colores más claros, existiendo hacia los flancos depresiones (tiempo mayor) y que en las Fig. 13 y 14 forman pequeñas cuencas.

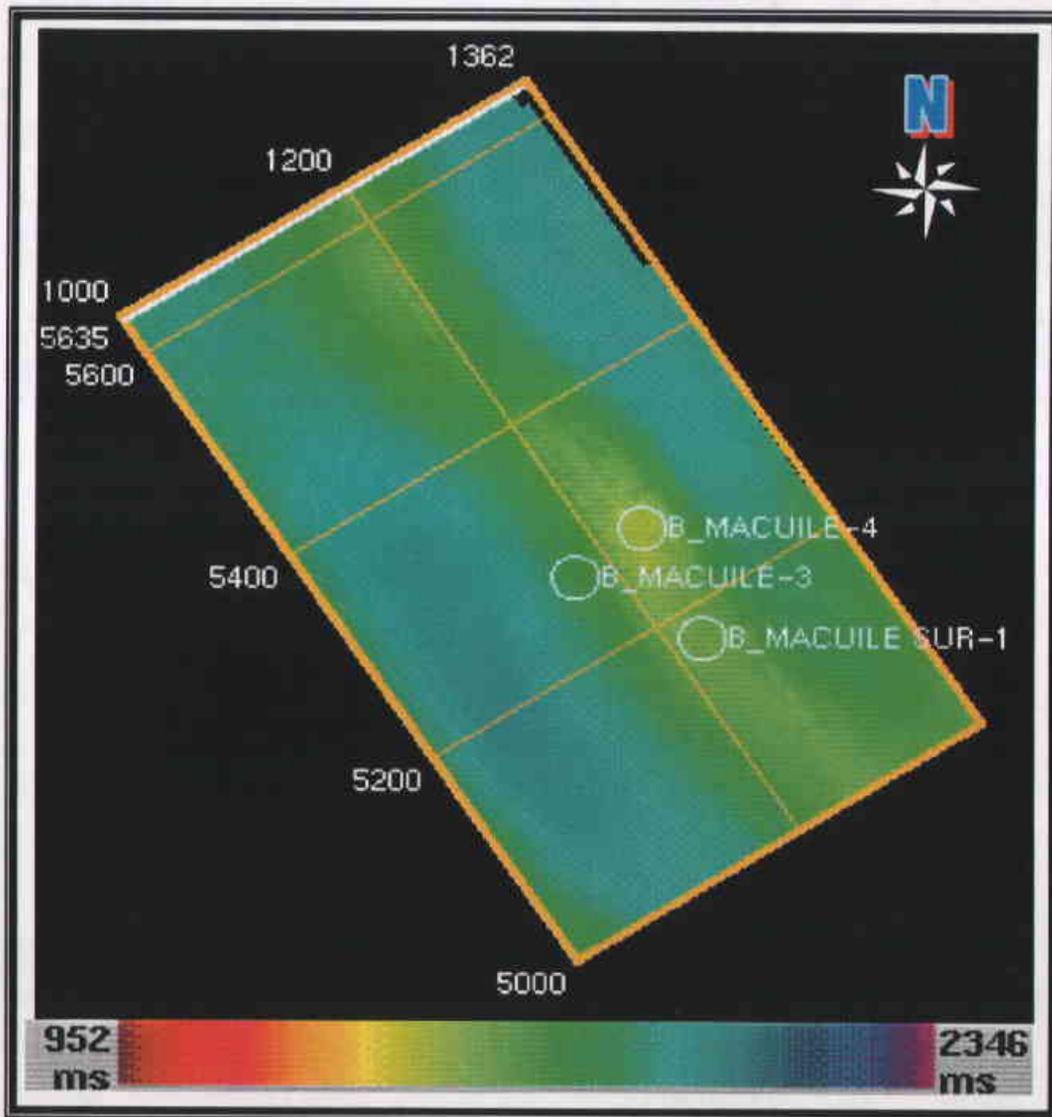


Fig. 12.- Mapa en tiempo del límite de secuencia 5.5 m.a en el cubo sísmico en tiempo. El color verde refleja la parte más alta estructuralmente (más somera en tiempo), en los flancos de esta área central se observan dos depresiones en color azul.

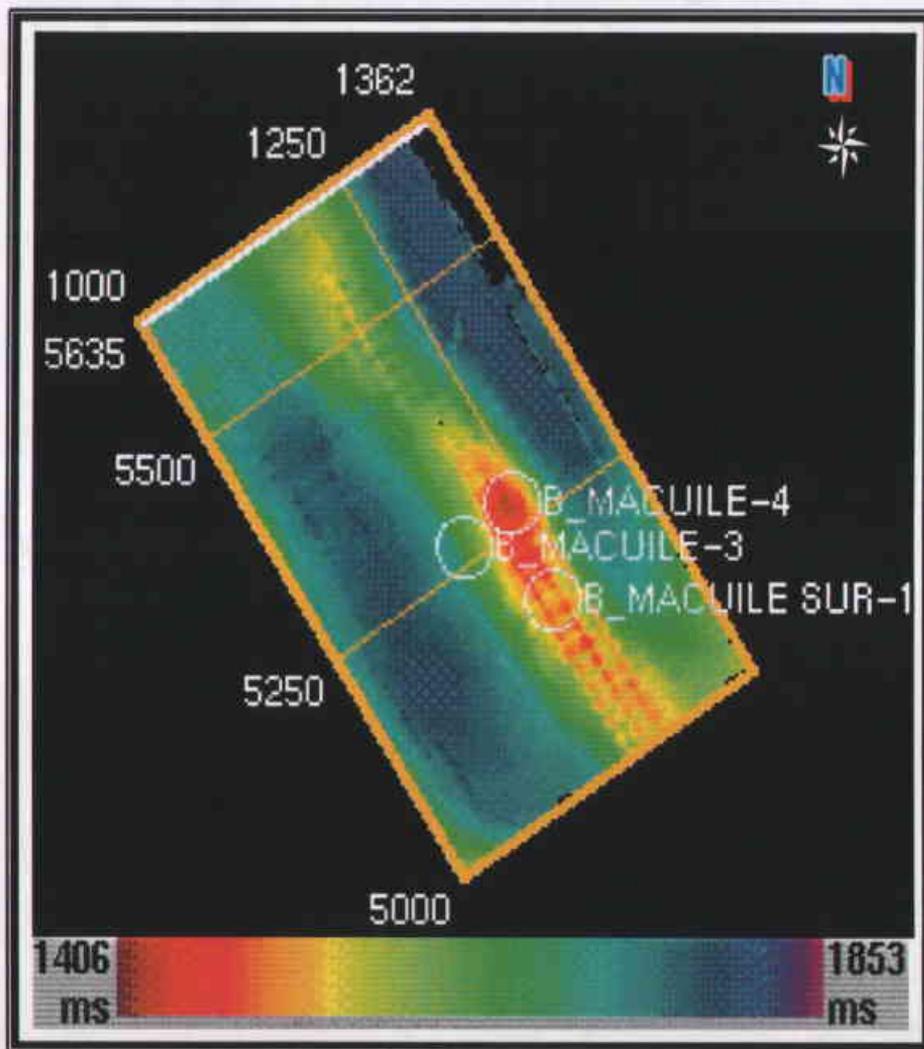


Fig. 13.- Mapa en tiempo del límite de secuencia 4.2 m.a en el cubo sísmico. El color rojo indica la parte estructural más somera en tiempo. El eje estructural se encuentra limitado por el área verde y hacia los flancos de la estructura se observa que el tiempo del límite de secuencia es mayor y es marcado con un color azul formando dos depresiones.

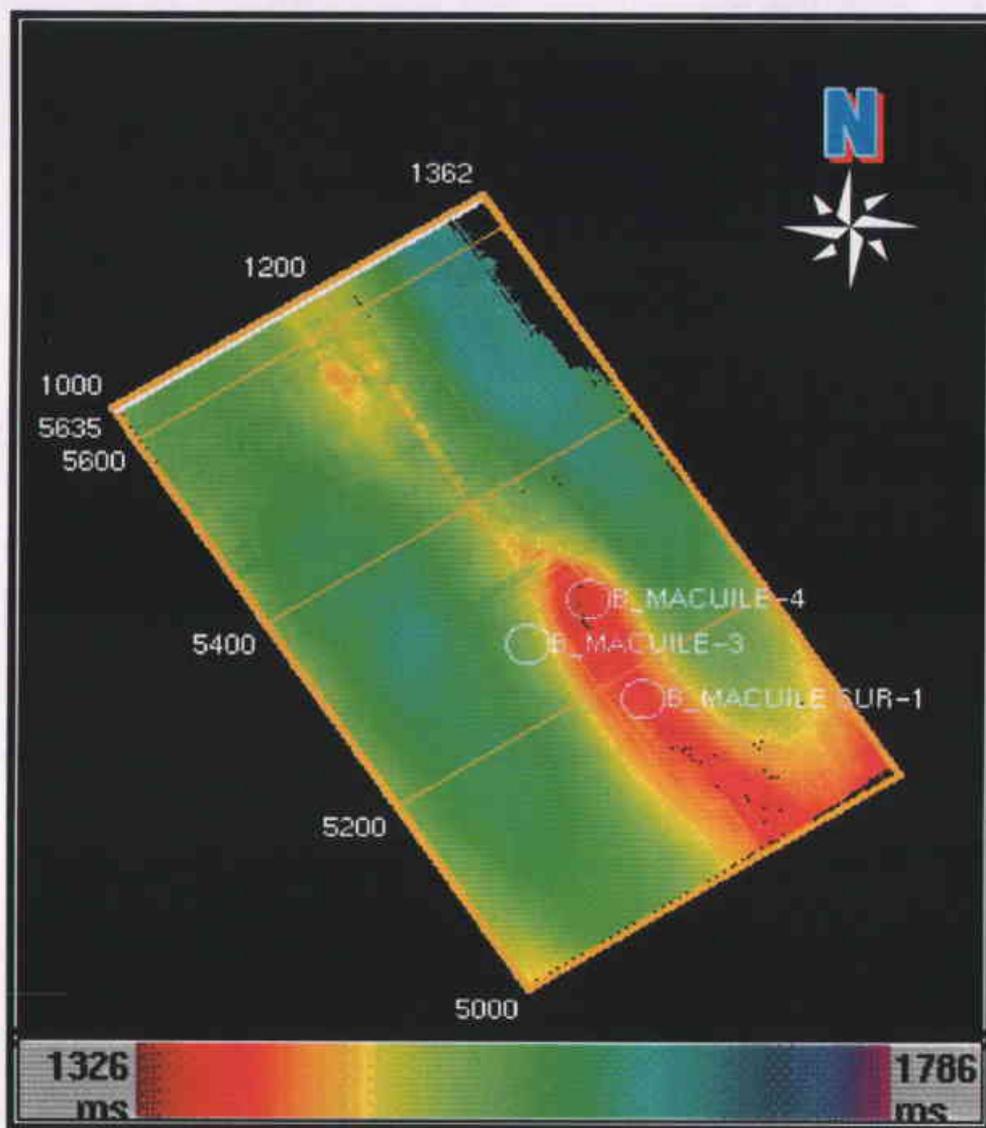


Fig. 14.- Distribución en tiempo del límite de secuencia 3.8 m.a en el cubo sísmico. La parte en rojo corresponde a la distribución de la configuración con un menor tiempo; se puede observar como hacia los flancos del cubo existen depresiones conformando la parte más profunda de esta secuencia con una coloración azul.

A partir de los mapas en tiempo se realizó una sustracción de las mallas correspondientes a los límites de secuencia para obtener los mapas de isocronas de las secuencia 5.5 m.a – 4.2 m.a y 4.2 m.a – 3.8 m.a. Fig 15 y 16. En estas figuras la coloración azul corresponde a las áreas con mayores espesores, teniendo una variación hacia áreas con menores espesores hacia la parte central del cubo en color verde y rojo.

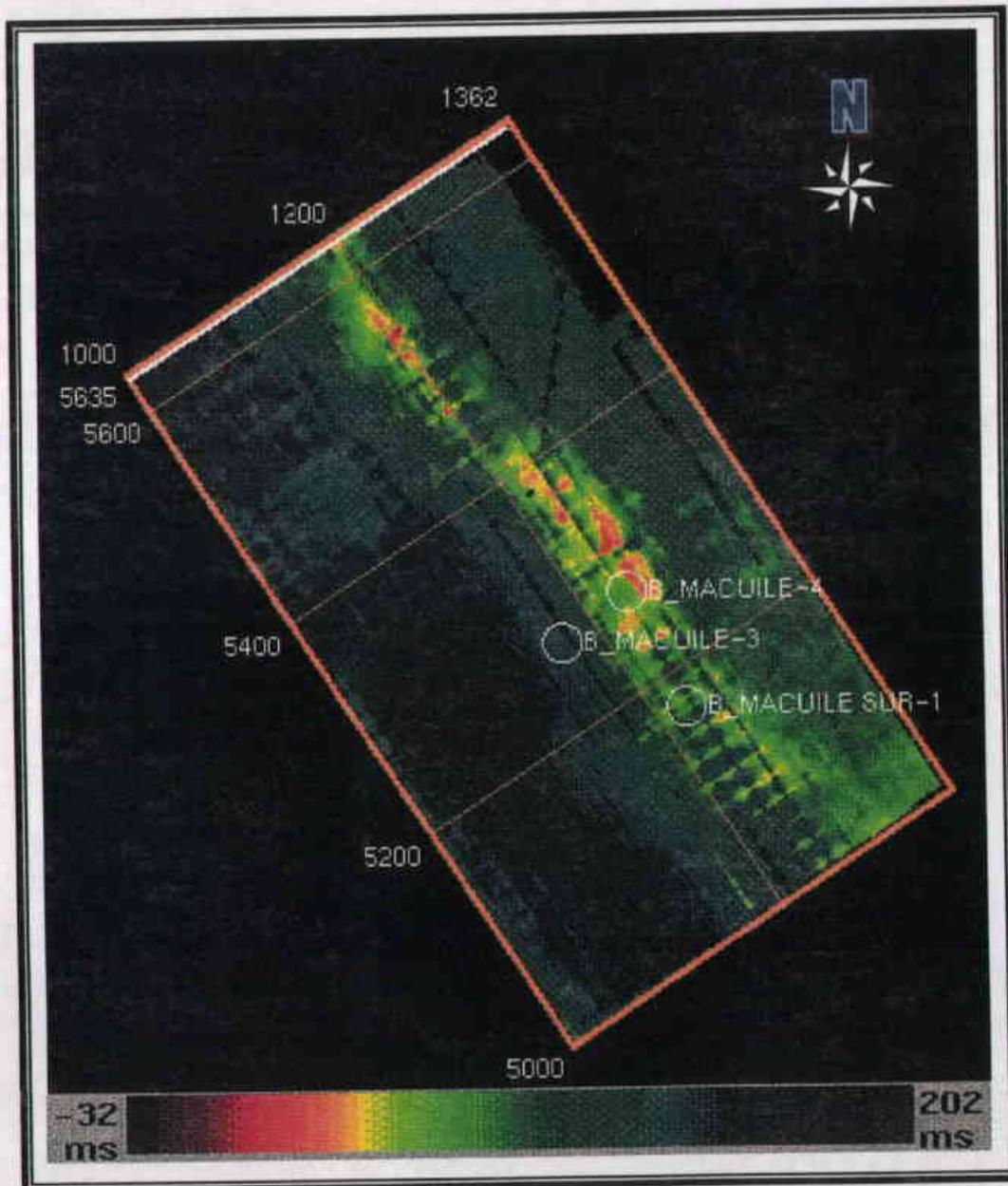


Fig. 15.- Mapa de isocronas de la secuencia 5.5 m.a-4.2 m.a. Se observa que la zona interpretada como de mayor espesor corresponde a la parte central-izquierda del cubo en una coloración azul oscuro, y la parte de menor espesor se encuentra hacia la derecha en colores más claros.

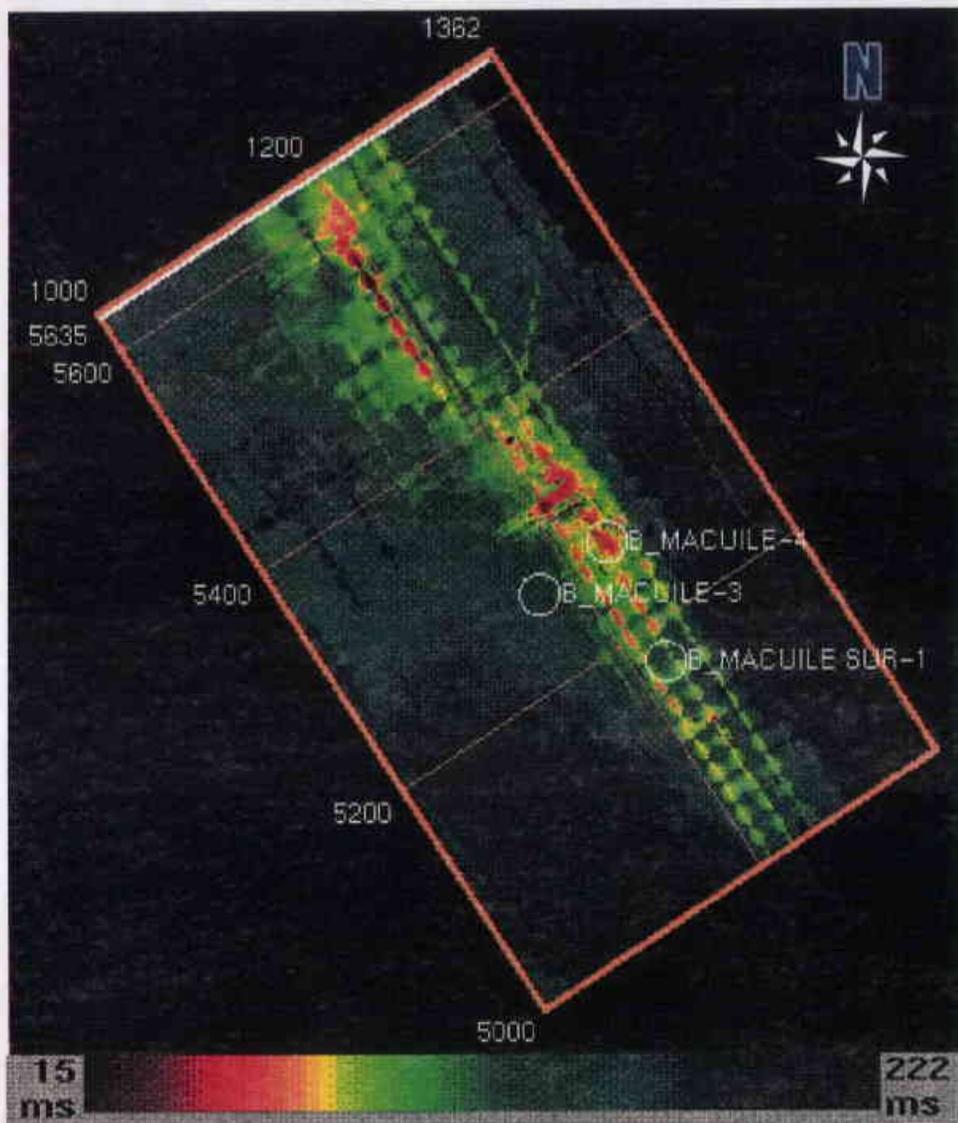


Fig. 16.- Mapa de isocronas de la secuencia 4.2 m.a - 3.8 m.a. En el se observan que las áreas de mayor espesor son interpretadas hacia la parte sur y sureste del cubo en color azul oscuro, y en la parte central y hacia el norte se encuentran las zonas interpretadas como de menor espesor.

Dentro de las secuencias 5.5. m.a -4.2. m.a y 4.2 m.a. -3.8 m.a. se realizaron mapas de facies sísmicas tomando en cuenta la configuración interna, la amplitud y la continuidad de las reflexiones. Se determinaron cinco tipos principales de configuraciones internas y un tipo de geometría de acuerdo a Brown y Fisher (1979); Sangree y Widmier (1977); Vail, Mitchum y Sangree (1977).

Las configuraciones fueron: paralelas, subparalelas, hummocky, clinofomas hummocky , caótico y la geometría monticular, la interpretación de estas configuraciones y de la geometría solo se realizó en la parte inferior de la secuencia la cual corresponde al Sistema de Bajo Nivel(LST); ya que se consideró la parte de mayor importancia económica. La parte superior de las secuencia correspondiente al Sistema transgresivo (TST) y Sistema de Alto Nivel (HST), no se consideraron para realizar planos de facies sísmicas debido a que generalmente presentan una configuración interna paralela y concordante en su límite superior.

Para la elaboración de los mapas facies sísmicas se aplico la formula de Ramsayer (1979). Donde se consideró la siguiente clave:

Para la amplitud se considera en forma cualitativa en comparación con las amplitudes presentes en las secciones sísmicas analizadas como (A) alta, (M) moderada y (B) Baja.

En la continuidad se considera en forma cualitativa (A) alta, (M) moderada, (P) pobre.

Dentro de las configuraciones internas clinofoma hum = clinofoma hummocky.

El mapa de facies sísmicas determinados para la secuencia 5.5. m.a.-4.2. m.a. (Fig. 17) presenta la siguiente distribución.

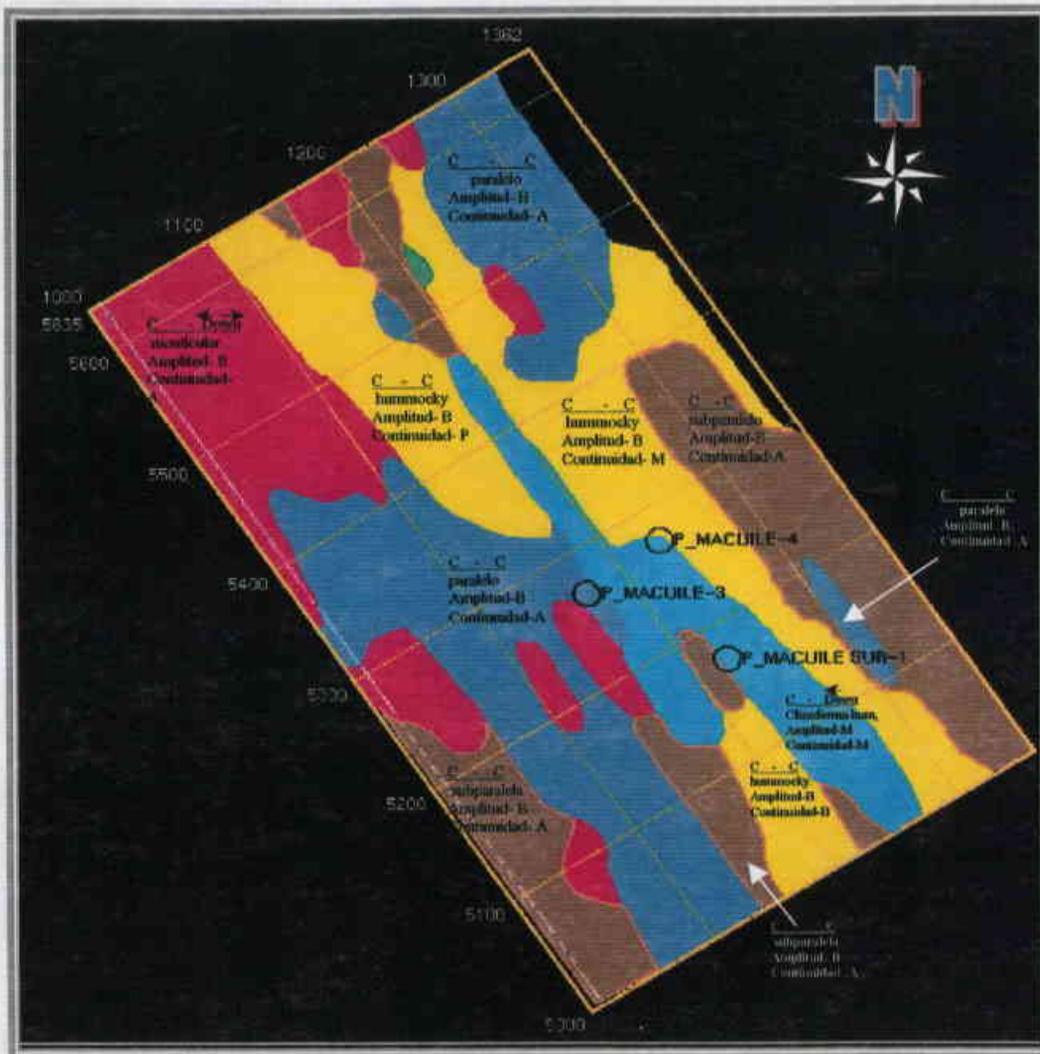


Fig.17.- Mapa de distribución de facies en la secuencia 5.5 m.a –4.2 m.a en ellas se puede observar las configuraciones internas paralelas (azul), subparalelas(café), hummocky (amarillo) y clinoforma hummocky (azul claro), Caótico (Verde) y la geometría monticular (violeta).

El mapa de facies sísmicas determinado para la secuencia 4.2. m.a.- 3.8. m.a. presenta la siguiente distribución. (Fig 18).

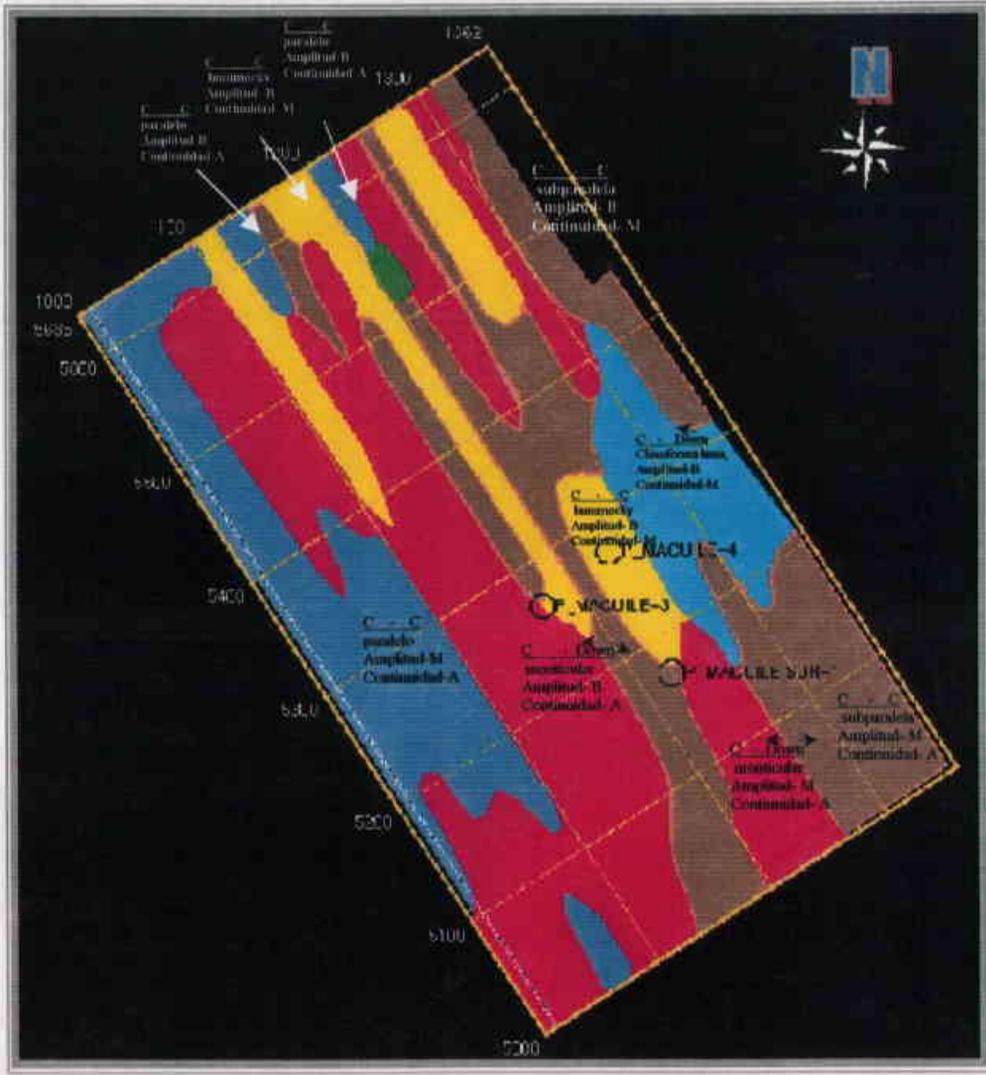


Fig.18.- Mapa de distribución de facies en la secuencia 4.2 m.a.- 3.8 m.a. en el se puede observar las configuraciones internas paralelas (azul), subparalelas(café), hummocky (amarillo), clinoforma hummocky (azul claro), Caótico (verde) y la geometría monticular (violeta).

6) Interpretación de los mapas de facies sísmicas y mapas de distribución de amplitud de las secuencias aplanadas.

Las configuraciones internas de las secuencias se interpretaron de la siguiente manera.

Las geometrías monticulares se interpretan como facies lobuladas de la parte inferior del Sistema de Bajo nivel.

Las facies hummocky se interpretan como pertenecientes al complejo de canales y niveles naturales en algunas partes se identifican cliniformas hummocky, interpretándose como parte de la cuña progradante del bajo nivel.

Las facies paralelas y subparalelas corresponden a zonas de baja energía o a facies que se encuentran entre las zonas de mayor energía.

Los elementos aquí interpretados, no son sincrónicos, sino que existe un orden de depósito.

Primero se depositaron las facies lobuladas del bajo nivel, seguido por el complejo de canales y niveles naturales y posteriormente la cuña progradante de bajo nivel.

Una pequeña parte se interpretó como caótico y se le llamó así a la facie que corresponde a una probable chimenea de gas.

Se realizaron además los mapas de amplitud a partir del aplanamiento de los límites de secuencias 5.5 m.a y 4.2 m.a, los cuales se interpretaron con el apoyo de los mapas de facies sísmicas.

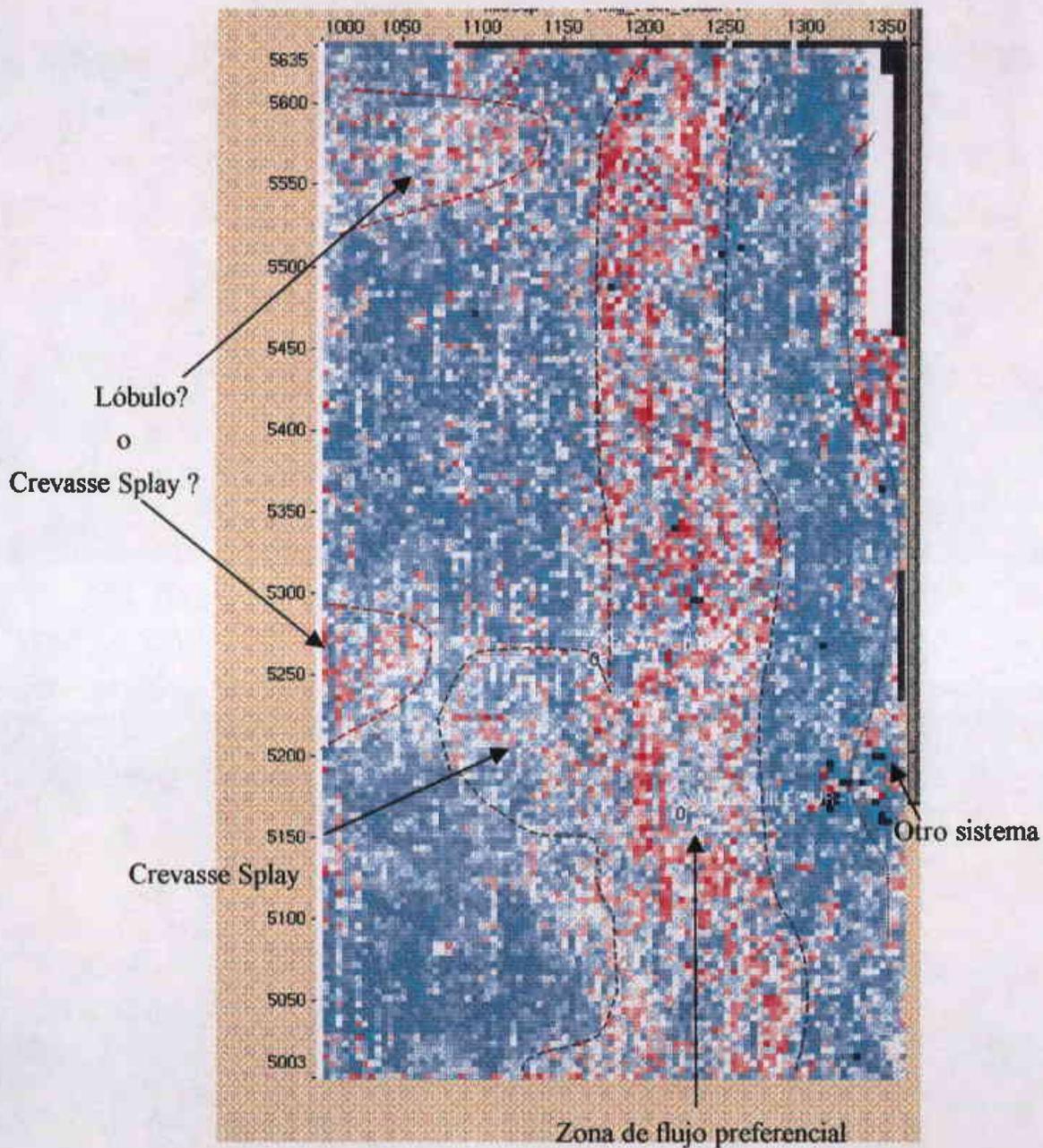


Fig. 19.- Mapa de amplitud aplanado del límite de secuencia 5.5 m.a; 4 ms por encima del límite de secuencia. En él se interpreta en la parte central del cubo un sistema con una zona de flujo preferencial, un probable Crevasse Splay. Se interpretan además, zonas correspondientes a lóbulos o a Crevasse splay de otro sistema en la parte izquierda, en la derecha al margen del mapa, la zona preferencial de flujo de otro sistema.

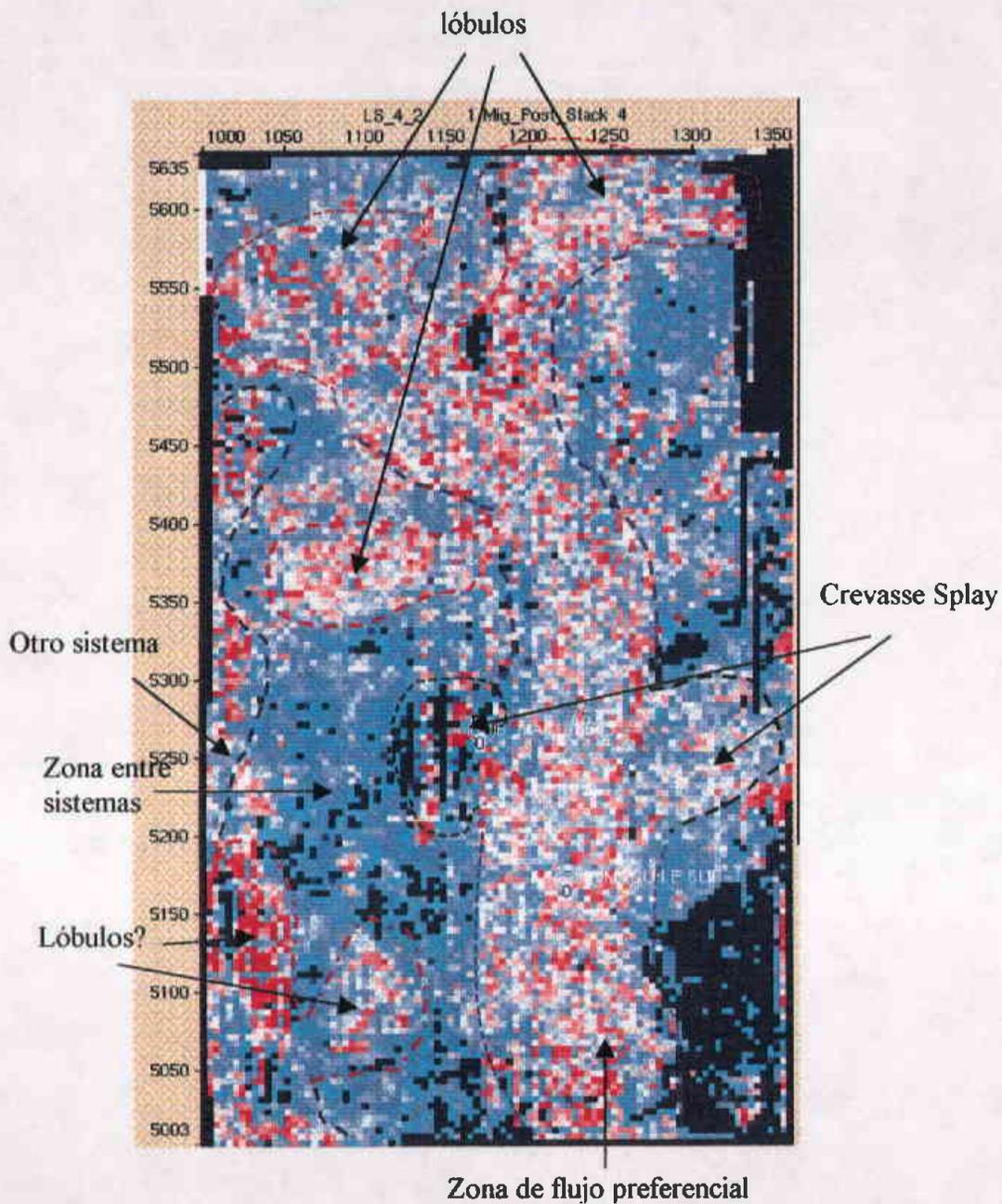


Fig. 20.- En la presente figura, se observa el mapa de amplitud del límite de secuencia 4.2 m.a aplanado; 4 ms arriba de este límite. En este mapa se interpretan dos sistemas uno que corresponde a la parte central y otro sistema a la izquierda del mismo. En el correspondiente a la parte central con apoyo en los planos de facies se interpretan los siguientes elementos:

- a) zona de flujo preferencial
- b) Un Crevasse Splay.
- c) L6bulos.
- d) Zona entre sistemas.

En el área del segundo sistema se interpretan probables l6bulos.

7).- Propuesta del modelo de depósito.

Dentro de las clasificaciones más recientes de sistemas de aguas profundas, Reading et al.,(1996), reconocen a las rampas submarinas como intermedias entre los abanicos submarinos y los aprones de talud. Esta clasificación es actualmente una de las más aceptadas y está basada en el tipo y volumen de sedimento disponible y realiza su clasificación reconociendo sistemas ricos en lodo, mezcla de lodo y arena, ricos en arena y ricos en grava.

Al combinarse con la naturaleza de la fuente de aporte, puntual (abanicos), aporte lineal (aprones) y aporte múltiple (rampas), se obtienen doce modelos de depósito al mezclarse entre ellos.

Tabla 1.

<i>Tipo de aporte</i>	<i>Naturaleza del sedimento</i>			
<i>Abanicos(aporte puntual)</i>	Ricos en lodo	Mezcla de lodo y arena	Ricos en arena	Ricos en grava
<i>Aprones(aporte lineal)</i>	Ricos en lodo	Mezcla de lodo y arena	Ricos en arena	Ricos en grava
<i>Rampas submarinas (aporte múltiple)</i>	Ricas en lodo	Mezcla de lodo y arena	Ricos en arena	Ricos en grava

Tabla 1.- los doce modelos obtenidos para aguas profundas en la clasificación de Reading et al.,(1996).

Dentro de estos modelos el modelo teórico conceptual que se propone para las secuencias de depósito de este trabajo es el de rampas submarina ricas en lodos (Fig. 21).

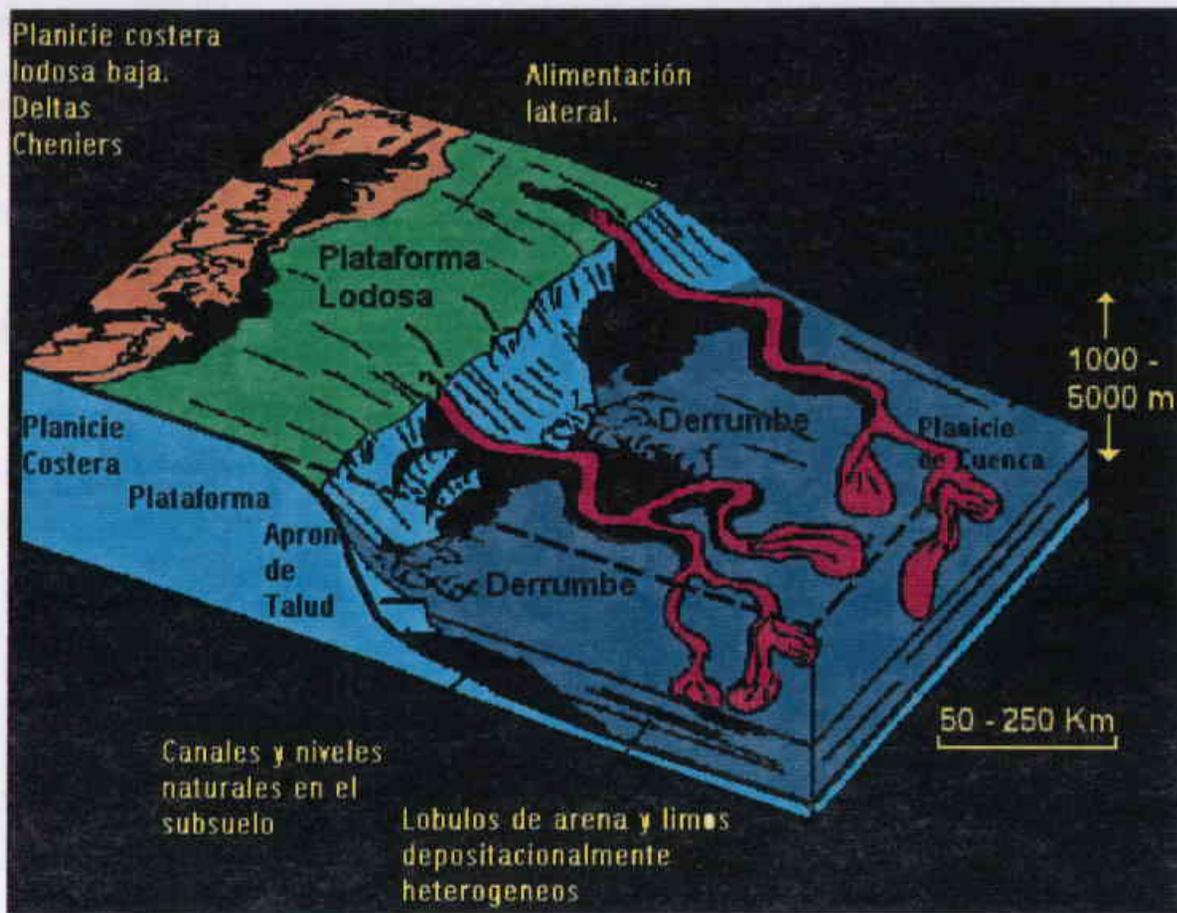


Fig. 21.- Modelo de depósito de rampas submarina ricas en lodos (Reading et al.,1996).

Este modelo se postula como parte de la integración de la información proporcionada por: Los microfósiles de los foraminíferos bentónicos la cual corresponde a batial superior, a que los registros geofísicos de Rayos Gamma y de SP presentan una mayor relación del contenido de lutitas que de arenas en los intervalos de las secuencias marcadas, y por la interpretación de los mapas de facies sísmicas en conjunto con los mapas de distribución de la amplitud de los límites de secuencias aplanados.

II.d.- CONCLUSIONES.

Con el presente trabajo se establecieron criterios para identificar los límites de secuencias en base a la integración de la información bioestratigráfica, los registros geofísicos y la sísmica lo cual permite tener un mejor análisis de los paquetes sedimentarios.

La metodología empleada para realizar los planos de facies sísmicas usando la fórmula de Ramsayer op. cit. permitió un mejor conocimiento de las relaciones que guardan las distintas facies sísmicas y las geometrías en la información sísmica y al trabajarla en forma conjunta con los mapas de amplitud de los límites de secuencia aplanados, y la información de los registros geofísicos, se convirtió en una fuerte herramienta para proponer el modelo geológico aquí expuesto.

Los mapas obtenidos en tiempo muestran claramente el comportamiento de la estructura en el cubo y a través del tiempo y la formación y variación de pequeñas cuencas a los flancos de esta.

La importancia de manejar un modelo de depósito de acuerdo a la metodología empleada en este estudio radica en direccional la perforación de pozos exploratorios hacia áreas donde se pueda disminuir el riesgo de no encontrar la roca almacenadora y además este tipo de estudios incrementa la posibilidad de encontrar trampas estratigráficas o estas, asociadas con trampas estructurales.

Además de obtener el conocimiento del manejo de software para la integración e interpretación de datos geofísicos, geológicos y paleontológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Brown Jr. y W.L Fisher (1979). Principles of Seismic Stratigraphic Interpretation. (interpretation of depositional systems and lithofacies from seismic data), Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin, Department of Education. 125 paginas.

Haq, B.U, Handerbol, J. Y Vail, P.R. (1987). The new chronostratigraphic basis of Cenozoic and Mesozoic sea level cycles. Cushman Foundation for Foraminiferal Research special publication No 24. Fig. 1,2,3 y 4.

Mitchum, R.M., Sangree, J.B., Vail, P.R. Wornardt, W.W. (1991) Recognizing Sequences and Systems Tracts from Well logs, Seismic data, and Biostratigraphy: Examples from the Cretaceous of the Gulf of Mexico. (Capítulo 7 del curso-taller impartido por el autor en el Activo Salina del Istmo en el año de 1996).

Ramsayer, G. R. 1979. Seismic Stratigraphy, A Fundamental Exploration Tool. Offshore Technology Conference. Pag 111-118.

Reading, H. G., Stow, D.A.V. and Collinson. (1996). Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Editado por H.G. Reading. Department of Earth Sciences, University of Oxford. Tercera edición. Pag 395-453.

Sangree, J.B., Widmier, J.M. (1977). Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 9: Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies. A.A.P.G., Memoir 26. Pag. 165-184.

Santiago A, J., Carrillo, B. y Martell, A. (1984) Geología Petrolera de México (Evaluación de formaciones de México). Schlumberger. Inédito.

Vail, P.R. y Mitchum, R.M. (1977). Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 7: Seismic Stratigraphic Interpretation Procedure. A.A.P.G., Memoir 26. Pag. 135-143.

Vail, P.R., Mitchum, R.M., y Thompson, S.III. (1977). Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 2: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. A.A.P.G., Memoir 26, pag 53-62.

Vail, P.R., Mitchum, R.M. y Sangree, J.B.(1977). Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. A.A.P.G., Memoir 26. Pag 117-133.

Vail, R.M., Todd, R.G. y Sangree, J.B.(1977). Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 5: Cronostratigraphic Significance of Seismic reflections. A.A.P.G., Memoir 26, Pag. 99-116.