



00361 27
21-

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**ANALISIS BIOESTRATIGRAFICO DE LOS FORAMINIFEROS
PLANCTONICOS A TRAVES DEL LIMITE CRETACICO-
TERCIARIO EN LAS SECCIONES "COXQUIHUI" Y "LA
LAJILLA" DEL NORESTE DE MEXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

**MAESTRIA EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)**

P R E S E N T A

PATRICIA EUGENIA PADILLA AVILA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MA. ANTONIETA SANCHEZ RIOS

MEXICO, D.F.

ABRIL, 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

AGRADECIMIENTOS

En las siguientes líneas quiero manifestar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido a la realización de este estudio, en especial:

A las autoridades del **Instituto Mexicano del Petróleo**, por todas las facilidades que me otorgaron para la elaboración del presente trabajo, principalmente: M. en C. **Baldomero Carrasco V.** Gerente de la Línea de Investigación Aplicada en Geociencias y al Dr. **Pedro Salmerón Ureña**, Jefe del área de Paleontología

A la Dra. **Ma. Antonieta Sánchez Ríos**, directora, asesora y amiga que tan gentilmente aceptó la dirección de esta tesis, por sus consejos y su continua disposición, brindándome todo el apoyo necesario a lo largo de este trabajo.

A mis sinodales por sus acertados comentarios y sugerencias ofrecidas para mejorar el manuscrito de esta tesis y que pudiera llegar a realizarse; Dra. **Gloria Alencáster de I.**, Dra. **Blanca Estela Buitrón**, Dra. **Ma. Antonieta Sánchez R.**, Dra. **Ma. Luisa Machain C.**, Dr. **Eduardo Aguayo**, Dr. **Pedro Salmerón U.** y M. en C. **Manuel Grajales N.**

Mi más sincera gratitud al M. en C. **José Manuel Grajales Nishimura**, por sus valiosos consejos y observaciones, así como por haberme facilitado el material estudiado y asesorarme en los afloramientos del límite K/T existentes.

Por el apoyo económico del IMP a través del proyecto FIES-95-75-1 (1996-1998) del Dr. **J. Morán Z.** y M. en C. **J. M. Grajales N.**

M. en C. **Ma. del Carmen Rosales Domínguez** por sus apreciados comentarios, críticas y atinada revisión

Al personal de la División de Informática de Exploración en especial al M. en C. **Aurelio Velázquez**; Ing. **Gerardo Amaya**; Geól. **Aarón del Valle R.** y Lic. **Janet Sánchez D.**, por la ayuda que me ofrecieron durante el desarrollo de este trabajo.

M. en C. **Ligia Pérez Cruz** por la toma de fotografías en el microscopio electrónico. El Sr. **Héctor Amezcua** por el revelado de éstas y de lámina delgada y la Sra. **Yolanda C** por la elaboración de las láminas delgadas.

M. en C. **Julio César González L.** por el apoyo que me brindó para la determinación de los foraminíferos bentónicos; M.en C. **Juan Bermúdez** y Geól. **Luis López L.** por el levantamiento de las secciones.

A mis amigos y compañeros les expreso mi reconocimiento, por el apoyo profesional y moral que me brindaron para continuar con el desarrollo de este trabajo **Mónica Ayala N., Victoria González C., Mónica Granados, Beatriz Contreras y M., Ma. Eugenia Gómez L., Angel Martínez, Marcela Ugarte, Héctor Ruiz Ruiz, Luis López López, M. en C. Arturo Ortiz U., Hugo Ramírez, Guadalupe Jaider, y Geol. Alicia Torres.**

Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para el desarrollo de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

A la memoria de mi padre:
Francisco Javier

A mi madre:
Ma. Guadalupe
Mi mejor amiga, con infinito amor, gracias
por saber transmitirme la importancia
de la constante superación personal,
pude hacer realidad este trabajo.

A mis hermanos:
Ma. de los Angeles
Francisco Javier
Blanca Estela

A mis sobrinos:
Miguel Angel
Francie Alexandre
Paquito
Pamela Dennisse
F. Javier.

**A todos ellos, a quiénes les toco la peor parte y siempre
me dieron ánimos para continuar mi trabajo.**

CONTENIDO

RESUMEN

I. INTRODUCCION	1
1. Objetivos	2
2. Antecedentes	2
II. GEOLOGIA GENERAL	5
1. Area de Estudio	5
A.- Cuenca de Burgos	5
Sección "La Lajilla"	
a.- Localización	7
b.- Litología	7
B.- Cuenca de Tampico-Misantla	8
Sección "Coxquihui"	
a.- Localización	8
b.- Litología	8
2. Estratigrafía	9
A.- Formación Méndez	9
B.- Formación Velasco	10
III. METODOLOGIA	11
1. Método de campo	11
2. Método de laboratorio	11
A.- Procesamiento de las muestras deleznales	11
B.- Procesamiento de las muestras compactas	12
3. Clasificación utilizada para la determinación de los datos obtenidos	12
IV. BIOESTRATIGRAFIA	14
1. Principales estudios bioestratigráficos realizados a nivel mundial	14
2. Principales estudios bioestratigráficos realizados en México	16
3. Biozonificación propuesta en este trabajo	19
4. Correlación Bioestratigráfica	27
5. Criterios para establecer el límite Cretácico-Terciario	28

V. LA ABUNDANCIA Y LA DIVERSIDAD ESPECIFICA DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS EN EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO	30
1- Abundancia	30
A.- Sección La Lajilla	31
B.- Sección Coxquihui	31
2.-Diversidad Específica	33
A.- Sección La Lajilla	33
B.- Sección Coxquihui	34
VI. CONSERVACION, RECRISTALIZACION, ESPECIES RETRAJADAS Y SOBREVIVIENTES DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS EN EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO	36
1. Conservación	36
2. Recristalización	38
3. Especies retrabajadas	38
4. Especies sobrevivientes	39
VII. EXTINCIONES	43
1. Antecedentes	43
2. Patrones, mecanismos y consecuencias que afectaron a las extinciones.	46
A.- Teorías y causas que produjeron las extinciones masivas en el límite Cretácico-Terciario	46
a. Cambios climáticos	46
b. Nivel del mar	47
c. Vulcanismo	47
3. Modelos de extinción	49
A.- Extinción masiva gradual	49
B.- Extinción masiva por etapas o escalonada	50
C.- Extinción masiva catastrófica	51
4. Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario	51
VIII. CONCLUSIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
LAMINAS	

RELACION DE ILUSTRACIONES

	Págs.
Fig. 1.- Plano de localización de las secciones La Lajilla y Coxquihui, del Noroeste de México.	5
Fig. 2.- Columna litológica de la Sección La Lajilla, Tamaulipas.	7 y 8
Fig. 3.- Columna litológica de la Sección Coxquihui, Veracruz.	9
Fig. 4.- Comparación de las diferentes biozonificaciones de los foraminíferos planctónicos a través del límite K/T.	14 y 15
Fig. 5.- Distribución bioestratigráfica de las principales especies de foraminíferos planctónicos de la Sección La Lajilla.	20
Fig. 6.- Distribución bioestratigráfica de las principales especies de foraminíferos planctónicos de la Sección Coxquihui.	21
Fig. 7.- Correlación bioestratigráfica de las secciones estudiadas.	27 y 28
Fig. 8.- Abundancia de algunas especies de foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección La Lajilla.	31 y 32
Fig. 9.- Abundancia de algunas especies de foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección La Lajilla.	32 y 33
Fig. 10.- Abundancia relativa de los foraminíferos planctónicos en el límite K/T.	33 y 34
Fig. 11.- Diversidad específica de los foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección La Lajilla, Tamps.	34 y 35
Fig. 12.- Diversidad específica de los foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección Coxquihui, Veracruz.	35 y 36
Fig. 13.- Distribución bioestratigráfica de los foraminíferos planctónicos considerados como sobrevivientes y comparados con otras secciones del mundo.	41 y 42
Fig. 14.- Principales modelos de extinción que aparecen en el registro fósil.	50
Cuadro 1.- Abundancia de los foraminíferos planctónicos de la Sección La Lajilla.	30 y 32
Cuadro 2.- Abundancia de los foraminíferos planctónicos de la Sección Coxquihui.	31 y 32

RESUMEN

El análisis bioestratigráfico de las secciones La Lajilla y Coxquihui, localizadas en Tamaulipas y Veracruz, respectivamente indican la presencia del Maastrichtiano Superior y del Paleoceno Inferior.

La columna analizada en ambas secciones está compuesta por tres unidades litológicas; la Unidad I formada por margas de la Formación Méndez, conteniendo una asociación típica de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* de la cima del Maastrichtiano. La Unidad II o Unidad Clástica constituida por esferulitas y areniscas con estratificación cruzada y paralela, presenta foraminíferos planctónicos de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* y las lutitas de la Unidad III correspondientes a la Formación Velasco, las cuales contienen un conjunto microfaunístico de la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* del Daniano. En esta última unidad también se determinó la Biozona de *Subbotina pseudobulloides* del Paleoceno Inferior. Prácticamente se observa una correlación bioestratigráfica bien representada en las secciones La Lajilla y Coxquihui. El límite Cretácico-Terciario se estableció entre la Unidad II y la Unidad III, asignado principalmente por la aparición de *Parvularugoglobigerina*

eugubina y las "pequeñas globigerinas" y la extinción de las principales formas cretácicas. Los análisis cualitativos y cuantitativos de la abundancia y diversidad específica de los foraminíferos planctónicos permiten inferir una extinción masiva, posiblemente catastrófica, pérdida entre el 50% y 90% de las formas cretácicas entre la Unidad I y la Unidad II de la cima del Maastrichtiano. Asimismo, en la Unidad Clástica se registra una reducción notoria de la microfauna en las dos secciones, particularmente en la Sección La Lajilla, entre la Unidad II y la Unidad III, desapareciendo las principales formas del Cretácico en esta última unidad. Dentro de la Unidad III de edad Paleoceno Inferior se encuentran escasas y mal conservadas especies del Cretácico Superior, consideradas como retrabajadas así como algunas sobrevivientes.

I. INTRODUCCION

La bioestratigrafía del límite Cretácico-Terciario a nivel mundial está basada fundamentalmente en los alcances estratigráficos de los foraminíferos planctónicos debido a su distribución estratigráfica corta y a su gran abundancia en los sedimentos, permitiendo realizar interpretaciones precisas y confiables. Las asociaciones microfaunísticas de la cima del Maastrichtiano y de la base del Paleoceno muestran una diferencia muy notable, que refleja, por un lado, la extinción de diversas formas cretácicas y, por otro, la aparición de las pequeñas formas terciarias.

A nivel mundial los cambios faunísticos y florísticos notables en la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno, permiten inferir que durante este período de tiempo, ocurrieron acontecimientos importantes, produciendo la extinción simultánea de muchas especies cretácicas, otros sufrieron una drástica reducción en su número. La destrucción de los foraminíferos planctónicos, nanoplacton calcáreo, amonitas y muchos otros invertebrados en los océanos, así como de los reptiles, y en particular de los dinosaurios y las plantas en la Tierra, pareció producirse en un espacio de tiempo geológicamente

corto. En casi todos los casos, su desaparición en las rocas es tan repentina que muchos investigadores hablan de un sincronismo en la extinción de los grupos.

La causa de esta destrucción ha sido en cierto modo un enigma. Esta destrucción resulta aún más sorprendente por el hecho que los sobrevivientes fueron las formas más sencillas o menos complejas del Cretácico, y entonces surgen las preguntas: ¿Porqué se produjo este repentino cambio? ¿Qué es lo que pudo causar estas extinciones? En realidad las pruebas generan grandes controversias entre los investigadores y esto ha traído como consecuencia el deseo de realizar estudios más detallados, que han planeado teorías diversas. Estas teorías tratan de dar una explicación lógica a las causas catastróficas de extinción en el límite Cretácico-Terciario en todo el mundo, lo cual pone de manifiesto la necesidad de detallar la bioestratigrafía en las diferentes secciones del límite K-T con la finalidad de evaluar la magnitud de las extinciones de los diferentes grupos de fósiles.

Dentro de estos grupos de fósiles, los foraminíferos planctónicos son considerados como unos de los grupos útiles de estas investigaciones (Brassier, 1980), debido a su evolución rápida, distribución amplia,

a su diversidad y abundancia en el registro fósil, por lo que muchos métodos de análisis estratigráficos, paleogeográficos y de correlación se han basado en el estudio de estos microfósiles. Además, estos fósiles han permitido efectuar correlaciones bioestratigráficas a nivel regional e intercontinental.

En este trabajo se realizó el estudio taxonómico y bioestratigráfico de los foraminíferos planctónicos en el límite K-T basado en análisis cualitativos y cuantitativos sobre su abundancia y la diversidad específica para evaluar la magnitud de las extinciones en los sedimentos de las secciones La Lajilla y Coxquihui en el noreste de Tamaulipas y de Veracruz respectivamente, y así, conocer con mayor precisión la bioestratigrafía del límite K/T y los patrones de extinción.

1. Objetivos

◆ Estudiar los foraminíferos planctónicos con base a sus características morfológicas, en rocas del límite Cretácico-Terciario en las secciones La Lajilla y Coxquihui del noreste de México.

◆ Establecer la distribución bioestratigráfica de los microfósiles en las secciones estudiadas.

◆ Realizar estudios cuantitativos y cualitativos sobre la abundancia y diversidad específica de los microfósiles.

◆ Con base al análisis de los foraminíferos planctónicos, situar las biozonas de la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno, y compararlas con aquéllas propuestas en otras partes del mundo.

◆ Efectuar una correlación bioestratigráfica entre las secciones La Lajilla y Coxquihui.

◆ Observar qué tipo de extinción prevalece en el límite Cretácico-Terciario.

2. Antecedentes

En los últimos treinta años, los estudios sobre el límite Cretácico-Terciario se han intensificado debido al gran impacto generado por la teoría del meteorito del Chicxulub. Diversas hipótesis han surgido para tratar de explicar las extinciones en masa de los diferentes grupos de organismos: "enfriamiento del Globo" (Hay, 1960); "incremento rápido en las temperaturas provocando un clima caliente" (Emiliani *et al.* 1981 *in* Smit y Romein, 1985; y Smit, 1982); "intensa actividad volcánica" (Officer

INTRODUCCION

et al. 1987; Keller y Lindinger, 1989, Keller *et al.* 1993 y D'Hondt y Keller, 1991); "extensión del fuego en los bosques" (Wolbach *et al.* 1986); "la entrada de agua dulce hacia el océano" (Gartner y Keany, 1978); "regresión en el Maastrichtiano Superior" (Brinkhius y Zachariasse, 1988; Keller, 1988a; Keller y Lindinger, 1989; Keller y Barrera, 1990); "el impacto de un gran meteorito" (Alvarez *et al.* 1980, 1992; Alvarez, 1994; Smit, 1982; Smit *et al.* 1992, 1994a y b; Hildebrand *et al.* 1991 y Cedillo *et al.* 1994). Esta última teoría ha sido relativamente la más aceptada debido a que proporciona una explicación sobre los cambios observados con los diferentes grupos de fósiles encontrados al final del Cretácico. No obstante, la hipótesis continúa provocando grandes polémicas entre los investigadores.

En general, los sedimentos del límite Cretácico-Terciario han sido objeto de un gran número de investigaciones científicas; dentro de las más sobresalientes a nivel mundial se tienen los estudios bioestratigráficos realizados en el Gubbio (Luterbacher y Premoli-Silva, 1962 y 1964); en Gredero y el Kef, (Smit, 1982) en el Kef, (Smit y Romein, 1985, Keller *et al.* 1988), Brazos River, (Burgeois *et al.* 1988 y Keller *et al.* 1989 y

1993); y en Rosaritos, (Fernández *et al.* 1991).

Dentro de las principales secciones del límite K/T a nivel mundial, las secuencias son frecuentes intercalaciones de sedimentos turbidíticos las cuales están justamente abajo o por encima del límite pero nunca exactamente en el nivel de extinción (Smit, 1982 y Olsson y Liu, 1994). Para explicar el origen de este tipo de secuencias, se propuso la teoría del impacto de un meteorito, que originó terremotos y tsunamis provocando corrientes de turbidez en las cuencas oceánicas (Alvarez *et al.* 1980 y 1982; Smit, 1982; Smit *et al.* 1994a y Kauffman, 1984).

En México, el límite Cretácico-Terciario ha sido objeto de diferentes estudios; los trabajos geológicos que se han efectuado sobre este tema son los de Obregón de la Parra (1959) en el noreste de México y Quezada-Muñetón (1990) en la Sierra de Chiapas. Las investigaciones geofísicas, geoquímicas han sido realizados por Hildebrand *et al.* (1991); Bourgeois, (1993) y Alvarez (1994) que comprenden el noreste de México, las costas de Yucatán y escasamente la parte sur de Chiapas. Los análisis litoestratigráficos han sido efectuados por Longoria *et al.* (1993), en el noreste de México. Finalmente, los sedimentológicos por Alvarez *et*

al. (1992); y Smit *et al.* (1992 y 1994c) Stinnesbeck (1994) y Stinnesbeck *et al.* (1994) y petrográficos efectuados por Cedillo *et al.* (1992, 1993 y 1994); y Stinnesbeck *et al.* (1994a) y Adatte *et al.* (1994), en el noreste de México. Los estudios bioestratigráficos con nanoplancton calcáreo se encuentran los de Macías (1988); Sánchez (1989); Pospichal (1993 y 1996) y Ruiz (1996); por lo que respecta a los estudios bioestratigráficos con foraminíferos planctónicos se mencionarán en el capítulo de Bioestratigrafía.

Es conveniente mencionar que los sedimentos de estas mismas secciones fueron analizados con base al nanoplancton calcáreo, nanofósiles pertenecientes a las algas calcáreas del grupo de Chrysophyta por Ruiz (1996).

II. GEOLOGIA GENERAL

1. Area de Estudio

Fisiográficamente, las secciones estudiadas se sitúan en la Planicie Costera del Golfo de México; la Sección La Lajilla se encuentra en la Cuenca de Burgos, mientras que la Sección Coxquihui se localiza en la Cuenca Tampico-Misantla (Fig.1).

A. Cuenca de Burgos

La Cuenca de Burgos se localiza en la parte noreste de la República Mexicana; abarca el estado de Tamaulipas y parte de Nuevo León y noroeste de Coahuila. Geográficamente, está limitada al norte por el Río Bravo, al oriente por el Golfo de México, al sur y suroeste por el Río Soto la Marina y el flanco oriental de

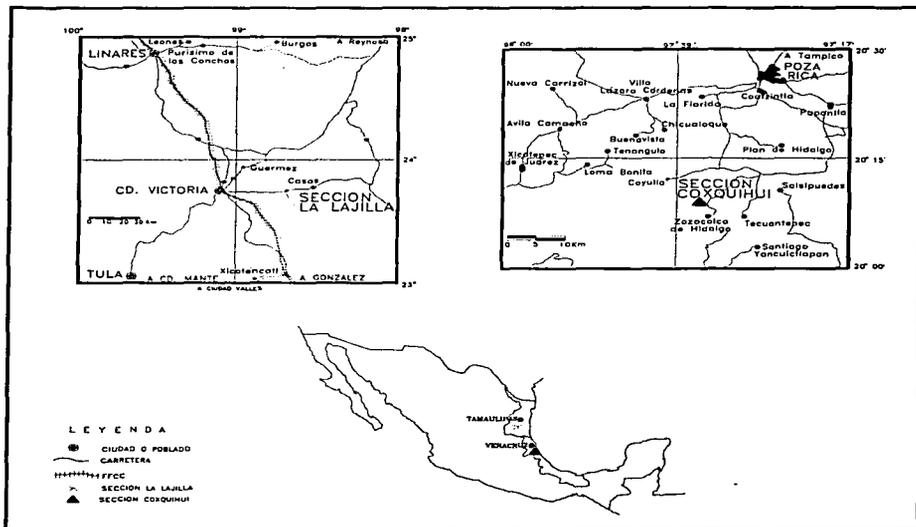


Fig. 1 PLANO DE LOCALIZACION DE LAS SECCIONES LA LAJILLA Y COXQUIHUI, DEL NORESTE DE MEXICO.

la Sierra de Cruillas. El límite Cretácico-Terciario está representado en esta cuenca por una línea imaginaria que inicia por el flanco oriental de la Sierra de Cruillas, pasa al oriente de Montemorelos continuando hacia el norte, y por el poniente de la Ciudad de Laredo, Tamaulipas. Geológicamente la Cuenca de Burgos forma parte del Geosinclinal del Golfo de México. Esta cuenca tiene una superficie de aproximadamente 49,800 km² (López Ramos 1956 y 1982; Cabrera y Lugo 1988).

En el Mesozoico, la Cuenca de Burgos fue una cuenca principalmente marina somera, con amplias plataformas, localizada en el margen oriental del gran Geosinclinal Mexicano. Durante el Jurásico y Cretácico las áreas de plataforma recibieron depósitos de calizas, lutitas y areniscas (López Ramos 1982; Cabrera y Lugo 1988).

A finales del Cretácico y principios del Terciario, ocurrieron una serie de movimientos intensos provocados por los efectos de la Orogenia Laramide que originaron plegamientos y levantamientos de las rocas mesozoicas para formar los grandes pliegues de la Sierra Madre Oriental y del Golfo de Sabinas. Este levantamiento fue acompañado por el hundimiento a lo largo del frente

oriental y la consecuente formación de cuencas. Durante el Terciario continuó la emersión gradual del continente y la progradación de las líneas de costa hacia el oriente, propiciando el aporte y la sedimentación de un gran volumen de terrígenos en la cuenca (López Ramos 1956 y 1982; Santiago *et al.* 1984; Cabrera y Lugo, 1988). En este periodo se establece en la provincia de Burgos una amplia y extensa plataforma terciaria, de bajo relieve e inclinada hacia el oriente. Sobre esta plataforma se inicia el depósito de una secuencia sedimentaria clástica, arcillo-arenosa, con intercalaciones variables de cuerpos arenosos delgados a medios de origen múltiple. La sedimentación fue de carácter cíclico, transgresivo-regresivo. En el Paleoceno se inicia una gran transgresión hacia el poniente que favorece el depósito discordante de areniscas basales de ambientes someros, sobre una superficie cretácica erosionada. A este depósito, lo sobreyace una secuencia arcillo-arenosa marina, con aislados y delgados cuerpos arenosos de ambientes de plataforma media a externa. La columna estratigráfica incluye sedimentos del Paleoceno al Reciente, dispuestos en franjas orientadas con rumbo NNO-SSE (López Ramos 1982; Santiago *et al.* 1984).

Sección La Lajilla

a. Localización

La sección La Lajilla se encuentra situada a 40 km al este de Ciudad Victoria, aproximadamente a 200 m al norte del pueblo La Lajilla (20° 40', latitud norte; 98° 43.5', longitud oeste) (Fig.1).

b. Litología

La Sección La Lajilla (Fig.2) está representada por tres unidades; la Unidad I, formada por margas de color gris verdoso con 1.20 m de espesor, correspondientes a la Formación Méndez. La Unidad II o Unidad Clástica presenta una pequeña capa de esferulitas de 25 cm y una capa de areniscas con estratificación cruzada y paralela de 86 cm. La Unidad III está constituida por 2.80 m de lutitas calcáreas con intercalaciones de calizas color verde de la Formación Velasco (Grajales, comunicación personal).

Con referencia a la Unidad Clástica, Hay 1960 y Pessagno 1969 *in* Smit (1992 y 1994a, b y c) mencionan una unidad clástica entre el límite Cretácico-Terciario. Desde el punto de vista estratigráfico la perturbación sedimentológica representada por las capas clásticas entre la Formación Méndez y la Formación Velasco ha sido considerada como

evidencia en favor del impacto de un meteorito (Smit *et al.* 1992). Asimismo, se cree que la alteración de la depositación en los sedimentos marinos profundos normales fueron creados por un tsunami, impacto en los depósitos, originando la capa "clástica", y la acumulación de esferulitas dentro de esta (Longoria y Grajales, 1993). Sin embargo, las teorías acerca del origen de la capa "clástica" han sido objeto de controversias (Keller 1988 b y c, 1989 a y b; Keller y Barrera, 1990 y Keller *et al.* 1993; Stinnesbeck *et al.* 1993b; 1994) quienes están a favor de un depósito "normal" para esta capa, apoyando la teoría de la regresión. No obstante, los datos parecen indicar que la sedimentología de la "unidad clástica" no puede ser explicada por un modelo simple de depósito, debido a las concentraciones anómalas de elementos del grupo del platino en rocas del límite Cretácico-Terciario (Smit *et al.* 1992 y 1995; Alvarez, 1994, Bohor, 1995). Consecuentemente, las secciones La Lajilla y Coxquihui son consideradas por Alvarez, (1994) y Smit *et al.* (1994b y c) como una fuerte evidencia a favor de la teoría del impacto de un meteorito.

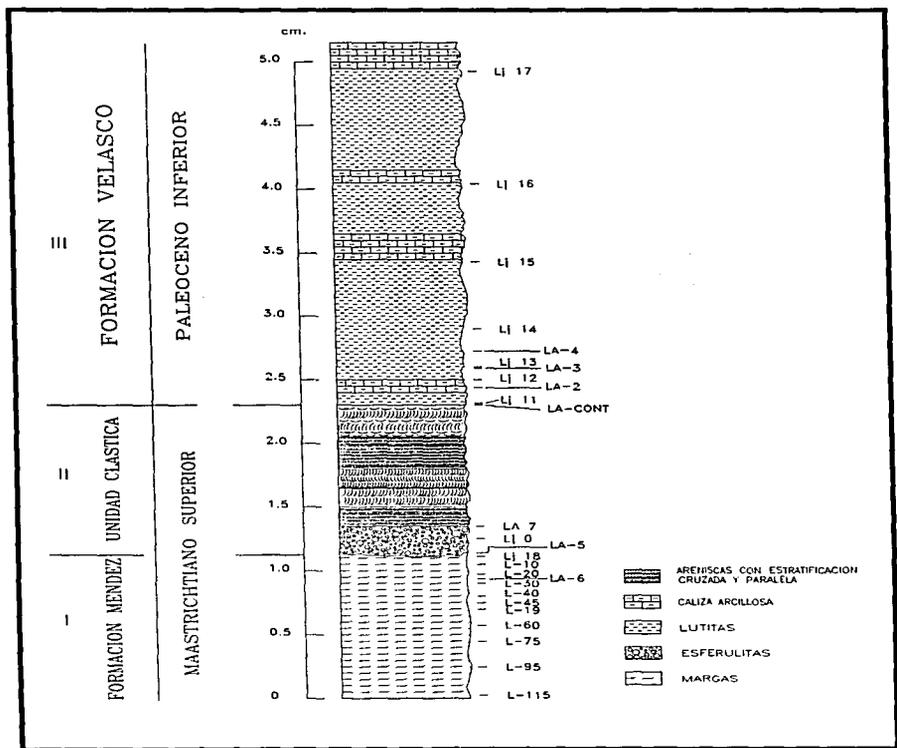


Fig.2. — Columna litológica de la Sección La Lajilla, Tamps. La Unidad I corresponde a la Formación Méndez, la Unidad II representa la capa clástica y la Unidad III, la Formación Velasco (Sección propuesta por Grajales y Cedillo).

B. Cuenca Tampico-Misantla

La Cuenca sedimentaria Tampico-Misantla se localiza en la porción oriental de la República Mexicana, abarcando parte de la llanura costera del Golfo de México. Esta se encuentra limitada al norte por el Río Guayalejo y la población de Xicoténcatl, Tamaulipas, así como el extremo sur de la Sierra de Tamaulipas; al sur por las poblaciones de Nautla y Misantla del estado de Veracruz y el Macizo o Bloque Tectónico de Teziutlán; al este por el Golfo de México y al oeste por la Sierra Madre Oriental. Esta cuenca tiene una superficie aproximada de 25,000 km². (López Ramos 1982; Cabrera y Lugo, 1988).

La Cuenca Tampico-Misantla se originó a fines del Cretácico, cuando la Orogenia Larámide levantó y plegó las rocas mesozoicas; conformando así la Sierra Madre Oriental (López Ramos 1982; Cabrera y Lugo, 1988). Estos plegamientos trajeron como consecuencia la formación de corrientes fluviales que durante el Paleoceno Temprano transportaron gran cantidad de sedimentos finos depositados en aguas profundas en la parte sur de la llamada Cuenca de Chicontepec, localizada en la porción sur de la Cuenca Tampico-Misantla

(López Ramos 1956 y 1982; Santiago *et al.* 1984; Cabrera y Lugo, 1988). Durante este evento también se depositó la Formación Velasco, marcando grandes espesores de sedimentos que comprende una parte del Terciario marino de México (López Ramos, 1982; Cabrera y Lugo 1988).

Sección Coxquihui

a. Localización

La sección Coxquihui se localiza al noroeste del Estado de Veracruz (Fig.1) aproximadamente a 50 kms al suroeste de Poza Rica (23°07' latitud norte y 97° 32' longitud oeste), en el poblado de Coxquihui.

b. Litología

Al igual que la Sección La Lajilla, la Sección Coxquihui (Fig. 3) está constituida por tres unidades litológicas bien definidas. La Unidad I formada por margas de color rojo ocre correspondientes a la Formación Méndez, con un espesor de 3.45 m; la Unidad II o Unidad Clástica, considerada como el límite Cretácico-Terciario; de acuerdo a sus características petrográficas y litológicas, está formada por una capa de esferulitas de 80 cm de espesor, una capa de areniscas con clastos de calizas de 20 cm y areniscas con estratificación cruzada de 20 cm. La Unidad III está representada por 1.30

m de lutitas calcáreas correspondientes a la Formación Velasco

(Grajales, comunicación personal).

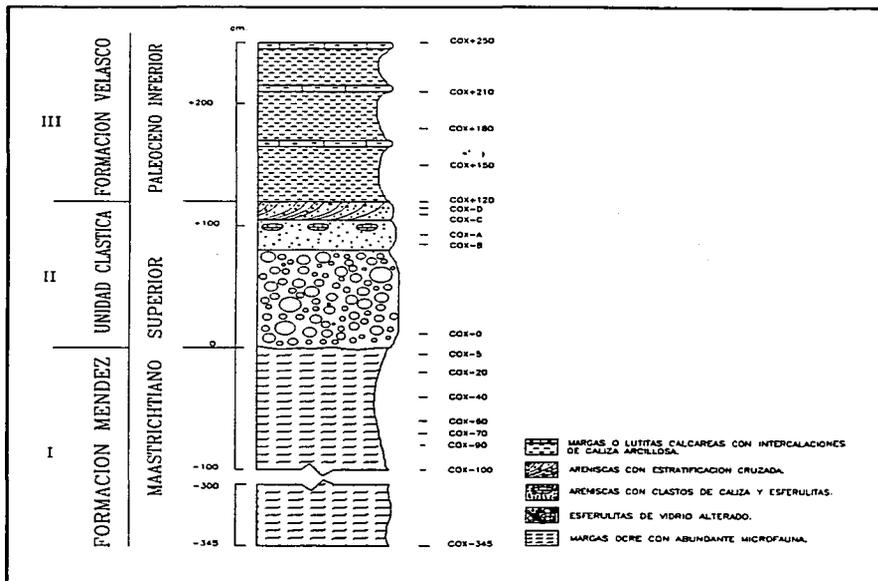


Fig.3.—Columna litológica de la Sección Coxquihui, Ver. La Unidad I corresponde a la Formación Méndez, la Unidad II representa la capa clástica y la Unidad III, la Formación Velasco (Sección propuesta por Grajales y Cedillo).

2. Estratigrafía

Los sedimentos aquí estudiados corresponden a las formaciones Méndez y Velasco.

A. Formación Méndez

Jeffreys 1912 *in* Muir (1936) utiliza por primera vez el nombre de "Mar-

gas Méndez" y se refiere a una secuencia de lutitas y margas que afloran en algunos cortes a lo largo de la vía del ferrocarril de Tampico a San Luis Potosí, representando el Maastrichtiano. Posteriormente, Muir (1936) reportó que la localidad tipo se

había deteriorado y que el afloramiento ya no era reconocido.

La Formación Méndez está constituida por lutitas calcáreas con abundantes fósiles tales como foraminíferos planctónicos y bentónicos y por margas, con escasos horizontes de areniscas y algunas capas de bentonita. La unidad está dispuesta en estratos medianos y gruesos, de color gris con tonos verdes y en ocasiones color café rojizo, con pequeños nódulos de hierro; ésta sobreyace a la Formación San Felipe (Cabrera y Lugo 1988).

B. Formación Velasco.- Las rocas de esta formación se encuentran distribuidas en toda la Planicie Costera del Golfo de México y están caracterizadas, en la porción noroccidental y occidental por un paquete de sedimentos arcillo-arenosos con alternancia de areniscas y conglomerados; en algunos casos, contienen escasas especies pelágicas tales como globigerínidos.

El contacto Maastrichtiano-Paleoceno es fácilmente distinguible por el cambio entre las margas con globotruncánidos y los limos de globigerínidos. En la Cuenca de Tampico-Misantla, el Paleoceno Temprano está caracterizado por sedimentos arcillosos de la Formación Velasco basal, de aguas profundas cuyo espesor en el área no excede los 500 m.

La Formación Velasco presenta intercalaciones de estratos delgados de areniscas de color rojizo, con lutitas calcáreas grises, y margas de tono verdoso (López Ramos 1956 y 1982; Santiago *et al.*, 1984 y Cabrera y Lugo, 1988).

III. METODOLOGIA

1. Método de campo

El material utilizado en el desarrollo de este trabajo se obtuvo de sedimentos correspondientes a la Formación Méndez y la Formación Velasco.

Para la Sección La Lajilla se realizaron dos levantamientos. El primero fue realizado por el M. en C. José Manuel Grajales Nishimura, quién colectó 18 muestras a intervalos variables de 10 a 30 cm. El segundo muestreo lo efectuó el Ing. Luis López López, obteniendo 9 muestras a intervalos de aproximadamente 5 cm.

Por lo que respecta a la Sección Coxquihui, se colectaron 18 muestras, a intervalos entre 10 y 15 cm. Este muestreo fue realizado por el M. en C. Juan Bermúdez Santana. El muestreo para las dos secciones se realizó por encima y debajo del límite Cretácico-Terciario.

2. Método de laboratorio

El material analizado está constituido por rocas compactas y rocas deleznales. Dependiendo de la constitución de la roca, se procedió a efectuar el método tradicional de lavado para las rocas suaves y la

preparación de láminas delgadas para las rocas duras.

De la Sección La Lajilla se obtuvieron sedimentos deleznales y compactos, por lo cual se hicieron 52 láminas delgadas y se lavaron 26 muestras. Los sedimentos de la Sección Coxquihui son deleznales, consecuentemente se lavaron 18 muestras para la determinación de la microfauna.

A. Muestras deleznales

Las muestras deleznales se procesaron por el método de lavado tradicional. Se deja remojar la muestra durante dos a tres días con agua caliente, una pequeña porción de agua oxigenada y jabón comercial, cambiando el agua todos los días. Posteriormente se lavan las muestras utilizando tamices con mallas del número 20, 40, 60, 80, 100 y 200 de manera que la abertura de la malla varía entre 0.84 y 0.074 mm. Esta última malla se utiliza con el fin de que los organismos más pequeños sean recuperados. La muestra está totalmente lavada cuando el agua salga completamente limpia; en seguida se dejan secar las muestras en charolas de latón a una temperatura ambiente, cubriéndolas para evitar la contaminación. Por último, se guardan en una pequeña bolsa, marcando los datos de la muestra.

Para la selección y el montaje de los foraminíferos planctónicos se utilizó un microscopio estereoscópico con objetivos de 12.5X y 25X.

Posteriormente, se seleccionan los foraminíferos planctónicos mejor preservados, se ordenan por géneros y especies en una placa de porta-foraminíferos (al cual se le agrega goma de tragacanto) de 4 orificios o de 60 casilleros para su identificación.

B. Muestras compactas

Cuando la muestra es compacta, se corta en láminas de unos cuantos milímetros de espesor (aprox. 1 y 1.2 mm); una de las caras se pule, se coloca en un porta objetos y se le pone termoplástico Lakeside 70. Se calienta de manera que pueda derretirse y se coloca sobre el porta-objetos; una vez que se enfría, se pule la cara limpia mediante abrasivos, hasta que la lámina esté transparente. Se recomienda que para estudios micropaleontológicos, las láminas sean un poco más gruesas que para petrografía sedimentaria, ya que de este modo, las estructuras orgánicas pueden ser observadas con detalle.

A continuación se cubre la preparación con un cubre-objetos, el cual debe contener bálsamo de Canadá, se deja cocer, se lava con agua

corriente y se limpia con xileno. Finalmente, se etiquetan las láminas delgadas y están listas para observarse en el microscopio petrográfico.

3. Clasificación utilizada para la determinación de los datos

La determinación, clasificación y los alcances estratigráficos de los foraminíferos planctónicos están basados principalmente en los trabajos realizados por Caron (1984), Soto-Jaramillo (1985), Soto-Jaramillo *et al.* (1986); Robaszynki *et al.* (1989) y Nederbragt (1991).

Los foraminíferos planctónicos en forma suelta se determinaron en un microscopio estereoscópico. Posteriormente, se realizó la toma de fotografías en el microscopio electrónico de barrido y se revelaron en una video Sony, color video printer Mavigraph Up-3000. Las secciones delgadas de estos microfósiles se observaron en el microscopio petrográfico, con un objetivo de 10X.

Una vez identificadas las especies, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo, con el fin de observar la frecuencia con que aparecen las especies dentro de cada sección y analizar los cambios faunísticos en el límite Cretácico-Terciario.

Los datos obtenidos del análisis de los foraminíferos planctónicos se resumen en cuadros de distribución bioestratigráfica, correlación, diversidad específica y abundancia. Asimismo, se proporcionan láminas fotográficas de las principales especies de foraminíferos planctónicos estudiados.

IV. BIOESTRATIGRAFIA

En este capítulo se proporcionará un breve resumen, así como una comparación de los principales estudios bioestratigráficos efectuados por medio de los foraminíferos planctónicos, a nivel mundial y en México (Fig.4). Asimismo, se establecerá de acuerdo a los trabajos realizados anteriormente, la bioestratigrafía de las secciones La Lajilla y Coxquihui de la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno, se mencionarán los principales criterios para establecer el límite Cretácico-Terciario y se efectuará la correlación bioestratigráfica entre las dos secciones mencionadas con base a los foraminíferos planctónicos.

1. Principales estudios bioestratigráficos del límite Cretácico-Terciario a nivel mundial.

En la Figura 4, Luterbacher y Premoli-Silva (1964, 1966), realizan un estudio bioestratigráfico en la Sección Gubbio en Italia, detectando un hiatus en el límite Cretácico-Terciario. Ellos determinan por primera vez en esta sección a los foraminíferos planctónicos de la base del

Paleoceno, incluyendo a *Globigerina eugubina*. Al mismo tiempo, proponen en este trabajo nueve biozonas que van de la cima del Maastrichtiano al Paleoceno (Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* hasta la Biozona de *Globigerina pseudobulloides/Globigerina daubjergensis*).

Bolli (1966) propone una biozonificación del Cretácico al Plioceno en diferentes secciones de Trinidad en Venezuela. Esta biozonación fue rápidamente aplicable para el Caribe, y constituye la base de la bioestratigrafía en regiones de latitudes bajas. Bolli, reconoce tres biozonas para el límite Cretácico-Terciario.

Con base a estudios anteriores, Bolli y Premoli-Silva (1973) establecen nueve biozonas para el Cretácico Superior y 14 biozonas para el Terciario en el Caribe, efectuando ciertas modificaciones necesarias debido a los cambios taxonómicos de nuevas especies con la finalidad de mejorar el esquema original. Herm *et al.* (1981) realizan un estudio con foraminíferos planctónicos y nanoplancton calcáreo en el límite Cretácico-Terciario de la Sección de Lattengebirge, en Alemania, donde proponen cuatro biozonas que van de la Biozona de *Abath-*

BIOZONAS	LUTERBACHER y PREMOLI-SILVA, 1964, 1966 (ITALIA)	BOKLI, 1966 (SUECIA)	PREMOLI-SILVA y BOKLI, 1975 (ITALIA)	ESPAÑA et al. 1981 (ALEMANIA)	SMT, 1982 (ESPAÑA Y TURKIA)	ESKINER y KILIC, 1986 (E.U.A.)	TRINIDAD y BARRAGAN, 1986 (TURKIA)	KELLER et al., 1988 y 1989 (TURKIA)	KELLER et al., 1988 y 1989 (E.U.A.)	KARACIK, 1977, KARACIK, 1978, KARACIK y GURER, 1980, KARACIK, GURER, 1981 y 1982 (MEXICO)	TRINIDAD y BARRAGAN, 1986 (MEXICO)	TRINIDAD y BARRAGAN et al. 1981, KELLER et al. 1984, LUTERBACHER et al. 1984, PREMOLI-SILVA et al. 1984 (MEXICO)	ESTE TRABAJO
EDAD													
PALEOCENO INFERIOR	<i>Globobulimina pseudobulimina</i> <i>Globobulimina delgadensis</i>	<i>Morconella pseudobulimina</i>	<i>Morconella pseudobulimina</i>	<i>Morconella pseudobulimina</i> <i>G. carinata</i> <i>G. edis</i>	<i>Globobulimina pseudobulimina</i> <i>G. edis</i>	<i>Globobulimina pseudobulimina</i> <i>G. edis</i>	<i>Sitticella pseudobulimina</i>	<i>Amplirostrina pseudobulimina</i>	<i>G. pseudobulimina</i> <i>G. turica</i>	<i>G. pseudobulimina</i> <i>G. turica</i>	<i>G. pseudobulimina</i>	<i>G. pseudobulimina</i>	<i>G. pseudobulimina</i>
	<i>Globigerina evoluta</i>	<i>Globigerina evoluta</i>	<i>Globigerina evoluta</i>	<i>Globigerina evoluta</i> <i>Globigerina turgida</i>	<i>Globigerina evoluta</i>	<i>Globigerina evoluta</i> <i>Panorpaevoluta evoluta</i>	<i>Panorpaevoluta evoluta</i> <i>Panorpaevoluta turgida</i>	<i>G. evoluta</i>	<i>G. evoluta</i>	<i>G. evoluta</i>	<i>G. evoluta</i>	<i>G. evoluta</i>	<i>G. evoluta</i>
MAASTRICHTIANO SUPERIOR	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Gumbelina crataea</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Pseudoculina turanica</i> <i>Pseudoculina delgadensis</i>	<i>P. canus</i> <i>Gumbelina crataea</i>	<i>P. canus</i> <i>P. turgida</i>	<i>P. canus</i>	<i>P. canus</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>
	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>

Fig. 4.- COMPARACION DE LAS DIFERENTES BIOZONIFICACIONES DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS A TRAVES DEL LIMITE K/T. EN ESTE ESTUDIO SE PRESENTA UNA BIOZONIFICACION MODIFICADA DE LUTERBACHER Y PREMOLI-SILVA (1964 Y 1966), LOS NOMBRES DE LAS BIOZONAS CORRESPONDEN A LOS PROPUESTOS POR BERGGREN Y MILLER, 1988.

thomphalus mayaroensis a la Biozona de *Globigerina pseudobulloides*. Smit (1982) en su estudio de las secciones El Kef en Tunisia y Gredero en España, designa siete biozonas y una Subzona que van del Maastrichtiano medio al Paleoceno, es decir de la Biozona de *Globotruncanella havanensis* a la Biozona de *Globigerina pseudobulloides*, incluyendo la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* para la cima del Maastrichtiano; dentro de estas, se observa la Biozona de *Guembelitra cretacea* propuesta por Smit. Berggren y Miller (1988) al estudiar la Sección Stevns Klint en Dinamarca, reportan para la cima del Maastrichtiano la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*, y para la base del Paleoceno la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* (Biozona P α). Asimismo, describen la Biozona P1 la cual la dividen en dos subzonas; Subzona de *Subbotina pseudobulloides* (P1a) y la Subzona de *Subbotina triloculinoides* (P1b). Brinkius y Zachariasse (1988) efectuando un estudio sobre dinoflagelados y foraminíferos planctónicos del límite Cretácico-Terciario en la Sección El Kef en Tunisia, determinaron por medio de los foraminíferos planctónicos las biozonas de *Abathomphalus mayaroensis*, *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobi-*

gerina fringa, *P. eugubina* y la Biozona de *Neogloboquadrina pseudobulloides*. Asimismo, en esta investigación se efectuaron interpretaciones sobre los cambios eustáticos del nivel del mar. Keller (1988 a, b) y Keller *et al.*, (1989), proponen una serie de interpretaciones sobre la magnitud de las extinciones en la Sección El Kef en Tunisia, en el límite Cretácico-Terciario, integrando la bioestratigrafía con base a los foraminíferos planctónicos y análisis isotópicos. Al mismo tiempo estos investigadores mencionan que la Sección El Kef, es la más completa del intervalo mencionado, a nivel mundial. En estos estudios se proponen seis biozonas y además se describe la Biozona de *Pseudotextularia deformis* para la cima del Maastrichtiano en sustitución de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* debido a la ausencia de esta especie. Estos autores mencionan que la ausencia de este fósil índice probablemente se deba a las condiciones someras de depósito. Además Keller menciona que la Biozona de *Guembelitra cretacea* no se encuentra en secciones de mares profundos; consecuentemente proponen un hiatus en el límite Cretácico-Terciario para estas últimas regiones.

En ese mismo año, Keller (1989a), realiza un estudio en las diferentes secciones de Brazos River, en E.U.A. sobre las extinciones y cambios poblacionales de los foraminíferos planctónicos, donde la cima del Maastrichtiano está representada nuevamente por la Biozona de *Pseudotextularia deformis* en ausencia de *Abathomphalus mayaroensis*. Keller *et al.* (1989b y 1990) realizan una correlación bioestratigráfica con base a los foraminíferos planctónicos del Maastrichtiano Superior y Paleoceno Inferior entre las Secciones El Kef y las de Brazos River, efectuando al mismo tiempo un análisis sobre los cambios eustáticos del nivel del mar.

Consecuentemente, de acuerdo a la literatura, las secciones más importantes del límite Cretácico-Terciario, donde se encuentra mejor representado este límite y en las cuales se han realizado diversos estudios bioestratigráficos con base a los foraminíferos planctónicos a nivel mundial son: Sección El Kef, en Tunisia (considerada como la Sección tipo); Lattengebirge, Alemania; Stevns Klint y Nye Klov en Dinamarca; Gredero, Zumaya, Caravaca y Sopelana, España; Hör Hahar, Sinai, Ein Mor, Zofar y Ben Gurion, Israel; Gubbio, Italia; Braggs, Alabama, Brazos River, Brazos Core y

Navarro Brazos, Texas; Rosaritos, Cuba y Beloc, Haití en el Caribe; algunas en Brasil, así como las diferentes secciones perforadas por Deep Sea Drilling Project.

En México se han reportado numerosas y excelentes secciones del límite Cretácico-Terciario, tanto en el noreste como del sureste de México, mismas que a continuación se discutirán.

2. Principales estudios bioestratigráficos realizados en México.

La bioestratigrafía de los foraminíferos planctónicos para el límite Cretácico-Terciario en México se conoce desde 1959 donde Obregón de la Parra señala un conjunto faunístico caracterizado por el género *Globotruncana* para el Maastrichtiano Superior y de *Globigerina* para el Daniano, en la Cuenca Tampico-Misantla.

Posteriormente, Hay (1960) determina el límite Cretácico-Terciario en la misma cuenca y propone dos biozonas: una para la cima del Maastrichtiano representada por la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* y la otra para la base del Daniano correspondiente a la Biozona de *Globigerina*.

Gamper (1977), define el límite Cretácico-Terciario en México con base a los foraminíferos planctónicos, en el área de Tampico, donde rechaza el criterio de Bolli (1966) (Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* como zona de rango total) y Luterbacher y Premoli (1964 y 1966) (Biozona de *Globigerina eugubina* como zona de rango parcial) propone en su lugar la Biozona de Intervalo de *Abathomphalus mayaroensis* de la cima del Maastrichtiano y la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* de la base del Daniano.

Longoria (1984) efectúa un estudio biocronológico de varias secciones de la región del Golfo de México, basándose en los foraminíferos planctónicos. En este estudio describe 29 biozonas, asignándoles un número, para el límite Cretácico-Terciario propone las biozonas de la K-29 hasta la P-1.

Sánchez (1989) en su trabajo sobre el nanoplancton calcáreo y los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior, reporta la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* en la Sección San Lorenzo-Jalapilla entre Xicotepec de Juárez y la Ceiba, Puebla.

Smit *et al.* (1992) realizaron un estudio sobre los foraminíferos planctónicos en la Sección El Mim-

bral en el Noreste de México. Los sedimentos de esta sección contienen la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*, la cual infrayace una capa clástica. Encima de esta última se encuentra la Biozona P0 o Biozona de *Guembelitra cretacea*, y la Biozona de *Globigerina eugubina* (P1a) del Daniano.

A diferencia de los autores anteriores, Longoria y Gamper (1992) efectúan un análisis biocronológico en las costas de la Planicie Costera del Golfo, en 11 secciones; El Porvenir, La Lajilla, La Sierrita, Los Ramones, Rancho Nuevo, Chilil, Arroyo Pedregoso, Magiscatzin, Burgos y El Mimbral. Asimismo mencionan haber estudiado varias secciones en Puebla y Veracruz; sin embargo, estos autores, no especifican el nombre de las secciones y hacen notar, la ausencia de *Abathomphalus mayaroensis* en la Sección El Mimbral, concluyendo que no existe el Maastrichtiano Superior.

Posteriormente Keller *et al.* (1993a) efectuaron una investigación bioestratigráfica evidenciando cuatro hiatus en 16 secciones en depósitos de aguas profundas en el Golfo de México y el Caribe. Para el límite Cretácico-Terciario establecen un hiatus entre la Biozona de *Abathomphalus maya-*

roensis y la Biozona P1a (*P. eugubina*).

Keller *et al.* (1994) reportan el tipo de depósito, edad y efectos bióticos observados en la Sección El Mimbral del Noreste de México; en esta sección determinan la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* que pertenece a la cima del Maastrichtiano. Por encima de ésta determinan las biozonas del Terciario P0, P1a(1) (Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*), la P1a(2) (Biozona de *Subbotina pseudobulloides*) y por último la P1b (Biozona de *Subbotina trilocolinoides*).

Stinnesbeck *et al.* (1993 y 1994) presentan interpretaciones litológicas mineralógicas, paleontológicas y geoquímicas de los sedimentos de las secciones El Mimbral, La Lajilla y Peñón en el Noreste de México a través del límite Cretácico-Terciario, proponiendo la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*, la Biozona P0 (?), y la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* (P1a).

En ese mismo año Keller *et al.* (1994a) y Stinnesbeck *et al.* (1994c) estudiaron la Sección El Mimbral y otras secciones del noreste de México, y proponen que en la Sección El Mimbral están representadas las biozonas de *Abathomphalus mayaroensis*, la P0 y la Bio-

zona de *Parvularugoglobigerina eugubina* (P1).

Stinnesbeck *et al.* (1994b) realizan un estudio en las secciones El Bochil y Chilil en Chiapas proponiendo una discontinuidad muy marcada entre el Maastrichtiano Superior y el Paleoceno Inferior que va de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* hasta la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*.

Sánchez *et al.* (1993) señalan los principales cambios faunísticos y florísticos con base al nanoplancton calcáreo y los foraminíferos planctónicos de la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno en la Sección El Mulato, Tamaulipas.

Longoria y Gamper (1993, 1995) modifican nuevamente las biozonas de Intervalo de *Abathomphalus mayaroensis* (K-29A) hasta la de *Parvularugoglobigerina taurica* (P α). Pero ahora dividen la Biozona K-29 en tres subzonas K-29A, K-29B y K-29C que pertenecen al Maastrichtiano Superior y a la base del Daniano. En este estudio estos investigadores proponen el límite Cretácico-Terciario con base a la aparición de los foraminíferos planctónicos de pared cancelada.

Nuevamente, Stinnesbeck *et al.* (1994a), López-Oliva y Keller (1994) y López-Oliva *et al.* (1995) señalan la existencia de un hiatus,

que incluye la Biozona P0 y la parte inferior de la Biozona P1a del Daniano en varias secciones del noreste de México.

A continuación, como breve resumen, se mencionan las secciones más estudiadas y mejor representadas. Estas se localizan principalmente en la parte Noreste de la República Mexicana: La Sección **La Lajilla** analizada por Alvarez *et al.* (1992 y 1993), Stinnesbeck *et al.* (1993 y 1994), Longoria *et al.* (1993), y Smit *et al.* (1994b, c y 1996). La Sección **El Mimbrel** Smit, *et al.* (1992, 1994b, c y 1996), Alvarez, *et al.* (1992), Longoria y Gamper, (1993), Keller *et al.* (1993b) y Stinnesbeck *et al.* (1993, 1994), López-Oliva y Keller (1994). La Sección **El Mulato** estudiada por Sánchez *et al.* (1993), Longoria y Grajales (1993), y Alvarez *et al.* (1993). Stinnesbeck *et al.* (1994), López-Oliva y Keller (1994) Smit *et al.* (1994b, c y 1996). Las Secciones **Altamira, Rancho Nuevo y La Sierrita** analizadas por Longoria *et al.* (1993), Stinnesbeck *et al.* (1993 y 1994), López-Oliva y Keller (1994) y Smit *et al.* (1994b, c y 1996). La Sección **El Peñón** por Keller *et al.* (1993b) Stinnesbeck *et al.* (1993, 1994), López-Oliva y Keller (1994), y Smit *et al.* (1994b, c y 1996). La Sección **Los Ramones**

por Stinnesbeck *et al.* (1994), López-Oliva y Keller (1994) y Smit *et al.* (1994b, c y 1996). Sección **Mesa de Llera** por Smit *et al.* (1994b y 1996). Sección **La Ceiba** por Smit *et al.* (1994a, b, c y 1996). En la parte Norte de Puebla, entre Xicotepec de Juárez y el poblado de la Ceiba, se tienen los estudios de Macías, (1988) y Sánchez, (1989); en el Noreste de Puebla, Longoria, (1984). Secciones en el Sureste de Veracruz por Soto-Jaramillo y Zamudio, (1987). En algunas secciones del Sureste de México se realizaron investigaciones en depósitos de Chiapas por Rosales *et al.* (1991), Grajales *et al.* (1993), Longoria y Gamper (1993), Montanari *et al.* (1994), y Stinnesbeck *et al.* (1994) y Smit *et al.* (1996).

En la Fig. 4, se presenta una comparación de las principales biozonificaciones propuestas en varias partes del mundo.

3. Biozonificación propuesta en este trabajo

La bioestratigrafía de la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno de las secciones La Lajilla y Coxquihui está basada en la distribución estratigráfica de las principales especies de foraminíferos

planctónicos. La distribución bioestratigráfica de estas especies se encuentra representada en las figs. 5 y 6.

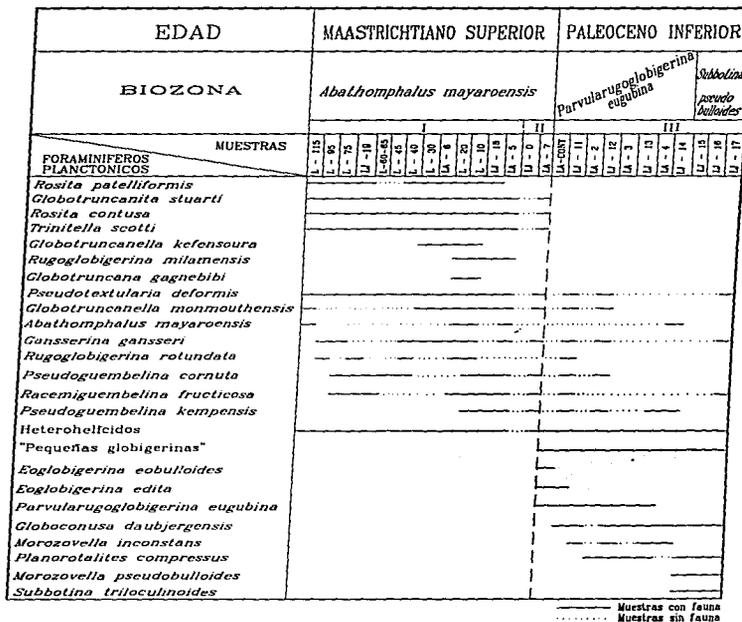


Fig. 5.- Distribución bioestratigráfica de las principales especies de foraminíferos planctónicos de la Sección La Lajilla, Tamps. Los alcances bioestratigráficos son definidos por Blow (1979), Robaszynski *et al.*, (1985), Soto-Jaramillo *et al.*, (1985) y Toumarkine y Luterbacher (1985).

BIOESTRATIGRAFIA

La biozonificación microfaunística propuesta en este estudio es el resultado de un análisis sistemático previo de investigaciones realizadas anteriormente, así como de las ob-

servaciones realizadas durante el desarrollo de este trabajo. Las secciones La Lajilla y Coxquihui fueron seleccionadas por tratarse de una secuencia de rocas calcáreas cre-

EDAD	MAASTRICHTIANO SUPERIOR												PALEOCENO INFERIOR					
BIOZONA	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>												<i>Parvularugoglobigerina</i>	<i>Subbotina pseudobulloides</i>				
MUESTRAS	I						II						III					
FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS	COX-345	COX-100	COX-90	COX-70	COX-60	COX-40	COX-20	COX-5	COX-0	COX-B	COX-A	COX-C	COX-D	COX-120	COX-150	COX-180	COX-210	COX-250
<i>Rosita patelliformis</i>	—————																	
<i>Ventilabrella multicamerata</i>	—————																	
<i>Trinitella scotti</i>	—————																	
<i>Globotruncana gognebini</i>	—————																	
<i>Globotruncanella kefensoura</i>	—————																	
<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	—————																	
<i>Globotruncanella stuarti</i>	—————																	
<i>Globotruncanella conica</i>	—————																	
<i>Pseudotextularia deformis</i>	—————																	
<i>Racemiguembelina fructicosa</i>	—————																	
<i>Gansserina gansseri</i>	—————																	
<i>Rosita contusa</i>	—————																	
<i>Rugoglobigerina milamensis</i>	—————																	
Heterohelícidos	—————																	
<i>Globotruncanella monmouthensis</i>	—————																	
<i>Guembeltria cretacea</i>	—————																	
"Pequeñas globigerinas"	—————																	
<i>Eoglobigerina fringa</i>	—————																	
<i>Eoglobigerina eobulloides</i>	—————																	
<i>Parvularugoglobigerina eugubina</i>	—————																	
<i>Planorotalites compressus</i>	—————																	
<i>Morozovella inconstans</i>	—————																	
<i>Morozovella pseudobulloides</i>	—————																	
<i>Subbotina triloculinoides</i>	—————																	

————— Muestras con fauna
 Muestras sin fauna

Fig. 6.- Distribución bioestratigráfica de las principales especies de foraminíferos planctónicos de la Sección Coxquihui, Ver. Los alcances estratigráficos son los definidos por Blow (1979), Robaszynski *et al.*, (1985), Soto-Jaramillo *et al.*, (1985) y Tourmarkine y Luterbacher (1985).

tácicas y terciarias aparentemente completas, cuyos componentes supe-
stamente fueron depositados en
un ambiente marino profundo. La
zonificación que aquí se propone
está basada fundamentalmente en
los foraminíferos planctónicos en
forma suelta y en sección delgada.

Los trabajos de base que se
utilizaron para realizar la taxonomía
y la bioestratigrafía de los forami-
níferos planctónicos son los de Ro-
baszynski *et al.* (1983-1984); Caron,
(1985); Toumarkine y Luterbacher
(1985); Soto (1985) y Soto *et al.*
(1986).

A continuación se describen
las biozonas observadas en este
trabajo.

Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*

Tipo: Biozona de Rango Total

Edad: Cima del Maastrichtiano

Autor: BRONNIMANN (1952).

Definición: Biozona de alcance es-
tratigráfico de rango total. El límite
inferior está definido por la primera
aparición de *Abathomphalus maya-*
roensis y el límite superior por su
última aparición.

Asociación: Esta biozona está dada
por la primera y última aparición del

fósil característico. En la Sección
Coxquihui, esta biozona se carac-
teriza por contener escasos espe-
címenes pertenecientes a *Abathom-*
phalus mayaroensis, asociados con
Racemiguembelina fructicosa, *Rosi-*
ta contusa, *Ventilabrella multicame-*
rata, *Globotruncanella holmdelensis*,
Plummerita hantkeninoides, *Trinitella*
scotti, *Globotruncana gagnebini*,
Globotruncanella kefensoura, *Guble-*
rina acuta.

En la Sección La Lajilla, los
sedimentos correspondientes a esta
biozona contienen *Rosita contusa*,
Trinitella scotti, *Globotruncanita co-*
nica, *Globotruncanella kefensoura*,
Rugoglobigerina milamensi, *Globo-*
truncana gagnebini, *Globotrunca-*
nella holmdelensis, *G. havanensis* y
Abathomphalus mayaroensis.

Correlación: De acuerdo a la infor-
mación compilada, parece ser que
esta unidad bioestratigráfica co-
rresponde a aquella propuesta por
primera vez por Bolli (1966), como
Biozona de Rango Total. Asimismo,
es equivalente a la Biozona de
Abathomphalus mayaroensis de Lu-
terbacher y Premoli-Silva, (1964,
1966), Premoli-Silva y Bolli, (1973),
Herm *et al.* (1981), Smit (1982),
Berggren y Miller (1988), Brinkius y
Zachariasse (1988), Keller *et al.*
(1994) Stinnesbeck *et al.* (1993,

1994) y López-Oliva *et al.* (1994, 1995).

Por otro lado, Gamper (1977) propone la Biozona de Intervalo de *Abathomphalus mayaroensis*, comprendida entre la aparición de esta especie y la aparición de *Parvularugoglobigerina eugubina*, así como la presencia de las "pequeñas globigerinas". Es conveniente hacer notar que la primera aparición de la última especie mencionada, se había reportado en la base del Paleoceno (Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*) (Bolli, 1955 y Luterbacher y Premoli-Silva, 1964 y 1966).

Posteriormente, Longoria en (1984) y Longoria y Gamper (1992) en base a los estudios realizados por Gamper, 1977, reafirman la presencia de la Biozona de Intervalo (K-29) de *Abathomphalus mayaroensis* entre los biohorizontes marcados por la primera aparición evolutiva de *Abathomphalus mayaroensis*, y el biohorizonte definido por la primera aparición de *Globigerina eugubina*. Asimismo, señalan la aparición de las "pequeñas globigerinas" antes de la extinción masiva de las formas cretácicas. Estos mismos autores (1993 y 1995) nuevamente definen a esta biozona como de Intervalo, tomando en cuenta la primera aparición de *Abathomphalus maya-*

roensis y la primera aparición de *Praemurica taurica*, así como la especie con pared cancelada.

La Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* propuesta en este trabajo podría corresponder en tiempo a la Biozona de *Pseudotextularia deformis* definida por Keller 1988 a,b y 1989, 1990 en la secciones El Kef y Brazos River, como se observa en la Figura 4.

Observaciones: La Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* está representada en las secciones La Lajilla y Coxquihui en la Unidad I y la Unidad II por *Rosita patelliformis*, *R. contusa*, *Trinitella scotti*, *Globotruncanita stuarti*, *G. conica*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Pseudotextularia deformis*, *Globotruncanella kefensoura* y *Abathomphalus mayaroensis*, entre otras.

En la Unidad I, de la Sección Coxquihui la microfauna es abundante y relativamente bien conservada, observándose todas las especies pertenecientes a esta biozona. *Abathomphalus mayaroensis* solamente se determinó en la muestra COX-5. Se ha considerado que los sedimentos de esta unidad corresponden a esta biozona debido a la asociación microfaunística característica de la Biozona.

La Unidad II o Unidad Clásica en esta sección contiene una asociación característica también de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*, incluyendo la especie índice, la cual se determinó en las muestras (COX-0 y COX-D).

Por lo que respecta a la Sección La Lajilla, la Unidad I contiene escasos especímenes de *Abathomphalus mayaroensis* (Soto-Jaramillo 1986, menciona que debido a las condiciones ecológicas esta especie es muy escasa en los sedimentos mexicanos) y comunes ejemplares correspondientes a la biozona del mismo nombre como *Globotruncanella stuarti*, *G. conica*, *G. stuartiformis*, *Rosita contusa*, *Gansserina gansseri*, *Pseudotextularia elegans*, *P. deformis*, *Trinitella scotti* y *Racemiguembelina fructifera*. En cuanto a la Unidad II, hay una disminución muy marcada de los foraminíferos planctónicos, sin embargo, al igual que la Sección Coxquihui hay una asociación de fósiles característicos de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* y son *Trinitella scotti*, *Racemiguembelina fructifera*, *Rosita contusa*, *Rosita patelliformis* y *Abathomphalus mayaroensis*.

Biozona de *Guembelitra cretacea*

Tipo: Biozona de Rango parcial

Edad: Base del Daniano

Autor: SMIT, J. (1982)

Definición: Definida por la desaparición o extinción en masa de las principales especies cretácicas y la aparición de *Globigerina minutula*.

Asociación: Formas terciarias como *Eoglobigerina fringa*, *Parvularugoglobigerina conusa* y *Woodringina hornestownensis*, así como algunos heterohelícidos pequeños; formas cretácicas *Guembelitra cretacea*, *Globotruncanella monmouthensis*, *G. caravacaensis*, *Globigerinelloides aspera*, *G. messinae*, *Globotruncana arca*, *G. esnehensis*, *Planoglobulina carseyae*, *Racemiguembelina fructifera*, *Pseudotextularia deformis*,

Observaciones: Keller (1988) definió a la biozona de *Guembelitra cretacea* por la desaparición de *Pseudotextularia deformis* y la primera aparición de *Parvularugoglobigerina eugubina*. Este autor subdividió a esta biozona en Subzona P0a o de *Guembelitra cretacea* y Subzona P0b o de *Globiconusa conusa*. Brinkhuis y Zachariasse (1988), modifican también la Biozona de *Guembelitra cretacea*

y proponen un intervalo que va de la última aparición de las formas cretácicas hacia la primera aparición de *Parvularugoglobigerina fringa*. En este estudio no se encontró la Biozona PO o Biozona de *Guembelitra cretacea*, consecuentemente, se toma como la base del Daniano, la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*. Sin embargo, en la Sección Coxquihui aparecen varias especies que pudieran pertenecer a esta Biozona como son *Guembelitra cretacea*, *Eoglobigerina fringa*, y *Globastica conusa*. No obstante, se considera necesario un análisis más detallado, con un muestreo más fino, hacia la base de la unidad III, correspondiente a la base del Paleoceno.

Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*

Tipo: Biozona de Rango Total

Edad: Base del Daniano

Autor: LUTERBACHER y PRE-MOLI-SILVA, (1964 y 1966).

Definición: Esta biozona se define por la primera y última aparición de *Parvularugoglobigerina eugubina*.

Asociación: La Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* en la

Sección La Lajilla contiene una asociación constituida por el fósil índice *Parvularugoglobigerina eugubina*, así como *Eoglobigerina eobulloides*, *Eoglobigerina edita*, "pequeñas globigerinas" y pequeños heterohelícidos. En esta biozona se observan aún escasas especies cretácicas como son *Pseudotextularia deformis*, *P. elegans*, *Pseudoguembelina costulata*, *Racemiguembelina fructicosa* y *Gansserina gansseri*.

Los sedimentos de la Sección Coxquihui se caracterizan por la presencia de las "pequeñas globigerinas", *Eoglobigerina fringa*, *E. eobulloides*, y *E. edita*. Al igual que en la Sección La Lajilla se determinaron especies cretácicas; *Globotruncanita stuarti*, *Globotruncanella havanensis*, *Pseudotextularia elegans*, *P. deformis*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Guembelitra cretacea* y algunos heterohelícidos.

Correlación: La Biozona de la base del Daniano ha sido sujeta a una serie de enmendaciones y modificaciones, debido a los estudios bioestratigráficos que se han hecho con más detalle en las secciones de todo el mundo. La Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*, como se reconoce en este trabajo, corresponde a la biozona propuesta

por Bolli, (1966); Premoli-Silva y Bolli (1973); Berggren y Miller (1988); Stinnesbeck *et al.* (1993, 1994a); López-Oliva *et al.* (1994, 1995) Keller *et al.* (1988, 1989 y 1994) y Stinnesbeck *et al.* (1994).

Observaciones: La Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* se encuentra representada en la Unidad III de las dos secciones y se caracteriza por la presencia del fósil índice *Parvularugoglobigerina eugubina*.

En la Sección La Lajilla todas las formas terciarias que se encuentran en esta biozona son escasas y relativamente mal conservadas. Las formas cretácicas son escasas y algunas están mal conservadas. Entre ellas están *Pseudotextularia deformis*, *P. elegans*, *Pseudoguembelina costulata*, *Gansserina gansseri* y *Racemiguembelina fructicosa*; algunas especies se extinguen antes de llegar a la cima de esta biozona, dentro de estas se encuentran *Pseudoguembelina cornuta*, *P. kempensis*, *P. costulata*. En la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* los heterohelícidos son comunes. Cabe añadir que esta biozona se encuentra representada a partir de la muestra LA-CONT hasta la muestra LJ-14.

En la Sección Coxquihui y en la Unidad III se localizan las formas

terciarias, las cuales se determinaron de la muestra COX+120 a la muestra COX+180. Estas son raras, no obstante, esta biozona fue reconocida por la presencia de *Parvularugoglobigerina eugubina*, así como por las "pequeñas globigerinas". En esta biozona aún se encuentran formas relativamente abundantes del cretácico: *Guembelitra cretacea*; *Globotruncana arca*, *Globotruncanita stuarti*, *Globotruncanella havanensis*, *Pseudotextularia deformis*, *Racemiguembelina fructicosa*; los heterohelícidos son comunes en esta biozona.

Biozona de *Subbotina pseudobulloides*

Tipo: Biozona de Intervalo

Edad: Paleoceno Inferior.

Autor: LEONOV y ALIMARINA (1961) como Biozona de *Globigerina pseudobulloides*-*G. daubjergensis* nombre corto enmendado por BOLLI (1966).

Definición: Es el intervalo comprendido entre la primera aparición de *Subbotina pseudobulloides* y la primera aparición de *Morozovella trinidadensis*.

Asociación: Esta biozona en las dos secciones estudiadas se ca-

racteriza por la presencia de *Subbotina pseudobulloides* y *Subbotina triloculinoides*; además se encuentran asociadas con *Planorotalites compressus*, *Morozovella inconstans* y *Planorotalites* sp. En esta biozona aún se encontraron escasas formas cretácicas; *Pseudotextularia deformis*, *Pseudotextularia elegans*, *Pseudoguembelina costulata*, *Globotruncanita stuarti*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Rugoglobigerina* sp., *R. rugosa* y *heterohelicidos*.

Correlación: La biozona reconocida en este trabajo corresponde a la biozona establecida por Luterbacher y Premoli-Silva (1964, 1966); Bolli (1966); Premoli-Silva y Bolli (1973); Herm *et al* (1981); Smit (1982); Brinkhuis y Zachariasse (1988); Gamper (1977); Longoria (1977); Longoria y Gamper, (1984, 1992, 1993 y 1995).

En cambio Keller *et al.* (1988 y 1989) propone en esta biozona establecida el intervalo entre la primera aparición de *Praemurica taurica* (P1b) y la aparición de *Subbotina pseudobulloides* (P1c).

Observaciones: Esta biozona, al igual que la anterior, se encuentra representada en la Unidad III, correspondiente a la Formación Velasco. El límite inferior de esta biozona se reconoce por la presencia de la primera aparición de *Subbotina*

pseudobulloides, la cual se presenta en las tres últimas muestras de la Sección La Lajilla, mientras que en la Sección Coxquihui sólo se determinó en las dos últimas muestras. Las formas heterohelicidos continúan siendo comunes. Por otro lado, se observa la disminución y desaparición muy marcada de las especies cretácicas restantes.

4. Correlación Bioestratigráfica

La correlación bioestratigráfica establece por medio de los fósiles las equivalencias cronológicas y bioestratigráficas entre dos o más unidades estratigráficas, a nivel regional y a nivel mundial.

Los foraminíferos planctónicos son microfósiles con una distribución vertical corta y una amplia distribución en el espacio, además éstos son muy abundantes en los sedimentos. Por consecuencia, son fósiles muy útiles para establecer correlaciones bioestratigráficas a grandes distancias.

A continuación, se presenta la correlación bioestratigráfica por medio de los foraminíferos planctónicos de las secciones La Lajilla y Coxquihui.

La Unidad I se encuentra representada en las secciones La Lajilla y Coxquihui (Fig. 7). Esta unidad

presenta una asociación microfaunística prácticamente idéntica en ambas secciones. Está caracterizada por la presencia de la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* de la cima del Maastrichtiano. En la Sección Coxquihui, el fósil índice solamente se determinó en la cima de esta unidad; no obstante, el conjunto determinado es característico de la biozona mencionada. En la Sección La Lajilla *Abathomphalus mayaroensis* es también escasa, determinándose esporádicamente en la Unidad I. La asociación que nos indica que estamos en esta biozona son principalmente *Globotruncanita conica*, *G. stuarti*, *Rosita contusa*, *Racemiguembelina fructicosa* y la presencia escasa del fósil índice.

En los sedimentos de la Unidad II o Unidad Clástica se encontró una asociación microfaunística similar a la de la Unidad I, la cual corresponde a la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*. Es conveniente mencionar, que en esta unidad hay una fuerte reducción de las especies cretácicas, la cual es más notoria en la Sección la Lajilla. Esto se debe a como lo dice la misma Unidad II o Unidad Clástica, hay presencia de clastos.

La Unidad III de la base del Terciario se encuentra también re-

presentada en ambas secciones. En esta unidad se determinó la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*, la cual se caracteriza por la presencia de *Parvularugoglobigerina eugubina* y *Eoglobigerina fringa*. Asimismo, en las secciones La Lajilla y Coxquihui, se detectó la Biozona de *Subbotina pseudobulloides* del Paleoceno Inferior por la presencia de este fósil y de *Subbotina triloculinoides*.

5. Criterios para establecer el límite Cretácico-Terciario

De acuerdo al código de nomenclatura estratigráfica, un límite de piso o edad se establece por sucesiones de sedimentación continua asociados con horizontes guías característicos, que sean fácil de identificar y puedan tener horizontes isócronos.

Smit (1982) y Keller (1989a) establecen que el límite Cretácico-Terciario es generalmente definido por la extinción en masa de la mayor parte de las formas cretácicas de los foraminíferos planctónicos y/o por la primera aparición de las especies terciarias.

Keller *et al.*, (1993) señala seis puntos para definir el límite Cretácico-Terciario en la mayoría de las secciones a nivel mundial, dentro

de estos puntos se encuentran dos puntos importantes a nivel bioestratigráfico: la primera aparición de los foraminíferos planctónicos del Terciario, generalmente dentro de un 1 cm hacia unos pocos centímetros encima de la capa roja e iridio; y la desaparición del grupo restante de especies sobrevivientes cretácicas tropicales y subtropical especies grandes, complejas y muy ornamentadas como los racemiguembelinidos, planoglobulinas y globotruncánidos; quedando sobrevivientes de los taxa cosmopolitas, no especializados están son especies pequeñas, sencillas y no muy ornamentadas tales como los pseudotextuláridos, heterohelícidos, hedbergélidos, globigerínidos y los guembelitridos.

De acuerdo al criterio utilizado por el Código de Nomenclatura Estratigráfica (1980), Smit (1982), Keller (1989a) y Keller *et al.* (1993) desde el punto de vista Bioestratigráfico el límite Cretácico-Terciario se estableció en las secciones La Lajilla y Coxquihui, por la aparición de las "pequeñas globigerinas" y/o las formas terciarias (escasas formas, con una pobre preservación y tamaño pequeño).

V. LA ABUNDANCIA Y LA DIVERSIDAD ESPECIFICA DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS EN EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO.

Los cambios en la abundancia relativa y la diversidad específica de las especies dominantes en la columna geológica son una respuesta a las modificaciones ambientales, las cuales afectaron el modo de vida de los organismos. Las presiones paleoecológicas asociadas al evento ocurrido durante el límite Cretácico-Terciario parecen haber producido un cambio faunístico importante, originando un decremento en cuanto a la abundancia y diversidad específica de los foraminíferos planctónicos de la cima del Maastrichtiano (Keller, 1989 y Smit *et al.*, 1990).

Los parámetros de la diversidad específica y la abundancia relativa de los foraminíferos planctónicos han sido evaluados por medio de análisis cualitativos y cuantitativos.

Los estudios cualitativos y cuantitativos proporcionan una idea precisa de la composición de una asociación de fósiles, siendo posible expresar numérica y gráficamente el desarrollo de un grupo biológico en el transcurso del tiempo. Para la simplificación de estos cálculos se han desarrollado técnicas bioestadísticas

sencillas que consisten en el conteo de los organismos o de las especies, dependiendo del parámetro a evaluar.

En este trabajo se realiza un estudio cualitativo y cuantitativo de los foraminíferos planctónicos encontrados en los sedimentos del límite Cretácico-Terciario de las secciones La Lajilla y Coxquihui del noreste de México.

1. Abundancia

La abundancia de los foraminíferos planctónicos de acuerdo a Matter *et al* (1975) y Huber (1991) ha sido expresada por rangos diferentes que van de raro a abundante. En este estudio se utilizó el criterio propuesto por estos autores, con ciertas modificaciones:

- R = 1 - 10 individuos por especie en cada muestra
- C = 10 - 50 individuos por especie en cada muestra
- A = > 50 individuos por especie en cada muestra

La abundancia de los foraminíferos planctónicos determinados en las secciones La Lajilla y Coxquihui, primeramente, se visualiza (Cuadros 1 y 2) la distribución y abundancia la cual es expresada por medio de los criterios mencionados.

En seguida, se presentan gráficas mostrando la abundancia de las especies más importantes, en común para las dos secciones (Figs. 8 y 9). Asimismo, en la Figura 10 se muestra los porcentajes de la abundancia relativa de los foraminíferos planctónicos observados en las dos secciones.

A. Sección La Lajilla

La abundancia de las especies observadas en la Sección La Lajilla va a variar dependiendo de las unidades estudiadas.

En la Unidad I, los foraminíferos planctónicos pertenecientes a la cima del Maastrichtiano van de raros a abundantes, observándose la predominancia en individuos de ciertas especies, como son *Globotruncanita stuarti*, *Globotruncanita conica*, *Trinitella scotti*, *Pseudotextularia elegans*, *P. deformis*, entre otras (Fig. 8). No obstante, se observan muy pocos individuos pertenecientes a *Abathomphalus mayaroensis*, fósil índice de la cima del Maastrichtiano, determinándose solamente en tres muestras.

En la Unidad II solamente se analizaron dos muestras (LJ-0 y LJ-7), una de las cuales es estéril en microfósiles (LJ-0), mientras que la otra contiene una asociación similar en abundancia a la determinada en la

Unidad I. En esta Unidad no se observó *Abathomphalus mayaroensis*.

La Unidad III se caracteriza por la presencia de raros a comunes ejemplares de la base del Paleoceno; *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Globoconusa daubjergensis*, *Eoglobigerina eobulloides* y "pequeñas globigerinas". Asimismo, en las cinco muestras correspondientes a esta unidad, se determinaron escasos individuos de especies del Cretácico Superior como son *Pseudotextularia deformis*, *P. elegans*, *Racemiguembelina fructicosa* y comunes ejemplares del género *Heterohelix*.

B. Sección Coxquihui

La Sección Coxquihui refleja una mayor abundancia de individuos de las especies del Cretácico Superior y del Paleoceno Inferior con respecto a la Sección La Lajilla.

La Unidad I presenta una fuerte predominancia de especímenes (Fig. 9) de la cima del Maastrichtiano como son *Rosita patelliformis*, *Globotruncanita conica*, *Rosita contusa*, *Pseudotextularia elegans*, *P. deformis*, *Racemiguembelina fructicosa*. Los ejemplares de *Trinitella scotti* son escasos en los sedimentos de esta unidad. Muy raros ejemplares de *Abathomphalus mayaroensis* se determinaron solamente en la muestra COX-5.

EDAD	MAASTRICHTIANO SUPERIOR										PALEOCENO INFERIOR							
BIOZONA	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>										<i>Parvularugoglobigerina eugubina</i>		<i>Subbolina pseudobulimina</i>					
	I					II					III							
MUESTRAS	COX-945	COX-100	COX-90	COX-70	COX-60	COX-40	COX-20	5	COX-0	COX-B	COX-A	COX-C	COX-D	COX+120	COX+150	COX+180	COX+210	COX+250
<i>Rosita patelliformis</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	R									
<i>Pseudotextularia intermedia</i>	A	A	C	R	C	C	C	C										
<i>Rugotruncana</i> sp.	R	R		R	R			C										
<i>Planoglobulina carseyae</i>	R	R		R			R	R										
<i>Planoglobulina brazoensis</i>	R	R	R					R										
<i>Pseudoguembelina excolata</i>	R	C			R			C										
<i>Heterohelix ultimatumida</i>	R	R		C	R		R	R										
<i>Globotruncanella citae</i>	R	R	R	R				R										
<i>Rugoglobigerina penny</i>	R	C	C	R				R										
<i>Rosita caliciformis</i>	R	R	C	C	C	C	C	C										
<i>Racemiguembelina powelli</i>	A	A	A	C	C	C	C	C										
<i>Ventilabrella multicamerata</i>	C	C	R	R			R	R	C									
<i>Globotruncanella holmdelensis</i>	R	R					R											
<i>Planoglobulina</i> sp.	R	R	C	C														
<i>Heterohelix navarroensis</i>	R	R	R	R														
<i>Plummeria hantkeninoides</i>	cf	cf			cf													
<i>Archaeoglobigerina blowi</i>	R	R	R															
<i>Rugotruncana cesarensis</i>	R	R																
<i>Globotruncanita stephensoni</i>		C	C	R	R			R										
<i>Trinitella scotti</i>		R	R	R	R			R	R									
<i>Globotruncana gagnebini</i>		R	R	R	R			C										
<i>Gansserina wiedenmayeri</i>		C	R	R	C		C	A										
<i>Heterohelix punctulata</i>		R	R	R	R		R	R										
<i>Globotruncanella pshadae</i>		R	R		R													
<i>Ventilabrella</i> sp.		R		R			R	C										
<i>Heterohelix striata</i>		R																
<i>Globigerinelloides</i> sp.			R	R	R	R		C										
<i>Pseudoguembelina hariaensis</i>			R		R		R	R										
<i>Globigerinelloides volutus</i>				R	R			R										
<i>Rugoglobigerina reicheli</i>				R				R										
<i>Globotruncana trinidadensis</i>				R				R										
<i>Globotruncanella</i> sp.					R	R	C											
<i>Pseudoguembelina palpebra</i>					R	R												
<i>Gublerina robusta</i>					R													
<i>Gublerina</i> sp.					R													
<i>Rosita walfichensis</i>						C		C										
<i>Globotruncanella kensouara</i>								R	R									
<i>Gublerina acuta</i>								R										
<i>Abathomphalus mayaroensis</i>								R	R				R					
<i>Abathomphalus intermedius</i>								R										
<i>Globotruncanita stuarti</i>	A	A	C	A	A	A	A	A	C	C		C	C	C	C	C	C	C
<i>Globotruncanita conica</i>	A	A	C	C	A	A	A	A	C	R	C	R	C	R	R	R	R	R
<i>Pseudotextularia elegans</i>	A	A	A	R	A	A	C	A		R				R	R	R	R	R
<i>Pseudotextularia deformis</i>	A	A	C	A	A	A	A	A	R	C	cf			R	R	R	R	R
<i>Globotruncanita stuartiformis</i>	A	A	A	C	A	A	A	A	C	C		C	C	R	R	R	R	R
<i>Rosita fornicata</i>	A	A	C	C	A	A	A	A	C	C		C	C	R	R	R	R	R
<i>Globotruncanella havanensis</i>	C	A	C	A	C	C	C	A	R					R	R	R	R	R
<i>Globotruncana</i> sp.	A	A	C	C	A		C	C	R	C				C	R	C	R	R

<i>Pseudoguembelina</i> sp.	R	C	R	R	C	R	C	C		R		R	R	R	R	
<i>Racemiguembelina fructicosa</i>	A	A	A	A	A	C	A	A				R	R	R	R	R
<i>Rugoglobigerina rugosa</i>	A	A	C	C	C			A	R	C		R	R	R	R	R
<i>Rugotruncana subpennyi</i>	R	R				R	R					R	R	R	R	R
<i>Pseudoguembelina cornuta</i>	R	C			C	R		C	R						R	R
<i>Rugoglobigerina macrocephala</i>	R	C	C	R	R	A		C								(R)
<i>Globotruncanella elevata</i>	C	C	A	C	A	A	C	A			R	R	R	R	R	
<i>Gansserina gansseri</i>	R	C	C		C	C	C	A	R		cf	R	R	R	R	
<i>Globotruncanella petaloidea</i>	R	R	R		R		C	C	R			R	R	R	R	
<i>Globotruncana aegyptiaca</i>	C	C	R	C	R			C	C	R		R		R		R
<i>Pseudotextularia textulariformis</i>	A	A	C						R							(R)
<i>Rugoglobigerina rotundata</i>	R	R	R			C										(R)
<i>Pseudoguembelina costulata</i>	R	R	R													(R)
<i>Rosita contusa</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	C			R	R	R		
<i>Globigerinelloides subcarinatus</i>	R	R	R	R	R		R	R						R		
<i>Globotruncana rosetta</i>	R	C	C		C	R	C									
<i>Rosita plummerae</i>	A	A	C			C				C						
<i>Rugoglobigerina milamensis</i>	R	R					R	C	R					R		
<i>Pseudotextularia</i> sp.	A	A	C						R							
<i>Rugoglobigerina</i> sp.	R	R	R	R	R	C	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>Globotruncana falsostuarti</i>	C	R	R	R			C	R	C			R	R	R	R	R
<i>Globotruncanella</i> sp.		A	A													
Heterohellicoides			C	A	C	C	C	C		C		R	C	C	C	R
<i>Rugoglobigerina hexacamerata</i>			R	R				C		R		R				
<i>Globotruncana linneiana</i>		R					R	R		R						(R)
<i>Archaeoglobigerina</i> sp.				R				R		R						(R)
<i>Globotruncanella monmouthensis</i>						R	R	R	R			R	R	R	R	
<i>Globigerinelloides prairi hillensis</i>						R										
<i>Globotruncanella angulata</i>							R	R	R			R		R		
<i>Globotruncanella pettersi</i>								R				R				
<i>Heterohelix glabrans</i>								R								
<i>Globotruncana</i> sp.									R		R	R	R	R	R	
<i>Guembelitra cretacea</i>												C	R	R	R	
"Pequeñas globigerinas"												C	R	R	R	R
<i>Eoglobigerina fringa</i>												R				
<i>Eoglobigerina cobuloides</i>												R				
<i>Woodringina hornestownensis</i>											cf					
<i>Globastica cf. conusa</i>												R	R			
<i>Eoglobigerina edita</i>												R	R			
<i>Parvularugoglobigerina eugubina</i>												R	C	R		
<i>Parvularugoglobigerina longiapertura</i>												R				
<i>Planorotalites compressus</i>														R	R	R
<i>Planorotalites</i> sp.														R	R	R
<i>Morozovella inconstans</i>														R	R	R
<i>Subbotina pseudobulloides</i>																R
<i>Subbotina triloculinoides</i>																C
RETRABAJO																
CAMPANIANO-MAESTRICHIANO INF.																
<i>Rugotruncana subcircunodifer</i>	R	C														R
<i>Globotruncana ventricosa</i>	C	C	C	C			R	C	R	R	R			R		
<i>Ventilabrella manuelensis</i>	R	R		R	R	R		R				R				
<i>Globotruncanella subspinosa</i>	C	C	R						R							
<i>Rosita leupoldi</i>	R	R	R	R												
<i>Globigerinelloides yauconensis</i>	R	R									R					
<i>Globotruncana bulloides</i>											R	R			R	

1-10= R-Baro

10-50= C-Común

50-∞ = A-Abundante

cf= Confer

○ = Retrabajo

Cuadro 2.- Abundancia de los foraminíferos planctónicos de la

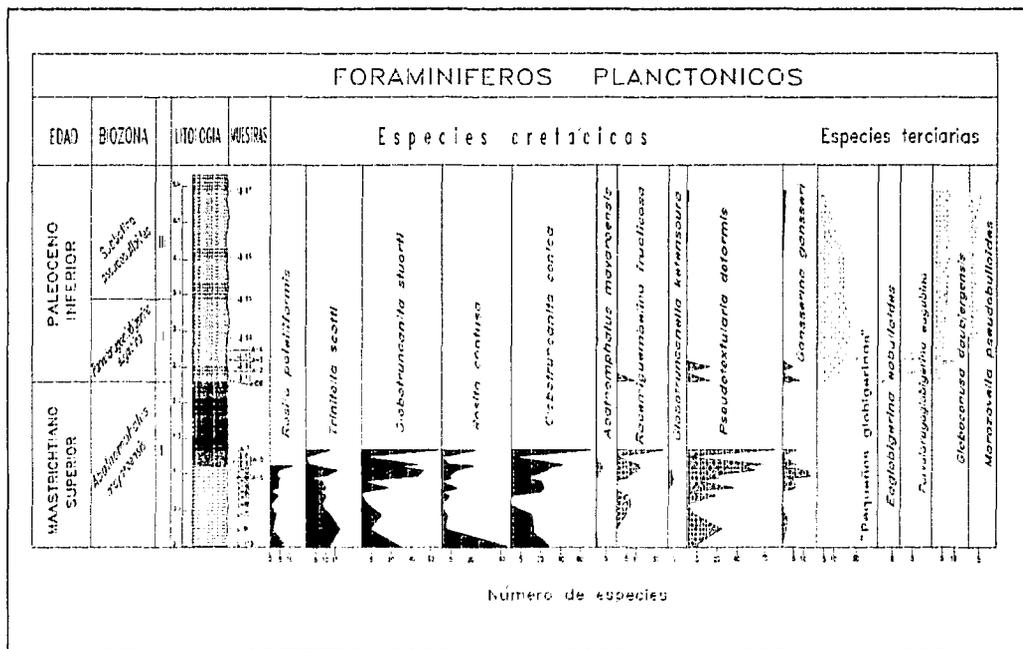


Fig. 8.- Abundancia de algunas especies de foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección La Lajilla. Los individuos de estas especies son abundantes en la Unidad I y II, y en la Unidad III se observa una marcada disminución de estos individuos, dentro de esta Unidad los individuos de las especies terciarias son comunes a raras.

La Unidad II aún contiene individuos de la cima del Maastrichtiano; no obstante, en esta parte de la secuencia la abundancia de los microfósiles disminuye notablemente, observándose solamente de una manera común *Globotruncanita stuarti*, *G. conica* y *Rosita fornicata*. En la base (COX-0) y en la cima de esta unidad (COX-D) se determinaron muy escasos individuos de *Abathomphalus mayaroensis*.

Los sedimentos pertenecientes a la Unidad III contienen comunes especímenes de *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Guembelitra cretacea* y "pequeñas globigerinas" de la base del Paleoceno. En esta unidad aún se encuentran ejemplares cretácicos comunes como son *Globotruncanita stuarti*, y raros individuos de *Globotruncanita conica*, *Pseudotextularia deformis*, *Rosita contusa* y *Racemi-guembelina fructicosa*.

Por otro lado, en un análisis sencillo pero preciso se cuantificó la abundancia relativa de los foraminíferos planctónicos determinados en cada una de las unidades estudiadas, con base a los porcentajes (Fig. 10). Así se obtuvo lo siguiente:

La Unidad I correspondiente a la Formación Méndez de la cima del Maastrichtiano contiene una gran cantidad de especies cretácicas lo cual equivaldría a un 100%. Dentro

de esta unidad no hubo ningún factor o fenómeno que afectara la desaparición o extinción de los organismos.

La Unidad II o Unidad Clástica muestra contrastes muy marcados en cuanto a las asociaciones microfau-nística. En la capa de esferulitas de las dos secciones hay una disminución de aproximadamente el 54% de las formas del Cretácico Superior. De acuerdo a este porcentaje, a la capa clástica y a lo mencionado en el capítulo VII, la extinción observada en las secciones La Lajilla y Coxquhui correspondería a una extinción masiva probablemente catastrófica. Por encima de la capa de esferulitas se advierte ciertas fluctuaciones en relación al porcentaje, siendo ésta es más notoria en la Sección Coxquhui.

En los sedimentos de la Unidad III se observa una disminución de aproximadamente el 67% de los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior, restando un 33% de formas sobrevivientes y retrabajadas de la microfauna del Maastrichtiano Superior. Asimismo, se observan escasas formas terciarias.

Como se ha manifestado en varios trabajos, en el límite Cretácico-Terciario ocurrió un episodio verdadero de ruptura biológica, que afectó

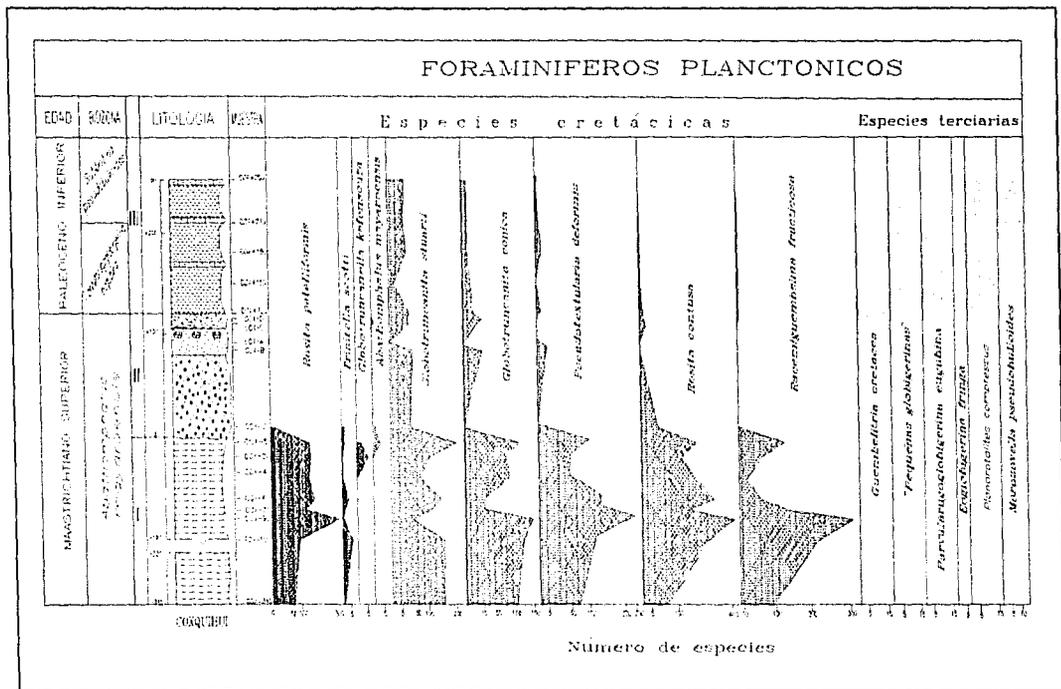


Fig. 9.- Abundancia de algunas especies de foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección Coxquihui. Los individuos de estas especies son abundantes en la Unidad I y II, y en la Unidad III se observa una marcada disminución de estos individuos, dentro de esta Unidad los individuos de las especies terciarias son comunes a raros.

a la mayor parte de los grupos de organismos que vivieron durante el Cretácico.

Sin embargo, en el caso de los foraminíferos planctónicos de las secciones La Lajilla y Coxquhui esta crisis se manifiesta con la extinción en masa de estos organismos, lo cual es comprobado en este trabajo, no obstante, esta extinción comienza a ser detectada en la Unidad II, correspondiente a la Unidad Clástica del Maastrichtiano Superior.

2. Diversidad específica

A nivel mundial, el registro fósil de los foraminíferos planctónicos muestra un incremento de la diversidad específica a través del tiempo, con repetidas fluctuaciones, disminuyendo en ocasiones el número de especies, pero no necesariamente el número de individuos, siendo en principio, las especies más simples las más persistentes.

Hacia finales del Cretácico, la diversidad de los foraminíferos planctónicos fue muy alta, quizá más alta que en cualquier otro periodo del pasado (Cifelli, 1969).

La diversidad específica de acuerdo a Boersma y Premoli-Silva (1983) se obtiene en forma sencilla, efectuando un conteo de todas las

especies determinadas en cada muestra.

En el presente estudio se sigue el criterio propuesto por Boersma y Premoli-Silva (1983). Las figuras 11 y 12 muestran los resultados de la diversidad específica obtenidos en las secciones La Lajilla y la Coxquhui.

A.-Sección La Lajilla

Los sedimentos correspondientes a la Unidad I de la cima del Maastrichtiano contienen una alta diversidad específica, determinándose 56 especies de foraminíferos planctónicos, dentro de las cuales se mencionan *Globotruncanita stuarti*, *G. stuartiformis*, *Rosita contusa*, *Globotruncanita conica*, *Pseudotextularia deformis*, entre otras.

En la Unidad II, correspondiente a la capa clástica, en particular en la muestra LJ-0, no se determinaron microfósiles, mientras que, en la muestra LJ-7 se observó una diversidad de especies del Cretácico Superior notable (25 especies). Sin embargo, es notoria la disminución en cuanto al número de especies a prácticamente la mitad con relación a la Unidad I. Es importante mencionar, que solamente se analizaron dos muestras en esta unidad.

La Unidad III contiene un total de 11 especies del Terciario (*Parvu-*

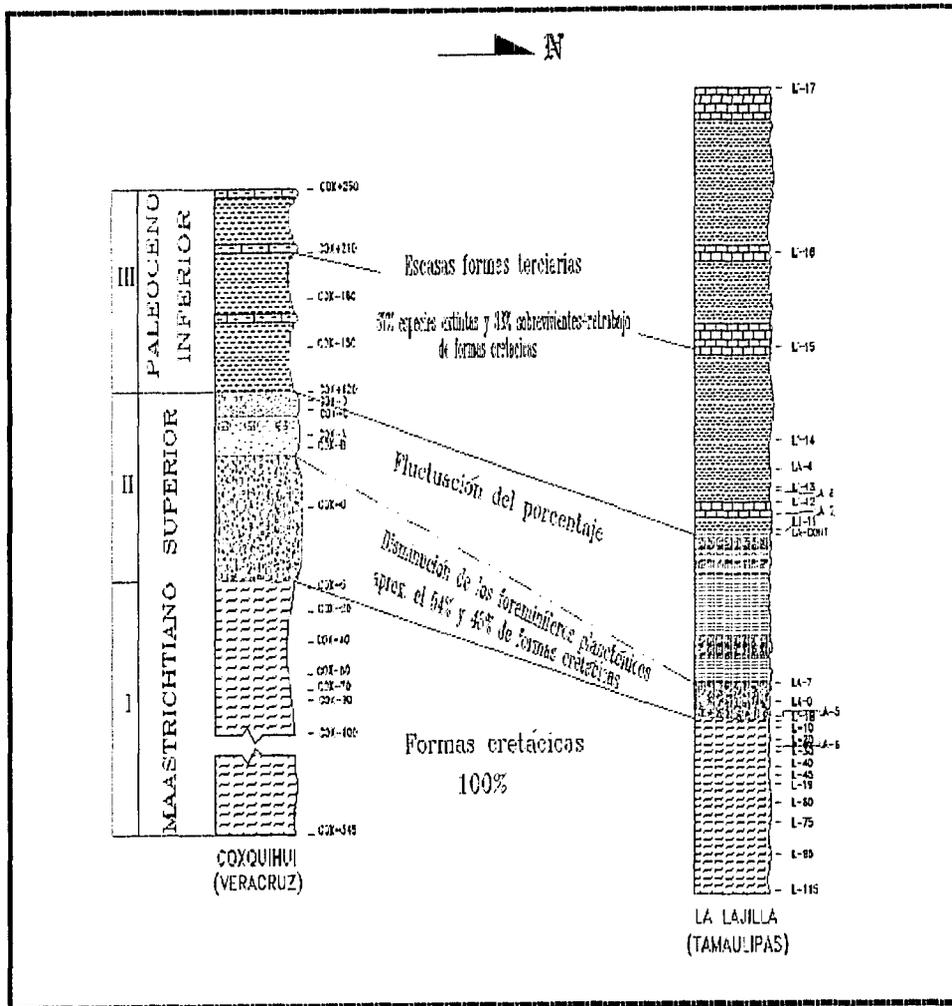


Fig.10.-Abundancia relativa de los foraminíferos planctónicos en el límite K/T

larugoglobigerina eugubina, *Globocornusa daubergensis*, "pequeñas globigerinas", etc.). No obstante, aún se identificaron 14 especies de la cima del Maastrichtiano.

La gráfica correspondiente a la Fig. 11 muestra claramente una tendencia a la disminución de las formas cretácicas a medida que los sedimentos se hacen más recientes.

B. Sección Coxquihui

En la Unidad I, al igual que la abundancia de los foraminíferos planctónicos en la Sección La Lajilla la diversidad específica es muy notable, determinándose 81 especies del Cretácico Superior, destacando *Globotruncanita stuarti*, *G. stuartiformis*, *G. conica*, *Rosita contusa*, *Pseudotextularia deformis*, *Racemiguembelina fructifera* y *Abathomphalus mayaroensis* (COX-5).

La Unidad II correspondiente a la unidad clástica contiene aún especies cretácicas (32 especies), menos de la mitad de las especies determinadas en la Unidad I.

La Unidad III contiene 13 especies de la base del Paleoceno, dentro de las que destacan *Parvularugoglobigerina eugubina* y *Guembelina cretacea*. En esta unidad aún se determinaron 27 especies del Cretácico Superior. Consecuentemente,

hay una predominancia de las formas cretácicas.

La gráfica representada en la Fig. 12 muestra, al igual que la Sección La Lajilla una tendencia hacia la disminución de las formas cretácicas, hacia la parte de arriba de la columna, correspondiente a los sedimentos del Terciario.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis cualitativo y cuantitativo de los foraminíferos planctónicos en las secciones La Lajilla y Coxquihui es evidente la disminución en cuanto a su abundancia y diversidad específica de los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior conforme los sedimentos son más recientes, sin embargo se siguen encontrando éstas aún en el Terciario. En general, se observa la disminución de prácticamente la mitad de especies y de individuos, de abajo hacia arriba con respecto a cada unidad, siendo muy notable en la Sección La Lajilla, donde en la Unidad II, desaparecen la mayor parte de las especies índice del Maastrichtiano Superior.

En la Sección Coxquihui, también se observa una fuerte reducción a nivel de abundancia y de diversidad específica de las formas cretácicas, a partir de la base de la Unidad II, siendo particularmente más notoria

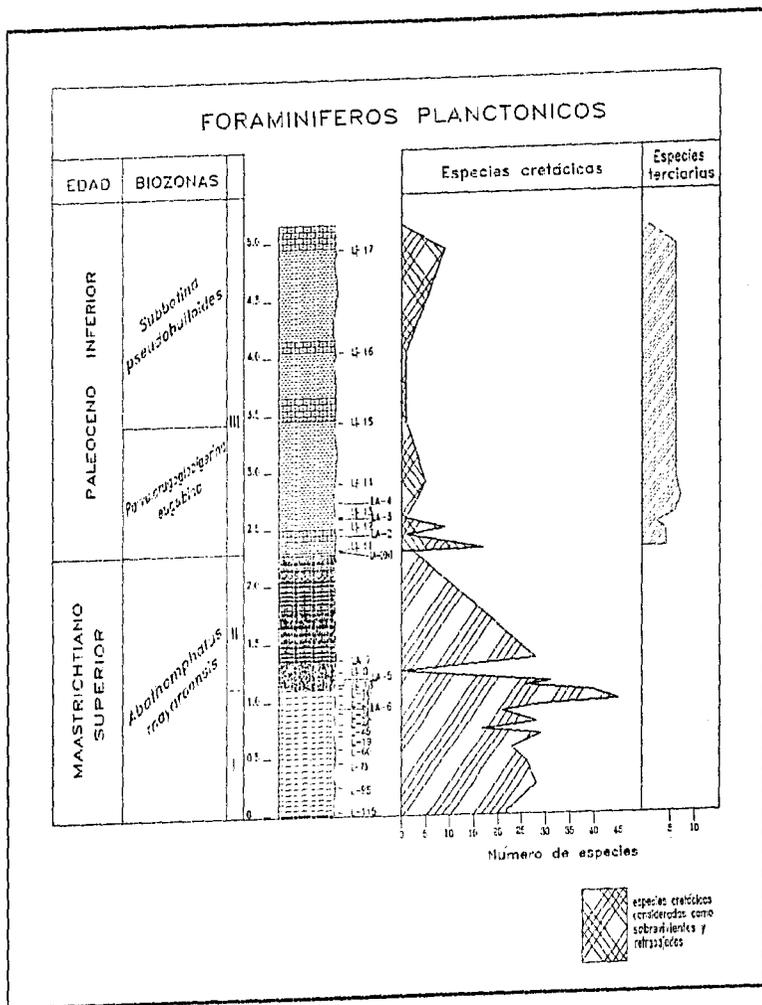


Fig. 11.- Diversidad específica de los foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección La Lajilla.

esta disminución que en la Sección La Lajilla.

Considerando que la Unidad I y la Unidad II pertenecen a la cima del Maastrichtiano, se observa una extinción en masa en la base de la Unidad II, extinguiéndose aproximadamente el 54% de las especies cretácicas, como se menciona anteriormente.

En la Unidad III, la disminución de la microfauna es más notoria en la Sección La Lajilla que en la Sección Coxquihui. Es probable que esta reducción se deba a las condiciones aparentemente más someras que prevalecieron durante el Paleoceno Inferior, lo cual se puede observar por medio de la relación de foraminíferos planctónicos/bentónicos (42%-58%). Con respecto a la Sección Coxquihui, la relación planctónicos/bentónicos es de (80%-20%). Algunas de las especies bentónicas determinadas en este estudio son las siguientes; *Laevidentalina catenula*, *Ammodiscus glabratus*, *Stensioina beccariiformis*, *Gyroidinoides cf grahami*, *Lenticulina* sp., *Stensioina cf excolata*, *Eponides plummerae*, *Eponides subumbonatus*, *Cibicidoides* sp., *Osangularia* sp., *Gavelinella cf monterelensis*, *Bolivinooides draco*, *Coryphostoma cf miralayensis*, *Osangularia mexicana*, *Osangularia velascoensis*, *Stensiocina excolata*, *Morsonella* sp., *Nodosa-*

riela limbata, *Gaudryna paramidata*, *Clavulinoides cf trilaterus*, *Gyroidinoides grahami*, *Nodosorella paleocenica*, *Laevidentalina cf cylindroides*, *Eponides plummerae subumbunatus*, *Gyroidinoides subangulatus*, *Gaudryna* spp.

En conclusión, se puede decir que en las dos secciones, la diversidad específica y la abundancia de los foraminíferos planctónicos marcan una disminución muy notablemente a partir de la Unidad II, correspondiente al Maastrichtiano Superior.

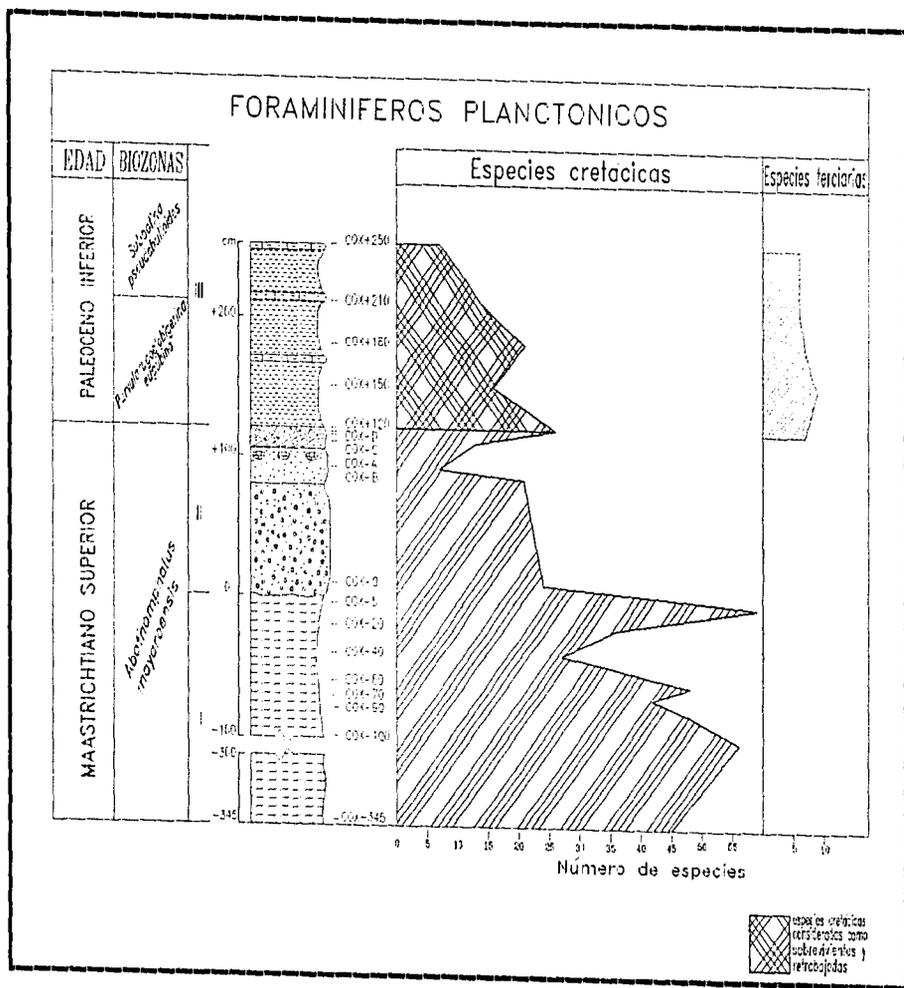


Fig. 12.- Diversidad específica de los foraminíferos planctónicos a través del límite K/T, en la Sección Coxquihui.

VI. CONSERVACION, RE-CRISTALIZACION, ESPECIES RETRABAJADAS Y SOBREVIVIENTES DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS EN EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO.

Los foraminíferos planctónicos son organismos muy abundantes en los océanos. Dentro de la columna de agua, éstos pueden estar sujetos a fenómenos de disolución. Después de su enterramiento los foraminíferos pueden sufrir cambios como resultado de la disolución y recristalización. Asimismo, la distribución y abundancia de estos organismos va a estar condicionada por las condiciones climáticas.

Es evidente que las asociaciones de foraminíferos planctónicos determinadas en los sedimentos del Cretácico Superior sufrieron modificaciones a través del límite Cretácico-Terciario, observándose, un cambio muy contrastante, con las asociaciones microfaunísticas de la base del Paleoceno. Numerosas hipótesis se han formulado con la finalidad de proporcionar una explicación a este acontecimiento; cambios climáticos, impacto de un meteorito, erupciones volcánicas, etc. Asimismo, existe cierta controversia

en cuanto a la explicación de saber si los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior se extinguieron en el límite Cretácico-Terciario o si estos sobrevivieron en el Paleoceno Inferior. Se ha mencionado, que el hecho de encontrar foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior en sedimentos del Paleoceno Inferior se debe a fenómenos de retrabajo.

En este capítulo se discutirá de manera breve, los principales factores que pueden afectar a las asociaciones fósiles en el límite Cretácico-Terciario.

1. Conservación

La conservación de los microfósiles es un parámetro importante para evaluar si un organismo está *in situ* o no.

Numerosos autores como Matter *et al.*, (1975), Huber (1991) y MacLeod (1994) han realizado observaciones muy importantes respecto a la conservación de los foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico-Terciario. Estos autores para cuantificar el grado de conservación han utilizado diferentes rangos que van de pobre, moderado a bueno.

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRABAJADAS

La buena o mala conservación de un organismo se va a reflejar en las conchas y esta puede ser detectada por la coloración o la fragmentación de estas.

En este estudio, las muestras de la Sección Coxquihui, corresponden principalmente a muestras deleznable, siendo relativamente fácil observar la conservación de los foraminíferos planctónicos. En la cima del Maastrichtiano (Unidad I) los foraminíferos planctónicos están bien conservados, evaluando su conservación de buena a moderada. En la Unidad II o unidad clástica, las conchas son más grandes, comparadas con las conchas determinadas en la Unidad I, además estas son muy ornamentadas, aparentemente con una buena conservación, sin embargo, en cuanto se tocan algunos de estos organismos se desintegran; en general, podría decirse que la conservación es moderada. En la Unidad III que corresponda a la base del Terciario, aún se encuentran formas cretácicas con una conservación de pobre a moderada al igual que los foraminíferos planctónicos de la base del Paleoceno

En la Sección La Lajilla a diferencia de la Sección Coxquihui, la mayoría de las muestras son compactas por lo tanto es un poco difícil

apreciar a detalle la conservación de los foraminíferos planctónicos. A pesar de esto, en la Unidad I, la conservación es moderada, en la Unidad II, al igual que en la Sección Coxquihui algunos foraminíferos planctónicos parecen tener una conservación relativamente buena en sección delgada no obstante, las formas sueltas se desintegran al momento de tocarlos, consecuentemente se puede decir que en forma suelta la conservación de los foraminíferos planctónicos es pobre a moderada en esta unidad. En la Unidad III la conservación de los foraminíferos planctónicos es de pobre a moderada.

En resumen, la conservación de los foraminíferos planctónicos en la Unidad I de la Sección Coxquihui es de buena a moderada. En la Unidad II la conservación es moderada y en la Unidad III va de pobre a moderada. Para la Sección La Lajilla, en la Unidad I, la conservación es moderada, las unidades II y III contienen una microfauna cuya conservación es de pobre a moderada.

De una manera general, comparando las dos secciones, se puede reconocer que contienen los mismos microfósiles. La conserva-

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRABAJADAS

ción de los organismos es mejor en la Sección Coxquihui que en La Lajilla. Además se observa una mejor conservación de los foraminíferos planctónicos en los sedimentos del Cretácico Superior que en los del Terciario.

2. Recristalización

La recristalización son cambios en la estructura y en ocasiones en la constitución química de los minerales que constituyen los sedimentos.

La recristalización se debe a cambios de equilibrio químico (diagénesis) como consecuencia de presiones y temperaturas incrementadas a medida que los sedimentos son sepultados más profundamente.

Dentro de las dos secciones analizadas, se observa recristalización de los foraminíferos planctónicos en los sedimentos de la Unidad II correspondientes al Cretácico Superior, siendo más marcada, en esta unidad que en la Unidad III.

3. Especies retrabajadas

De acuerdo a la Guía Estratigráfica Internacional (Hedberg, 1976), los fósiles retrabajados, son aquellos que a pesar de ser de una

edad más antigua, se encuentran en sedimentos de edad más reciente.

Diversos autores como Boersma y Shackleton, (1981), Keller (1989a y 1993) señalan que las especies retrabajadas se pueden reconocer cuando ellas aparecen fuera de su rango normal, si aparecen coasociadas con otras especies aisladas fuera de su rango, o si están presentes como especímenes aislados. Consecuentemente, estos organismos pueden ser reconocidos sin dificultad por su anomalía en cuanto a la edad, aparición aislada, decoloración y pobre conservación de las conchas.

Brinkius y Zachariasse (1988); Huber (1991) y Macleod, K. y Huber, B. (1996) señalan que todas las especies cretácicas que se encuentran en la base del Paleoceno son especies retrabajadas. Olsson y Liu, (1993) señalan que existen dos métodos en los cuales se reconoce el retrabajo: el isotópico el cual se refiere al fechamiento de los organismos con métodos radiométricos y el filogenético donde se observa el proceso evolutivo de los organismos.

Anteriormente a estos últimos autores Bignot (1986) *in* Sánchez (1989), propone diferentes criterios

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRABAJADAS

para detectar el retrabajo en los foraminíferos planctónicos.

La rareza de un fósil, a veces puede ser un criterio para establecer el retrabajo, a condición que exista una diferencia importante entre la edad del fósil y la edad del resto de la microfauna.

El desgaste y la mala conservación no es un carácter decisivo, ya que a veces pueden presentar el mismo estado de conservación los fósiles retrabajados que los autóctonos.

Frecuentemente, las conchas retrabajadas de los foraminíferos planctónicos están cubiertas o impregnadas de óxido de hierro y adquieren un color rojizo.

Finalmente, Bignot señala que la diferencia cronológica en el alcance estratigráfico de los microfósiles es uno de los mejores criterios para decir que un fósil es retrabajado.

De acuerdo a lo mencionado y a las observaciones realizadas en las secciones La Lajilla y Coxquihui, son consideradas como especies retrabajadas (Cuadro 1 y 2) a las especies del Maastrichtiano Superior que se encuentran en la base del Paleoceno, que son difíciles de reconocer, debido a la mala conservación, extremadamente raras,

con una presencia esporádica, aislada rotas o fragmentadas, o con un color diferente al resto de la microfauna, generalmente opaco.

Las especies que son consideradas como retrabajadas en estas secciones son: *Rugotruncana subcircumnodifer*, *Globotruncana bulboides*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncana rosetta*, *Rosita plummerae*, *Globotruncanita elevata* y *Globotruncanita subspinosa*. Asimismo, en las secciones mencionadas se encontró fauna retrabajada del Campaniano-Maastrichtiano Inferior las tres unidades analizadas (I, II y III).

4. Especies sobrevivientes

Una especie considerada como sobreviviente es una especie que aparece o tiene descendientes directos en el Cretácico Superior y que sobrevive dentro de los sedimentos terciarios, dando origen a varios linajes (Smit 1982; Keller 1988a; Olsson *et al.* 1992; Macleod 1994 y Pospichal 1994a)

La presencia de especies cretácicas en sedimentos de la base del Paleoceno ha dado lugar a dos hipótesis principales: una de éstas es la que considera que los organismos de la cima del Maas-

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRAJADAS

trichtiano encontrados en los sedimentos del Terciario Inferior son organismos retrabajados (Huber, 1991). No obstante, otra de estas hipótesis propone que varios de esos organismos pueden ser considerados como sobrevivientes (Smit 1982; Keller 1988a; Olsson *et al.* 1992; Keller *et al.* 1993).

Autores, tales como Boersma y Shackleton (1981), Keller (1989b), MacLeod, (1994); Keller, (1991) y Keller (1993) mencionan que las formas simples, pequeñas, sin ornamentación y escasas como son los hererohelícidos, globigerinelloides, hedbergelídos y guembelítridos, parecen haber sido los organismos mejor adaptados para sobrevivir en el Terciario Inferior. Dentro de las especies sobrevivientes estos autores han designado las siguientes; *Hedbergella monmouthensis*, *Hedbergella holmdelensis*, *Pseudotextularia deformis*, *Globotruncana arca*, *Heterohelix striata* y *Rugoglobigerina hexacamerata*, *Globigerinelloides aspera*, *G. subcarinatus*, y *Heterohelix globulosa*, las cuales se encuentran presentes por encima del límite Cretácico-Terciario. Sin embargo, otros autores como Olsson *et al.* (1992) indican que solo especies que tienen forma trocoidal tales como *Hossiella monmouthensis* y *H.*

holmdelensis pueden ser consideradas como sobrevivientes.

Por su parte Smit (1982) y Olsson *et al.* (1992) proponen a *Guembelitra cretacea*, especie cosmopolita, como la única especie sobreviviente del cretácico, la cual a su vez dio origen a los demás foraminíferos planctónicos del Terciario. Asimismo, Longoria y Gamper (1984) señalan el incremento significativo de esta especie en los sedimentos del Daniano.

Por otro lado, Keller *et al.* (1993a), Keller y MacLeod (1994) consideran que los organismos que sobrevivieron a las condiciones adversas, ocurridas durante el evento del límite Cretácico-Terciario, eran organismos no especializados, los cuales toleraron rangos amplios de temperatura, oxígeno, densidad en el agua, así como otros factores. Estos autores proponen que si en los sedimentos terciarios son encontradas por lo menos un tercio de las especies cretácicas, estas pueden considerarse como especies sobrevivientes.

A su vez, MacLeod (1994) presenta una evaluación general de las investigaciones anteriores, con la finalidad de evaluar las especies sobrevivientes del Daniano. Este

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRABAJADAS

autor propone los criterios siguientes.

El estado de conservación.- la observación al microscopio permite valorar el estado de conservación de los microfósiles, e identificar los organismos sobrevivientes, no obstante, aunque este no es un carácter decisivo, realmente puede ser útil. Estudios estadísticos muestran que los foraminíferos planctónicos sobrevivientes son resistentes a la abrasión y diagénesis, consecuentemente, un organismo sobreviviente debe presentar una conservación de moderada a buena.

La abundancia relativa/población.- el criterio de la abundancia relativa es primordial para detectar si un organismo es o no sobreviviente. La abundancia relativa de un taxón sobreviviente podría incrementarse significativamente después de la extinción de las otras especies.

Estudios geoquímicos (isótopos).- cuando los valores isotópicos (temperatura) de las poblaciones poslímite difieren de los valores isotópicos de las poblaciones prelímite, pueden considerarse como organismos sobrevivientes.

Morfología cuantitativa.- las especies sobrevivientes muestran cambio en cuanto a tamaño y forma lo cual se observan fundamentalmente en el

tamaño, el cual aumenta sin embargo, los organismos conservan su trayectoria ontogénica en cuanto al tamaño de las poblaciones del Cretácico.

La biogeografía comparativa.- la semejanza en la distribución biogeográfica entre las formas cretácicas y terciarias muestra que los organismos son sobrevivientes. Los sobrevivientes persisten sin cambio relativo en cuanto a su distribución geográfica hacia el Daniano.

Asociación con concentraciones elevadas de iridio.- las faunas cretácicas se presentan en sedimentos del Daniano con niveles altos de iridio, no obstante, esto también podría ser considerado como retrabajo.

Las extinciones sincrónicas.- se refiere a que las especies sobrevivientes del Cretácico, deben mostrar extinciones sincrónicas a través de todo su rango geográfico.

El ancestro filogenético.- se propone que las especies terciarias podrían ser originadas de especies cretácicas. Consecuentemente, se considerarían como sobrevivientes.

De acuerdo a lo expuesto arriba y a las observaciones realizadas en este trabajo podemos considerar como especies sobrevivientes a las especies del Cretácico que son comunes y/o abundantes en los

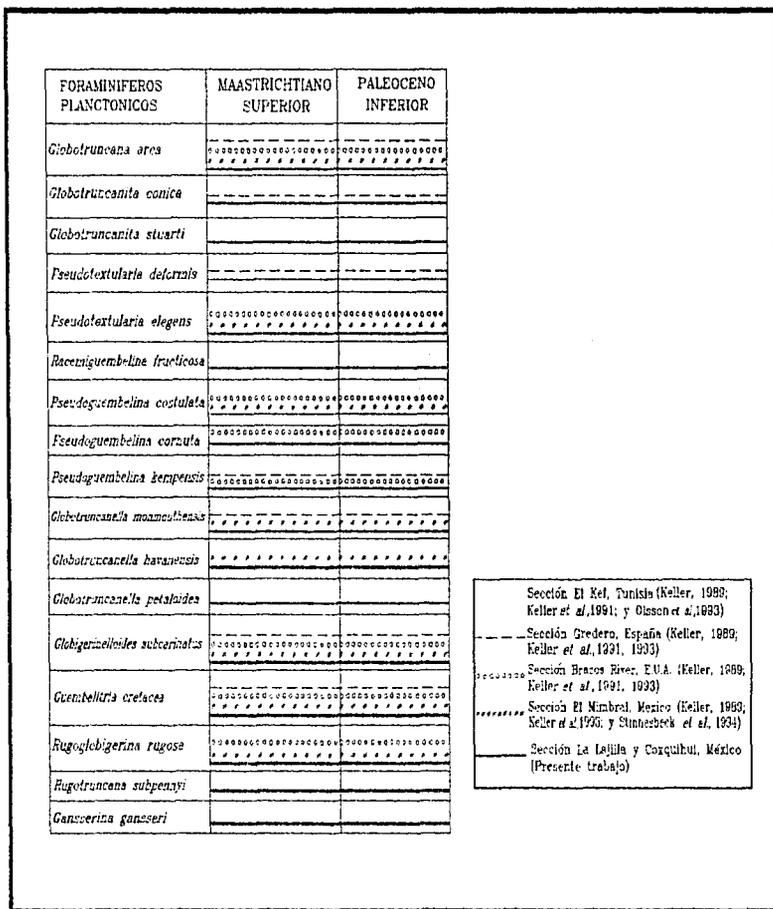


Fig. 13.- Distribución de 17 especies de foraminíferos planctónicos del Maastrichtiano Superior considerados como sobrevivientes en Paleoceno Inferior, comparados con otras secciones del mundo, en donde predominan las formas de globotruncánidos, heterohelicidos y guembelitrídos.

CONSERVACION, RECRISTALIZACION, SOBREVIVIENTES Y RETRABAJADAS

sedimentos del Paleoceno y que presentan una conservación de moderada a buena. En cuanto a su tamaño y forma algunas especies conservan el mismo tamaño que en las poblaciones del Cretácico Superior y una distribución geográfica amplia (ya que han sido reportadas en secciones del límite Cretácico-Terciario de otras partes del todo el mundo). Por consecuencia, las principales especies designadas (Fig. 13) como sobrevivientes en este estudio son *Globotruncana arca*, *Globotruncanita stuarti*, *G. conica*, *Pseudotextularia deformis*, *P. elegans*, *Pseudoguembelina costulata*, *P. cornuta*, *P. kempensis*, *Gansserina gansseri*, *Racemiguembelina fructicosa*, *Globotruncanella monmouthensis*, *G. havanensis*, *G. petaloidea*, *Rugoglobigerina rugosa*, *R. subpennyi*, *Globigerinelloides subcarinatus*, y *Guembelitra cretacea*. que pertenecen a los grupos de los heterohelícidos, globotruncánidos, globigerínidos, rugoglobigerínidos y guembelítridos. Estas especies son determinadas como especies sobrevivientes debido a que son comunes en los sedimentos del Paleoceno y se encuentran bien conservadas.

Es importante hacer notar que en este trabajo se observan otras especies que probablemente sean

especies sobrevivientes, ya que han sido determinados en otras secuencias del límite Cretácico-Terciario, sin embargo, la conservación y abundancia de estas especies en las secciones La Lajilla y Coxquihui, no son representativos para decir con exactitud que estas especies son sobrevivientes sino retrabajadas.

En la Fig. 13, se muestra la distribución estratigráfica en varias partes del mundo de algunas especies consideradas como sobrevivientes.

VII. EXTINCCIONES

1.- Antecedentes

Uno de los grandes enigmas en la historia de la Tierra son las grandes extinciones de los organismos, y en particular, la extinción masiva ocurrida en el límite Cretácico-Terciario.

La extinción es el rasgo más importante en la historia de la vida, la cual aún, cuando no siempre, representa una parte de la evolución y por consecuencia ejerce cierta influencia en los patrones evolutivos.

Para reconstruir los hechos y los aspectos del pasado a través de la historia de la vida es necesario efectuar ciertas suposiciones, y estas fueron realizadas por diferentes investigadores, partiendo de dos corrientes principales; el catastrofismo y el uniformismo en las cuales se han basado los científicos para tratar de explicar la extinción de varios grupos de organismos.

La teoría del catastrofismo fue iniciada por Cuvier (1769-1829) en el siglo XVIII. Este investigador ha sido uno de los hombres de ciencia que más influencia y poder alcanzaron a lo largo de su vida. Dotado de una capacidad de trabajo extraordinaria, llevó a cabo una gran labor científica interesándose en los estudios de anatomía y paleontología, estableció

el "principio de correlación". De sus investigaciones sobre los vertebrados fósiles dedujo que en el transcurso de los tiempos, había tenido lugar una sucesión de faunas distintas, sin formas de paso entre ellas; propuso que grandes "cataclismos geológicos" habían ocasionado la desaparición masiva de los seres vivos o la extinción casi total de las especies contemporáneas, sustituidas posteriormente por otros conjuntos de especies de organización más avanzada (Benson, 1984). De aquí surgió la hipótesis de las "creaciones sucesivas", que desarrollaron sus discípulos, sin embargo, hay que advertir que, después de cada uno de sus supuestos cataclismos, no consideraba indispensable una nueva creación de la totalidad de los animales que iban a reemplazar a los desaparecidos, sino que éstos podían extenderse mediante migraciones amplias a partir de ciertos parajes donde no hubiesen llegado los efectos de sus "revoluciones".

Los catastrofistas reconocieron a los fósiles como restos petrificados de organismos que vivieron en otra época y suponían que estos organismos habían sido destruidos por "revoluciones" geológicas sucesivas y repentinas durante las cuales los mares inundaron los continentes, se secaron los océanos y la superficie

de la Tierra estuvo sometida a grandes levantamientos.

En contraposición a la teoría de los cataclismos de Cuvier se fue constituyendo la teoría de las "causas actuales".

A finales del siglo XVIII y a principios del siglo XIX, el término "uniformismo", fué utilizado sobre todo por los americanos y "actualismo" por los europeos como J. Hutton, J. Hall y T. Playfair en Inglaterra, o M. Lomonsov en Rusia, etc. Ellos formularon que la Tierra estaba sometida a cambios constantes que tienen lugar inexorablemente a lo largo de grandes periodos de tiempo. El "actualismo" o "uniformismo" tuvo sus antecedentes con el geólogo James Hutton (1726-1797) que publicó en 1795 la teoría de la Tierra. El portador más célebre y más entusiasta de la teoría del Actualismo fué el inglés Charles Lyell quién entre 1830 y 1840 publicó los Principios de la Geología. En el año de 1860, envuelve finalmente la causa del evolucionismo influenciado por Darwin. Basándose en J. Hutton, y partiendo de los principios evolutivos Lyell mismo expresó: "el presente es la llave del pasado".

De acuerdo con las ideas de Lyell (1797-1875), la Tierra durante el pasado, ha estado sometida a condiciones parecidas a las actuales y la

mayoría de los fenómenos geológicos se pueden interpretar, como resultado acumulativo de pequeños y lentos cambios, similares a los que se producen en el presente. Consecuentemente, las formaciones geológicas que corresponden a edades pretéritas se han originado por la acción, prolongada a través de enormes espacios de tiempo, de los mismos agentes que siguen actuando hoy en día (lluvia, corrientes de agua, el mar, viento, erupciones de los volcanes, y los terremotos), sin tener que recurrir a causas desconocidas, extinciones o fenómenos geológicos diferentes de los que podían ser observados hoy en día (Gould, 1972). El estado actual de la corteza terrestre no se debe a grandes cataclismos, sino que en realidad es el resultado de una lenta evolución geológica (Berggren, 1984). Tales principios siguen siendo válidos en geología; pero Lyell, consecuente con sus ideas tendía a aplicar el actualismo también en el campo de los seres vivos, frente a las ideas transformistas de Lamarck, sin embargo, tampoco se decide por las creaciones sucesivas para explicar los cambios de fauna y flora, cada vez más avanzadas, a lo largo de las eras geológicas, sino que los atribuye a un efecto de perspectiva incompleta de tales cambios y se inclina más bien a

pensar que los conjuntos de seres vivos de otras épocas han sido análogas a los actuales. Lyell reconoció que el actualismo es una manera particular que tiene la geología para expresar una regla general del método científico, llamado principio de simplicidad, no inventar ninguna causa desconocida, fantasiosa o extraordinaria, por muy lógica que parezca.

Como ha sucedido tantas veces en la historia de la ciencia, Cuvier y Lyell tuvieron en parte razón y en parte se equivocaron. Los aspectos positivos de sus contribuciones fueron sintetizados más tarde por Darwin, al establecer el concepto de evolución ramificada "progresiva" en determinadas ramas, lenta y gradual.

Las concepciones "actualistas" o "uniformismo" se oponían a las ideas catastróficas de Cuvier, el cual pone en relieve cambios repentinos y violentos a través de la historia de la Tierra. Así, la teoría de Cuvier fue reemplazada por la teoría el "uniformitarismo" o "actualismo" que destacaba cambios lentos y regulares, producidos por procesos de la teoría del "uniformitarismo" semejantes a los que se observan hoy día.

Las extinciones simultáneas que han tenido lugar en toda la superficie de la Tierra han llevado a formular en algunos investigadores

explicaciones teóricas drásticas, como el cataclismo de Cuvier. Por otro lado, a pesar que, Lyell no podía negar que muchas especies se habían extinguido, tampoco creía en una sucesión cronológica de las formas de vida, que se hubiesen originado desde las más simples hasta las más complejas. Para él, la historia de la Tierra y de la vida podían ser consideradas como cíclicas. Consecuentemente Lyell, mencionaba que ningún evento en la historia de la tierra podía suceder de repente, negando la idea de cualquier proceso catastrófico y estando a favor del uniformitarismo, tratando de alargar el breve intervalo de tiempo, donde ocurrió la extinción del límite Cretácico-Terciario, propuso una extinción gradual. Por otro lado, Cuvier sugirió que el catastrofismo pudo haber provocado una extinción en masa en un intervalo de tiempo más rápido y corto.

Por otra parte, si se negaba a admitir que las especies podían variar y transformarse en otras especies, no había otro medio que encontrar una explicación al hecho de la desaparición de innumerables especies sin representantes actuales, tal como lo revelaba la paleontología y sino, la única salida era aceptar la teoría de la evolución, que suponía la existencia de creaciones

sucesivas y múltiples, cuyo número iba aumentando a medida que se iban descubriendo nuevo fósiles. Una de las posibilidades, que caía dentro de la línea del catastrofismo y que conducía también a las conclusiones que este no había enunciado, consistía en considerar la existencia de creaciones y extinciones catastróficas sucesivas. D'Orbigny (1802-1857) fue uno de los defensores más convencidos de este tipo de conclusiones (Kauffmann, 1988).

Como sugirió Cuvier, se presenta un escenario de "juicio final" a finales del Cretácico Superior, el catastrofismo provocó una extinción en masa de los organismos en un corto período de tiempo (miles de años) (Tappan, 1979; Hsü *et al.* 1982).

Por otro lado, Darwin no creía en el registro fósil, creía que la extinción era un misterio, un proceso gradual, para él era simplemente la terminación de un linaje concreto, es decir, un proceso individual y propio de cada especie, ligado en cada caso a causas diversas que impedían la elaboración de una suerte de "teoría de la extinción" paralela a la "teoría de la evolución", pero una vez más el naturalista inglés se situaba en lo opuesto con su adversario George Cuvier ya que éste último se preocupó fundamentalmente de la extin-

ción masiva de las especies, y se ocupó muy poco o nada de su origen (Kauffmann, 1988).

2. Patrones, mecanismos y consecuencias que afectaron a las extinciones.

El primer paso en la investigación sobre las diversas teorías de extinción sería buscar pruebas sobre las condiciones ambientales que afectaron a los organismos, produciendo extinciones masivas, así como detectar cuales fueron las causas que produjeron la extinción de diferentes grupos de organismos en el límite Cretácico-Terciario.

A. Teorías y causas que produjeron las extinciones masivas en el límite Cretácico-Terciario

De acuerdo a la literatura, las diferentes teorías sobre las extinciones en el límite Cretácico-Terciario podrían dividirse en dos clases principales; las causas terrestres y las extraterrestres.

Dentro de los fenómenos terrestres se han propuesto diversas hipótesis que están relacionados, a los cambios dinámicos en el planeta.

a. Cambios climáticos.- Las condiciones climáticas probablemente afectaran a los diferentes grupos taxonómicos. Las especies más afec-

tadas, normalmente son aquellas que son incapaces de adaptarse a condiciones más frías, y que son incapaces de migrar. Bajo condiciones severas la intensa competencia por el habitat y la alimentación limita enormemente la diversidad, y por lo tanto, el número de especies disminuye (Fischer, 1984).

Investigadores como Kauffman (1984) señalan que durante la mayor parte de la Era Mesozoica entre 240 y 65 millones, el clima se hizo considerablemente cálido, el clima cálido del Cretácico, que comienza hace unos 135 millones de años, tenía unas temperaturas medias globales que eran más altas que en la actualidad. No existen evidencias de un casquete de hielo permanente, como los que ahora cubren la Antártida y Groelandia. Las aguas de las zonas abisales que ahora están cerca del punto de congelación, eran unos 4°C más cálidas. Los océanos del período Cretácico se intercomunicaban en las regiones ecuatoriales por los mares intracontinentales del Tethys y América Central, lo cual permitía un sistema circunglobal único.

Las bajas temperaturas también podrían afectar de manera adversa la distribución de las especies, confinando a aquellas dependientes del calor a las regiones tropicales (Hsü, 1981).

b. Nivel del mar.- Kauffman, (1984) señala la importancia de la variación del nivel del mar con las extinciones. En muchos lugares, las masas continentales presentan relieves relativamente poco elevados. Las fluctuaciones pequeñas del nivel del mar pueden sumergir o desecar rápidamente áreas geográficas grandes y así modificar las condiciones ambientales, produciendo extinción masiva de los organismos.

Keller (1989) y Stinnesbeck *et al.* (1993), proponen que la extinción masiva de los organismos en la cima del Maastrichtiano fue producida por un "estrés", en el medio ambiente, debido a una regresión a nivel global, la cual se originó a su vez por erupciones volcánicas.

c. Vulcanismo.- Una gran cantidad de erupciones volcánicas durante un largo período de tiempo podría producir un descenso importante en las temperaturas globales mediante la emisión de enormes cantidades de cenizas y polvo hacia la atmósfera. Esto haría ocultarse el sol produciendo extinciones masivas de animales y plantas. Las densas nubes de polvo volcánico reflejan hacia el espacio la mayor parte de la radiación solar, produciendo así el oscurecimientos de la Tierra y el descenso global de las temperaturas. Un descenso del 5% de la radiación

solar que alcanza la superficie, podría implicar un descenso de hasta 6°C en las temperaturas, suficientes para desencadenar una glaciación. El enfriamiento a largo plazo podría causar la expansión de los glaciares y el descenso del nivel del mar, lo cual restringiría los habitats de los organismos produciendo extinciones masivas.

Otra explicación posible para las extinciones masivas es la lluvia ácida producida por una actividad volcánica, 100 veces más intensa que en la actualidad. En este caso se podría haber producido una destrucción generalizada de la vida marina y terrestre por la defoliación de las plantas y la alteración del pH de los océanos. Los gases ácidos arrojados a la atmósfera también podrían haber reducido la capa de ozono, permitiendo que la radiación ultravioleta inundara el planeta. Esta podría ser la explicación de la muerte de los dinosaurios, de piel desnuda (Kauffman, 1984 y 1988).

Por otro lado, las teorías extraterrestres proponen la caída de un meteorito o de supernovas.

Una de las teorías que más controversias ha tenido es la teoría del impacto propuesta por Alvarez (1980). Este investigador sugiere que la caída de un cuerpo extraterrestre como un meteorito o un cometa, al

colisionar con la tierra pudo haber causado extinciones simultáneas catastróficas en el límite Cretácico - Terciario. Esta teoría ha sido apoyada por las altas concentraciones de iridio, la presencia de cuarzo de choque, la capa clástica conteniendo esferulitas, los cual según Alvarez son fuertes evidencias del impacto de un cuerpo extraterrestre en el límite Cretácico-Terciario.

El impacto de un meteorito o de varios meteoritos de tamaño mediano podrían producir una perforación bastante grande en el suelo, e impulsar enormes cantidades de polvo hacia la atmósfera, provocando el oscurecimiento de la tierra. Además de esto, el calor generado por la compresión de la atmósfera y la fricción del impacto podría iniciar incendios generalizado de los bosques (Wolbach *et al.* 1986). Las grandes cantidades de polvo rodearían la tierra durante varios meses, produciendo así un fuerte enfriamiento, lo que detendría la fotosíntesis y eliminaría el fitoplancton que vive cerca de la superficie en los océanos. Los efectos de estas extinciones pueden afectar en sentido ascendente y progresivo a la cadena trófica, causando la muerte masiva de las especies superiores tanto marinas como terrestres y sobre todo en los trópicos donde las especies

son particularmente más sensibles a las condiciones de ambientes fríos (Alvarez *et al.* 1982; Hsü *et al.* 1982).

La lluvia masiva de cometas, ha contribuido a la explicación de la desaparición de los dinosaurios y de otros grupos. Como se menciona, los cometas calentarían la atmósfera al chocar con la tierra, produciendo nitrógeno y oxígeno, al combinarse estos elementos formarían óxido nítrico que destruye el ozono, y dejando todo tipo de vida sin protección, contra la intensa radiación ultravioleta del Sol.

3. Modelos de extinción

La evolución de la biosfera se ha visto repetidamente interrumpida por grandes crisis ecológicas (extinciones masivas), las cuales han tenido como efecto una gran mortalidad de los organismos, una extinción de más del 50% de las especies del mundo se extinguieron en intervalos de tiempo geológicamente cortos (desde meses hasta 3 millones de años. Kauffman, 1988). Esta extinciones se encuentran reflejadas en el registro geológico y se han descrito aproximadamente de 10 a 14 extinciones masivas en los últimos años, estas extinciones masivas tuvieron lugar a intervalos predecibles de más o menos 26 a 30 millones (Raup,

1988; Kauffman, 1984 y 1988), aparentemente las extinciones mayores coinciden con los límites entre los periodos de tiempo geológicos más importantes (Newell, 1984).

Los efectos del fenómeno de extinción masiva pueden ser representados por diferentes modelos. Dentro de un rango amplio de esquemas de extinción y sus causa variables, se distinguen tres modelos básicos; Extinción masiva gradual, extinción masiva por etapas y extinción masiva catastrófica (Kauffman, 1988).

A. Extinción masiva gradual

La extinción masiva gradual es un proceso que dura entre 1 y 5 Ma Durante este intervalo de tiempo se produce una reducción del 50%, en la diversidad de los organismos. Los mecanismos causantes de la extinción masiva gradual se consideran ligados a factores terrestres, como persistentes descensos en los niveles del mar, glaciaciones, empobrecimiento en los niveles de oxígeno oceánico, intoxicación química del agua, prolongados intervalos de cambio de la temperatura, efecto de invernadero enfriamiento de la Tierra, etc. (Fig. 14A).

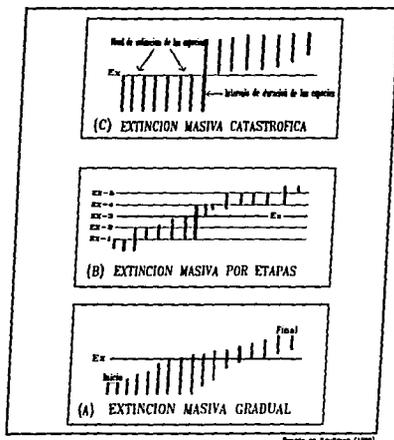


Fig.14.- Principales modelos de extinción que aparecen en el registro fósil. La extinción masiva gradual se manifiesta en el Pérmico-Trifásico. La extinción masiva por etapas, dentro del Devónico Superior y la extinción catastrófica representada en el límite Cretácico-Terciario.

B. Extinción masiva por etapas o escalonada. Este tipo de extinción implica una serie de episodios ecológicamente selectivos y de corto

plazo (menor de 100 000 años). Generalmente estos eventos están espaciados entre 100 000 y 500 000 años, aunque en conjunto llegan a extenderse más allá de intervalos de 1 a 3 Ma (Berggren, 1984). Entre estas etapas o escalones, la tasa de extinción vuelve a los niveles iniciales y pueden producirse nuevas especies, así como la regeneración del ecosistema inicial. Los organismos tropicales y subtropicales se ven más afectados por la extinción, durante las primeras etapas, mientras que hacia los polos, los organismos, tienden a verse más afectados durante las etapas finales de extinción, solamente una porción global de la biota es afectada en cada etapa, mostrando un gradiente ecológico general a través del tiempo. En el curso de cada escalón o etapa de extinción, generalmente, se encuentran asociados a evidencias físicas y químicas a gran escala, en la circulación oceánica y atmosférica, en principio, estas perturbaciones ambientales excedieron progresivamente los márgenes adaptativos de varias especies, ya fuesen tropicales o de aguas frías. En realidad la definen como una serie de etapas catastróficas cercanas y/o simultáneas ecológicas. Asimismo se ha evidenciado este tipo de extinción provocada por mecanismos de múltiples

impactos de meteoritos produciendo perturbaciones en la circulación oceánica y atmosférica (Kauffman, 1988). (Fig.14B).

C. Extinción masiva catastrófica

Se considera como extinción masiva catastrófica a la extinción entre el 50 y el 90% de los organismos interpretadas como acontecimientos entre intervalos de días a cientos de años y se le ha relacionado con perturbaciones del ambiente global a muy corto plazo, como por ejemplo los impactos de un meteorito o un cometa. Tales catástrofes afectan simultáneamente a taxa genética y ecológicamente variados, y a la mayoría de los ecosistemas globales, a pesar de su ubicación en "estrategias" de supervivencia intrínsecas. Las predicciones de una extinción masiva son que los sobrevivientes serán pocos, predominantemente generalistas ecológicos (Jablonski, 1986), y que la regeneración será a largo plazo, abarcando millones de años. La gran extinción masiva del límite Cretácico-Terciario esta asociada con evidencias de por lo menos un impacto de meteorito, y es citada como el mayor ejemplo catastrófico (Alvarez *et al.*, 1980, 1984). (Fig. 14C).

Después de más de 20 años, de intensos debates, polémicas, con-

troversias, etc., sobre los mecanismos que originaron las extinciones en masa, no parece haber una respuesta precisa del origen de las extinciones en el límite Cretácico-Terciario.

No obstante, se considera razonable no apelar a un factor único para explicar las extinciones masivas, ya que la causa probable de las extinciones pudo haber sido la influencia mutua provocando diferentes factores.

4. Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario

Dentro de las extinciones importantes producidas a través del tiempo geológico, se encuentran las de los límites Precámbrico-Cámbrico, Ordovícico-Silúrico, Pérmico-Triásico, Triásico-Jurásico, Cenomaniano-Turoniano y uno de los más estudiados actualmente, y que objeto de este estudio es la extinción en masa del límite Cretácico-Terciario (Kauffman, 1988).

La extinción en masa del límite Cretácico-Terciario es una de las extinciones masivas más famosas y mejor estudiadas en este periodo y marca el final de la era de los dinosaurios. En general, las temperaturas globales comenzaron una fase de enfriamiento, sin embargo, un cli-

ma templado y uniforme persistía en gran parte de la Tierra. Los niveles de dióxido de carbono cayeron rápidamente; los análisis geoquímicos presentan fluctuaciones rápidas de las temperaturas oceánicas, marcando una desestabilización de la circulación oceánica y atmosférica. Bajo estas circunstancias un gran número de organismo desaparecieron, dentro de estos grupos están los foraminíferos planctónicos, coccolitofóridos y radiolarios presentando una pérdida entre el 70 y 90% o más de especies extintas cerca del límite Cretácico-Terciario, (Thierstein, 1982 y Kauffman, 1988), la desaparición de los dinosaurios y la pérdida de alrededor del 65% de las especies de plantas terrestres continúan la extinción a través del Terciario Inferior (Kauffman, 1988). En las comunidades oceánicas los microorganismos planctónicos y en particular los foraminíferos planctónicos, fueron uno de los grupos más afectados, sin embargo se ha estimado que el 80% de las especies del Maastrichtiano Superior se extinguieron antes del Terciario. La duración exacta y el porcentaje de esas extinciones son de gran interés para determinar las causas de extinción a través del límite Cretácico Superior-Paleoceno Inferior.

En general, de acuerdo a lo citado arriba y a los análisis de abundancia y de diversidad, la extinción de los foraminíferos planctónicos en las secciones La Lajilla y Coxquihui sugieren una extinción masiva debido a que desaparecen más del 50% de las especies.

Por otro lado, las extinciones masivas del límite K/T han sido relacionadas con los impactos de meteoritos (cuarzo de choque y tectitas), lo cual es considerado como catastrófico. Por consecuencia, de acuerdo a esto y a los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior analizados en las secciones La Lajilla y Coxquihui sufrieron una extinción masiva probablemente del tipo catastrófico.

Por otra parte, comparando el estudio realizado con nanoplancton calcáreo de estas mismas secciones por Ruiz (1996), señala dos tipos de extinción una masiva catastrófica en la Sección Coxquihui lo cual se esta de acuerdo y por otro lado muestra una gran diferencia en la Sección La Lajilla ya que menciona que presenta una extinción masiva gradual y esto lo interpreta como retrabajo de la nanoflora cretácica dentro del Paleoceno Inferior.

VIII. CONCLUSIONES

Los foraminíferos planctónicos determinados en el límite Cretácico-Terciario de las secciones La Lajilla y Coxquihui son abundantes y bien conservados.

El análisis de la microfauna planctónica permitió establecer el límite Cretácico - Terciario en las dos secciones estudiadas, entre las unidades II y III por la aparición de *Parvularugoglobigerina eugubina* y las "pequeñas globigerinas"

La distribución de los microfósiles ayudó a reconocer las biozonas de *Abathomphalus mayaroensis* de la cima del Maastrichtiano y la de *Parvularugoglobigerina eugubina* de la base del Paleoceno. Por encima de esta última biozona se determinó la Biozona de *Subbotina pseudobulloides* del Paleoceno Inferior.

Los análisis cuantitativos y cualitativos de la abundancia y diversidad específica de los foraminíferos planctónicos determinados en la Unidad II del Maastrichtiano Superior de las secciones permitieron determinar una extinción masiva (extinción aproximada del 54% de las formas cretá-

cicas), probablemente del tipo catastrófico. En la Unidad III se observa la reducción del 67% de la microfauna cretácica, restando un 33% de formas sobrevivientes y retrabajadas. Asimismo en esta última unidad se observan escasas formas terciarias.

En las secciones La Lajilla y Coxquihui, se observaron foraminíferos bentónicos escasos y algunos relativamente bien conservados.

Por otro lado, la proporción planctónicos/bentónicos de estos organismos en la Sección Coxquihui (80%-20%) indica que los sedimentos de esta sección se depositaron probablemente, en un ambiente ligeramente más profundo que los de la Sección La Lajilla (42%-58%).

A partir de este trabajo, se propone continuar con el estudio de los foraminíferos planctónicos a través del límite Cretácico-Terciario en más secciones de México, con la finalidad de evaluar la sobrevivencia de las especies cretácicas en los sedimentos del Paleoceno Inferior. Siendo necesaria la continuidad de esta investigación en los sedimentos de este límite

BIBLIOGRAFIA

ADATTE, T., STINNESBECK, W. y KELLER, G. 1994. Mineralogical correlation near K/T boundary in northeastern Mexico: Evidence for long term deposition and volcanoclastic influence. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions*. N°825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. pp.1-2.

ALVAREZ, I. W., ARTHUR, M. A., FISCHER, A. G., LOWRIE, W., NAPOLEON G., PREMOLI SILVA, I y ROGGENTHEN, W. M. 1977. Upper Cretaceous-Paleogene magnetic stratigraphy at Gubbio, Italy: V. Type section for the late Cretaceous-Paleocene geomagnetic reversal time scale. *Bull. Geol. Soc. Amer.* V.88, pp.383-389.

ALVAREZ, I. W., ALVAREZ, W., ASARO, F. y MICHAEL, H. V. 1979. Experimental evidence in support of an extraterrestrial trigger for the Cretaceous-Tertiary extinctions. *Eos*. V.60, p.734.

ALVAREZ, I. W., ALVAREZ, W., ASARO, F. y MICHAEL, H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cre-

taceous-Tertiary extinction. *Science*. V. 208, pp. 1095-1108.

ALVAREZ, I. W., ALVAREZ, W., ASARO, F. y MICHAEL, H. V. 1982. Current status of the impact theory for the terminal Cretaceous extinction. *Geol. Soc. Amer., Special. Pap.* V.190, pp.305-315.

ALVAREZ, W.; GRAJALES, J.M.; MARTINEZ, S.R. ROMERO M.P.R. RUIZ, L.E., GUZMAN, R.M.J.; SAMBRANO, M., SMIT, J., SWINBURNE, N. H. y MARGOLIS, S. V. 1992. The Cretaceous/Tertiary impact-tsunami deposit in NE Mexico. *Geol. Soc. Amer., Ann. Meet. Abstr. Prog.*, V.24, p. A33

ALVAREZ, W. 1994. Chicxulub y la Teoría del impacto como causa de las extinciones en masa en el límite Cretácico-Terciario. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.7, N°1, pp.1-13.

BLOW, W. H. 1979. The Cainozoic Globigerinida. V.1. Ed. J. Brill, Leiden. 1413p.

BOERSMA, A. y N. J. SCHACKLETON. 1979. Carbon and oxygen isotope records at DSPD site 384 (North Atlantic) and some Paleocene Temperatures and carbon isotope va-

BIBLIOGRAFIA

riations in the Atlantic Ocean. *Initial. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 43. pp.695-717.

BOERSMA, A. y N. J. SCHACKLETON. 1981. Oxygen and carbon isotope variations and planktonic foraminiferal depth habitats: Late Cretaceous to Paleocene, central Pacific, DSDP sites 463 and 465, leg 65. *Initial. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 65. pp.513-526.

BOERSMA, A. y PREMOLI-SILVA, I. 1983. Paleocene planktonic foraminiferal bioecogeography and the paleoceanography of the Atlantic Ocean. *Micropaleontology*. V.29, N°.4, pp. 355-381.

BOLLI, H. M. 1957. The Genera *Praeglobotruncana*, *Rotalipora*, *Globotruncana*, and *Abathomphalus* in the Upper Cretaceous of Trinidad, B.W.I. in Loeblich A.R., Jr., et al. *Studies Foraminifera. Bull. U. S. Nat. Mus.* N°215, pp.51-60

BOLLI, H. M. 1966. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. *Bol. Informativo. Asoc. Venezolana Geol., Minería y Petrol.* V.9, pp.3-32.

BOLLI, H. M. 1966. The genera *Globigerina* and *Globorotalia* in the Paleocene-lower Eocene Lizard Springs Formation of Trinidad, B.W.I. *Bull. U.S. Nat. Mus.* N°215, pp.61-81.

BOURGEOIS, J. HANSEN, A. T., WIBERG, L. P. y KAUFFMAN, E. G. 1988. A tsunami deposit at the Cretaceous-Tertiary Boundary in Texas. *Science*. V. 241., pp.568-570.

BOURGEOIS, J. 1993. The Cretaceous-Tertiary Boundary Problems: Possible Implications of coarse-grained deposits in northeastern Mexico. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.6, N°2, p.37-41.

BRASIER, M. D. 1980. *Microfossils*. Ed. George Allen y Unwin. 193p.

BRINKHUIS, H. y W. J. ZACHARIASSE. 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifera across the Cretaceous-Tertiary boundary at Haria, Northwest Tunisia. *Marine Micropaleontology*. V.13., pp.153-191.

CABRERA, C. L. y J. LUGO, R. 1988. Estratigrafía-Sedimentológica de las Cuencas Terciarias. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* V.35, N°2., pp.3-56.

CANUDO, J. I.; KELLER, G. y MOLINA, E. 1991. Cretaceous/Tertiary boundary extinction pattern and faunal turnover at Agost and Caravaca, SE. Spain. *Marine Micropaleontology*, V.17, pp.319-314.

CARON, M. 1985. Cretaceous planktic foraminifera. in BOLLI, H. M., SAUNDERS, J. B. y PERCH-NIELSEN. (eds). *Plankton Stratigraphy*. Ed. Cambridge Earth Science Univ. Press. Series. pp.17-87.

CEDILLO-PARDO, E., GRAJALES-NISHIMURA, J. M. MARGOLIS, S. V. y ALVAREZ, W. 1992. Petrography and chemistry of Chicxulub melt rocks, Yucatán Peninsula, Mexico. *Geol. Soc. Amer., Abstr. Progr.* V.257; A333p.

CEDILLO, E., GRAJALES, J. M. MARGOLIS, S. V. y ALVAREZ, W. 1993. Petrography and chemistry of Chicxulub melt rocks, Yucatan Peninsula, México. *Rev. Soc. Mex. de Paleontología* V.6, N°.2, pp. 69

CEDILLO, P., GRAJALES, J. M. y CLAEYS, P. 1994. Evidencias químicas y mineralógicas adicionales en el cráter Chicxulub y su relación con materiales de impacto del límite. *Rev.*

Soc. Mex. Paleontología. V.7, N°.1, pp.37-44.

CIFELLI, R. 1962. Some dynamic aspects of planktonic foraminifera in the western North Atlantic. *Jour Marine Res.* 20; pp.201-213.

D'HONDT, S. y KELLER, G. 1991. Some patterns of planktic foraminiferal assemblage turnover at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Marine Micropaleontology*. V.17, pp.77-118.

EMILIANI, C., KRAUS, E. B., y SHOEMARKER, E. M. 1981. Sudden death at the end- of the Mesozoic: Earth and Planetary Science Letters. V.55, pp.317-334.

FERNANDEZ, G., QUINTAS, C., SANCHEZ, J. R. y COBIELLA, R. J. El límite Cretácico-Terciario en Cuba. *Rev. Mineralógica Geol., Cuba*. V.8, N°.1-3, pp.69-85.

GAMPER, M. A. 1977. Acerca del Límite Cretácico-Terciario en México. *Instituto de Geología, UNAM*, V.1, N°.1, pp 23 - 27.

GARTNER, S. y J. KEANY. 1978. The terminal Cretaceous event: A geologic problem with an oceanogra-

BIBLIOGRAFIA

- phic solution. *Geology*. V.6, pp.708-712.
- HAY, W. 1960. The Cretaceous-Tertiary Boundary in the Tampico Embayment, Mexico. *International Geol. Congr, XXI Session, Norden*. Part. V. Copenhagen. pp.70-77.
- HEDBERG, H. D. 1980. Guía Estratigráfica Internacional. Editorial Reverté, España. 205p.
- HERM, V. D.; HILLEBRANDT, A. V. y PERCH-NIELSEN, K. 1981. The Cretaceous-Tertiary boundary in the Lattengebirge - Northern Calcareous Alps in a micropaleontological context. *Geologica Bavarica*. N°82, pp.319-344.
- HILDEBRAND, A., PENFIELD, G. T., KRING, D. A., PLIKINGTON, M. A., CAMARGO, A. Z., JACOBSEN, S. A. y BOYNTON, W. W. 1991. Chicxulub crater: A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Península, México. *Geology*. V.19, pp.867-881.
- HUBER, B. T. 1991. Maestrichtian Planktonic foraminifer biostratigraphy and the Cretaceous/Tertiary Boundary at hole 738C (Kerguelen Plateau, Southern Indian Ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. V.119, pp.451-465.
- HILDEBRAND, A.; ASARO, A.; ATTREP, M.; BERMUDEZ-SANTANA, J.; BONIS, S.; CEDILLO-PARDO, E.; CLAEYS, P.; GONZALEZ-CASILDO, V.; GRAJALES-NISHIMURA, J.; GREGOIRE, D.; ORTIZ-ALEMAN, C.; PILKINGTON, M.; SANCHEZ-RIOS, M.A.; SMIT, J. y STANSBERRY. 1994. The Chicxulub crater and its relation to the K/T boundary ejecta and the impact-wave deposits. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference*. LPI Contributions. N°825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.49.
- HSÜ, K. J.; MCKENZIE, J. A y HE, X. Q. 1982. Terminal Cretaceous environmental and evolutionary changes. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* V.190, p.317-328.
- IZETT, G. A., MAURASSE, F. J., LICHTER, F. E., MEEKER, G. P. y BATES, R. 1990. Tektites in Cretaceous-Tertiary boundary rocks on Haiti. *U.S. Geol. Survey Open File Report*. 90-356, 31p.

- KAUFFMAN, E. G.** 1979. The ecology and bioeogeography of the Cretaceous-Tertiary extinction event in W.C. Christensen and T. Brikelund (eds.) *Cretaceous Tertiary Boundary Events*. Copenhagen Univ. Proc. Sympos. "Cretaceous-Tertiary Boundary Events". V.2, pp.29-37.
- KAUFFMAN, E. G.** 1984. The Fabric of Cretaceous Marine Extinctions. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed. Berggren & Van Couvering, Princeton University Press. pp. 15-237.
- KAUFFMAN, E. G.** 1988. The Dynamic of Marine Stepwise Mass Extinction. Paleontology and Evolution: Extinction Events. 2nd International Conference Global Events. *Rev. Esp. de Paleontología*. Núm. Extraordinario. pp.57-71.
- KELLER, G.** 1988a. Extinction, survivorship and evolution of planktic foraminifera across the Cretaceous Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Marine Micropaleontology*. V.13, pp.239-263.
- KELLER, G.** 1988b. Biotic turnover in benthic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Marine Micropaleontology*. V.66, pp.153-171.
- KELLER, G.** 1989a. Extended Cretaceous/Tertiary boundary extinctions and delayed population change in planktonic foraminifera from Brazos River, Texas. *Paleoceanography*. V.4, N° 3, pp.287-332.
- KELLER, G.** 1989b. Extended period of extinctions across the Cretaceous/Tertiary boundary in planktonic foraminifera of continental-shelf sections: Implications for impact and volcanism theories. *Bull. Geol. Soc. Amer.* V.101. pp.1408-1419.
- KELLER, G.** 1993. The Cretaceous-Tertiary boundary transition in the Antarctic Ocean and its global implications. *Marine Micropaleontology*. V.21. pp.1-45.
- KELLER, G.** 1994. Global Biotic Effects of The K/T Boundary Event: Mass Extinction Restricted To Low Latitudes?. *New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History*. Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.
- KELLER, G., y LINDINGER, M.** 1989. Stable Isotope, Toc an CaCo3 record

BIBLIOGRAFIA

- across the Cretaceous/Tertiary Boundary at El Kef, Tunisia. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. V.73, pp.243-265.
- KELLER, G. y E. BARRERA. 1990. The Cretaceous/Tertiary boundary impact hypothesis and the paleontological record. *Geol. Soc. Amer. Special Paper*. 247 pp.563-575.
- KELLER, G.; BARRERA, E.; SCHMITZ, B. y MATTSON, E. 1993. Gradual mass extinction, species survivorship and long-term environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in high latitudes. *Bull. Geol. Soc. Amer.* V. 105, pp.979-997.
- KELLER G., N. MACLEOD, J. B. LYONS, y OFFICER, C. B. 1993a. Is there evidence for Cretaceous-Tertiary boundary -age deep-water deposits in the Caribbean and Gulf of Mexico. *Geology*. V.21, pp.776-780.
- KELLER, G.; LIU, L. y MACLEOD, N. 1994. The K/T Boundary Stratotype Section at El Kef, Tunisia: How Catastrophic Was The Mass Extinction?. *New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth history. Conference. LP1 Contributions* N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. pp.59-60.
- KELLER, G., STINNESBECK, W. y LOPEZ O, J. G. 1994a. Age, Deposition and Biotic effects of the Cretaceous/Tertiary boundary event at Mimbral, NE. Mexico. *Palaios*. V.9, pp.144-157.
- LIPPS, I. H. 1970. Plankton Evolution. *Soc. Study of Evolution*. V.24, N°.1, pp.1-22.
- LONGORIA, J. F. 1977. Bioestratigrafía del Cretácico Superior basada en foraminíferos planctónicos. *Rev. Univ. Nac. Autón. México. Inst. Geol.* V.1, pp.10-22.
- LONGORIA, J. F. 1984. Cretaceous Biocronology from the Gulf of Mexico Region based on Planktonic Microfossils. *Micropaleontology*. V.30, pp.225-242.
- LONGORIA, J. F. y M. A. GAMPER. 1992. Planktonic Foraminiferal Biochronology Across the K/T Boundary from the Gulf Coastal Plain of Mexico: Implications for Timing the Extraterrestrial Bolide Impact in Yucatán. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* V.42, N°2, pp. 19-42.

BIBLIOGRAFIA

- LONGORIA, J. F. y M. A. GAMPER. 1993. The Cretaceous/Tertiary boundary: An account based on physical stratigraphy, chronostratigraphy, and planktonic foraminiferal biochronology. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.6, N°.2, pp.3-14.
- LONGORIA, J. F. y M. A. GAMPER. 1995. Planktonic foraminiferal across the Cretaceous-Tertiary succession of Mexico: Implications for the Cretaceous-Tertiary boundary problem. *Geology*. V.23, N°.4, pp. 329-332.
- LONGORIA, J. F. y N. J. GRAJALES. 1993. Field trip guide to selected K/T Boundary Localities in Tamaulipas and Nuevo León, Northeastern Mexico. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.6, N°.2, pp. 73-85.
- LONGORIA, J. F.; SILVA, L. E. y J. J. HINOJOSA. (1993). Lithostratigraphic synopsis of units used across the K/T Boundary in Northeastern Mexico. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.6, N°.2, pp.23-27.
- LOPEZ OLIVA, J. G. y G. KELLER. 1994. Biotic effects of the K/T boundary event in Northeastern Mexico. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions*. N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. pp.72-73.
- LOPEZ OLIVA, J. G., G. KELLER y W. STINNESBECK. 1995. El límite Cretácico-Terciario en el Noreste de México. Memoria del V Congreso Nacional de Paleontología. Resúmenes. *Soc. Mex. Paleontología*. pp. 23-24.
- LOPEZ RAMOS, E. 1956. Visita a las localidades tipo de las Formaciones del Eoceno, Oligoceno y Mioceno de la Cuenca Sedimentaria de Tampico-Misantla, en la Llanura Costera del Golfo de México, entre Poza Rica, Ver. Tampico, Tamps. y Ciudad Valles, S.L.P. *Congreso Geol. Internacional*. Excursión C-16. 94p.
- LOPEZ RAMOS, E. 1982. Geología de México. Tomo II; 3o. ed. S.E.P., México. 282 p.
- LUTERBACHER, H. P. y I. PREMOLI-SILVA. 1964. Biostratigrafía del Limite Cretaceo-Terciario nell' Appennino Centrale. *Rev. Italiana. Paleontología*. V.70, pp.67-128.
- LUTERBACHER, H. P. y I. PREMOLI-SILVA. 1966. The Cretaceous-Tertiary Boundary in the southern Alps.

BIBLIOGRAFIA

(Italy). *Riv. Ital. Paleont.* V.72, N°.4, pp.1183-1266.

MACIAS P. J. F. 1988. Estratigrafía detallada del límite Cretácico-Terciario en Xicotepec, Puebla. Una alternativa al Catastrofismo. Instituto Politécnico Nacional. Tesis. 36 p.

MACLEOD, N. y G. KELLER. 1991. Hiatus distribution and mass extinctions at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geology.* V.19, pp.497-501.

MACLEOD, N. 1994. An Evaluation of criteria that may be used to identify species surviving a mass extinction. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions.* N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.75.

MACLEOD, K. G. y HUBER, B.T. (1996). Strontium isotopic evidence for extensive reworking in sediments spanning the Cretaceous-Tertiary boundary at ODP Site 738. *Geology.* V.24, N°.5, pp.463-466.

MATTER, A.; DOUGLAS, R. y PERCH-NIELSEN, K. (1975). Fossil preservation, geochemistry and diagenesis of pelagic carbonates from

Shatsky rise, northwest pacific. *Initial. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 32. pp. 891-907.

MAURRASSE, J. F. 1980. New data on the stratigraphy of the Southern Peninsula of Haiti: in Maurrasse F.J. (Edit). *Presentations Transactions du 1er. Colloque sur la Geologie d' Haiti.* Port-au-Prince. pp.184-198.

MAURRASSE, J. F. M. R. y SEN, G. 1991. Impacts, tsunamis and the Haitian Cretaceous/Tertiary boundary Layer. *Science.* V.252, pp.1690 - 1693.

MONTANARI, A.; HAY, R., ALVAREZ, W.; ASARO, F.; MICHEL, H.; ALVAREZ, L. y SMIT, J. 1983. Spheroids at the Cretaceous-Tertiary boundary are altered impact droplets of basaltic composition. *Geology.* V.11, pp.668-671.

MONTANARI, A.; CLAEYS, P.; ASARO, F.; BERMUDEZ, J. y SMIT, J. 1994. Preliminary stratigraphy and iridium and other geochemical anomalies across the K/T boundary in the Bochil Section (Chiapas, Southeastern Mexico). *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions.* N°.825.

Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.48

MORNER, NILS-AXEL. 1994a. Eustasy, geoid and multiple geophysical interaction "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed Berggren y Van Couverin, Princeton University Press. pp. 395-412.

MUIR, J. M. 1936. Geology of the Tampico region, Mexico. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.* Tulsa. Oklahoma. 280p.

NEDERBRAGT, A. J. 1991. Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelicidae (planktic foraminifera). *Micropaleontology*. V.37, N°.4, pp.329-372.

NEWELL, N. D. 1984a. Mass Extinction: Unique o recurrent causes. "Catastrophes and earth history". (The New Uniformitarianismo)". Ed. Berggren and Van Couverin, Princeton University Press. pp.115-126.

OBREGON, P. J. 1959. El Contacto Cretácico-Terciario y el Paleoceno de la Cuenca Sedimentaria de Tampico-Misantla. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros*. V.11, pp.78-81.

OFFICER, C. B., HALLAM, A., DRAKE, C. L. y DEVINE, J. D. 1987. Late Cretaceous and paroxysmal Cretaceous/Tertiary extincions. *Nature*. V.326, pp.143-149.

OFFICER, C. B., DRAKE, L. CH. y PINDELL, J. 1992. Cretaceous-Tertiary events and the Caribbean Caper. *Geol. Soc. Amer. Annual Meeting* V.2, N°.4, pp.69-75.

OLSSON, R. K., HEMLEBEN, C. BERGGREN, W. A. y LIU, C. 1992. Wall texture classification of planktonic foraminifera genera in the lower Danian. *Jour. Foraminifera Research*. V.22, pp.195-213.

OLSSON, R. K. y C. LIU. 1993. Controversies on the placement of Cretaceous-Paleogene boundary and the K/P mass extinction of planktonic foraminifera. *Palaios*. V.8, pp.127-139.

OLSSON, R. K. y C. LIU. 1994. On the reality of the KT Boundary. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions*. N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.87.

PENFIELD, G. T. y CAMARGO, Z. A. 1981. Definition of a major igneous

BIBLIOGRAFIA

- zone in the central Yucatán Platform with aeromagnetism and gravity. *Soc. Explor. Geophys. Tech. Program, Abstr. Biogr.* V.51, 37p.
- PERCH-NIELSEN, K., MCKENZIE, J., y HE, Q. 1982. Biostratigraphy and isotope stratigraphy and the catastrophic extinction of calcareous nanoplankton at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Geol. Soc. Amer. Special Paper.* N°190, pp.353-371.
- PESSAGNO, E. A. Jr. 1967. Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the western Gulf Coastal Plain. *Paleontographica Americana.* V.5, N°37, pp.245-445.
- POPE, K. O.; OCAMPO, A. C.; y DULLER, C.E. 1991. Mexican site for K/T boundary impact crater. *Nature.* V.351, p.305.
- POSPICHAL, J. J. 1994a. Calcareous Nanofossil at the K/T Boundary, El Kef: No Evidencia for Stepwise, Gradual or Sequential Extinctions. *Geology.* V.22, pp. 99-102.
- PREMOLI SILVA, I. y H. M. BOLLI. 1966. The Cretaceous-Tertiary Boundary in the Southern Alps. (Italy). *Riv. Ital. Paleont.* V. 72, N°4, pp. 118-1266.
- PREMOLI SILVA, I. y H. M. BOLLI. 1973. Late Cretaceous to Eocene planktonic foraminifera and stratigraphy of leg. 15, sites in the Caribbean Sea. *Init. Deep Sea Drilling Proj.* V.15, N°11, pp. 499-547.
- QUEZADA-MUÑETON, J.M. 1990. El Cretácico Medio-Superior, y el Límite Cretácico Superior-Terciario en la Sierra de Chiapas. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* V.39, N°1, pp. 3-98.
- ROSALES D. M. del C.; M. A. SAN-CHEZ, R. y BERMUDEZ, S., J. C. 1991. Estudio de la microfauna y nanoflora de dos secciones en la Sierra de Chiapas: Posible límite Cretácico-Terciario. *Memoria del III Congreso Nacional de Paleontología.* pp. 165-166.
- ROBASZYNSKI, F.; CARON, M.; GONZALEZ DONOSO, y WONDERS, A. H. 1983-1984. Atlas of late Cretaceous Globotruncanids. *Rev. Micropaleontologie.* V.26, N°3-4, 305 p.
- RUIZ, R. H. F. 1996. Análisis de la diversidad y abundancia del nanoplancton calcáreo y sus implicaciones a través del límite Cretácico-Terciario en dos secciones del Noreste de México. Tesis. UNAM. 107p.

BIBLIOGRAFIA

- SANCHEZ R. M. A. 1989. Foraminiferos Planctónicos et Nannoplankton Calcaire de quelques sites du Cretace Superieur Mexicain et Sud Pyreneen. *Strata*. V. 11. serie 2. 255 p.
- SANCHEZ, M. A. PADILLA A. P.; JIMENEZ, T. y MARTINEZ, S. R. 1993. El Nanoplankton Calcáreo y los Foraminíferos Planctónicos del Límite K/T de la Sección El Mulato, Estado de Tamaulipas, México. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.6, N°.2; pp. 43-65.
- SANTIAGO, J. A., J. CARRILLO, B., B. MARTELL, A. 1984. Geología Petrolera de México. *Schlumberger*. pp.1-1a I-36.
- SIGURDSSON, H.; D'HONDT, S.; ARTHUR, A. M.; BRALOWER, T. J.; ZACHOS, J. C.; VAN FOSSEN, M. y CHANNELL, J. E. 1991. Glass from the Cretaceous-Tertiary boundary in Haiti. *Nature*. V.349, pp.482-487.
- SINGH, R. N. 1994. Workshop Yields new insight into volcanism at Deccan Traps, Indian. *Volcanology, Geochemistry and Petrology. Eos Section News*.
- SMIT, J. 1982. Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geol. Soc. Amer. Special Paper*. 190, pp. 329-352.
- SMIT, J. y A. J. ROMEIN. 1985. Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a mayor impact at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth Planet. Sci. Lett.* V.74, pp.155-170.
- SMIT. A.; MONTANARI, A.; SWINBURNE, N. H.; ALVAREZ, A.; HILDEBRAND, A.; MARGOLI, S.; CLAEYS, P.; LOWRIE, W.; y ASARO, F. 1992. Tektite bearing, deep water clastic unit at the Cretaceous-Tertiary boundary in Northeastern Mexico. *Geology*. V.20, pp.99-103.
- SMIT. A.; ALVAREZ, W.; CLAEYS, P.; MONTANARI, S.; y ROEP, B. 1994a. Misunderstanding regarding the K/T boundary of the Gulf of Mexico. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions*. N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.116.
- SMIT. A.; ROEP, B.; ALVAREZ, W.; CLAEYS, B. MONTANARI, S.; y GRAJALES, M. 1994b. Impact-tsu-

BIBLIOGRAFIA

- nami generated clastic beds at the K/T boundary of the Gulf Coastal Plain: A synthesis of old and new outcrops. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions. N° 825.* Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.117.
- SMIT, A.; ROEP, B.; ALVAREZ, W.; MONTANARI, S.; y CLAEYS, B. 1994c. Stratigraphy and sedimentology of KT clastic beds in the Moscow Landing (Alabama) outcrop: evidence for impact related earthquakes and tsunamis. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions. N° 825.* Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. p.117.
- SMIT, A.; ROEP, B.; ALVAREZ, W.; MONTANARI, S.; CLAEYS, B. GRAJALES-NISHIMURA, J. M. y BERMUDEZ, J. 1996. Coarse-grained, clastic sandstone complex at the K/T boundary around the Gulf of Mexico: Deposition by tsunami waves induced by the Chicxulub impact?. *Geol. Soc. Amer. Special Paper.* 307 pp.151-182.
- SMITH, C. y E. A. Jr. PESSAGNO. 1973. Planktonic foraminifera and Stratigraphy of the Corsicana Formation (Maestrichtian) North-Central, Texas. *Cush. Found. Foram. Reser. Special Publ.* 12; 68p.
- SOTO, J. F. 1985. Estudio taxonómico y distribución bioestratigráfica de los foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior, en el Oriente de México. Proyecto C-1164. IMP. Informe Inédito.
- SOTO J. F., GONZALEZ, C. V. y ZAMUDIO, D. 1986. Catálogo de Microfósiles índice del Cretácico Superior. *Inst. Mex. Petról.* Tomo II, parte II.
- SOTO J. F. y D. ZAMUDIO, A. 1987. Algunos foraminíferos planctónicos del Maastrichtiano-Daniano de la Sección Río Romay, Hidalgo Amajac, Sur del Estado de Veracruz (SE. De México). *Rev. Soc. Mex. Paleontología.* V.1, N.1; pp. 364-378.
- STANLEY, S. M. 1984. Temperature and biotic crisis in the marine realm. *Geology.* V.12, pp.205-208.
- STINNESBECK, W.; BARBARIN, J. M.; KELLER, G.; LOPEZ-OLIVA, J. G.; PIVNIK, D. A.; LYONS, J. B.;

OFFICER, C. B.; ADATTE, T.; GRAUP, G.; ROCCHIA, E. y ROBIN, E. 1993. Deposition of channel deposits near the Cretaceous Tertiary boundary in northeastern Mexico: Catastrophic or "normal" sedimentary deposits?. *Geology*. V.21, pp.797-800.

STINNESBECK, W.; ADATTE, T.; KELLER, G. y LOPEZ, O. J. G. 1994a. Correlaciones sedimentológicas y mineralógicas entre los depósitos canalizados del límite KT en el noreste de México: Implicaciones para el mecanismo de su deposición. *Rev. Soc. Mex. Paleontología*. V.7, N°.1, pp.69-80.

STINNESBECK, W., ADATEE, T. y KELLER, G. 1994b. K T Boundary sections in Southern Mexico (Chiapas): Implications for the pro-posed Chicxulub Impact site. *New Developments Regarding the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions N°.825*. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. pp.120-121.

STINNESBECK, W.; ADATTE, T.; KELLER, G. 1994c. KT Boundary deposits in Northeastern Mexico: Bolide Impact or Sea Level Lowstand?. *New Developments Regar-*

dings the K/T Event and other Catastrophes in Earth History Conference. LPI Contributions N°.825. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. pp. 121-123.

SWISHER, C. C.; GRAJALES, N. J., MONTANARI, A.; MARGOLIS, S. V.; CLAEYS, P.; ALVAREZ, W.; RENNE, P.; CEDILLO, P. E., MAURASSE, F. J.; CURTIS, G. H.; SMIT, J.; y McWILLIAMS, M. O. 1992. Coeval $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ages of 65.0 million years ago from Chicxulub Crater Melt Rock and Cretaceous-Tertiary Boundary Tektites. *Science*. V.257, pp.954-958.

TOUMARKINE, M. y H. P. LUTERBACHER 1985. Paleocene and Eocene planktic foraminifera, in BOLLI, H. M., SAUNDERS, J. B. y PERCHNIELSEN. (eds). *Plankton Stratigraphy*. Ed. Cambridge Earth Science Univ. Press. Series. pp.87-154.

WEI, K. Y. y KENNET, I. P. 1986. Taxonomic evolution of Neogene planktonic foraminifera and paleoceanographic relations. *Paleoceanography*. V.1, pp.67-84.

WOLBACH, W. S., LEWIS, R. S y ANDERS, E. 1986. Cretaceous extinctions: evidence for wildfires and

BIBLIOGRAFIA

search for meteoritic material. *Science*. V. 230, pp.167-170.

WORSLEY 1974. The Cretaceous-Tertiary boundary event in the ocean; *Spec. Publi. Soc. Econ. Paleontol. Mineral.* V.20, pp.94-125.

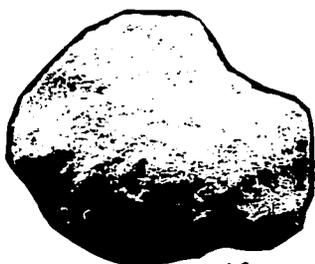
L A M I N A S

LAMINA I

- 1.- ***Globotruncanita stuarti*** (DE LAPPARENT, 1918). A:(X90), C:(X100). Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 2.- ***Gansserina gansseri*** (BOLLI, 1951). (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-345. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 3.- ***Gansserina gansseri*** (BOLLI, 1951). (X100) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 4.- ***Rugoglobigerina rugosa*** (PLUMMER, 1926). (X200) Sección Coxquihui, muestra COX-100. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 5.- ***Rugoglobigerina sp.*** (PLUMMER, 1926). (X200) Sección Coxquihui, muestra COX-90. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 6.- ***Rugoglobigerina rugosa*** (PLUMMER, 1926). (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-100. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 7.- ***Abathomphalus mayaroensis*** (BOLLI, 1951). (X100) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 8.- ***Abathomphalus mayaroensis*** (BOLLI, 1951). (X100) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.

A. lado espiral
B: perfil
C: lado umbilical

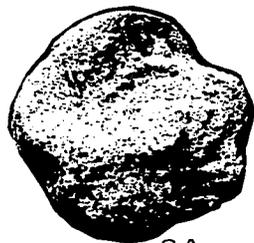
LAMINA I



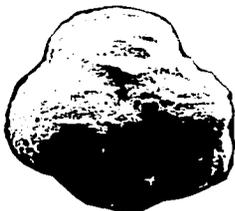
1A



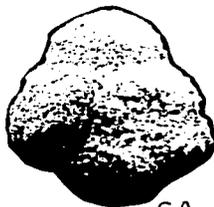
1C



2A



4A



6A



2B



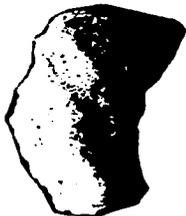
5A



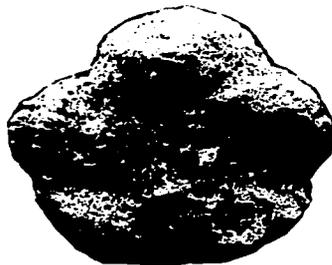
3B



7C



7B



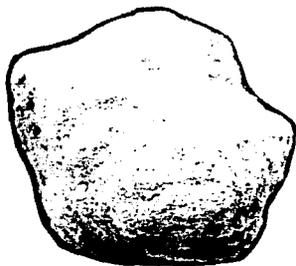
8C

LAMINA II

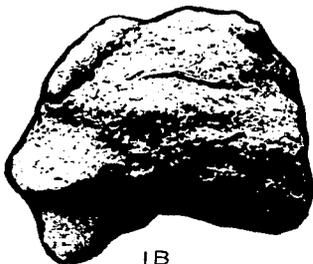
- 1.- ***Rosita patelliformis*** (GANDOLFI, 1955). (X100) Sección Coxquihui, muestra COX-40. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 2.- ***Rosita contusa*** (CUSHMAN, 1926) A:(X100), B(X90) Sección Coxquihui, muestra COX-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 3.- ***Rosita contusa*** (CUSHMAN, 1926) (X100). Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.

A. lado espiral
B: perfil
C: lado umbilical

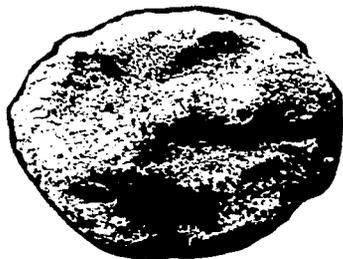
LAMINA II



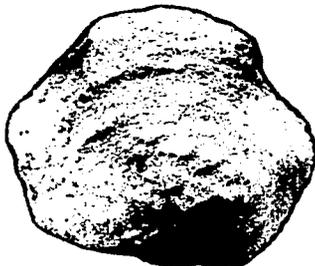
1A



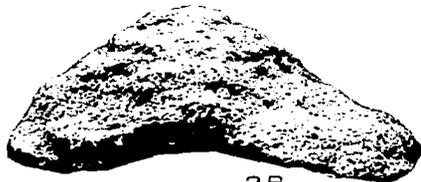
1B



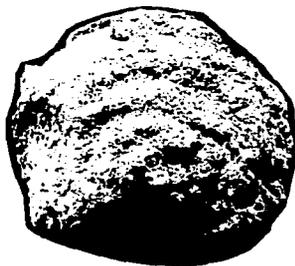
1C



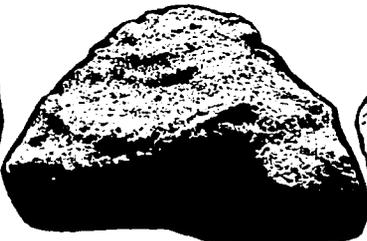
2A



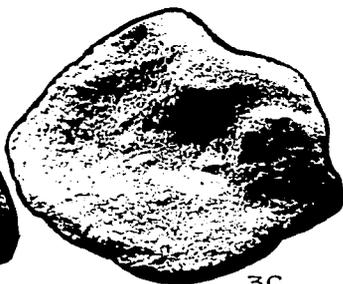
2B



3A



3B

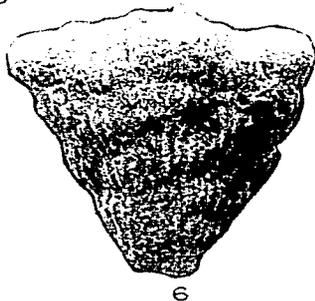
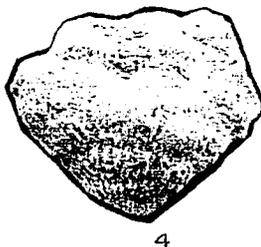
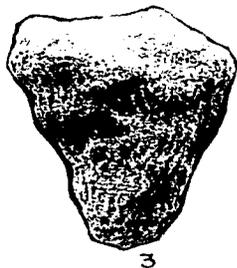
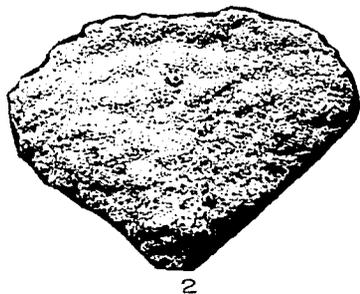
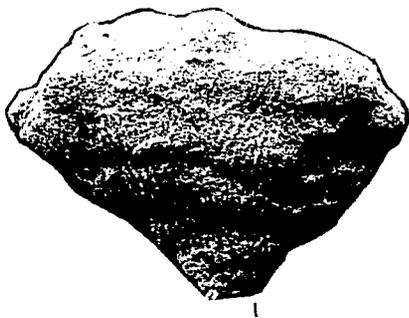


3C

LAMINA III

- 1.- ***Planoglobulina acervulinoides*** (EGGER, 1899) (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-70. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 2.- ***Ventilabrella multicamerata*** DE KLASZ, 1953a. (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 3.- ***Racemiguembelina powelli*** SMITH y PESSAGNO, 1973 (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-345. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 4.- ***Planoglobulina brazoensis*** MARTIN, 1972. (X110) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 5.- ***Pseudotextularia intermedia*** DE KLASZ, 1953. (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 6.- ***Racemiguembelina fructicosa*** (EGGER, 1899). (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-60. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.
- 7.- ***Pseudotextularia elegans*** (RZEKAH, 1895). (X90) Sección Coxquihui, muestra COX-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior.

L A M I N A III



LAMINA IV

- 1.- ***Globotruncanita stuarti*** (DE LAPPARENT, 1918). A:(X100), B(X90)
Sección Coxquihui, muestra COX-B. Unidad II o Clástica. Maastrichtiano Superior.
- 2.- ***Rosita plummerae*** GANDOLFI, 1955 (X150) Sección Coxquihui, muestra COX-B. Unidad II o Clástica. Maastrichtiano Superior.
- 3.- ***Rosita contusa*** (CUSHMAN, 1926) (X80) Sección Coxquihui, muestra COX-C. Unidad II o Clástica. Maastrichtiano Superior.
- 4.- ***Rosita fornicata*** PLUMMER, 1931 (X120) Sección Coxquihui, muestra COX-C. Unidad II o Clástica. Maastrichtiano Superior.

A. lado espiral
B: perfil
C: lado umbilical

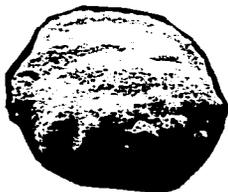
L A M I N A IV



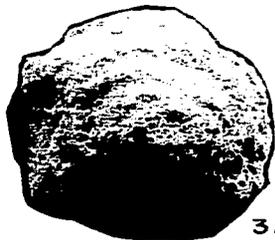
1A



1B



2A



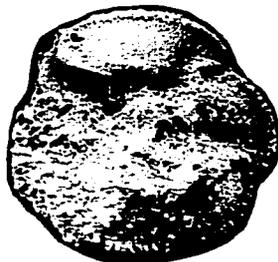
3A



3B



4A



4B

LAMINA V

- 1.- *Guembelitra cretacea* (CUSHMAN, 1933) (X250) Sección Coxquihui, muestra COX+120. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 2.- *Parvularugoglobigerina eugubina* LUTERBACHER y PREMOLI, 1964 (X180) Sección Coxquihui, muestra COX+120. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 3.- *Parvularugoglobigerina sp.* LUTERBACHER y PREMOLI, 1964 (X180) Sección Coxquihui muestra, COX+150. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 4.- *Eoglobigerina fringa* SUBBOTINA, 1950 (X180) Sección Coxquihui, muestra COX+150. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 5.- *Parvularugoglobigerina eugubina* LUTERBACHER y PREMOLI, 1964 (X180) Sección Coxquihui, muestra COX+180. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 6.- *Parvularugoglobigerina eugubina* LUTERBACHER y PREMOLI, 1964 (X250). Sección Coxquihui, muestra COX+120. Formación Velasco. Unidad III. Base del Paleoceno.
- 7.- *Eoglobigerina fringa* SUBBOTINA, 1950. (X250) Sección Coxquihui, muestra COX+120. Formación Velasco Unidad III. Base del Paleoceno
- 8.- *Parvularugoglobigerina longiapertura* BLOW, 1979 (X180) Sección Coxquihui, muestra COX+150. Formación Velasco Unidad III. Base del Paleoceno.
- 9.- *Eoglobigerina eobulloides* MOROZOVA (X180) Sección Coxquihui, muestra COX+150. Formación Velasco Unidad III. Base del Paleoceno.
- 10.- *Planorotalites compresa* PLUMMER, 1926 (X250) Sección Coxquihui, muestra COX+180. Formación Velasco Unidad III. Base del Paleoceno.
- 11.- *Subbotina pseudobulloides* PLUMMER, 1926. (X250) Sección La Lajilla, muestra LJ-15. Formación Velasco Unidad III. Biozona de *Subbotina pseudobulloides*.
- 12.- *Planorotalites sp.* PLUMMER, 1926. (X250) Sección La Lajilla, muestra LJ-16 . Formación Velasco Unidad III. Biozona de *Subbotina pseudobulloides*.

A. lado espiral
C: lado umbilical

LAMINA V



II



12

LAMINA VI

- 1.- *Abathomphalus mayaroensis* (BOLLI, 1951). Sección La Lajilla, muestra L-115. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 550 μ .
- 2.- *Gansserina gansseri* (BOLLI, 1951). Sección La Lajilla, muestra LA-7. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 460 μ .
- 3.- *Gansserina cf gansseri* (BOLLI, 1951). Sección La Lajilla, muestra L-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 550 μ .
- 4.- *Globotruncana cf gagnebini* TILEV, 1951. Sección La Lajilla, muestra L-10. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 520 μ .
- 5.- *Trititella scotti* BRONNIMANN, 1952. Sección La Lajilla, muestra L-75. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 410 μ .
- 6.- *Globotruncana cf aegyptiaca* (EL NAGGAR) 1968. Sección La Lajilla, muestra L-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 315 μ .
- 7.- *Trititella scotti* BRONNIMANN, 1952. Sección La Lajilla, muestra LA-7. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 390 μ .
- 8.- *Rosita fornicata* PLUMMER, 1931. Sección La Lajilla, muestra L-40. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 480 μ .
- 9.- *Rosita contusa* (CUSHMAN, 1926) Sección La Lajilla, muestra LA-7. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 620 μ .
- 10.- *Rosita fornicata* PLUMMER, 1931 Sección La Lajilla, muestra L-10. Formación Méndez, Unidad I. Maastrichtiano Superior. 520 μ .

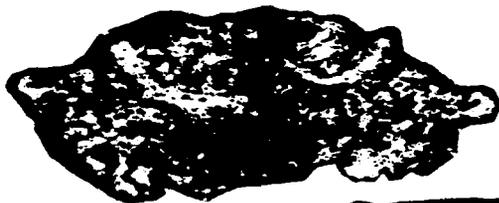
LAMINA VI



1



2



3



4



5



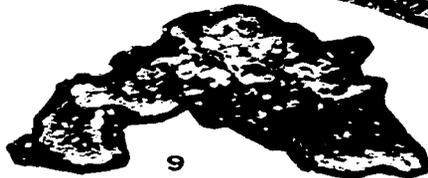
6



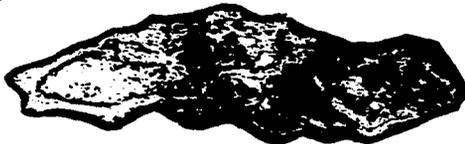
7



8



9

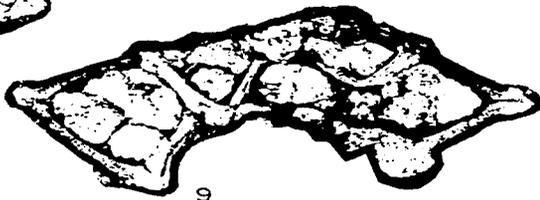
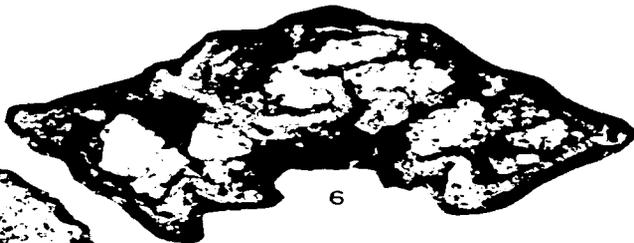
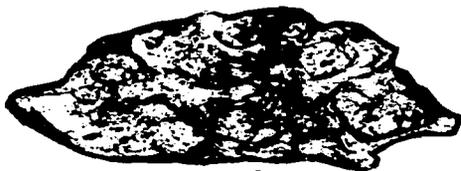
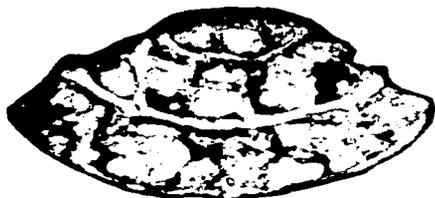


10

LAMINA VII

- 1.- ***Globotruncanita conica*** (WHITE, 1928). Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 690 μ .
- 2.- ***Globotruncanita cf conica*** (WHITE, 1928). Sección La Lajilla, muestra LA-115. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 650 μ .
- 3.- ***Globotruncanita stuarti*** (DE LAPPARENT, 1918). Sección La Lajilla, muestra LA-7. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 420 μ .
- 4.- ***Globotruncanita stuartiformis*** (DALBIEZ, 1955). Sección La Lajilla, muestra L-95 Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 510 μ .
- 5.- ***Globotruncana rosetta*** (CARSEY, 1926). Sección La Lajilla, muestra LJ-18 Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 410 μ .
- 6.- ***Globotruncanita stuarti*** (DE LAPPARENT, 1918). Sección La Lajilla, muestra L-115. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 750 μ .
- 7.- ***Globotruncanita cf conica*** (WHITE, 1928). Sección La Lajilla, muestra LA-7. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 700 μ .
- 8.- ***Globotruncanita stuartiformis*** (DALBIEZ, 1955). Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 320 μ .
- 9.- ***Globotruncanita stuarti*** (DE LAPPARENT, 1918). Sección La Lajilla, muestra L-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 870 μ .

L A M I N A VII



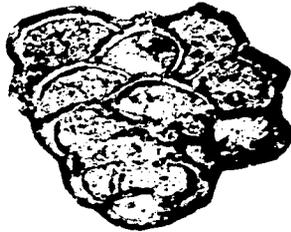
LAMINA VIII

- 1.- *Racemiguembelina powelli* SMITH y PESSAGNO, 1973. Sección La Lajilla, muestra L-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 670 μ .
- 2.- *Racemiguembelina fructicosa* (EGGER, 1899). Sección La Lajilla, muestra LJ-18. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 740 μ .
- 3.- *Racemiguembelina cf powelli* SMITH y PESSAGNO, 1973. Sección La Lajilla, muestra LJ-11. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior 700 μ .
- 4.- *Pseudotextularia elegans* (RZEKAH, 1895). Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 540 μ .
- 5.- *Heterohelix* sp. EHRENBERG, 1843. Sección La Lajilla, muestra LA-12. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 350 μ .
- 6.- *Pseudotextularia elegans* (RZEKAH, 1895). Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 550 μ .
- 7.- *Pseudotextularia cf deformis* KIKOINE (1948). Sección La Lajilla, muestra LJ-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 310 μ .
- 8.- *Heterohelix* sp. EHRENBERG, 1843. Sección La Lajilla, muestra LA-12. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 280 μ .
- 9.- *Rugoglobigerina cf rotundata* BRONIMMANN, 1952. Sección La Lajilla muestra L-20. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 410 μ .
- 10.- *Rugoglobigerina rugosa* (PLUMMER, 1926). Sección La Lajilla, muestra L-115. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 430 μ .
- 11.- *Rugoglobigerina cf rugosa* (PLUMMER, 1926). Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior 420 μ .
- 12.- *Rugoglobigerina rugosa* (PLUMMER, 1926). Sección La Lajilla, muestra L-10. Formación Méndez. Unidad I. Maastrichtiano Superior. 340 μ .
- 13.- *Rugoglobigerina milamensis* SMITH y PESSAGNO, 1973. Sección La Lajilla, muestra LA-5. Formación Méndez, Unidad I. Maastrichtiano Superior. 30

LAMINA VIII



1



2



3



5



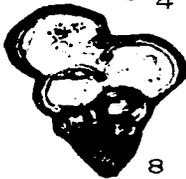
6



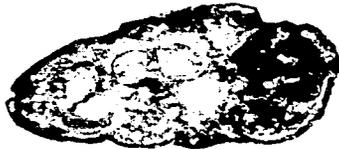
7



4



8



9



10



11



12

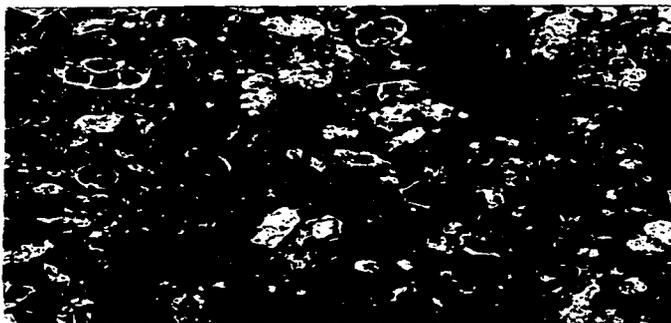


13

LAMINA IX

- 1.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección La Lajilla, muestra LJ-115. Formación Méndez, Unidad I. Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*.
- 2.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección La Lajilla, muestra LJ-45. Formación Méndez, Unidad I. Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*.

L A M I N A IX



1



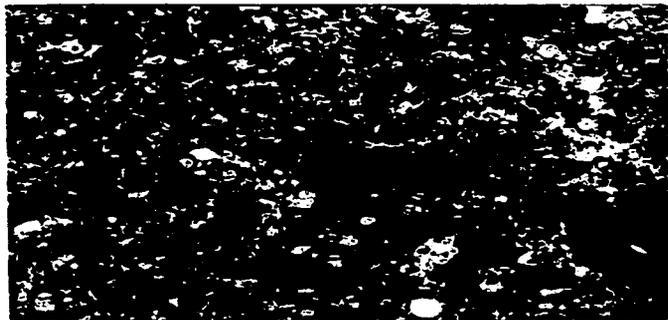
2

LAMINA X

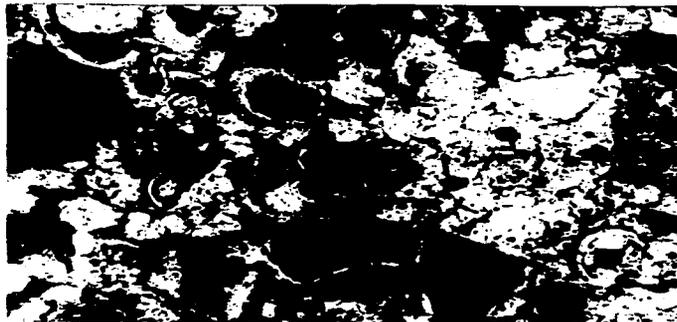
1.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección La Lajilla, muestra LA-7. Unidad I. Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*.

2.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección Coxquihui, muestra COX-A. Unidad I. Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*.

L A M I N A X



1

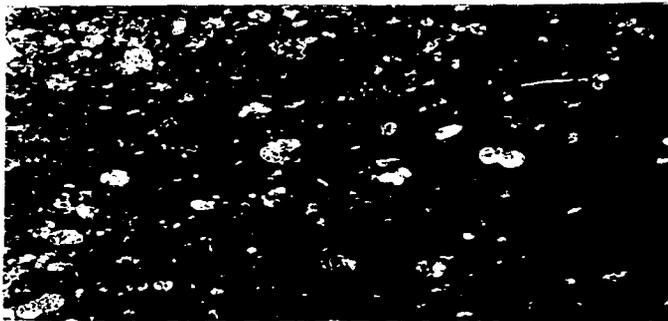


2

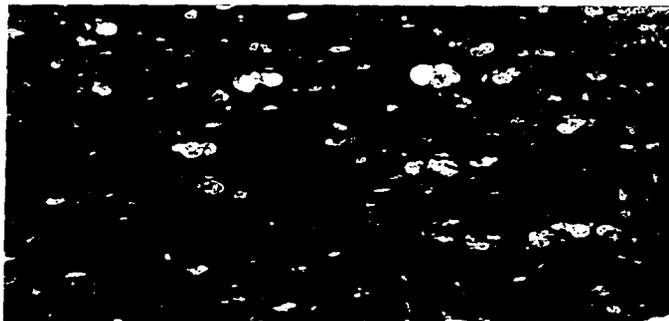
LAMINA XI

- 1.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección La Lajilla, muestra LAJ-CONT. Formación Velasco, Unidad III. Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*.
- 2.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección La Lajilla, muestra LA-12. Formación Velasco, Unidad III. Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*.

L A M I N A X I



1

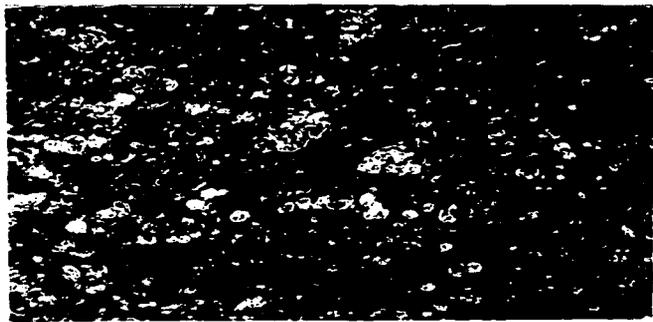


2

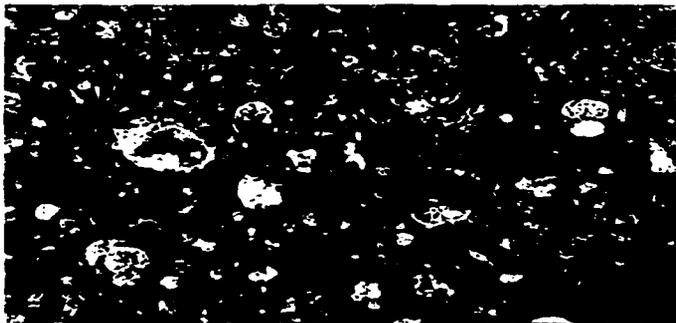
LAMINA XII

1 y 2.- Microfacies de foraminíferos planctónicos Sección Coxquhui, muestra COX+250. Formación Velasco. Unidad III. Biozona de *Subbotina pseudobulloides*. (formas cretácicas consideradas como retrabajo).

L A M I N A XII



1



2