

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES - IZTACALA**

**CARRERA DE BIOLOGIA**

**ESTUDIO BIOESTRATIGRAFICO DE LAS ROCAS  
TERCIARIAS DEL AREA MARINA DE CAMPECHE**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

P r e s e n t a :

**CELIA CARDENAS LARA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



IMPRESA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PRESTON LEELES AZIZALÁ

DEDICO ESTE TRABAJO:

Con amor y respeto a mis padres --  
Gilberto Cárdenas Moreno y Felícitas Lara de Cárdenas,  
por su apoyo y esfuerzos realizados para forjarme un -  
porvenir.

A mis hermanos Beto, Caty, Jaime,  
Fernando y Elsa, por nuestra unión y armonía familiar.

Con cariño a mis abuelitas y a mi  
tío Lauro Luna Moreno.

Este trabajo se realizó bajo la dirección del Ing. Geol. Jaime R. Reynoso Cárdenas y asesoramiento del Ocean. Jorge Enrique Lugo Rivera, en el Departamento de Paleontología y Petrografía, dependiente de la Superintendencia Gral. de Dttos. de Exploración, Zona Sur, de Petróleos Mexicanos.

## A G R A D E C I M I E N T O S

La autora desea expresar su agradecimiento al -  
Ing. Jaime R. Reynoso Cárdenas, Jefe del Depto. de Paleontología  
y Petrograffa, quien aceptó dirigir el presente trabajo;  
al Ocean. Jorge Enrique Lugo Rivera por su orientación y ayu-  
da durante la elaboración del mismo. A los Sres. Ings. José -  
Santiago Acevedo, Rafael Sánchez Montes de Oca y Gustavo Gon-  
zález Pech, por las facilidades que desinteresadamente ofre-  
cieron a la autora en todo momento.

En forma especial a los compañeros paleontólogos  
que laboran en el departamento antes mencionado, pues parte -  
de los datos reportados en esta tesis son producto del traba-  
jo que ellos realizan.

La autora también agradece a todas aquellas per-  
sonas que directa o indirectamente contribuyeron en el desa-  
rrollo del presente.

ESTUDIO BIOESTRATIGRAFICO DE LAS ROCAS  
TERCIARIAS DEL AREA MARINA DE CAMPECHE

CELIA CARDENAS LARA

ENEP-UNAM, I.

1981

## I N D I C E

RESUMEN	
I) INTRODUCCION.....	2
II) GENERALIDADES	
a) Geología histórica.....	5
b) Localización del área.....	10
c) Clima.....	10
d) Batimetría.....	11
e) Vías de comunicación.....	11
III) MATERIAL Y METODO.....	12
IV) RESULTADOS	
BIOESTRATIGRAFIA.....	14
a) Determinación de las biozonas .....	17
b) Correlación bioestratigráfica .....	32
V) DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	37
VI) RECOMENDACIONES.....	40
APENDICE.....	41
BIBLIOGRAFIA	



## R E S U M E N

Se presenta un análisis generalizado de la bioestratigrafía aplicada a las rocas sedimentarias del Período Terciario en el Area Marina de Campeche. La columna cronoestratigráfica analizada comprende sedimentos -- del Paleoceno, Eoceno, Oligoceno y Mioceno.

En esta área es empleada la zonación establecida por Bolli (1966) en el Caribe, basada en foraminíferos planctónicos, para determinar los límites entre las diferentes Epocas del Terciario. Se considera que esta zonación funciona perfectamente en Campeche para sedimentos del Paleoceno -- hasta el Oligoceno Superior, y se discute en forma breve los límites superiores del Eoceno Inferior, Oligoceno Inferior, Mioceno Inferior, Mioceno Medio y Mioceno Superior, de acuerdo al criterio de Stainforth et. al. -- (1975) principalmente, y a investigaciones llevadas a cabo por el Proyecto de Perforación del Océano Profundo (DSDP); estos trabajos han dado como resultado modificaciones en cuanto a los alcances estratigráficos de algunos de los foraminíferos planctónicos índices del Terciario.

Por otro lado, con objeto de apreciar el comportamiento vertical y horizontal de las biozonas que se presentan en el área, se construyeron cuatro secciones de correlación bioestratigráfica: la I-I' con orientación NW-SE, la II-II' con orientación SW-NE y la III-III' y IV-IV' con orientación SW-NE y W-E respectivamente, estas últimas que correlacionan algunos pozos del llamado Complejo Cantarell. Del análisis de dichas secciones, el área se puede dividir en dos porciones bioestratigráficas de interés petrolero; una representada por los pozos Cantarell con columnas terciarias que alcanzan aproximadamente 1,200 m de profundidad y la otra representada por

el resto de los pozos (Bacab, Tunich, Chilam, etc.), con sedimentos del Terciario de alrededor de 3,500 m de profundidad.

#### I) INTRODUCCION

La exploración petrolera, mediante la perforación de pozos en el área que se menciona, se inició en el año de 1974. A partir de entonces y en cada uno de los pozos que se perforan se lleva a cabo un control bioestratigráfico, especialmente en el aspecto cronológico, que ha permitido establecer unidades de tiempo mediante el estudio de los foraminíferos planctónicos, los que han servido para determinar zonaciones bioestratigráficas por medio de las cuales se obtienen las correlaciones entre los pozos, y así tener un control de la edad de los yacimientos.

Existen abundantes publicaciones que hacen constar las etapas por las que han pasado los estudios micropaleontológicos en la costa del Golfo de México: Applin, et. al. (1925) fue el primero en hacer uso de los foraminíferos fósiles como índices para la identificación de las formaciones marinas en el subsuelo. Howe (1933) y después algunos de sus estudiantes, Gravell y Hanna (1937), establecieron zonas de microfósiles en el Terciario. Cushman (1935), realizó un estudio sobre los foraminíferos del Oligoceno, aunque le resta gran importancia a los foraminíferos planctónicos. Glaessner (1937) solamente enlista 19 especies planctónicas al zonificar el intervalo de Paleoceno a Oligoceno. También Cushman y Stainforth (1945) mencionan pocas especies índices al hacer una zonación planctónica. Cushman (1948) realiza una clasificación microfosilífera pero, al igual que en numerosos trabajos, las formas planctónicas todavía no adquirían gran valor.

El estudio detallado de los foraminíferos planctónicos empezó - en el Laboratorio Geológico de la antigua "Trinidad Leaseholds Ltd." (ahora Texaco Trinidad, Inc.) en Pointe-a Pierre, con numerosas publicaciones de Cushman y Renz (1946), Cushman y Stainforth (1945) y Brönnimann (1950); los estudios que hasta 1959 se realizaron fueron resumidos por Bolli en - ese mismo año.

Existen excelentes trabajos sobre los foraminíferos planctónicos que actualmente tienen gran aceptación en la industria petrolera, considerando que el que realizó Bolli (1966) en Trinidad merece especial -- atención, pues permitió, por vez primera el uso de los foraminíferos - -- planctónicos en la zonación de sedimentos Cenozoicos en México.

En la Plataforma Marina de Campeche, no se dispone de publicaciones realizadas sobre la fauna de foraminíferos planctónicos; al inicio de la década anterior, fue necesario, que por la numerosa cantidad de perforaciones que se llevaban a cabo, se hiciera uso inmediato del planteamiento zonal de Bolli y Bermúdez (1965) y, de manera especial, del presentado por Bolli (1966); este último significó desde su inicio, un patrón - de trabajo dentro del sistema petrolero, actualmente, difícil de modificar.

Recientemente se han realizado importantes investigaciones de - índole bioestratigráfica, biogeográfica y biocronológica en varias partes del mundo, y paralelamente el Proyecto de Perforaciones del Océano Profundo (DSDP), ha llevado a cabo calibraciones magnetoestratigráficas lo cual ha dado como resultado el establecimiento detallado de zonaciones con foraminíferos planctónicos en diversas partes del mundo y, a su vez, la puntualización cada vez más precisa de las unidades bioestratigráficas en la

escala cronológica.

De alguna manera estas calibraciones repercuten en el patrón de trabajo que se sigue en Pemex pero, sin duda, serán aplicadas paulatinamente para futuros estudios en esta área.

En nuestro país se han efectuado algunos de los descubrimientos más importantes de hidrocarburos, en los últimos 10 años. Estos hallazgos de yacimientos petrolíferos se localizan principalmente en las formaciones profundas de rocas carbonatadas cretácicas y paleocénicas de los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche. La importancia de estos yacimientos es relevante, y para poder obtener un rendimiento óptimo de estos, es obvio el interés que adquiere actualmente, en esta industria, la resolución de los problemas geológicos que surjan durante las actividades de exploración y explotación. Por lo reciente de este gran descubrimiento se hace resaltar la necesidad de hacer estudios generales para obtener un esquema en el que se puedan hacer notar detalles encaminados a varios tipos de investigaciones, respecto a las condiciones estratigráficas. En este momento es cuando la micropaleontología industrialmente aplicada, aporta los conocimientos más inmediatos de las condiciones bioestratigráficas y paleoecológicas que prevalecieron en una edad determinada mediante el estudio del desarrollo evolutivo y depósito de organismos fósiles; además permite el establecimiento de biozonas que sirven de base para la interpretación estratigráfica y predicción de las estructuras geológicas necesarias para la localización de futuros yacimientos petrolíferos.

La importancia del estudio bioestratigráfico efectuado en la plataforma marina de Campeche es realmente significativo, pues sus rocas sedimentarias almacenadoras de hidrocarburos comprenden atractivos inter-

valos calcáreos, brechas dolomíticas y dolomías, en especial del Paleoceno, nunca antes productoras en esta parte del país.

Este trabajo está enfocado principalmente a la aplicación de -- los estudios bioestratigráficos en la exploración del subsuelo en la plataforma continental del Golfo de México, frente a las costas de Tabasco, Campeche y Yucatán, en la República Mexicana. Para dicho estudio es aprovechada la información cronoestratigráfica que se obtuvo de los pozos perforados por Petróleos Mexicanos, que terminaron o que casi termina su perforación.

Sirva pues este trabajo como una contribución que tanto geólogos como geofísicos utilizan en sus interpretaciones para localizar estructuras con posibilidades de acumular hidrocarburos, el cual tiene como objetivo principal definir la cronoestratigrafía del Area Marina de Campeche, mediante las unidades bioestratigráficas, que se obtienen al estudiar los conjuntos de foraminíferos planctónicos contenidos en las rocas terciarias.

## II) GENERALIDADES

### a) Geología histórica

Los nuevos trabajos de Geología elaborados en el Area Marina de Campeche, han dado como resultado datos interesantes que permiten inferir la historia de la zona. Tomando en cuenta estos criterios, a continuación se da la versión de lo ocurrido en el área:

Durante el Mesozoico el área marina, la planicie costera del -- golfo y gran parte de la Sierra de Chiapas, se encontraban alojados entre dos elementos, uno pasivo que correspondería a la Plataforma de Yucatán,

y otro activo que sería el "Macizo Granítico de Chiapas" (Trinchera del Pacífico). Entre dichos elementos está incluido un cinturón plegado que se extiende en el continente formando la Provincia Tectónica de Simojovel (Sánchez Montes de Oca, 1979), en el frente de la sierra, que se infiere, continúa en el mar, constituyendo la Provincia de Akal, localidad principal de éste trabajo.

Los acontecimientos que tuvieron lugar durante el Mesozoico estuvieron gobernados por movimientos epeirogénicos y orogénicos que dieron lugar a la existencia de grandes discordancias, a cambios en el ambiente, en el depósito y que, repercutieron en el Terciario de la manera siguiente:

A partir del Terciario cambia bruscamente la sedimentación y desaparece en gran parte la columna de rocas carbonatadas, permitiendo que las rocas terrígenas generalmente de tipo arcilloso bentonítico, aparecieran (reportadas en los pozos Chac-1, Chac-2, Bacab-1, Pol-1, Kanaab-1A, -Ixtoc-1 y Kutz-1), observándose las calizas aisladas, con poca distribución lateral y vertical, lo que hace suponer que no existieron las condiciones necesarias para su mejor distribución. La base de esta columna está representada por una brecha de discordancia polimíctica, mal clasificada, cuyos elementos principales son fragmentos de dolomías y calizas de aguas muy someras (supramarea), que fueron acarreados hacia la cuenca donde se depositaron junto con sedimentos arcillo-bentoníticos que constituyeron la matriz de esta brecha. Dicha roca se encuentra ampliamente distribuida en el área marina, aunque actualmente, tiene sus equivalentes en el continente, ya sea sobre la sierra donde es conocida como "Brecha Lomas Tristes" o en los campos Sitio Grande, Nispero, Cactus, Samaria, Cun-

duacán, Giralda, Mundo Nuevo, Artesa y Cacho López, donde también está -- presente. Esto nos da idea de la magnitud de la discordancia que se origi-- nó como consecuencia de la "Orogenia Laramide".

El Paleoceno Inferior (Zona de Globorotalia pseudobulloides, G. trinidadensis), que suprayace a los sedimentos anteriormente mencionados, lo forman principalmente rocas terrígenas de tipo arcilloso bentonítico, sin dejar de observarse en algunos pozos rocas carbonatadas (Chac-2, Kukulcán-1, Tunich-1, Pol-1, Ixtoc-1 y Kutz-1), de poca extensión lateral y vertical a manera de lengüetas, cuya causa de origen puede ser debido a - condiciones muy locales de precipitación, o bien, que hayan sido transpor-- tados en forma de clastos hasta la cuenca, siendo, la fuente de origen, - la Plataforma de Yucatán. Los sedimentos terrígenos provinieron del conti-- nente y su velocidad de depósito fue muy lento con respecto a las cali-- zas; esta es la razón por la cual para iguales edades los espesores de ro-- cas carbonatadas son mayores que los de terrígenos.

Durante el Paleoceno Superior (Zona de Globorotalia velascoen-- sis, G. pseudomenardii), las condiciones de depósito no variaron en mayor grado, sólo en algunas partes desaparecen las lengüetas de carbonatos (po-- zo Tunich-1); la columna de terrígenos sigue depositándose en forma nor-- mal sobre la cuenca.

En el Eoceno Inferior (Zona de Globorotalia aragonensis y G. -- formosa), la presencia de carbonatos en el área marina (sobre la cuenca), es más abundante (pozos Kutz-1, Pol-1, Ixtoc-1, Kukulcán-1 y Chac-2), pe-- ro siguen predominando los terrígenos arcillosos.

En el Eoceno Medio (Zona de Globorotalia lehneri, Truncorota-- loides topilensis), aumentó la producción de carbonatos no obstante los -

sedimentos terrígenos fueron más predominantes y mejor distribuidos; la razón de ésto es que, durante el Eoceno Medio-Superior, el mar se retiró del continente disminuyendo la batimetría en la periferia de la cuenca, -- lo cual dió lugar a que existieran las condiciones propicias para el desarrollo de calizas. Evidencias de ésto las hay sobre el continente donde se puede marcar una línea de costa que comprende gran parte del frente de la sierra donde se ve que el Eoceno Medio-Superior, pierde su carácter continental a medida que se acerca a la planicie.

Durante el Eoceno Superior (Zona de Globorotalia cerroazulensis cocoensis), hubo una subsidencia que permitió que el mar avanzara sobre el continente dando lugar a un aumento en la batimetría que propició la desaparición casi total de calizas sobre la cuenca, registrándose sólo en algunos pozos cercanos a la costa (Kukulcán-1), por lo cual las rocas arcillosas con fauna planctónica son predominantes.

El Oligoceno Inferior (Zona de Globigerina ampliapertura) está caracterizado por lutitas bentoníticas, aunque en algunas partes se observan depósitos de calizas (pozo Kukulcán-1), de una extensión lateral reducida. Es durante esta edad que tiene lugar un gran levantamiento que propició una discordancia angular de tipo regional como consecuencia de una primera pulsación de la "Orogenia del Mioceno", que puso en contacto estas rocas con rocas miocénicas; evidencias de esta discordancia se pueden observar en los pozos del Complejo Cantarell (Cantarell-94, y Cantarell-7); en la planicie costera del Golfo y frente a la sierra se registra en los pozos Tamulté, Crimea, Giraldas, Copanó y Nispero.

El Oligoceno Medio (Zona de Globorotalia opima opima), está -- constituido por lutitas con fauna de zonas profundas; fue afectado tam-



bién por esta orogenia que durante este período alcanzó su máximo levantamiento en el área marina.

El Oligoceno Superior (Zona de Globorotalia cipercoensis) se encuentra también ausente en algunas partes por causa de este levantamiento (pozo Bacab-1), y pone en contacto rocas del Mioceno con el Oligoceno Medio e Inferior, sin embargo, el ambiente de depósito en el área marina -- permaneció constante.

El Mioceno Inferior (Zona de Catapsydrax dissimilis, C. stainforthi), siguió funcionando como una cuenca; los depósitos fueron predominantemente arcillosos y únicamente en algunas partes (Chac-2), se observaron calizas; ésto fue a consecuencia de un avance transgresivo del mar -- que permitió que estos materiales se hicieran carbonatados en forma gradual hacia la plataforma y viceversa.

En el Mioceno Medio (Zona de Globigerina nepenthes y G. siakensis), existieron leves movimientos que en la "Provincia de Akal" no fueron registrados, pero que en la actual planicie costera del Golfo se manifestaron como subsidencias que afectaron la batimetría de los organismos en la plataforma.

En el Mioceno Superior (Zona de Globigerinoides extremus), existieron movimientos ascendentes que no alteraron grandemente los depósitos arcillosos incrementando sólo los depósitos arenosos en la Provincia de Akal, que en la plataforma únicamente se manifestaron como ligeras pulsaciones que permitieron el depósito de una columna potente de terrígenos - (pozos Pol-1, Ixtoc-1, Kutz-1 y Bacab-1).

Del Plioceno y Pleistoceno son pocos los datos que se tienen en el área marina, pero se sabe que sobre el actual continente se tiene dis-

tribuida una discordancia de carácter regional registrada en los pozos Palizada-1, Términos-1A y Mameyal-1, consecuencia de la Orogenia Cascadiana.

b) Localización del área

El Area Marina de Campeche queda ubicada en la plataforma continental del Golfo de México, al occidente de la península de Yucatán, frente a los estados de Tabasco y Campeche.

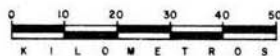
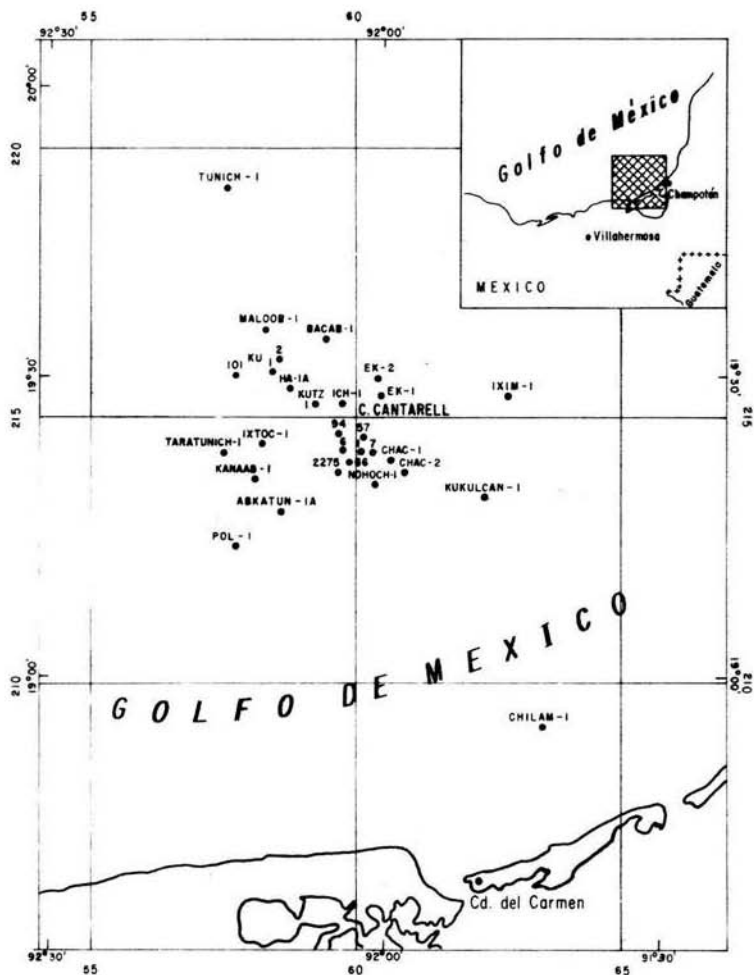
Dicha área abarca una extensión de aproximadamente  $15,000 \text{ Km}^2$  - cuyo punto central se encuentra localizado geográficamente a  $19^{\circ}25'$  Lat. N y  $92^{\circ}10'$  Long. W del meridiano de Greenwich. (Fig. 1).

En el presente trabajo se estudiaron un total de 17 pozos, situados geográficamente entre los meridianos  $91^{\circ}40'$  y  $92^{\circ}30'$  Long. W y los paralelos  $18^{\circ}55'$  y  $19^{\circ}55'$  Lat. N, existiendo entre los pozos Chilam-1 y Tunich-1, los más alejados entre sí, una distancia aproximada de 117 Km.

Destacan por su importancia económica los pozos pertenecientes al denominado "Complejo Cantarell" (entre los que se encuentran los pozos descubridores del área); este complejo se encuentra ubicado en la parte central del área a una distancia de aproximadamente 160 Km al W-SW de la Cd. de Campeche, Camp., y a 80 Km al NW de Cd. del Carmen, Camp.; en esta última es donde se localiza la Superintendencia que administrativamente dirige y coordina los trabajos en el área.

c) Clima

En el área que se menciona prevalece un clima tropical lluvioso, registrándose las mayores precipitaciones en verano (Tamayo, 1949) y las más bajas durante marzo y abril.



<b>U N A M</b>	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA
	PLANO DE LOCALIZACION
	TESIS PROFESIONAL
	Celia Cárdenas L. 198   Fig.-1

La mayor parte del año la temperatura es más bien alta variando desde 23° hasta 30°C; generalmente la más alta se presenta durante el verano.

En período invernal se manifiesta un desplazamiento hacia el sur, de masas de aire frío que generan fuertes vientos llamados "nortes", fenómeno meteorológico responsable no sólo de constantes precipitaciones y baja temperatura en esta estación del año, sino también de fuertes corrientes marinas e impetuosos oleajes.

#### d) Batimetría

Los sondeos efectuados demuestran que esta área está localizada en una plataforma de suave pendiente, con descenso gradual del continente hacia el mar, registrándose un tirante de agua de 13.71 m en el Chilam-1, el pozo más cercano de la línea de costa, y de 130.79 m en el Tunnich-1, el más distante de ella.

El límite externo de la plataforma continental se encuentra bordeado abruptamente por el talud continental con un nivel batimétrico de 2,000 a 3,000 m, al que se ha llamado "Escarpe de Campeche".

#### e) Vías de Comunicación

La comunicación a las plataformas marinas del área delimitada se lleva a cabo por dos medios; por vía aérea es transportado todo el personal que labora en dichas plataformas, mediante helicópteros que parten de Cd. del Carmen, Camp., efectuando un vuelo aproximado de 45 minutos de duración a la porción central del área total. Por vía marítima se traslada todo el equipo necesario para la perforación de los pozos y asistencia

del personal; en este caso son utilizados remolcadores, los cuales hacen un recorrido de 5 horas aproximadamente, y embarcaciones ligeras, que hacen un promedio de 2:30 hrs. desde los muelles de la isla del Carmen a -- la parte central del área total.

### III) MATERIAL Y METODO

El material estudiado consiste en muestras de canal colectadas durante la perforación de pozos en el área de referencia. La recuperación de las muestras se efectúa a intervalos de cinco metros, normalmente, y - cada metro o cada dos metros, cuando se presentan cambios litológicos, manifestaciones de hidrocarburos y cambios bruscos en la velocidad de perforación.

Una vez que la muestra de cada intervalo se obtiene, es enjuaga da con agua, sólo hasta eliminar el lodo de perforación y depositada en - una bolsa de plástico o de manta debidamente etiquetada; de esta muestra se obtiene una porción llamada "muestra lavada" después de someterse al - método de "lavado por decantación", el cual consiste en lavar la muestra con agua, cuantas veces sea necesario para eliminar, por decantación, el lodo de perforación y de inclusión, procurando no tirar el material fino del fondo; esta fracción fina es transferida a una estufa para secarla y posteriormente es remitida al Laboratorio de Paleontología y Petrografía, en frascos de plástico de 3.5 X 3 cm, con sus respectivas anotaciones -- (nombre del pozo y profundidad).

También se recupera otro tipo de muestras llamadas núcleos los cuales se cortan a criterio del geólogo encargado de cada pozo, dependiendo de las anomalías que se vayan presentando durante la perforación;

para un estudio bioestratigráfico los núcleos representan gran ventaja sobre las muestras de canal, ya que muestran la existencia real de los fósiles a una determinada profundidad, sin embargo, para el presente trabajo no se detalla ningún aspecto de estas muestras ya que el método de estudio difiere totalmente del empleado para las muestras de canal.

En el laboratorio, las muestras de canal recuperadas se hacen pasar por una serie de 5 tamices Endecott Standard de 20, 40, 60, 80 y 100 hilos por pulgada cuadrada con el fin de hacer una selección faunística por dimensiones y facilitar la observación al microscopio. El material retenido en cada tamiz se vierte en una charola metálica, triangular, de fondo oscuro donde es observado al microscopio, y después, con un pincel fino del número cero previamente humedecido, se separan los foraminíferos mejor preservados y se montan en placas de cartón de 7.5 X 3 cm con cuatro casilleros circulares, donde quedan adheridos con goma de tragacanto, anotándose el intervalo y el pozo a que corresponden. En algunos casos es necesario teñir los ejemplares con azul de metileno (Brotzen, 1936) para hacer más evidentes sus características morfológicas.

Para la observación de la fauna se empleó un estereomicroscopio III Carl Zeiss, con objetivos de 1, 1.2, 1.6, 2, 2.5, 3.2 y 4 de magnitud, y oculares de 10 X.

Los aspectos litológicos que se tomaron en cuenta son pocos ya que este tipo de material localizado en el subsuelo de esta área de estudio es muy uniforme y de un origen muy característico, al menos en los estratos que corresponden al Período Terciario; sin embargo, es necesario mencionar, en su momento, particularidades importantes dentro de este cuerpo litológico, que se encuentran íntimamente relacionadas con nuestro

tema.

La identificación de las especies se lleva a cabo mediante formatos especiales, gráficos y descriptivos, de foraminíferos planctónicos; para dicho propósito se emplea principalmente literatura de Bolli (1966), Stainforth, et. al. (1975) y Postuma (1971).

Básicamente el estudio cronoestratigráfico de cada pozo consiste en estudiar los foraminíferos planctónicos que se presentan en las --- muestras de canal, estudio preliminar para determinar una zonación, la -- cual se basa en anotar la profundidad a la que se detecta el horizonte de extinción de los diferentes foraminíferos planctónicos índices. Este dato es sumamente importante para la asignación del estrato que representa una biozona, el cual a su vez tendrá un equivalente en las unidades de tiempo.

Una vez que se ha obtenido la zonación con foraminíferos planctónicos para cada una de las columnas sedimentarias, de cada pozo, se -- construyeron cuatro secciones bicestratigráficas para tener un esquema del comportamiento de las diferentes biozonas en el área de estudio.

#### IV) RESULTADOS

##### BIOESTRATIGRAFIA

Es conveniente abordar este tema haciendo mención de lo que es la estratigrafía y su relación con la bioestratigrafía.

La estratigrafía es una rama de la ciencia geológica a la que -- concierne la descripción, organización y clasificación de las rocas es-- tratificadas (Krumbein y Sloss, 1963). El estudio estratigráfico comprende la determinación de la edad geológica y la correlación regional y lo-- cal de los sedimentos por medio ya sea de la estratigrafía física o de la bioestratigrafía; la diferencia entre ambas divisiones radica en lo si- -

guiente: los materiales de la estratigrafía física han permanecido constantes durante todo el tiempo geológico reaccionando con uniformidad a los procesos físicos y químicos, mientras que los materiales bioestratigráficos han cambiado progresivamente durante el tiempo geológico, bajo la influencia de la evolución orgánica.

Es importante mencionar que los criterios que se siguen para definir las unidades cronoestratigráficas pueden corresponder a métodos físicos, como el radiométrico y magnetométrico, entre otros, o a métodos paleontológicos, empleados con mayor frecuencia por su inmediata aplicación, bajo costo y porque el porcentaje de los resultados obtenidos es altamente confiable. Ahora bien, dentro del método paleontológico los foraminíferos son una de las bases más firmes sobre las que descansa cualquier trabajo de índole estratigráfica, pues empleándolos adecuadamente, se puede determinar la edad de las rocas, o bien sus condiciones de depósito, es decir, que pueden ser utilizados como fósiles índices o guías, desde el punto de vista cronológico o paleoecológico. Entre los microfósiles animales útiles para estos propósitos, podemos citar a los radiolarios, tintinidos, ostrácodos, etc., aunque los foraminíferos son, sin duda, el grupo que tiene mayor significación económica y que presenta algunas ventajas que van de acuerdo a la técnica de perforación empleada en esta industria, como son: a) por su tamaño microscópico, relativamente se conservan en buen estado, a pesar del movimiento triturador que ejerce la barrena al perforar los pozos, b) la composición calcárea, quitinosa o bien arenácea de su testa, permite un contacto directo con el lodo de perforación sin que ésta se destruya a pesar de que, dependiendo de las condiciones de perforación, este fluido pueda contener sustancias químicas como sosa, --



cloruro de sodio, etc., capaces de destruir otros fósiles; y c) los foraminíferos abundan en las rocas sedimentarias y su estudio está en pleno desarrollo.

Se ha mencionado que los foraminíferos pueden ser empleados para definir aspectos cronológicos o paleoecológicos. En estudios recientes ha sido comprobado que la importancia cronológica de los foraminíferos bentónicos es relativa, como lo es el aspecto paleoecológico para los foraminíferos planctónicos, es decir, las formas bentónicas son las indicadas para determinar paleoambientes y condiciones climáticas de las aguas marinas, mientras que las formas planctónicas lo son para determinar la edad de los estratos.

En virtud de que un alto porcentaje de los sedimentos corresponden a ambientes marinos muy someros y de transición, es necesario tomar en cuenta los aspectos por los cuales los foraminíferos planctónicos funcionan como líneas de tiempo aproximadas; para ésto se considera primero, la amplia distribución horizontal y su restringida aparición vertical, influenciada por las corrientes marinas, y, segundo, que los organismos planctónicos están menos sujetos al control ambiental que los fósiles bentónicos, esto aunado a su gran capacidad de adaptación y a su restringida aparición vertical, condiciona que sus especies sean prácticamente idénticas en los océanos Pacífico, Atlántico e Indico. En este sentido los foraminíferos no escapan a las leyes generales del plancton: "Todas las especies pelágicas que viven en el Atlántico tienen formas paralelas en el Pacífico y viceversa" (Chun, 1892; citado por Boltovskoy, 1963).

Sin embargo, según la latitud, la fauna de foraminíferos planctónicos, varía. Generalmente se puede afirmar que la influencia de la tem

peratura es la más notable en su distribución geográfica y en menor grado lo es la profundidad y la salinidad.

El estudio bioestratigráfico comprendido en esta zona consiste en analizar los foraminíferos planctónicos de la Superfamilia Globigerina ceae del Período Terciario, empleados en todo el mundo en la cronoestrati grafía del Cenozoico, por ser excelentes fósiles índices. Los pasos más importantes para este estudio son: a) determinación de las biozonas, y b) correlación bioestratigráfica; sin embargo para que de estos puntos se ob tengan buenos resultados, es requisito indispensable que los organismos planctónicos, aplicados en una zonación, sean identificados correctamente; en caso contrario, por ejemplo, cuando los caracteres morfológicos de dos taxa diferentes son poco pronunciados, el concepto de especie puede ser interpretado fácilmente en un sentido muy amplio, por lo tanto, se puede afectar la extensión de la zona basada en una de las especies, y consecuentemente llevar a correlaciones incorrectas.

En el área de estudio, la identificación de los ejemplares se viene realizando, en su mayor parte, a nivel específico. La sistemática, sinonimia y descripción de las especies son mencionadas en el apéndice -- presentado al final de este trabajo.

a) Determinación de las biozonas.- Una biozona es un conjunto de estratos en los que se encuentra una o varias especies fósiles (Meléndez, 1977); la zonación es importante para poderle asignar una edad a los estratos.

Es conveniente hacer hincapié que el estudio en esta zona se --

efectúa exclusivamente sobre muestras de canal<sup>\*</sup>, las que por su naturaleza siempre presentan algunos problemas para la interpretación estratigráfica, lo que motivó que se tuviera que utilizar como criterio, para la datación de edades, las extinciones de los fósiles desde el punto de vista estratigráfico, es decir, las zonas de foraminíferos planctónicos se marcaron por la primera aparición de las especies índices, en el sentido de la perforación; esto es porque la circulación del lodo de perforación provoca la caída de fósiles de una edad geológica determinada, a sedimentos más antiguos, lo cual no quiere decir que los alcances estratigráficos de los fósiles se desconozcan; los estudios que originalmente se iniciaron - en este campo se llevaron a cabo mediante exploraciones realizadas en cinturones de afloramientos o márgenes superficiales de rocas sedimentarias; de esta manera es como se conocen innumerables fósiles, sus rangos estratigráficos y su edad geológica.

En la exploración petrolera comúnmente es empleada la zona-ción que publicó Bolli (1957, 1959, 1966) y Bolli y Bermúdez (1965), para Trinidad, la cual ha encontrado amplia aceptación y aplicación no solamente en las regiones costeras del Golfo cercanas al Caribe sino también en muchas áreas más distantes, probándose que la mayor parte de las zonas -- originalmente propuestas en Trinidad pueden también ser reconocidas a nivel mundial y emplearse en correlaciones estratigráficas intercontinentales.

\* El estudio basado en muestras de canal es el más común en la exploración petrolera, aún cuando son empleadas también muestras superficiales y núcleos. Los resultados obtenidos son de aplicación inmediata en la exploración y explotación, sólo en algunos casos son de tipo académico; este tipo de actividad es la que se conoce como "trabajo operacional".

Por medio de importantes investigaciones de índole biocronológicas, se han efectuado modificaciones acerca de si una unidad bioestratigráfica coincide realmente con una unidad de tiempo, y, en forma paralela a estas investigaciones, han surgido trabajos enfocados a detallar al máximo las zonaciones planteadas, con anterioridad, en varias localidades. En el área de referencia, por estos constantes cambios, es meramente convencional que, al definir una edad geológica, se haga basándose en una biozona determinada aún cuando se siga utilizando para ello, el mismo planteamiento zonal empleado al inicio de la exploración en esta zona, si bien es cierto que la situación de las unidades bioestratigráficas en el subsuelo marino es estática, definida solamente por los fósiles que contiene, sin referencia a conceptos de tiempo.

Para el trabajo que se presenta se elaboraron dos cuadros que ejemplifican las zonas y edades, basadas en la presencia de especies de rango estratigráfico corto o asociaciones de un grupo definido de especies con determinado alcance. En esta zona petrolera se emplean las siguientes biozonas, ordenadas tal y como son atravesadas por la barrena, es decir, de la más joven a la más antigua:

Biozona de Globigerinoides obliquus extremus

Biozona de Globigerina nepenthes

Biozona de Globorotalia mayeri

Biozona de Globorotalia fohsi

Biozona de Catapsydrax dissimilis, C. stainforthi

Biozona de Globigerina ciproensis ciproensis

Biozona de Globorotalia opima opima

Biozona de Globigerina ampliapertura

Biozona de Globorotalia cerroazulensis

Biozona de Globorotalia lehneri, Truncorotaloides topilensis

Biozona de Globorotalia aragonensis

Biozona de Globorotalia formosa

Biozona de Globorotalia velascoensis, G. pseudomenardii

Biozona de Globorotalia pseudobulloides, G. trinidadensis

El cuadro no. 1 muestra los alcances estratigráficos de las especies índices empleadas en esta área de acuerdo al planteamiento zonal - que Bolli (1957, 1959, 1966) y Bolli y Bermúdez (1965) designaron; planteamiento aplicado, de una manera práctica, al trabajo operacional que se desarrolla, desde su inicio, en esta zona. De esta manera son identificadas, por medio de las biozonas, las siguientes edades, en sentido normal de la depositación:

Paleoceno.- En el trabajo operacional que se desarrolla en esta zona resulta complicado dividir esta Epoca en superior, medio e inferior, ya que el grosor de cada uno de los sedimentos de estas divisiones, es sumamente reducido y difícil de detectar en las muestras de canal, máxime - que la recuperación de éstas se realiza a intervalos de cinco metros. Por esta razón sólo se identifican el Paleoceno Inferior y Superior.

Cima del Paleoceno Inferior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia pseudobulloides y de G. trinidadensis.

Cima del Paleoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia velascoensis y G. pseudomenardii.

Cima del Eoceno Inferior.- Definida, de manera convencional, -- con la extinción evolutiva de la Globorotalia aragonensis.

Cima del Eoceno Medio.- Definida con la extinción evolutiva de

C E N O Z O I C O										E R A												
T E R C I A R I O										P E R I O D O												
PALEOCENO		EOCENO			OLIGOCENO			M I O C E N O			E P O C A											
INF	SUP	INF	MEDIO	SUP	INF	MED	SUP	INFERIOR	MEDIO	SUP	ZONA DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS											
Globorotalia trinidadensis	Globorotalia pseudobulloides	Globorotalia pseudomenardii	Globorotalia velascoensis	Globorotalia formosa	Truncorotaloides topilensis	Globorotalia lehneri - Truncorotaloides topilensis	Globorotalia aragonensis	Globorotalia cerroazulensis	Globigerina ampliaperfura	Globorotalia opima opima		Globorotalia ciperensis	Globigerina ciperensis	Catapsydrax stainfarthi	Catapsydrax dissimilis	Globorotalia fohsi	Globorotalia mayeri	Globigerina nepenthes	Globigerinoides obliquus extremus			
																					Globigerinoides obliquus extremus	
																						Globigerina venezuelana
																						Sphaeroidinellopsis subdehiscens
																						Sphaeroidinellopsis seminulina
																						Globigerina nepenthes
																						Globorotalia mayeri
																						Globorotalia fohsi robusta
																						Globorotalia fohsi lobata
																						Globorotalia fohsi fohsi
																						Globorotalia fohsi peripheroronda
																						Praeorbulina glomerosa
																						Globigerinoides bisphericus
																						Catapsydrax dissimilis
																						Catapsydrax stainfarthi
																						Globigerina rohri
																						Globorotalia kugleri
																						Globigerina ciperensis ciperensis
																						Globorotalia opima opima
																						Globigerina ampliaperfura
																						Hastigerina micra
																						Globorotalia cerroazulensis
																						Globorotalia centralis
																						Cibicides hantkenina bermudezi
																						Hantkenina alabamensis
																						Globigerapsis semiinvaluta
																						Globigerinatheka barri
																						Globorotalia lehneri
																						Truncorotaloides topilensis
																						Porticulasphaera mexicana
																						Globigerapsis kugleri
																						Globorotalia bullbrookii
																						Globorotalia aspensis
																						Globigerina boweri
																						Globigerina higginsii
																						Globorotalia broedermanni
																						Globorotalia aragonensis
																						Hantkenina aragonensis
																						Globorotalia formosa formosa
																						Globorotalia formosa gracilis
																						Globorotalia velascoensis
																						Globorotalia pseudomenardii
																						Globorotalia pusilla pusilla
																						Globorotalia angulata
																						Globorotalia pseudobulloides
																						Globorotalia trinidadensis

/ Relación filética muy cercana  
 | Rango estratigráfico definido  
 - Rango estratigráfico indefinido

Cuadro N°1.- Alcanes estratigráficos de los marcadores zonales utilizados en el  
 AREA MARINA DE CAMPECHE.— Compilado de Balli, 1957, 1959,—  
 1966; Balli y Bermúdez

la Globorotalia lehneri y Truncorotaloides topilensis.

Cima del Eoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia cerroazulensis.

Cima del Oligoceno Inferior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globigerina ampliapertura.

Cima del Oligoceno Medio.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia opima opima.

Cima del Oligoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globigerina ciperoensis ciperoensis.

Cima del Mioceno Inferior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia fohsi robusta.

Cima del Mioceno Medio.- Definida con la extinción evolutiva de la Globigerina nepenthes.

Cima del Mioceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva del Globigerinoides obliquus extremus.

Plioceno-Pleistoceno-Reciente.- La porción de la columna considerada para estas edades, comprende desde el horizonte de extinción del Globigerinoides obliquus extremus hasta el fondo marino, intervalo que no se detalla paleontológicamente por carecer de interés comercial como rocas almacenadoras de hidrocarburos, pero que se caracteriza por la presencia de Globigerinoides ruber, Globigerinoides triloba, Orbulina universa, O. suturalis, Globorotalia menardii, Globoquadrina altispira altispira y otras especies.

En la realización de varios trabajos se han ido acumulando -- anomalías en el comportamiento de algunos de los índices zonales; en el cuadro no. 2 están consideradas las especies índices empleadas en esta --

C E N O Z O I C O										E R A		
T E R C I A R I O										P E R I O D O		
PALEOCENO		EOCENO			OLIGOCENO			M I O C E N O			E P O C A	
INF	SUP	INF	MEDIO	SUP	INF	MED	SUP	INF	MEDIO	SUP. ?	Z O N A D E FORAMINIFEROS PLANCTONICOS	
Globorotalia pseudobulboides Globorotalia trinadensis	Globorotalia velascoensis Globorotalia pseudomenardi	Globorotalia formosa	Globorotalia aragonensis Truncorotaloides topilensis Uloborotalia lenneri	Globorotalia cerroazulensis Cocconeis	Globigerina ampliapertura	Globorotalia opima opima	Globigerina ciperensis	Catapsyrox staineri Catapsyrox dissimilis	Globorotalia fohsi	Globorotalia siakensis		
												Globigerinoides extremus
												Globigerina venezuelana
												Sphaeroidinellopsis subaehisensis
												Sphaeroidinellopsis seminulina
												Globigerina nepenthes
												Globorotalia siakensis
												Globorotalia fohsi robusta
												Globorotalia fohsi lobata
												Globorotalia fohsi fohsi
												Globorotalia fohsi peripheroranda
												Praeorbulina glomerata
												Globigerinoides sicanus
												Catapsyrox staineri
												Catapsyrox dissimilis
												Globigerina tripartita
												Globorotalia kugleri
												Globigerina ciperensis
												Globorotalia opima opima
												Globigerina ampliapertura
												Pseudohastigerina micra
												Globorotalia cerroazulensis cocconeis
												Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis
												Hantkenina alabamensis
												Cribrohantkenina inflata
												Globigerinatheka semivoluta
												Globigerinatheka barri
												Globorotalia lenneri
												Truncorotaloides topilensis
												Orbulinoides beckmanni
												Globigerinatheka kugleri
												Globorotalia bullbrooki
												Globorotalia pentacamerata
												Globigerina frontosa
												Globigerina niggisi
												Globorotalia brodermanni
												Globorotalia aragonensis
												Hantkenina aragonensis
												Globorotalia formosa formosa
												Globorotalia formosa gracilis
												Globorotalia velascoensis
												Globorotalia pseudomerleti
												Globorotalia pusilla pusilla
												Globorotalia angulata
												Globorotalia pseudobulboides
												Globorotalia trinadensis

\ Relación filética muy cercana  
 | Rango estratigráfico definido  
 | Rango estratigráfico indefinido

Cuadro Nº 2 - Alcances estratigráficos de las especies utilizadas en la zonación, compilado de Stainforth, et. al (1957).



área, ahora en concordancia con los rangos que señala Stainforth et. al. (1975); el criterio propuesto por este autor, es trascendental y de gran aplicación en la cronoestratigrafía del área de estudio, ya que, uno de los puntos más importantes en su investigación, es que fue realizada sobre muestras de canal en varias partes del mundo; de este modo, si se analizan los cuadros 1 y 2 se observa que, en general, en este último hay un desplazamiento hacia arriba de los límites de algunas de las zonas utilizadas. Esta modificación tiene como consecuencia que los marcadores zonales ahora definen cronoestratigráficamente las siguientes cimas. Los límites superiores del Eoceno Inferior, Oligoceno Inferior, Mioceno Inferior, Mioceno Medio y Mioceno Superior, presentan algunas particularidades que también se mencionan a continuación:

Cima del Paleoceno Inferior.- Definida por la extinción evolutiva de la Globorotalia pseudobulloides y G. trinidadensis.

Cima del Paleoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia velascoensis y G. pseudomenardii.

Cima del Eoceno Inferior.- Definida, de manera convencional, con la extinción evolutiva de la Globorotalia aragonensis. Inicialmente en esta área se reportó, aunque de manera informal, que la Globorotalia palmerae, fósil con el que debe determinarse la cima del Eoceno Inferior, estaba ausente por lo cual se seleccionó, convencionalmente para este propósito, la Globorotalia aragonensis aún cuando su límite estratigráfico superior llega hasta la parte media del Eoceno Medio (cuadro no. 1 y 2); sin embargo, es importante resaltar que la G. palmerae sí se ha encontrado en varios pozos y que, por otro lado, varios autores la han descrito como una especie con distribución normal en esta zona. La G. palmerae apa

rece (por vez primera en una perforación), varios metros más abajo después que la G. aragonensis lo cual puede ocasionar problemas en la interpretación estratigráfica que se realiza en esta industria ya que muchas veces se trata de un intervalo bastante considerable.

Cima del Eoceno Medio.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia lehneri y Truncorotaloides topilensis.

Cima del Eoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia cerroazulensis cocoaensis.

Los límites entre el Oligoceno Inferior-Medio y el Oligoceno Medio-Superior aún no han sido formalmente subdivididos; sin embargo, considerando convencionalmente las tres subdivisiones del Oligoceno (Inferior, Medio y Superior), y de acuerdo a estudios recientes sobre los rangos de las especies marcadoras, se puede considerar lo siguiente:

La cima del Oligoceno Inferior no puede ser definida con la Globigerina ampliapertura puesto que ésta se extingue en la parte media del Oligoceno Medio.

Cima del Oligoceno Medio.- Definida con la extinción evolutiva de la Globorotalia opima opima,

Cima del Oligoceno Superior.- Definida con la extinción evolutiva de la Globigerina ciperensis.

Cima del Mioceno Inferior.- La extinción evolutiva del Catapsydrax stainforthi señala la parte superior de este nivel, pero no alcanza la cima.

Cima del Mioceno Medio.- La extinción evolutiva de la Globorotalia siakensis señala la parte superior de este nivel, pero no alcanza la cima. En el área de estudio, esta edad se determina con la extinción -

de la Globigerina nepenthes, sin embargo, en diferentes interpretaciones sobre la aparición y distribución bioestratigráfica de esta especie, Bollen y Krashenninikov (1977) proponen que, como fósil índice, debe ser empleado con suma precaución, de acuerdo al área en que se esté muestreando y sólo en combinación con otras taxa, ya que el uso de esta especie está limitado por diversos factores ecológicos que la colocan dentro de las especies con aparición errática.

Cima del Mioceno Superior.- El alcance estratigráfico superior del Globigerinoides extremus, especie que en el área de referencia se emplea para determinar este nivel (cuadro no. 1), ha sido desplazado hacia sedimentos mucho más recientes; según Lamb y Beard (1972, citado por -- Stainforth, R.M., et. al., (1975), este fósil, en el Golfo de México, se extinguió en el Pleistoceno.

A continuación se describe cada una de las unidades bioestratigráficas empleadas en el área de estudio.

DESCRIPCION DE LAS UNIDADES BIOESTRATIGRAFICAS

- 1) Biozona de Globorotalia pseudobulloides, G. trinidadensis  
FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia pseudobulloides, G. trinidadensis  
FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia uncinata

Esta biozona se determina con la primera aparición, en sentido de la perforación, de cualesquiera de los fósiles característicos, que en una secuencia vertical normal subyace a sedimentos determinados como biozona de Globorotalia velascoensis y G. pseudomenardii, y sobreyace a sedimentos que constituyen la biozona de Globotruncana sp del Cretácico Superior.

- 2) Biozona de Globorotalia velascoensis, G. pseudomenardii  
FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia velascoensis, G. pseudomenardii  
FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia angulata, G. pusilla pusilla

Esta biozona se determina con la primera aparición, en sentido de la perforación, de la Globorotalia velascoensis o de G. pseudomenardii, subyaciendo a sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia formosa, y sobreyaciendo a sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia pseudobulloides y G. trinidadensis.

- 3) Biozona de Globorotalia formosa  
FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia formosa formosa, G. formosa gracilis  
FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia broedermanni, G. aragonensis, G. -- pentacamerata

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido de la perforación de la Globorotalia formosa formosa que en una secuencia

vertical normal, subyace a sedimentos determinados como biozona de Globorotalia aragonensis y sobreyace a sedimentos determinados como la biozona de Globorotalia velascoensis, G. pseudomenardii.

4) Biozona de Globorotalia aragonensis

FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia aragonensis, Hantkenina aragonensis,  
Globorotalia broedermanni, Globigerina higginsi.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerinatheka barri, Globorotalia lehneri, --  
Globigerinatheka kugleri, Globorotalia bullbrook-  
ki, G. pentacamerata y Globigerina frontosa.

Esta biozona se determina, en perforación, por la Globorotalia aragonensis, en su primera aparición, y está limitada, en su parte superior, por sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia lehneri y Truncorotaloides topilensis, y en su parte inferior, por sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia formosa.

5) Biozona de Globorotalia lehneri, Truncorotaloides topilensis

FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia lehneri, Truncorotaloides topilensis,  
Orbulinoides beckmanni, Globigerinatheka kugleri, Globorotalia bullbrookii, G. pentacamerata,  
Globigerina frontosa.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerina venezuelana, Catapsydrax dissimilis,  
Globigerina tripartita, Pseudohastigerina micra,  
Hantkenina alabamensis, Globigerinatheka barri.

Esta biozona se determina por la primera aparición en sentido de la perforación, de la Globorotalia lehneri o Truncorotaloides topilensis.

sis; se encuentra subyaciendo a sedimentos determinados como biozona de Globorotalia cerroazulensis cocoaensis y suprayaciendo a sedimentos determinados como biozona de Globorotalia aragonensis.

6) Biozona de Globorotalia cerroazulensis cocoaensis

FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia cerroazulensis cocoaensis, G. cerroazulensis cerroazulensis, Cribohantkenina inflata, Hantkenina alabamensis, Globigerinatheka semiinvoluta, Globigerinatheka barri.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerina ampliapertura, G. tripartita, Pseudohastigerina micra, Catapsydrax dissimilis, Globigerina venezolana.

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido de la perforación, del fósil nominal, subyaciendo a sedimentos que constituyen la biozona de Globigerina ampliapertura y suprayaciendo a sedimentos que determinan la biozona de Globorotalia lehneri y Truncorotaloides topilensis.

7) Biozona de Globigerina ampliapertura

FOSILES CARACTERISTICOS Globigerina ampliapertura, Pseudohastigerina micra.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia opima opima, Globigerina ciperoensis, Globigerina tripartita, Catapsydrax dissimilis, G. venezolana.

Esta biozona se determina en perforación por la Globigerina ampliapertura, en su primera aparición; está limitada, en su parte superior

rior, por sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia opima --  
opima, y en su parte inferior, por sedimentos que constituyen la biozona  
de Globorotalia cerroazulensis cocoaensis.

8) Biozona de Globorotalia opima opima

FOSIL CARACTERISTICO Globorotalia opima opima  
FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerina tripartita, G. ciperensis, Catapsy-  
drax dissimilis, Globorotalia siakensis y Globi-  
gerina venezolana.

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido  
de la perforación, del fósil característico, y se encuentra subyaciendo a  
sedimentos que constituyen la biozona de Globigerina ciperensis y supra-  
yaciendo a sedimentos que constituyen la biozona de Globigerina ampliaper-  
tura.

9) Biozona de Globigerina ciperensis

FOSIL CARACTERISTICO Globigerina ciperensis  
FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia kugleri, Globigerina tripartita, --  
Globorotalia siakensis, Globigerina venezolana.

Esta biozona se determina, en perforación, por la primera apa-  
rición de Globigerina ciperensis que en una secuencia vertical normal, -  
subyace a sedimentos determinados como biozona de Catapsydrax dissimilis,  
C. stainforthi, y sobreyace a sedimentos determinados como biozona de Glo-  
borotalia opima opima.

10) Biozona de Catapsydrax dissimilis, C. stainforthi

FOSILES CARACTERISTICOS Catapsydrax dissimilis, C. stainforthi, Globigerina tripartita.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia fohsi peripheroronda, Praeorbulina glomerosa, Globigerinoides sicanus, Globorotalia siakensis, Globigerina venezolana.

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido de la perforación, ya sea de Catapsydrax dissimilis o C. stainforthi, y se encuentra subyaciendo a la zona de Globorotalia fohsi y suprayaciendo a la zona de Globigerina ciperoensis.

11) Biozona de Globorotalia fohsi

FOSILES CARACTERISTICOS Globorotalia fohsi robusta, G. fohsi lobata, G. fohsi fohsi, G. fohsi peripheroronda.

FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia siakensis, Sphaeroidinellopsis seminulina, S. subdehiscens, Globigerina venezolana.

Esta biozona está formada por la asociación de las cuatro subespecies de Globorotalia fohsi antes mencionadas, definiéndose por la primera aparición, en sentido de la perforación, de la Globorotalia fohsi robusta seguida, en orden de aparición, de G. fohsi lobata, G. fohsi fohsi y G. fohsi peripheroronda, subespecies con una asociación filética muy cercana; asimismo está limitada en su parte superior por sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia siakensis, y en su parte inferior, por sedimentos que constituyen la biozona de Catapsydrax dissimilis, C. stainforthi.

12) Biozona de Globorotalia siakensis

FOSIL CARACTERISTICO Globorotalia siakensis



FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerina nepenthes, Sphaeroidenellopsis subde-  
hiscens, S. seminulina, Globigerina venezolana.

Esta biozona se determina, en perforación, por la primera aparición del fósil nominal y se delimita, en su parte superior, por sedimentos que contienen la biozona de Globigerina nepenthes, y en la inferior por sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia fohsi.

13) Biozona de Globigerina nepenthes

FOSIL CARACTERISTICO Globigerina nepenthes

FOSILES ACOMPAÑANTES Globigerinoides extremus, Sphaeroidinellopsis --  
subdehiscens, S. seminulina, Globigerina venezue-  
lana, Globorotalia menardii, Globoquadrina altis-  
pira altispira, Orbulina universa, O. suturalis,  
Globigerinoides ruber y G. triloba.

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido de la perforación, del fósil nominal, que en una secuencia vertical normal subyace a sedimentos determinados como biozona de Globigerinoides extremus y sobreyace a sedimentos que constituyen la biozona de Globorotalia siakensis.

14) Biozona de Globigerinoides extremus

FOSIL CARACTERISTICO Globigerinoides extremus

FOSILES ACOMPAÑANTES Globorotalia menardii, Globoquadrina altispira --  
altispira, Orbulina universa, O. suturalis, Glo-  
bigerinoides ruber, G. triloba, Globorotalia --  
acostaensis.

Esta biozona se determina por la primera aparición, en sentido de la perforación, u horizonte de extinción como también se le conoce, del fósil característico, y se delimita en su parte inferior por sedimentos que constituyen la biozona de Globigerina nepenthes.

Como dato importante, entre las formas índices útiles en la cronoestratigrafía del área, el Globigerinoides extremus es uno de los fósiles más importantes como marcador zonal, ya que su primera aparición en perforación, establece una línea de tiempo correlacionable horizontalmente, gracias a su distribución en el área y fácil identificación; sin embargo, en técnicas empleadas por Lamb y Beard (1972) para la determinación biocronológica por efecto de los cambios de temperatura en el Golfo de México, establecen que esta línea de tiempo no es equivalente a la cima del Mioceno Superior (Bollí y Bermúdez, 1965), y que la especie se extinguió en el Plioceno.

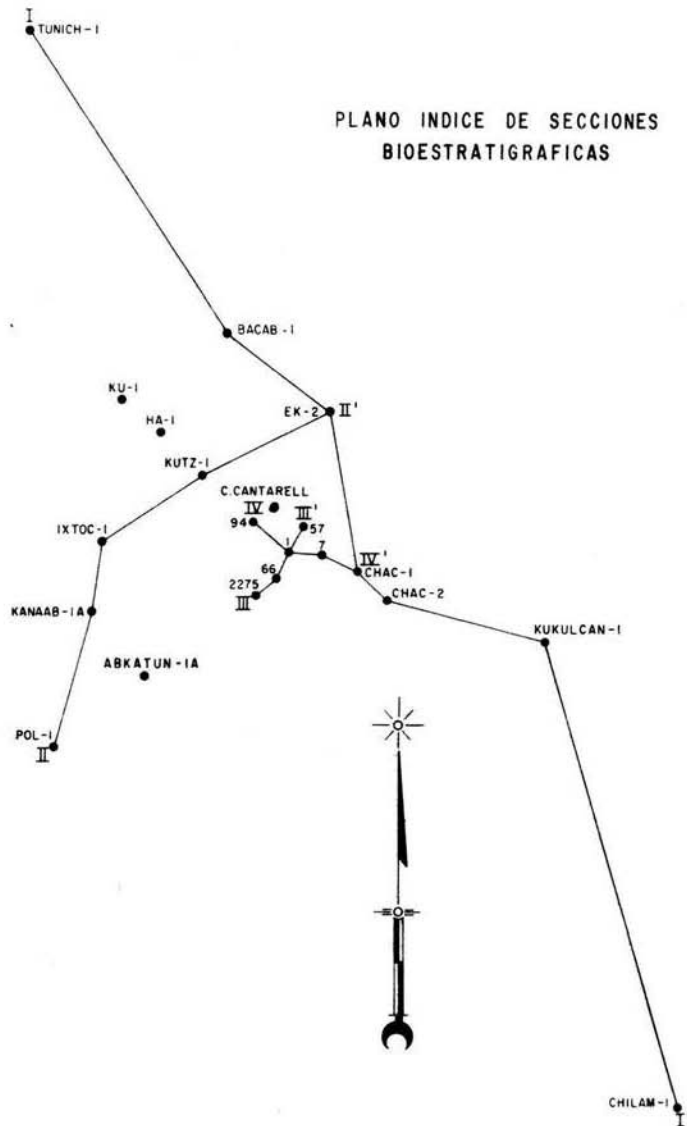
b) Correlación bioestratigráfica.- La correlación es un paso esencial en la mayoría de las investigaciones de índole estratigráfica. Por medio de la correlación bioestratigráfica es posible obtener un esquema del comportamiento de las diferentes biozonas en un área de estudio.

La correlación paleontológica se basa en el hecho de que las capas iguales, por su edad, deben tener faunas idénticas, no obstante, esto es cierto sólo en una primera aproximación; existen numerosas circunstancias que complican y modifican este principio; hay que tomar en cuenta que de ningún modo debe realizarse este proceso mecánicamente, ya que de una buena correlación (expresada en términos ya sean litológicos, cronológicos o paleontológicos), depende la interpretación de los distintos perfiles en un área determinada.

El método para establecer la correlación bioestratigráfica en el presente trabajo, consistió en seguir las unidades faunales, en este caso biozonas, de pozo a pozo en un área continua.

Como se mencionó en un principio, las columnas cronoestratigráficas empleadas en este trabajo, fueron las de aquellos pozos cuya perforación estaba terminada o de aquellos que durante el desarrollo de este trabajo, estaba por terminar; en ocasiones hubo necesidad de corroborar o determinar unas cimas que por algún motivo quedaron pendientes; la determinación de estas columnas fue obtenida gracias al personal técnico que labora en el Laboratorio de Paleontología y Petrografía. Los pozos empleados para este propósito son los siguientes, clasificados por la empresa Petróleos Mexicanos, como pozos productores, los 13 primeros, y los cuatro últimos, como pozos improductivos por diversas razones:

PLANO INDICE DE SECCIONES  
BIOESTRATIGRAFICAS



<b>UNAM</b>	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA	
	PLANO DE LOCALIZACION DE SECCS DEL AREA MARINA DE CAMPECHE	
	TESIS PROFESIONAL	
	Celia CórdenasL	198 Fig-2

Bacab-1	Ixtoc-1
Cantarell-1	Kanaab-1A
Cantarell-7	Kutz-1
Cantarell-57	Pol-1
Cantarell-66	Cantarell-2275
Cantarell-94	Chilam-1
Chac-1	Kukulcán-1
Chac-2	Tunich-1
Ek-2	

Con objeto de apreciar mejor el aumento o disminución tanto lateral como vertical de las zonas de foraminíferos planctónicos, se prepararon cuatro secciones de correlación bioestratigráfica distribuidas en el área de estudio según lo muestra la figura 2. La unidad de tiempo es equivalente a la duración de depósito de cada una de las biozonas que se reportan en el área.

Las secciones bioestratigráficas son:

I-I') De NW a SE entre los pozos Tunich-1, Bacab-1, Ek-2, Chac-1, Chac-2, Kukulcán-1 y Chilám-1. (Fig. 3)

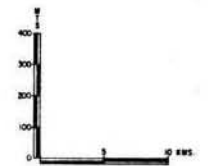
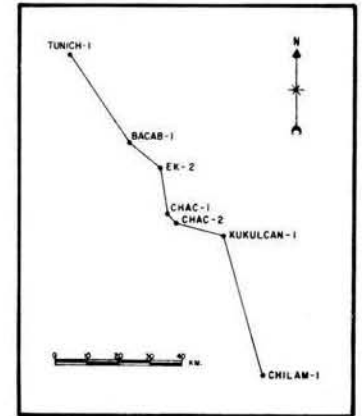
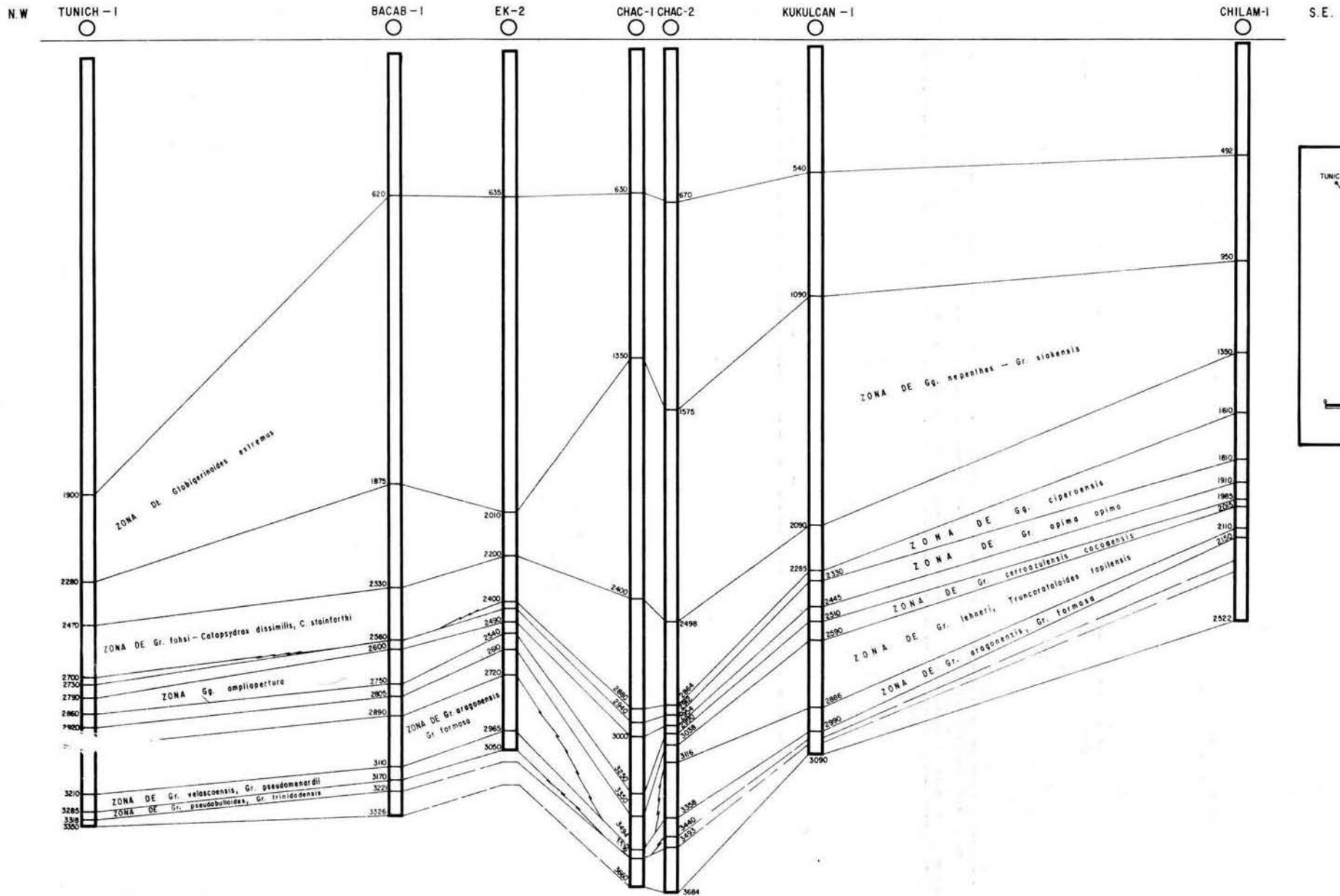
II-II') De SW a NE entre los pozos Pol-1, Kanaab-1A, Ixtoc-1, Kutz-1 y Ek-2. (Fig. 4).

III-III') De SW a NE entre los pozos Cantarell-2275, Cantarell-66, Cantarell-1 y Cantarell-57. (Fig. 5)

IV-IV') De W a E entre los pozos Cantarell-94, Cantarell-1, Cantarell-7 y Chac-1. (Fig. 6)

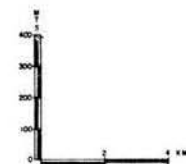
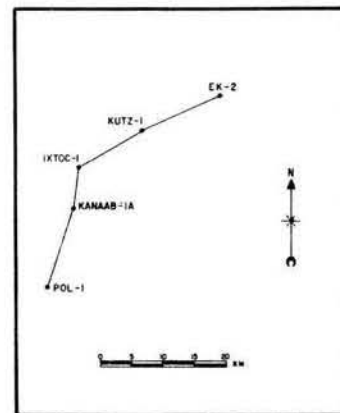
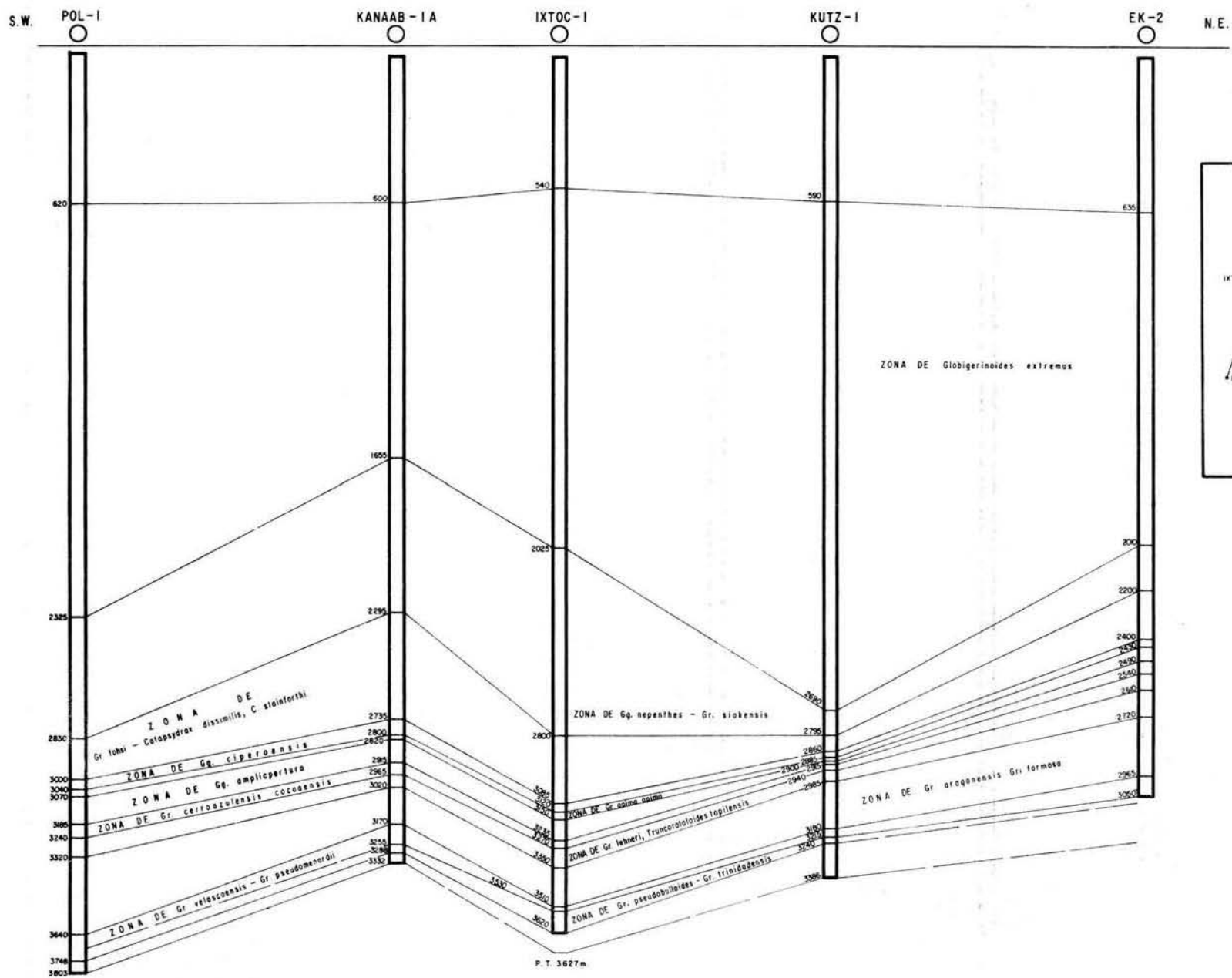
Las Secciones Bioestratigráficas tienen como horizonte de correlación el nivel del mar, con lo cual se muestra la posición de los sedimen

# SECCION BIOESTRATIGRAFICA I-I'



<b>U N A M</b>	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIO PROFESIONALES IZTACALA
	SECCION BIOESTRATIGRAFICA ENTRE LOS POZOS: TUNICH-1, BACAB-1, EK-2, CHAC-1, CHAC-2, KUKULCAN-1 Y CHILAM-1
	TESIS PROFESIONAL
	Celia Cárdenas Lara 1981 Fig. No. - 3

# SECCION BIOESTRATIGRAFICA II-II'



UNAM  
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIO PROFESIONALES IZTACALA  
 SECCION BIOESTRATIGRAFICA ENTRE LOS POZOS: POL-1, KANAAB-1A, IXTOC-1, KUTZ-1 Y EK-2  
 TESIS PROFESIONAL  
 Celia Cárdenas Lara 1981 Fig. No. - 4

# SECCION BIOESTRATIGRAFICA III-III'

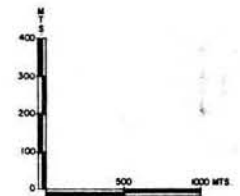
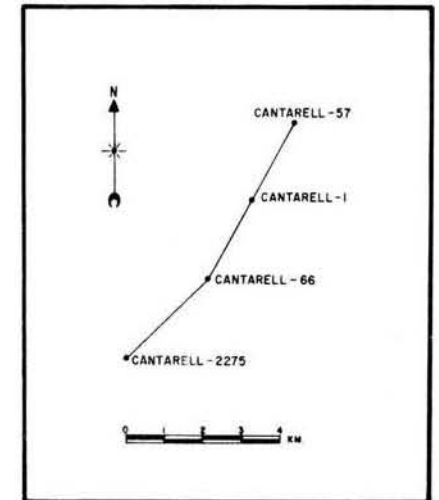
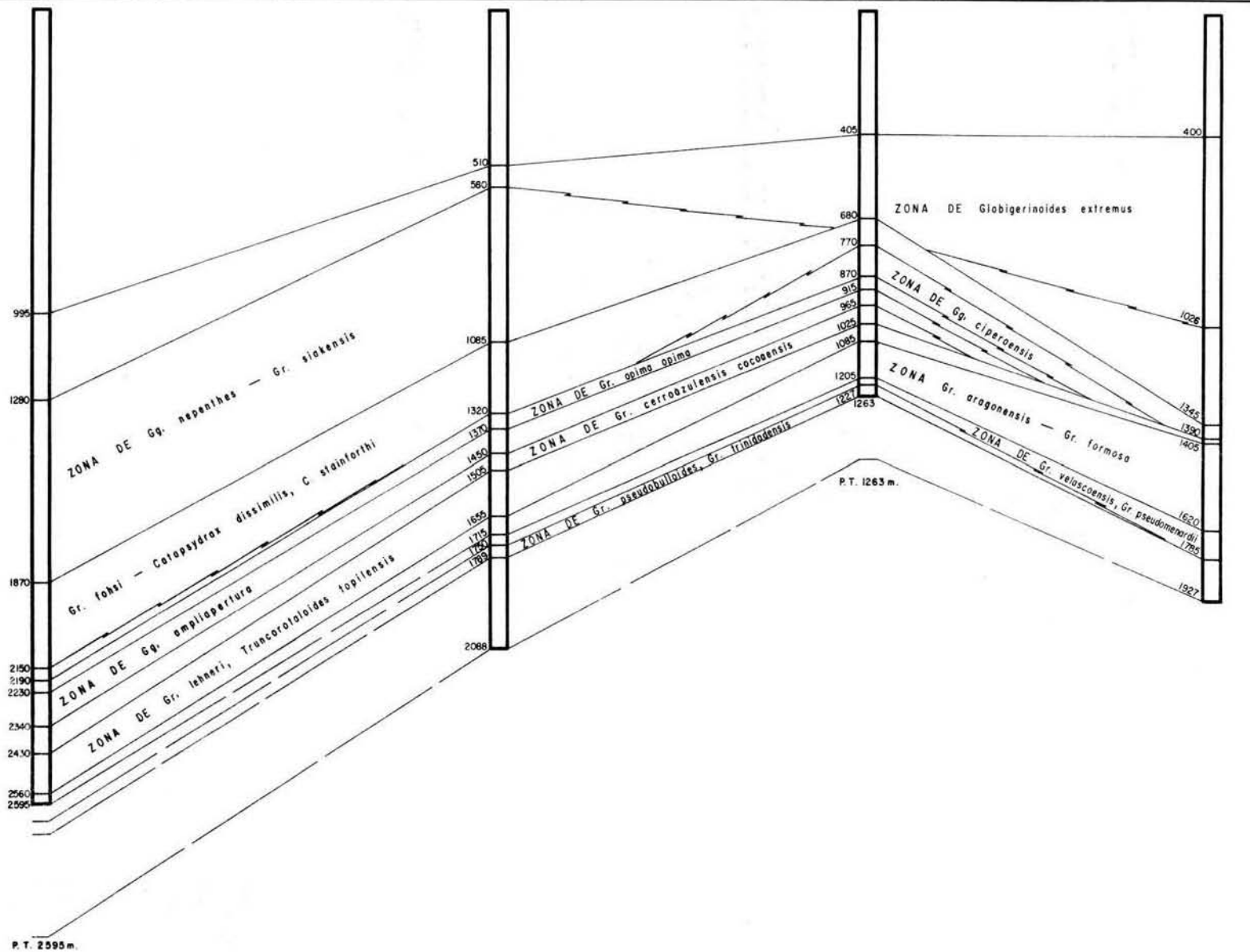
S.W. CANTARELL - 2275

CANTARELL - 66

CANTARELL - I

CANTARELL - 57

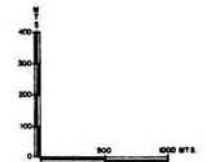
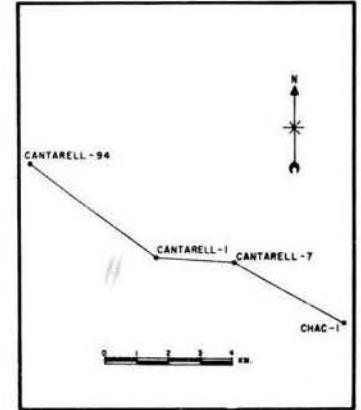
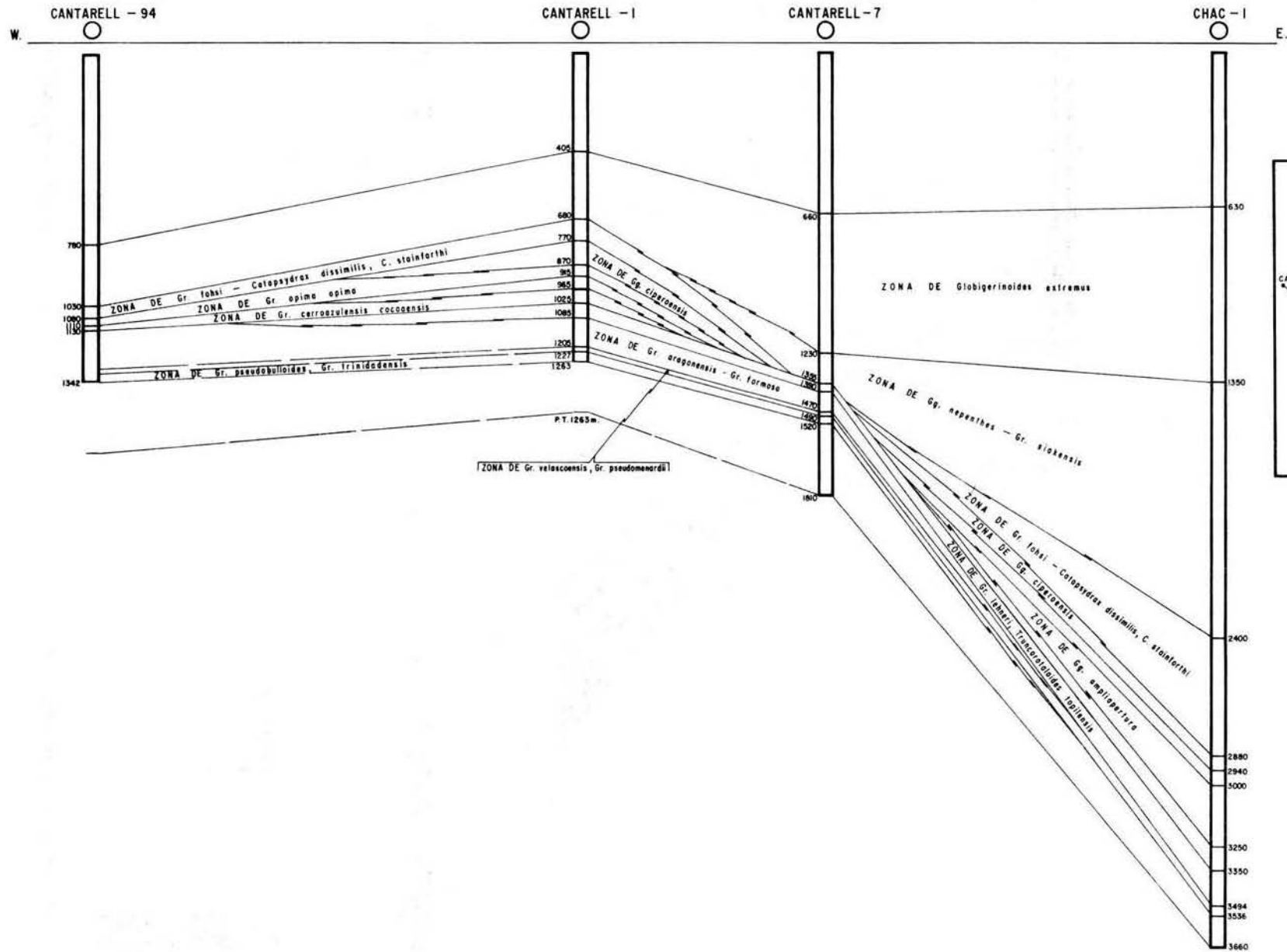
N. E.



<b>U N A M</b>	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIO PROFESIONALES IZTACALA	
	SECCION BIOESTRATIGRAFICA	
	ENTRE LOS POZOS: CANTARELL - 2275 CANTARELL - 66 - I Y 57	
	TESIS PROFESIONAL	
	Celia Cárdenas Lara	1981 Fig. No.- 5



# SECCION BIOESTRATIGRAFICA IV-IV'



**U  
N  
A  
M**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIO PROFESIONALES  
IZTACALA  
SECCION BIOESTRATIGRAFICA  
ENTRE LOS POZOS: CANTARELL-94, -  
C-1, C-7 Y CHAC-1  
TESIS PROFESIONAL  
Celio Cárdenas Lara 1981 Fig. No. - 6

tos, (por medio de las biozonas), en la actualidad.

Las líneas quebradas trazadas a lo largo de las secciones no son símbolo geológico alguno, únicamente indican algunas discordancias manifestadas por la ausencia de unas biozonas.

Por motivos de presentación, en las secciones se abreviaron incorrectamente los nombres genéricos de los foraminíferos que se mencionan -- con mayor frecuencia, como sigue: Globorotalia (Gr.) y Globigerina (Gg.).

En los pozos donde la perforación fue suspendida sin antes haber detectado el final de la columna Terciaria, se infirieron algunas biozonas, correlacionándolas con líneas discontinuas de acuerdo a los datos que presentan las columnas adjuntas; en este caso se indica la profundidad total perforada (P.T.). La perforación en el resto de los pozos ha llegado a sedimentos más antiguos, algunos hasta el Jurásico.

La parte inferior del Paleoceno consiste de fragmentos de caliza dolomitizada que forman una brecha. Este cuerpo litológico cubre a las dolomías cretácicas y es el receptáculo petrolífero primero en descubrirse en el Area Marina de Campeche. El intervalo correspondiente a esta brecha, actualmente no está bien delimitado en extensión ni espesor, pues la dolomitización impide una precisa determinación de la edad de las rocas, sin embargo, el intervalo que representa se ha considerado dentro del Terciario, motivo por el que está incluido en las secciones bioestratigráficas de este trabajo, aún sin ser una biozona.

Tomando en cuenta las variaciones en el comportamiento vertical y horizontal de las biozonas, la profundidad de las columnas terciarias y la similitud microfaunística, el área puede estar dividida en tres zonas bioestratigráficas de interés petrolero:

La primera con pozos localizados hacia la porción NE de la línea que marca la sección bioestratigráfica I-I' (véase el plano índice de secciones bioestratigráficas, Fig. 2), con columnas terciarias que se profundizan paulatinamente a medida que se alejan de la línea de costa, con excepción del Chac-1 y Chac-2, pozos con sedimentos de edad Terciaria que alcanzan las mayores profundidades (3,660 y 3,684 m respectivamente); para el resto de los pozos de esta porción se reportan profundidades que oscilan entre los 2,522 y 3,350 m; asimismo los espesores correspondientes a la biozona de Globigerinoides extremus y de Globigerina nepenthes - Globorotalia siakensis, son relativamente amplios, mientras que las biozonas subyacentes mantienen un comportamiento vertical regular.

La segunda zona bioestratigráfica está localizada en la parte SW del área total y está representada por la sección bioestratigráfica II-II'; en esta porción se observa que las columnas bioestratigráficas, hasta el Terciario, alcanzan profundidades que van del orden de los 3,050 a 3,803 m, las más profundas del área total.

En esta sección la biozona de Globigerinoides extremus alcanza un espesor máximo de 2,100 m (en el pozo Kutz-1) y mínimo de 1,055 m (en el pozo Kanaab-1A), muy contrastante con las biozonas subyacentes a ésta. El espesor de esta biozona es el más potente en toda el área.

El grosor de todas las biozonas excepto la mencionada en el párrafo anterior, disminuye paulatinamente a medida que se aproximan al pozo Kutz-1, el más cercano al "Complejo Cantarell". Los sedimentos que contienen las biozonas de Globigerina ciperiensis y las subyacentes mantienen una distribución vertical más o menos regular.

La tercera zona se encuentra localizada en el centro del área

de estudio; incluye a los pozos Cantarell los cuales forman, en gran parte, el complejo del mismo nombre.

Aquí las columnas bioestratigráficas del Terciario tienen características que las distinguen del resto de los pozos; están registradas como las menos profundas del área total (1,200 m promedio), hecho importante económicamente hablando por la facilidad de extraer los hidrocarburos.

En esta porción la zona de Globigerinoides extremus es más amplia en espesor al NE del complejo (aunque es relativamente reducida si se la compara con los que se registran en las columnas del resto de los pozos del área), mientras que al SW, el grosor de la biozona que predomina es la de Globigerina nepenthes - Globorotalia siakensis.

Los flancos de dicho complejo, mejor representado hacia el E de las secciones III-III' y IV-IV', presentan una serie de discordancias manifestadas por la ausencia de varias biozonas, alteraciones que se asocian a fenómenos tectónicos de carácter regional.

#### V) DISCUSION Y CONCLUSIONES

Después de haber considerado los rangos estratigráficos de cada una de las especies que funcionan como marcadores zonales, con el planteamiento de Bolli (1966), y por otro lado, con el de Stainforth, et. al. (1975), es necesario discutir los dos criterios y compararlo con otro más detallado, así como analizar los estratos que representan las biozonas y sus equivalentes con las unidades de tiempo. Esto se ilustra en la figura siete como sigue:

La columna I de este cuadro muestra con sumo detalle la zonación que Bolli y otros autores han realizado en el Caribe; esta zonación es una de las más detalladas y precisas que existen actualmente, por estar basada finalmente en investigaciones que realiza el Proyecto de Perforaciones del Océano Profundo (DSDP), las cuales consisten en el análisis de muestras (en este caso núcleos), recuperadas en mares con profundidades que rebasan los 1,500 m, y que han conducido a zonaciones calibradas por métodos magnetométricos, las más precisas. Algunas de las zonas de esta columna no corresponden estratigráficamente a las denominadas bajo el mismo fósil respecto a la columna II (como en el caso del Catapsydrax stainforthi, C. dissimilis, Globigerina ciperensis, G. ampliapertura, Globorotalia cerroazulensis cocoaensis, G. aragonensis, G. formosa y G. pseudobulloides - G. trinidadensis), ya que las segundas representan en general un mayor intervalo estratigráfico, por estar basadas exclusivamente en las extinciones evolutivas de las especies o primeras apariciones en sentido de la perforación.

En la columna II se presentan las especies que funcionan como marcadores zonales en el área, de acuerdo al criterio zonal de Stainforth

		I	II	III		
E P O C A	C A R I B E		Criteria Zonal de Stainforth et. al (1975) aplicado al AREA — MARINA DE CAMPECHE	Criteria Zonal de Bolli (1957, 1959, 1966) y Bolli y Bermúdez (1965) aplicado al AREA MARINA DE CAMPECHE	E P O C A	
	PLIOCENO	S	G. truncatulinoides cf. tosaensis			
	M	Globorotalia miacénica	Globorotalia exilis	Globigerinoides extremus		
	I	Globorotalia margaritae	G. triobus fistulosus			
			G. marg. evoluta	? ? ?		
			G. m. margaritae			
M I O C E N O	S	Neogloboaquadrina dutertrei		Globigerina nepenthes	Globigerinoides obliquus extremus	MED. SUP.
		Globorotalia menardii			Globigerina nepenthes	MED. SUP.
		Globorotalia mayeri	Globorotalia siakensis		Globorotalia mayeri	
		Globigerinoides ruber				
		Globorotalia fohsi robusta				
		Globorotalia fohsi labata				
		Globorotalia fohsi fohsi	Globorotalia fohsi		Globorotalia fohsi	
		Globorotalia fohsi peripheroranda				
		Praeorbulina glomerata				
		Globigerinatella insueta				
I		Globigerinita stainforthi	Catapsydrax stainforthi		Catapsydrax stainforthi	INFERIOR
		Globigerinita dissimilis				
		Globigerinoides primordius	Catapsydrax dissimilis		Catapsydrax dissimilis	
O L I G O C E N O	S	Globorotalia kugleri		Globigerina ciperoensis	Globigerina ciperoensis	SUP.
		Globigerina ciperoensis ciperoensis	Globigerina ciperoensis		Globigerina ciperoensis	SUP.
	M	Globorotalia opima opima	Globorotalia opima opima		Globorotalia opima opima	M. SUP.
	Globigerina ampliapertura	Globigerina ampliapertura		Globigerina ampliapertura	INF.	
	G. chipolensis — H. micra					
E O C E N O	S	Globorotalia cerroazulensis s.l.	Globorotalia cerroazulensis		Globorotalia cerroazulensis	SUP.
		Globigerinatheka semiinvoluta	cocoensis			
		Truncorotaloides rohri	Globorotalia lehneri		Globorotalia lehneri	
		Orbulinoides beckmanni	Truncorotaloides topilensis		Truncorotaloides topilensis	
		Globorotalia lehneri				
		Globigerinatheka subconglobata subcon.				
		Hantkenina aragonensis	Globorotalia aragonensis		Globorotalia aragonensis	
		Globorotalia palmerae				
		Globorotalia aragonensis				
		Globorotalia formosa formosa	Globorotalia formosa		Globorotalia formosa	
	Globorotalia subbotinae					
	G. edgari					
P A L E O C E N O	S	Globorotalia velascoensis	Globorotalia velascoensis		Globorotalia velascoensis	SUP.
		Globorotalia pseudomenardii	Globorotalia pseudomenardii		Globorotalia pseudomenardii	SUP.
		Globorotalia pusilla pusilla				
		Globorotalia angulata				
		Globorotalia uncinata	Globorotalia pseudobulloides		Globorotalia pseudobulloides	
		Globorotalia trinidadensis	Globorotalia trinidadensis		Globorotalia trinidadensis	
	Globorotalia pseudobulloides					
	Globigerina euqbina					

FIG. 7.- Cuadro comparativo. Diferentes esquemas zonales.

et. al. (1975), aplicado al trabajo operacional que se realiza en esta industria. En este caso la Globigerina nepenthes es una especie que debe -- ser descartada como fósil índice pues, como ha sido mencionado anteriormente, su presencia en los estratos del Plioceno, es muy irregular, lo -- cual puede provocar interpretaciones estratigráficas erróneas en esta parte de la columna.

Otro espécimen que puede conducir a falsas interpretaciones -- es el Globigerinoides extremus, especie que evolutivamente se extinguió -- en el Pleistoceno, debido a cambios en las condiciones climáticas; en este caso es aceptable incluir este fósil, como marcador zonal en correlaciones bioestratigráficas del área, pero de ninguna manera en correlaciones geológicas intercontinentales, pues la extinción de esta especie, bajo las condiciones que se acaban de mencionar, se llevó a cabo sólo en el Golfo de México.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del criterio que señala la columna no. II son las que se aproximan en mayor grado al -- trabajo operacional empleado por Pemex, pues como se observa en el cuadro comparativo, las líneas de tiempo son correlacionables con las de la columna I, no así con las de la columna número III (comparar las unidades -- de tiempo que se muestran en los extremos del cuadro).

Un hecho importante para lo que se acaba de mencionar, es que todas las zonaciones y su equivalente con las unidades cronológicas, están sujetas a constantes cambios; todo depende, principalmente del método físico "patrón", que se emplee para determinar la edad relativa del subsuelo (la cual va a ser correlacionable en un momento dado, con las unidades -- bioestratigráficas), y del tipo de muestra con el que se trabaje; para es

te último caso, puesto que en el área de trabajo se emplean las muestras de canal, y dada su naturaleza, no es posible corroborar el alcance estratigráfico total de las especies, debido a la contaminación continua e inevitable en este tipo de muestreo; sin embargo, es factible asignar edad, tomando en cuenta la primera aparición de las especies, en sentido de la perforación.

De lo anterior se concluye:

1) Por medio de foraminíferos planctónicos índices es posible establecer la cronoestratigrafía del área, de acuerdo a la zonación que señala Stainforth, et. al. (1975)

2) En general, las unidades bioestratigráficas así como sus fósiles acompañantes, consideradas en investigaciones recientes, presentan un desplazamiento que rebasa el límite superior de sus alcances estratigráficos, respecto a los rangos que se consideran para las mismas especies con el criterio de Bolli (1966).

3) Dada la naturaleza de las muestras de canal, es posible asignar edad a los estratos, tomando en cuenta únicamente, la primera aparición de las especies, en sentido de la perforación.

4) En las secciones bioestratigráficas la biozona de Globigerinoides extremus tiene aplicación eficiente sólo en el área Marina de Campeche (igualmente en todo el Golfo de Mexico), siempre que en interpretaciones cronoestratigráficas sea expresada en términos paleontológicos.

5) El área de estudio puede estar dividida en tres porciones bioestratigráficas de interés petrolero tomando en cuenta las variaciones en el comportamiento de las biozonas, la profundidad de las columnas terciarias y la similitud microfaunística.



Para finalizar, a pesar de los estudios geológicos, geofísicos y paleontológicos, no hay hasta la fecha método directo alguno que permita predecir con exactitud en qué sitio existe una acumulación petrolífera. Todos estos sistemas de exploración, son métodos indirectos. Al aplicarlos sólo se trata de localizar sitios cuya estructura presente características geológicas que sean favorables para la acumulación de hidrocarburos.

#### VI) RECOMENDACIONES

Para detallar los resultados de cualquier estudio bioestratigráfico en las rocas Terciarias de esta área, es recomendable incrementar el corte de núcleos así como la eficiente recolección de las muestras de canal.

A P E N D I C E

SISTEMATICA Y DESCRIPCION DE LAS ESPECIES INDICES

La fuente de referencia para la sistemática de los foraminíferos planctónicos es la propuesta por Robles (1974). Su posición taxonómica es la siguiente:

Phylum	Protista Goldfuss, 1821
Subphylum	Sarcodina Schamarda, 1871
Clase	Reticularea Lankester, 1885
Subclase	Granuloreticulosia Saedleer, 1934
Orden	Foraminiferida Eichwald, 1830
Suborden	Rotaliina Delage y Hérouard, 1896
Superfamilia	Globigerinacea Carpenter, Parker y Jones, 1862

Familia Globigerinidae Carpenter, Parker y Jones, 1862

Subfamilia Catapsydracinae Bolli Loeblich y Tappan, 1957

Género Catapsydrax Bolli, Loeblich y Tappan, 1957

Catapsydrax dissimilis (Cushman y Bermúdez, 1937)

(Ver Lam. I, 1a-b-c)

Globigerina dissimilis CUSHMAN Y BERMUDEZ, 1937, p.25, pl.3, fig.4-6.-CUSHMAN Y STAINFORTH, 1945, p.68, pl.13, fig.2.-STAINFORTH, 1948b, p.119, pl.25, fig.29-31  
NAPOLI ILLIATA, 1953, p.78, pl.2, fig.2.- BECKMANN, 1953, pl.391, pl.25, fig.10.-  
HOFKER, 1968, p.17, pl.7, fig.5.

Globigerina ("Dissimiloglobigerina") dissimilis REISS, 1957a, p.4.

Catapsydrax dissimilis (CUSHMAN Y BERMUDEZ).BOLLI, LOEBLICH Y TAPPAN, 1957, p.36, pl.7, fig.6-8.-BLOW, 1959, p.203, pl.12, fig.88-90.-SOEDIONO, 1969, p.347, 348, pl.4, fig.1-3.-JENKINS, 1971, p.182-183, pl.21, fig.625-627.

Globigerinita dissimilis (CUSHMAN Y BERMUDEZ). BERMUDEZ, 1960, p.1262, 1263, pl.7, fig.4-5.-BLOW Y BANNER, 1962, p.106-108, pl.14, fig.A-D.-BLOW, 1969, p.327-328.

Globigerina (Globigerinita) dissimilis CUSHMAN Y BERMUDEZ. MCTAVISH, 1966, p.1-36, pl.2, fig.15-17, 27-28, 30.

Catapsydrax dissimilis dissimilis (CUSHMAN Y BERMUDEZ).FUENMAYOR, 1969, p.355-366.

Concha subglobular, espira baja, periferia muy redondeada con po--

cas cámaras, en ejemplares adultos cuatro en la última vuelta, infladas, subglobulares; la cara ventral presenta una sóla ámpula umbilical que cubre casi todo el ombligo; vista de lado, tiene forma cuadrangular; suturas fuertemente deprimidas; pared calcárea perforada, radial en estructura; varias aberturas infralaminares (de dos a cuatro) debajo de la ámpula umbilical. Diámetro de - 0.6 mm.

Alcance estratigráfico: Eoceno Medio a Mioceno Inferior.

Catapsydrax stainforthi Bolli, Loeblich y Tappan, 1957

(Ver Lam. I, 2a-b-c)

Catapsydrax stainforthi BOLLI, LOEBLICH, Y TAPPAN, 1957, p. 37, pl. 7, fig. 11. - BLOW, 1959, p. 204, pl. 14, fig. 91, 93. - SOEDIONO, 1970, p. 228, pl. 5, fig. 2. - POSTUMA, 1971, p. - 238-239.

Globigerina stainforthi (BOLLI, LOEBLICH, Y TAPPAN). BANDY, 1964b, p. 8, fig. 5 (no Globigerina stainforthi HOFKER, 1956, p. 955 fig. 96-97) (no Globigerina stainforthi BOLLI, LOEBLICH, Y TAPPAN (sic.) HOFKER, 1968, p. 41, pl. 19, fig. 3).

Globorotaloides stainforthi (BOLLI, LOEBLICH, Y TAPPAN). LIPPS, 1967, p. 996, fig. 2. - LIPPS, 1969, p. 1803. - JENKINS y ORR, 1972, p. 1105-1106, pl. 35, fig. 7-9.

Globigerinita stainforthi stainforthi (BOLLI, LOEBLICH, Y TAPPAN). BLOW, 1969, p. 329, 383, pl. 25, fig. 8-10.

Concha pequeña, trocospiral; cámaras de subglobulares a ovales, dispuestas aproximadamente en dos vueltas, el número de cámaras de la vuelta final es cuatro, ocasionalmente puede tener cinco; suturas claras, radiales, de rectas a curvas, hundidas; pared calcárea, perforada; superficie punteada; -- aberturas primaria interomarginal, umbilical, cubierta por una ámpula, con --- aberturas accesorias infralaminares pequeñas, que se abren sobre cada sutura de la vuelta final. Diámetro de 0.25 a 0.45 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Inferior.

Subfamilia Globigerininae Carpenter, Parker y Jones, 1962.

Género Globigerina d'Orbigny, 1826

Globigerina ampliapertura Bolli, 1957

(Ver Lam. I, 3a-b-c)

Globigerina apertura CUSHMAN, BRONNIMANN, 1950a, p. 80

Globigerina ampliapertura BOLLI, 1957b, p. 108, pl. 22, fig. 4-7. - BERMUDEZ, 1960, p. -

1155, pl. 3, fig. 8. - HOFKER, 1968, p. 17, pl. 7, fig. 2. - BLOW, 1969, p. 315, 349, 382, pl. 12, fig. 6, 9-10.

Globigerina ampliapertura ampliapertura BOLLI. BLOW Y BANNER, 1962, p. 83, 130-133, pl. 11, fig. A-D; pl. 17, fig. C, H. - CARALP, VELETON, y VIGNEAUX, 1965, p. 3431-3434.

Globigerina (Globigerina) ampliapertura BOLLI. JENKINS, 1971, p. 137, pl. 15, fig. 423-425.

Concha de forma trocospiral; cara espiral casi plana o ligeramente convexa; cara umbilical convexa; periferia ecuatorial lobulada; eje periférico redondeado; pared calcárea perforada; superficie finamente punteada; cámaras esféricas en el primer estadio, algo comprimidas lateralmente en la última vuelta; cerca de doce, arregladas en dos y media vueltas; las cuatro cámaras de la última vuelta aumentan rápidamente de tamaño, suturas en la cara espiral radiales a oblicuas, deprimidas; en la cara umbilical deprimidas; ombligo bastante pequeño y profundo; abertura en arco alto -- bien definido, en posición interomarginal, umbilical. Enrollamiento sin mostrar preferencia. Diámetro de 0.6 mm.

Alcance stratigráfico: Eoceno Superior a Oligoceno Inferior.

Globigerina ciperensis Bolli, 1954

(Ver Lam. I, 4a, 4c)

Globigerina concinna REUSS, NUTTALL, 1932, p. 29, pl. 6, fig. 9-11. FRANKLIN, 1944, p. 317, pl. 48, fig. 5.

Globigerina cf. concinna REUSS. CUSHMAN Y STAINFORTH, 1945, p. 67, pl. 13, fig. 1 STAINFORTH, 1948b, p. 118, pl. 25, fig. 19-21. - BECKMANN, 1953, p. 390, pl. 25, fig. 5.

Globigerina ciperensis BOLLI, 1954, p. 1-3, fig. 3-4. - HOFKER, 1968, p. 14-16, pl. 6 fig. 7, h-k. - LIPPS, 1969, p. 1806, fig. 4.

Globigerina ciperensis ciperensis BOLLI. BOLLI, 1957b, p. 108, pl. 22, fig. 10.

Globigerina ouachitensis ciperensis (BOLLI). BLOW Y BANNER, 1962, p. 90-91, - fig. 9, i-iii, pl. 9, fig. E-G. - BLOW, 1969, p. 320, pl. 1, fig. 4-6; pl. 17, fig. 7, 10-11. - BERGGREN, 1969a, p. 111

Globigerina concinna ciperensis BOLLI. BANDY, 1964b, p. 8, 12, fig. 5.

Globigerina (Globigerina) ciperensis ciperensis BOLLI. JENKINS, 1971, p. 145 pl. 14, fig. 411-413.

Concha trocoide de espira baja a mediana; pared calcárea perfora

da, ornamentada con finas espinas; la concha está constituida por dos y media a tres vueltas. La última vuelta vista por la cara umbilical, está -- constituida por cinco cámaras globulares, que aumentan gradualmente y conservan la misma forma, además presentan una reducción de tamaño y cubren sólo parcialmente la región umbilical, originando así un ombligo muy amplio de forma irregular, donde se abren las aberturas de las cámaras precedentes. Diámetro alrededor de 0.35 mm.

Alcance estratigráfico: Oligoceno.

Globigerina nepenthes Tood, 1957

(Ver Lam. I, 5a-b-c)

Globigerina nepenthes TODD, 1957, p. 301, pl. 78, fig. 7. - BLOW, 1959, p. 178-179, pl. 8, fig. 44-45. - BLOW, 1969, p. 320, pl. 14, fig. 5. - POSTUMA, 1971, p. 266-267. - LAMB Y BEARD, 1972, p. 47, pl. 4, fig. 1-8. - AKERS, 1972, p. 52, 54, pl. 14, fig. 1. - POAG, 1972b, p. 506, pl. 6, fig. 5-8.

Globigerina druryi nepenthes TODD. BANDY Y INGLE, 1970, p. 152, pl. 1972, p. 52, - 54, pl. 14, fig. 1. - POAG, 1972b, p. 506, pl. 6, fig. 5-8.

Globigerina druryi nepenthes TODD. BANDY Y INGLE, 1970, p. 152, pl. 1, fig. 5.

Testa pequeña enrollada en forma compacta excepto la última cámara; la altura de la espira varía entre tres cuartos o igual del diámetro de la espira. Cámaras confusas, ligeramente infladas; cuatro cámaras constituyen la última vuelta con una quinta cámara alargada, extendiéndose hacia atrás y en ángulo al eje de enrollamiento. Suturas confusas, excepto las últimas que son dentadas. Pared delgada, clacárea, perforada y ornamentada por poros gruesos. Abertura grande y semicircular o amplia y arqueada en el borde umbilical de la última cámara, limitada por un labio engrosado y ligeramente volteado hacia arriba. Diámetro de 0.4 a 0.6 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Medio a Plioceno Medio.

Género Globigerinoides Cushman, 1927

Globigerinoides extremus Bolli y Bermúdez, 1965

(Ver Lam. I, 6a-b-c)

Globigerinoides obliquus extremus BOLLI Y BERMUDEZ, 1965, p. 139, pl. 1, fig. 10-12. - BLOW, 1969, p. 324, pl. 21, fig. 2-3.

Globigerinoides obliquus BOLLI. PARKER, 1967, p. 155, pl. 20, fig. 5-6. - POAG Y --

AKERS, 1967, p. 171, pl. 16, fig. 16-18.

Globigerinoides obliquus extrema BOLLI Y BERMUDEZ. BERMUDEZ Y BOLLI, 1969, p. 162, pl. 7, fig. 4-6.

Globigerinoides extremus BOLLI Y BERMUDEZ. LAMB Y BEARD, 1972, p. 48, pl. 32, -- fig. 1-6.

Forma de la concha trocospiral alta; periferia axial redondeada, periferia ecuatorial claramente lobulada. Pared calcárea; superficie finamente perforada. Cámaras de la última vuelta progresivamente más comprimidas de manera lateral; oblicuas, de diez a doce, colocadas en dos a tres vueltas. Las cuatro cámaras de la última vuelta aumentan rápidamente de tamaño, aunque la última cámara puede estar ligeramente reducida en algunos especímenes. Suturas un poco oblicuas sobre el lado espiral y umbilical; - ombligo más bien estrecho. Abertura primaria un arco claro de altura media interomarginal umbilical. Una abertura suplementaria (o secundaria), sobre la última cámara a menudo también visible sobre las cámaras iniciales. Diámetro de 0.3 a 0.4 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Superior a Pleistoceno Inferior.

Familia Globorotaliidae Cushman, 1927

Subfamilia Globorotaliinae Cushman, 1927

Género Globorotalia Cushman, 1927

Globorotalia aragonensis Nuttall, 1930

(Ver Lam. II, 7a-b-c)

Globorotalia aragonensis NUTTALL, 1930, p. 288, pl. 24, fig. 6-11. -SUBBOTINA, 1953 p. 215-216, pl. 18, fig. 6-7. -BOLLI, 1957a, p. 75, pl. 18, fig. 7-9. -BOLLI 1957c, p. 167 pl. 38, fig. 1. -LUTERBACHER, 1964, p. 696-698, fig. 121-126. -SUBBOTINA, 1971, p. 274-275, pl. 18, fig. 6-7.

Globorotalia (Truncorotalia) aragonensis NUTTALL. CUSHMAN Y BERMUDEZ, 1949, p. 38, pl. 7, fig. 13-15.

Pseudogloborotalia aragonensis (NUTTALL). BERMUDEZ, 1960, p. 1338-1340, pl. 16, fig. 5.

Concha trocospiral muy baja, cara espiral ligeramente convexa o casi plana, cara umbilical muy convexa y ligeramente inflada, periferia -- ecuatorial casi circular o poco lobulada, periferia axial angulosa con quilla, ornamentada con espinas pequeñas en ejemplares bien preservados; pa--

red calcárea, perforada; la superficie de la cara umbilical rugosa o con espinas cortas y gruesas; de 15 a 18 cámaras infladas y angulosas, dispuestas en tres vueltas, la última con seis o siete cámaras que aumentan gradualmente de tamaño; suturas de la cara espiral con frecuencia algo levantadas y granulosas, en la cara umbilical, radiales y poco hundidas; ombligo abierto, profundo y estrecho; abertura en arco bajo interomarginal, extraumbilical - umbilical con un labio; el tipo de enrollamiento predominantemente es dextrógiro en más de un 90% en la parte inferior de la Zona de Globorotalia formosa formosa; en cambio en la parte superior de la misma Zona se invierte, llegando a ser dominante el enrollamiento levógiro, casi en un 90% en la Zona de Globorotalia aragonensis. Diámetro de .4 a .5 mm. Alcance estratigráfico: Eoceno Inferior a Eoceno Medio.

Globorotalia cerroazulensis cocoaensis Cushman, 1928

(Ver Lam. II, 8a-b-c)

Globorotalia cocoaensis CUSHMAN, 1928, p.75, pl.10, fig.3

Globorotalia cocoaensis CUSHMAN. BANDY, 1949, p.79, pl.12, fig.1.-BOLLI, 1957c, p.169, pl.39, fig.5-7.

Globorotalia (Turborotalia) cerro-azulensis (COLE).BLOW Y BANNER, 1962, p. - 118, fig.12d-e, pl.12, fig.D-F.

Globorotalia (Turborotalia) cerroazulensis (COLE).BLOW, 1969, p.347, pl.36, - fig. 3-4.

Globorotalia cerroazulensis cocoaensis CUSHMAN.TOUMARKINE Y BOLLI, 1970, p. 144, pl.1, fig.28-33; pl.2, fig.6-8, 27.

Concha de tamaño medio, cara espiral ligeramente convexa en la porción media, superficie de la última vuelta plana, cara umbilical fuertemente convexa; ombligo cerrado; periferia angulosa; de cuatro a cinco cámaras en la última vuelta, aumentando rápidamente de tamaño de manera que la última cámara forma una gran parte de la concha; cámaras largas y angostas en la cara espiral, globulares e infladas en la cara umbilical; suturas -- curvas, tangenciales y ligeramente deprimidas en la cara espiral, hundidas y radiales en la cara umbilical; pared finamente perforada y angulosa; -- abertura interomarginal, extraumbilical - umbilical. Diámetro de 0.6 mm. Alcance estratigráfico: Eoceno Superior.

Globorotalia fohsi fohsi Cushman y Ellisor, 1939

(Ver Lam. II, 9a-b-c)

Globorotalia fohsi CUSHMAN Y ELLISOR, 1939, p. 12, pl. 2, fig. 6. - PALMER, 1941, p. 291, pl. 29, fig. 3. - CUSHMAN Y STAINFORTH, 1945, p. 70, pl. 13, fig. 13. - RENZ, 1948, p. 137, pl. 11, fig. 2. - BERMUDEZ, 1949, p. 285, pl. 22, fig. 18-20.

Globorotalia barissanensis (sic) LEROY. LEROY, 1944, p. 41, pl. 2, fig. 43-45. - CUSHMAN Y STAINFORTH, 1945, p. 70, pl. 13, fig. 15.

Globorotalia fohsi fohsi CUSHMAN Y ELLISOR. BOLLI, 1950, p. 88, pl. 15, fig. 4. - BOLLI, 1957b, p. 119, pl. 28, fig. 9-10. - BLOW, 1959, p. 212, pl. 17, fig. 112. - BOLLI, 1967, p. 508, fig. 2. - BECKMANN ET AL., 1969, p. 101.

Globorotalia (Turborotalia) fohsi fohsi CUSHMAN Y ELLISOR. BANNER Y BLOW, 1959, p. 22, pl. 1, fig. 2. - EAMES ET AL., 1962, p. 161.

Globigerina fohsi fohsi CUSHMAN Y ELLISOR (sic). HOFKER, 1968, p. 50.

Testa de la trocospira discoidal a lenticular; lado umbilical ligeramente más convexo que el espiral; cinco a siete cámaras en la última vuelta. Vista de lado, la periferia forma un ángulo o puede presentar una quilla fina o pseudoquilla. Superficie de la concha densamente perforada. Suturas claras, curvas en la superficie espiral y radiales sobre la superficie umbilical. Abertura angosta interomarginal, umbilical - extraumbilical, llegando hasta la periferia, provista de un labio bien desarrollado. Diámetro de 0.5 mm.

Alcance stratigráfico: Mioceno Medio.

Globorotalia fohsi lobata Bermúdez, 1949

(Ver Lam. II, 10a-b-c)

Globorotalia lobata BERMUDEZ, 1949, p. 286, pl. 22, fig. 15-17. - BERMUDEZ, 1950, p. 342.

Globorotalia dominicana BERMUDEZ, in THALMANN, 1950, p. 42; suppressed in THALMANN, 1951, 225.

Globorotalia fohsi lobata BERMUDEZ. BOLLI, 1950, p. 88, pl. 15, fig. 7-8. - BOLLI, 1957b, p. 119, pl. 28, fig. 13-14. - BLOW, 1959, p. 213, pl. 16, fig. 113. - BOLLI, 1967, p. 508, fig. 2.

Globorotalia (Globorotalia) lobata lobata BERMUDEZ. BANNER Y BLOW, 1959, p. 22, pl. 1, fig. 3.

Globorotalia (Globorotalia) fohsi forma lobata BERMUDEZ. BLOW Y BANNER, --



1966,p.293,fig.-BLOW,1969,p.239-241,362.

Globorotalia lobata lobata BERMUDEZ.LIPPS,1967,p.995-997.-BERGGREN,1968,p.1-22,fig.3.

Concha calcárea, trocospiral, comprimida, casi igualmente biconvexa, más larga que ancha; periferia ecuatorial lobulada, principalmente - en las tres o cuatro cámaras finales, las cuales en esta especie tienen un desarrollo típico en forma de cresta de gallo; periferia axial provista de una quilla bien desarrollada; cara espiral ligeramente convexa, evoluta, - con dos vueltas visibles, la primera más enrollada que la última, cara ventral un poco más convexa que la espiral; seis a ocho cámaras, que aumentan rápidamente de tamaño, constituyen la última vuelta; las cámaras en la cara espiral son petaloideas arqueadas; en la cara ventral son ligeramente - infladas y triangulares; suturas de la cara espiral limbadas y curvas, en la cara ventral son hundidas, casi rectas entre las primeras cámaras y poco curvas en las últimas; pared gruesa finamente perforada, observándose - granulaciones en áreas restringidas; esta ornamentación se observa en las primeras cámaras de la última vuelta, así como en la cara espiral, y en -- ocasiones muy cerca de la periferia o en la espira inicial; abertura interomarginal, umbilical - extraumbilical, provista de un labio bien desarrollado. Diámetro de 0.6 a 0.7 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Medio

Globorotalia fohsi peripheroronda Blow y Banner, 1966

(Ver II, 11a-b-c)

Globorotalia barisanensis LEROY,1939,p.265,pl.1,fig.8-10.-STAINFORTH,1948b p.120,pl.26,fig.24-26.-WEISS,1955,p.310,pl.3,fig.4-6.

Globorotalia fohsi barisanensis LEROY.BOLLI,1950,p.88,pl.15,fig.5-6.-BOLLI 1957b,p.119,pl.28,fig.8.-BLOW,1959,p.212,pl.17,fig.110-111.

Globorotalia (Turborotalia) fohsi barisanensis (LEROY).BANNER Y BLOW,1959, p.22p.11,fig.1.

Globorotalia (Turborotalia) peripheroronda BLOW Y BANNER,1966,p.294,pl.1, fig.1; pl.2,fig.1-3.-BLOW,1969,p.230-233,354.

Turborotalia peripheroronda BLOW Y BANNER.LIPPS,1967,p.996.-LIPPS,1969,p.- 1805,fig.4.

Globorotalia fohsi peripheroronda BLOW Y BANNER. BOLLI,1967,p.505-508,fig.

2.-BECKMANN ET AL., 1969,p.101.

Globigerina barisanensis LEROY.HOFKER,1968,p.49-50,pl.24,fig.4-5.

Globorotalia peripheroronda.PUJOL,1970,p.201-219.

Turborotalia fohsi peripheroronda (BLOW Y BANNER).SOEDIONO,1970,p.217,pl.1 fig.1.

Globorotalia (Turborotalia) mayeri barisanensis LEROY.JENKINS,1971,p.119,- pl11,fig.288-293.

Turborotalia (Turborotalia) peripheroronda BLOW Y BANNER.BIELY Y SALAJ, -- 1971,p.76-89.

Concha trocospiral, calcárea, constituida por cerca de tres vueltas, con seis cámaras cada una, que aumentan uniformemente de tamaño; la proporción aproximada de la altura de las vueltas sucesivas es de 1:4:6 (medidas en la cara espiral desde el prolóculo); superficie de la concha perforada tanto en la cara dorsal como en la ventral, siendo además, lisa en esta última; periferia poco lobulada, redondeada, perforada y sin quilla o pseudoquilla; cara espiral evoluta, algo convexa; cara ventral involuta y más convexa que la espiral, la relación de convexidad entre ambas es de 2:1; seis cámaras visibles en la última vuelta, en la cara espiral ligeramente infladas subcuadrangulares a excepción de la última que es subtriangular; las cámaras de la cara ventral son triangulares, poseen un saliente umbilical bajo y el área comprendida entre estos salientes y la periferia es plana o cóncava en las primeras cámaras de la última vuelta, y plana o algo convexa en las últimas cámaras, el área de la antepenúltima cámara está anormalmente inflada; la cara apertural no está separada de la cara ventral en las últimas cámaras por ninguna variación en la textura, tampoco existe un cambio abrupto en el declive; la cara pertural es convexa y no está delimitada visiblemente de la periferia redondeada; las suturas espirales intercamerales son angostas, hundidas y se unen a la sutura espiral lobulada formando ángulos rectos; en la parte distal son arqueadas, y forman ángulos de cerca de 45° al llegar a la periferia; suturas ventrales intercamerales estrechas, poco hundidas, curvas o sinuosas, formando ángulos casi rectos, tanto al unirse con el ombligo, que es angosto y muy cerrado, como al alcanzar la periferia; la abertura es interomarginal, extraumbilical, llegando hasta el margen ventral de la periferia de la última y de la penúltima vuelta, provista por un labio fino en toda su longi-

tud. Diámetro de 0.3 a 0.35 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Inferior a Mioceno Medio.

Globorotalia fohsi robusta Bolli, 1950

(Ver Lam. II, 12a-b-c)

Globorotalia fohsi robusta BOLLI, 1950, p.89, pl.15, fig.3.-BOLLI, 1957b, p.119, pl.28, fig.16.-BLOW, 1959, p.213, pl.16, fig.114.-BOLLI, 1967, p.508, fig.2.

Globorotalia (Globorotalia) lobata robusta (BOLLI). BANNER Y BLOW, 1959, p.22 pl.1, fig.4.

Globorotalia (Globorotalia) fohsi forma robusta BOLLI. BLOW Y BANNER, 1966, p.293, pl.1, fig.9.-BLOW, 1969, p.239-242, 363.

Globorotalia fohsi CUSHMAN Y ELLISOR. POSTUMA, 1971, p.322-323.

Concha calcárea, perforada, trocospiral, constituida por dos -- vueltas visibles en la cara espiral, de forma alargada; periferia ecuatorial lobulada; periferia axial provista de una quilla muy definida; cara - espiral plana a algo convexa, cara ventral exageradamente convexa; siete a ocho cámaras que aumentan de tamaño en forma gradual; suturas en la cara - ventral radiales y ligeramente hundidas, en la cara espiral oblicuas, curvas y con frecuencia limbadas; ombligo pequeño; superficie con granulaciones en el área próxima a la abertura; en ocasiones se observan también en la quilla y en la cara espiral, en la parte cercana a la periferia; abertura interomarginal, umbilical - extraumbilical, se extiende hasta la periferia y presenta un labio fino. El sentido del enrollamiento dominante es el vógiro en un 90% en los ejemplares estudiados por Bolli. Diámetro de 0.6 a 0.8 mm.

Alcance estratigráfico: Mioceno Medio.

Globorotalia formosa formosa Bolli, 1957

Globorotalia formosa formosa BOLLI, 1957a, p.76, pl.18, fig.1-3.-LUTERBACHER, 1964, p.694-696, fit.118-120.

Globorotalia formosa BOLLI. POSTUMA, 1971, p.190-191.

Concha trocospiral muy baja, cara espiral casi plana, ocasionalmente las primeras vueltas son ligeramente levantadas; cara umbilical muy convexa; periferia ecuatorial poco lobulada, casi circular; eje periférico

anguloso con una quilla ornamentada con espinas visibles en ejemplares -- bien conservados; pared calcárea, perforada; superficie de fina a claramente espinosa, especialmente en la cara umbilical; cámaras angulosas, infladas, de 15 a 18 formando tres vueltas, las seis u ocho cámaras de la última vuelta aumentan gradualmente de tamaño; suturas en la cara espiral curvas, las de la cara umbilical radiales, hundidas; ombligo muy ancho, profundo y abierto; abertura en un arco bajo, interomarginal, extraumbilical-umbilical con labio; enrollamiento dextrógiro en la Zona de Globorotalia formosa formosa y en una proporción de cerca del 90%, volviéndose levógiro en forma dominante en la Zona de Globorotalia aragonensis en más de un 64%. Diámetro de 0.5 a 0.6 mm.

Alcance stratigráfico: Eoceno Inferior.

Globorotalia formosa gracilis Bolli, 1957

(Ver III, 14a-b-c)

Globorotalia formosa gracilis BOLLI, 1957a, p. 75, pl. 18, fig. 4-6. - LUTERBACHER, 1964, p. 692-694, fig. 115, 117.

Pseudogloborotalia formosa BOLLI (sic) var. gracilis (BOLLI). BERMUDEZ, 1960, p. 1344.

Globorotalia (Morozovella) gracilis BOLLI. JENKINS, 1971, p. 105, pl. 9, fig. 202-204.

Globorotalia gracilis BOLLI. POSTUMA, 1971, p. 192-193.

Testa trocospiral; cara espiral ligeramente convexa; cara umbilical muy convexa. Eje periférico agudo con una quilla ornamentada; las últimas cinco o seis cámaras, cónico-angulares que se incrementan rápidamente de tamaño. Ombligo redondo, con ornamentación poco visible y de regular tamaño. Suturas en la cara espiral curvas y deprimidas; en la cara umbilical deprimidas y radiales. Abertura, un arco bajo en posición extraumbilical, generalmente con un labio muy fino o sin él. Superficie de la testa, espinosa. Diámetro de 0.35 a 0.50 mm.

Alcance stratigráfico: Eoceno Inferior.

Globorotalia lehneri Cushman y Jarvis, 1929

(Ver Lam. III, 15a-b-c)

Globorotalia lehneri CUSHMAN Y JARVIS, 1929, p. 17, pl. 3, fig. 16. - BOLLI, 1957c,

p. 169, pl. 38, fig. 9-13. - BLOW, 1969, 363, pl. 50, fig. 1. - POSTUMA, 1971, p. 198-199.

Concha trocoide, muy comprimida, la última vuelta formada por seis o siete cámaras; cara ventral ligeramente convexa y umbilicada, con cámaras bien definidas, infladas; periferia provista de una quilla muy fina, festoneada y espinosa; suturas bien marcadas, hundidas; pared lisa, con excepción de la quilla y en la proximidad del ombligo, donde se observan espinas; abertura interomarginal, umbilical - extraumbilical. Diámetro 0.4 a 0.6 mm.

Alcance estratigráfico: Eoceno Medio.

Globorotalia opima opima Bolli, 1957

(Ver Lam. III, 16a-b-c)

Globorotalia opima opima BOLLI, 1957b, p. 117, pl. 28, fig. 1-2. - BLOW, 1959, p. 92-95. - PESSAGNO, 1963, p. 53, pl. 1, fig. 4-6.

Globorotalia (Turborotalia) opima opima BOLLI. BLOW Y BANNER, 1962, p. 119. - BLOW, 1969, p. 215-219, 352-353, pl. 39, fig. 2-3.

Turborotalia increbescens (BANDY). BERMUDEZ, 1960, p. 1322, pl. 18, fig. 3-74. - LIPPS, 1967, p. 996.

Globorotalia increbescens opima BOLLI. BANDY, 1964b, p. 7-8, 13, fig. 5

Globorotalia (Turborotalia) opima BOLLI. JENKINS, 1971, p. 128, pl. 13, fig. 354 - 357.

Globorotalia opima BOLLI. JENKINS Y ORR, 1972, p. 1101-1102, pl. 18, fig. 10-12.

Concha de forma trocospiral muy baja; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial redondeada; hay aumento rápido en el tamaño de las cámaras de la última vuelta; cara espiral con frecuencia ligeramente cóncava; pared calcárea, perforada, superficie finamente punteada; cámaras esféricas, de diez a doce dispuestas aproximadamente en dos y media vueltas; las cuatro o cinco cámaras de la última vuelta aumentan rápidamente de tamaño; suturas en la cara espiral radiales, hundidas, en la cara umbilical radiales y deprimidas; ombligo estrecho y profundo; abertura en arco bajo, definido, con un ligero borde o labio, el cual se observa ocasionalmente siendo su posición interomarginal, umbilical - extraumbilical; el enrollamiento sin mostrar preferencia. Diámetro de 0.6 mm.

Alcance estratigráfico: Oligoceno

Globorotalia palmerae Cushman y Bermúdez, 1937

(Ver Lam. III, 17a-b-c)

Globorotalia palmerae CUSHMAN Y BERMUDEZ, 1937, p.26, pl.2, fig.51-53.-BOLLI, 1957c, p.166, p.38, fig.2.

Concha casi plano-convexa, comprimida; periferia con espinas prominentes un poco aplanadas; cámaras infladas, de seis a siete en la última vuelta, aumentando gradualmente de tamaño en el adulto; la periferia tiene una quilla fina no porosa y termina con una espina ligeramente inclinada; suturas de la cara espiral bien definidas, poco curvas; en la cara ventral son radiales, rectas y muy hundidas; pared lisa, en la cara ventral, toscamente perforada; abertura interomarginal, umbilical-extraumbilical con un labio bien definido. Diámetro de 0.4 mm.

Alcance estratigráfico: Eoceno Inferior.

Globorotalia pseudobulloides (Plummer, 1926)

(Ver Lam. III, 18a-b-c)

Globigerina pseudobulloides PLUMMER, 1926, p.33, pl.8, fig.9.

Globigerina compressa var. pseudobulloides PLUMMER. SUBBOTINA, 1953, p.55-57, pl.2, fig.7, 11-14.-SUBBOTINA, 1971, p.63-66, pl.2, fig.7, 11-14.

Globorotalia pseudobulloides (PLUMMER).BOLLI, 1957a, p.73, pl.17, fig.19-21.

Concha trocospiral muy baja, biconvexa, moderadamente comprimida; periferia ecuatorial lobulada; periferia axial redondeada; pared calcárea, perforada; superficie lisa o finamente punteada; doce a quince cámaras algo comprimidas, dispuestas en dos a dos y media vueltas, las cinco cámaras de la última vuelta aumentan rápidamente de tamaño; suturas en la cara espiral hundidas y curvas, un poco menos en las últimas cámaras; las de la cara umbilical radiales y deprimidas; ombligo angosto, abierto; abertura en arco con labio en posición interomarginal, extraumbilical-umbilical. Diámetro 0.4 mm.

Alcance estratigráfico: Paleoceno Inferior a Paleoceno Medio.

Globorotalia pseudomenardii Bolli, 1957

(Ver Lam. IV, 19a-b-c)

Globorotalia pseudomenardii BOLLI, 1957a, p.77, pl.20, fig.14-17.-LOEBLICH Y TAPPAN, 1957a, p.193, pl.47, fig.4; pl.63, fig.1.

Concha trocospiral, de espira muy baja, biconvexa; periferia -- ecuatorial alargada y lobulada, especialmente en ejemplares grandes; periferia axial angulosa, con una quilla definida; pared calcárea, perforada; superficie lisa; cerca de quince cámaras muy comprimidas dispuestas en -- tres vueltas, las cinco cámaras de la última vuelta aumentan rápidamente -- de tamaño; suturas de la cara espiral muy curvas, hundidas, especialmente entre las últimas cámaras de los ejemplares grandes, las suturas en la cara umbilical, radiales y hundidas; ombligo poco profundo y abierto; abertura en arco bajo con un labio, interomarginal, umbilical-extraumbilical. -- Diámetro típicamente de 0.35 mm; en especímenes grandes hasta de 0.7 mm. Alcance stratigráfico: Paleoceno Superior.

Globorotalia siakensis LeRoy, 1939

(Ver Lam. IV, 20a-b-c)

Globorotalia siakensis LEROY, 1939, p. 39-40, pl. 3, fig. 30-31. - POSTUMA, 1971, p. 359-360.

Globorotalia mayeri CUSHMAN Y ELLISOR, 1939, p. 11, pl. 2, fig. 4. - BERMUDEZ, 1949, p. 286, pl. 22, fig. 24-26. - BOLLI, 1957b, p. 118, pl. 28, fig. 4. - BLOW, 1959, p. 214, pl. 18, fig. 116. - POSTUMA, 1971, p. 332-333.

Globorotalia (Turborotalia) mayeri CUSHMAN Y ELLISOR. CUSHMAN Y BERMUDEZ, - 1949, p. 44, pl. 8, fig. 16-18. - CUSHMAN Y STAINFORTH, 1951, p. 162. - BLOW Y BANNER, 1962, p. 131, 133. - BLOW, 1969, pl. 3, fig. 7-9.

Globigerina mayeri (CUSHMAN Y ELLISOR). DROOGER, 1956, p. 183-192. - HOFKER, 1968 p. 50, pl. 25, fig. 1.

Turborotalia mayeri (CUSHMAN Y ELLISOR). BERMUDEZ, 1960, p. 1325, pl. 18, fig. 7. - LIPPS, 1964, p. 124-125, pl. 3, fig. 4-5.

Globorotalia (Turborotalia) siakensis LEROY. BERGGREN, 1963, p. 471. - BLOW, 1969 p. 351, 356, pl. 10 fig. 7-9; pl. 34, fig. 4-5. - BRONNIMANN Y RESIG, 1971, p. 1315-1317, pl. 34, fig. 1-2, 4; pl. 35, fig. 1-8.

Globorotalia (Turborotalia) mayeri mayeri CUSHMAN Y ELLISOR. JENKINS, 1971, p. 119-126, pl. 11, fig. 197-302.

Turborotalia (Turborotalia) mayeri (CUSHMAN Y ELLISOR). BIELY Y SALAJ, 1971, p. 76, 83, 88.

Concha desigualmente biconvexa, cara dorsal ligeramente convexa casi plana; cara ventral muy convexa y umbilicada; periferia ampliamente -

redondeada; cámaras de forma igual, bien definidas, muy infladas, que aumentan rápidamente en tamaño, cerca de seis en la última vuelta; suturas definidas, un poco hundidas, algo limbadas en la cara dorsal, en la ventral mucho más deprimidas; pared lisa, tosca y claramente perforada; abertura grande, que se extiende sobre la cara ventral, desde el ombligo hasta casi la mitad del margen periférico, con un labio angosto. Diámetro de 0.6 mm.

Alcance stratigráfico: Oligoceno Superior a Mioceno Medio.

Globorotalia trinidadensis Bolli, 1957

(Ver Lam. IV, 21a-b-c)

Globorotalia trinidadensis BOLLI, 1957a, p.73, pl.16, fig.19-23.-LUTERBACHER, 1964, p.651-652, fig.26-29.

Concha trocospiral muy baja, inflada; periferia ecuatorial lobulada, periferia axial redondeada; pared calcárea, perforada; superficie de las primeras cámaras rugosa, en las restantes lisa; de 14 a 18 cámaras de forma globular, dispuestas en dos a dos y media vueltas; las cinco a siete cámaras de la última vuelta aumentan gradualmente en tamaño; suturas en las caras espiral y umbilical radiales, deprimidas; ombligo generalmente ancho y abierto; abertura en arco bajo, interomarginal, umbilical-extraumbilical, con una aleta delgada en forma de labio. Diámetro de 0.4 mm.

Alcance stratigráfico: Paleoceno

Globorotalia velascoensis (Cushman, 1925)

(Ver Lam. IV, 22a-b-c)

Pulvinulina velascoensis CUSHMAN, 1925c, p.19, pl.3, fig.5.

Globorotalia velascoensis (CUSHMAN). BOLLI, 1957a, p.76, pl.20, fig.1-3.-LOEBLICH Y TAPPAN, 1957a, p.196, pl.64, fig.1-2.-LUTERBACHER, 1964, p.681-686, fig.92-94, 98-99.-POSTUMA, 1971, p.218-219.

Concha trocoide, umbilico-convexa; cara espiral plana o poco convexa, en ejemplares anormales es ligeramente cóncava; cara umbilical muy convexa, con ápices umbilicales muy prominentes; concha formada por 12 a 17 cámaras, la última vuelta de cinco a ocho, las cuales aumentan en tamaño a medida que se añaden; la última cámara es con frecuencia, más pe



queña que la anterior, especialmente en ejemplares que poseen más de seis cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial redondeada, periferia -- axial angulosa, con una quilla bien desarrollada, formada por dos o tres -- hileras de espinas romas fusionadas; sutura espiral bien desarrollada, levantada y con granulaciones, suturas septales curvas, levantadas y con granulaciones, en la cara umbilical las suturas septales son radiales y deprimidas.

En ejemplares muy ornamentados, las suturas de las primeras vueltas no se pueden observar; abertura en arco bajo umbilical-extraumbilical, provista de un labio bien desarrollado, el que permanece también en las -- cámaras anteriores, rodeando al ombligo, que es grande y bien desarrolla-- do, con un reborde muy definido; ápices umbilicales agudos, con haces de -- espinas gruesas que pueden fusionarse formando cojinetes en las primeras -- cámaras. Diámetro de 0.5 mm.

Alcance estratigráfico: Paleoceno Inferior.

Subfamilia Truncorotalidinae Loeblich y Tappan, 1961

Género Truncorotaloides Bronnimann y Bermúdez, 1953

Truncorotaloides topilensis (Cushman, 1925)

(Ver Lam. IV, 23a-b-c)

Globigerina topilensis CUSHMAN, 1925b, p.7, pl.1, fig.9.

Truncorotaloides topilensis (CUSHMAN). BOLLI, 1957c, p.170, pl.39, fig.13-16.- BLOW, 1969, p.373, pl.51, fig.1-3.

Testa trocospiral con enrollamiento inicial muy compacto. La última vuelta la componen cuatro cámaras que se incrementan rápidamente de tamaño y que forman ángulos rectos, una con otra, a medida que se añaden. Forma de las cámaras jóvenes sumamente distintiva, como si se aplanaran -- radialmente contra la testa, proyectándose en todas direcciones para formar un borde subcircular quetiende a acentuarse más por la presencia de -- espinas y fústulas. El perfil presenta varios ángulos y tiene forma irregular. Suturas de la última vuelta deprimidas, oblicuas en el lado espi--ral, radiales en el lado umbilical. Ombligo profundo y estrecho. Abertu--ra, un arco bien formado, umbilical-extraumbilical. Las aberturas secundarias que se presentan, se encuentran entre las cámaras más jóvenes (aun-- que generalmente sólo son visibles en ejemplares bien preservados). Pared

finamente perforada, espinosa, especialmente en la periferia de cada cáma  
ra.

Alcance estratigráfico: Eoceno Medio.

a.- Vista mbilical

b.- Vista lateral

c.- Vista espiral

# LAMINA I



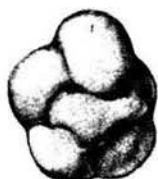
1a



1b



1c



2a



2b



2c



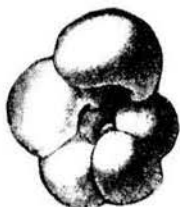
3a



3b



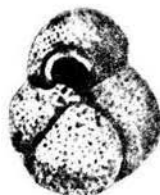
3c



4a



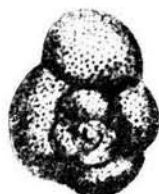
4c



5a



5b



5c



6a

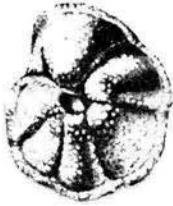


6b



6c

LAMINA II



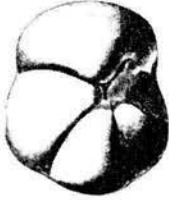
7a



7b



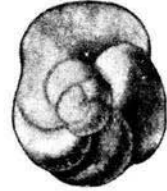
7c



8a



8b



8c



9a



9b



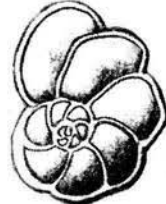
9c



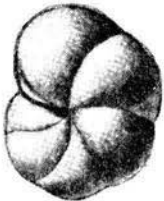
10a



10b



10c



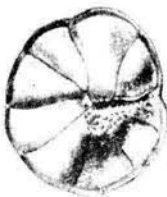
11a



11b



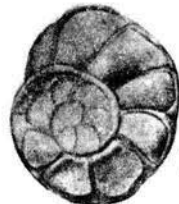
11c



12a



12b



12c

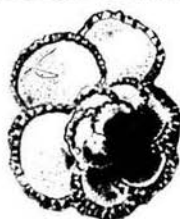
LAMINA III



13a



13b



13c



14a



14b



14c



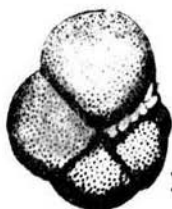
15a



15b



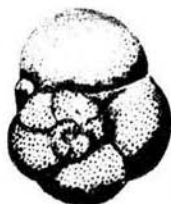
15c



16a



16b



16c



17a



17b



17c



18a

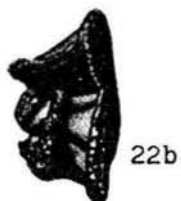
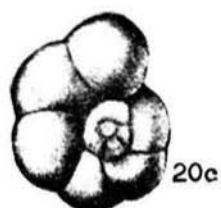
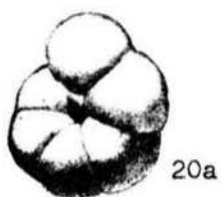
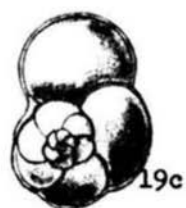
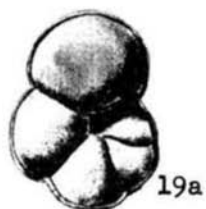


18b



18c

## LAMINA IV



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

- Applin, E.R., Ellisor, A.E. y Kniker, H.T., 1925, Subsurface Stratigraphy of the coastal plain of Texas and Louisiana. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 9.
- Bolli, H.M., 1959. Planktonic foraminifera as index fossils in Trinidad, West Indies and their value for worldwide stratigraphic correlation. Eclogae Geol. Helv., vol. 52 no. 2 p. 627-637.
- Bolli, H.M., 1957. Planktonic foraminifera from the Oligocene - Miocene - Cipero and Lengua formations of Trinidad. B.W.I. V.S. Nat. Mus. Bull., no. 215, pp.97-123.
- Bolli, H.M., 1966. Zonación de Sedimentos marinos del Cretácico hasta el Plioceno basada en Foraminíferos Planctónicos (Traducción de C. Flores Covarrubias y M. L. Robles Ramos). Publicación No. 69 AE/047, Subdirección de Tecnología de Exploración. Inst. Mex. Petrol., 1969, 169 pp.
- Bolli, H.M. y Bermúdez, P.J., 1965. Zonation based of Planktonic Foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm - water sediments. Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. y Petrol., vol 8, no. 5 p. 121-151.
- Bolli, H.M. y Krasheninnikov, V.A., 1977. Problems in Paleogene and Neogene correlations based on planktonic foraminifera. Rev. Micropaleontology, vol. 23, no. 4, p. 436-452.
- Bolli, H.M., y Premoli Silva, Isabella, 1973. Oligocene to Recent planktonic foraminifera and stratigraphy of de Leg 15 Sites in the Caribbean Sea. In: Edgar, N. T., Saunders, J. B. et. al. Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. XV. Washington D. C: U.S.G. Printing Office, p. 475-498.
- Boltovskoy, E., 1963. Los Foraminíferos Recientes, EUDEBA. Argentina, p.p. 176, 510.
- Brotzen, F., 1936. Foraminiferen aus dem schukdischen untersten Senon von Eriksdal in Schonen. Sver. Geol. Unders., (c) no. 196,30.

- Castillo Casanova, V.H., 1978, "Estudio Estratigráfico-Micropaleontológico del Cenozoico del Subsuelo en el Area Bejuco - La Laja, -- porción Norte del Estado de Veracruz". Tesis Profesional, Esc. de Ing. UASLP, p. 30-58.
- Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica, 1970, Código de Nomenclatura Estratigráfica. 2a. Ed. actualizada en Castellano por Diego A. Córdova y Zoltan de Cserna. México, pp. 11, 14-16, - 18.
- Cushman, J.A., 1935. New species of foraminifera from the Lower Oligocene of Mississippi. Contr. Cushman Lab. Forami, Res. 11.
- Cushman, J.A., 1948. Foraminifera, their classification and economic use: Cambridge, Neass, Harvard Univ. Press.
- Cushman, J.A., y Renz, H.H., 1947. The foraminiferal fauna of the Oligocene, Ste. Croix formation of Trinidad, B,W.I. Cushman Lab. Foram. Res. Spec. Publ., no. 22, p. 1-46.
- Cushman, J.A., y Stainforth, R.M., 1945. The foraminifera of the Cipero - Marl Formation of Trinidad, British West Indies; Cushman Lab. Foram. Research Spec. Pub. 14, p.p. 1-74.
- De Sansores, J.C. y Gómex P.M., 1978, Bioestratigrafía del Grupo Chicontepec en el área Soledad-Cuatro Sitios. Proyecto C-1046 Inst. - Mex. Petrol. Subdirección de Tecnología de Exploración (Informe Técnico), pp. 1-58.
- Glaessner, M.F., 1937. Studien über foraminiferen aus der Kreide und dem Tertiär von Kasasus, Moscow Univ. Publ. Lab. of Paleont., -- vols. 2-3, pp.349-350.
- Gravell, D. W., y Hanna, M.A., 1937. The Lepidocyclina texana horizon in the Heterostegina Zone, Upper Oligocene, of Texas and Louisiana' J. Paleont. 11.
- Krumbein, W.C. y Sloss, L., 1963. Estratigrafía y Sedimentación, Ed. -- UTEHA, San Francisco, E.E.U.U., pp. 1-4, 412-420.
- Mata Jurado, M.E., 1980. Sedimentología de las Rocas Carbonatadas del Campo Akal en el Area Marina de Campeche. Trabajo Recepcional, - Esc. de Ing. UASLP, p. 47.



- Meléndez, B., 1977. Paleontología, Tomo I; Parte General e Invertebrados. Ed. Paraninfo, Madrid, Esp. p.715.
- Postuma, J.A., 197a. Manual of Planktonic Foraminifera. Ed. Elsevier Publishing Company, Amsterdam. p.p, 113-420.
- Rainwater, E.H., 1971. La Estratigrafía y su papel en la Exploración futura de Petróleo y Gas en la Costa del Golfo, Traducción de Menesses de Gyves, J.
- Sánchez, M. de Oca, R., 1979. Geología del Area Marina de Campeche. XVII Congreso Nal. A.I.P.M, pp. 9-13.
- Shepard, F.P., 1967, La Tierra Bajo el Mar, Ed. Omega. Barcelona, pp. 81-124.
- Stainforth, R.M., et. al. 1975. Cenozoic Planktonic Foraminiferal. Zonation and Characteristics of Index forms. The University of -- Kansas Paleontological Institute. Article 62, pp. 425, Appendix pp. 118.
- Tamayo, J., 1949. Geografía General de México. México, vol. 1, 628 p., -- vol. 2, p. 583.