

176
29°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

**“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”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

B I O L O G O

P R E S E N T A

Fidel Héctor Ruiz Ruiz



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DEL NANOPLANCTON CALCAREO
Y SUS IMPLICACIONES A TRAVÉS DEL LÍMITE CRETÁCICO-TERCIARIO EN DOS
SECCIONES DEL NORESTE DE MÉXICO"
realizado por FIDEL HECTOR RUIZ RUIZ

con número de cuenta 8411227-7 , pasante de la carrera de **BIOLOGÍA**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dra. MARIA ANTONIETA GUADALUPE SANCHEZ RIOS *m. Ant.*

Propietario Dra. BLANCA ESTELA BUITRON SANCHEZ *BEB*

Propietario Dra. SARA ALICIA QUIROZ BARROSO *Sara A. Quiroz*

Suplente Dra. GLORIA ALENCASTER YBARRA *Gloria Alencaster*

Suplente M. en C. FRANCISCO SOUR TOVAR *F. S.*

Facultad de Ciencias
Consejo Departamental de Biología

[Firma]
M. en C. ALEJANDRO MARTINEZ PENA

COORDINACION GENERAL
DE BIOLOGIA

*A mis Padres, por que simplemente
todo lo que soy se los debo a ellos,
esperando que este humilde regalo compense
algo de lo mucho que me han dado.*

*A mis hermanas, por el sincero cariño que
siempre me han manifestado, confiando que
este presente nos unirá aún más.*

*A mi esposa Adriana, por que gracias
a su apoyo y afecto fue posible
el presente trabajo.*

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

I.- INTRODUCCION	1
II.- OBJETIVOS	2a
III.- LOCALIZACION	3
III.1 SECCION COXQUIHUI	3
III.2 SECCION LA LAJILLA	3
IV.- MARCO GEOLOGICO	5
IV.1 CUENCA TAMPICO-MISANTLA	5
a) Estratigrafía y Rasgos Estructurales Regionales	5
b) Descripción de las Formaciones	8
c) Descripción de la Sección Coxquihui	9
IV.2 CUENCA DE BURGOS	11
a) Estratigrafía y Rasgos Estructurales Regionales	11
b) Descripción de las Formaciones	12
c) Descripción de la Sección La Lajilla	12
V.- MATERIALES Y METODOS	16
V.1 Campo	16
V.2 Laboratorio	16
VI.- NANOPLANCTON CALCAREO	18
VI.1- CLASIFICACION	18
VI.2- GENERALIDADES	19
VI.3- MORFOLOGIA	23
VI.4- REPRODUCCION Y CICLO DE VIDA	24
VI.5- ECOLOGIA	25
VI.6- CONSERVACION	26
VI.7- ALTERACIONES DIAGENETICAS	27
VI.8- RETRABAJO	28
VI.9- IMPORTANCIA Y APLICACION	30

VII.- CHICXULUB: EVIDENCIAS Y TEORIAS	33
VIII.- EXTINCCIONES: EVALUACION Y MECANISMOS	40
VIII.1- MARCO HISTORICO	40
VIII.2- GRANDES EXTINCCIONES Y COMPARACION CON EL K/T	42
VIII.3- ASPECTOS ECOLOGICOS	45
VIII.4- MEGAFLORA Y OTROS GRUPOS DE ORGANISMOS	48
a) Plantas Terrestres y Palinoflora	48
b) Dinoflagelados	51
c) Fauna Terrestre	51
d) Medio Marino	52
VIII.5- TIPOS DE EXTINCCIONES	52
a) Extincióm masiva gradual	53
b) Extincióm masiva por etapas	54
c) Extincióm catastrófica	54
IX.- BIOESTRATIGRAFIA	57
IX.1- ANTECEDENTES	57
IX.2- DISTRIBUCION BIOESTRATIGRAFICA	65
IX.3- BIOZONIFICACION	71
a) Maastrichtiano Superior	71
b) Paleoceno Inferior	72
X.- RESULTADOS	75
X.1 ANALISIS CUALITATIVO	75
X.2 ANALISIS CUANTITATIVO	80
XI.- CORRELACION BIOESTRATIGRAFICA	86
XII.- CONCLUSIONES	92
XIII.- BIBLIOGRAFIA	94
XIV.- ILUSTRACIONES	105
XIV.1. LISTA DE FIGURAS Y CUADROS	105
XIV.2 LAMINAS	107

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero expresar mi gratitud a la Dra. Ma. Antonieta Guadalupe Sanchez Rios (Tony), directora de la tesis, por su valioso apoyo para la realización del presente trabajo. Asimismo, una especial gratitud hacia el M. en C. Manuel Grajales Nishimura por la motivación, apoyo y consejos que resultaron indispensables durante el desarrollo de la presente tesis.

De igual manera, una especial gratitud para la M. en C. Ma. del Carmen Rosales por su amistad, revisión de la tesis, momentos agradables y demás.

En general a todas las buenas amistades con las cuales he pasado buenos ratos: Ing. Rene Tellez, M. en C. Juan Bermudez, M en C. Julio Cesar Gonzales, M. en C. Ligia Perez Cruz, Marcela Ugarte, Lupita, Sra. Manola, Biol. Patricia Padilla, Biol. Mónica Granados, Biol. Mónica Ayala, Ing. Gomez Ponce etc.

A las autoridades del Instituto Mexicano del Petróleo por las facilidades otorgadas, en especial al Dr. Pedro Salmeron Ureña, al M. en C. Aurelio Velazquez y a todo el personal que de una u otra manera me ayudaron: Sr. Héctor Amezcua (tocallo), Sr. Juan Arreola (Juanito), Sr. David, Don Robert etc.

No menos importantes, a mis entrañables compañeros y amigos de la Fac. de Ciencias de la UNAM, especialmente a Toño (tigre), Eira, Javier (guau), Armando, Hugo, Efrain, Maye y demás flota.

A mi compadre y amigo de toda la vida Javier Bombela.

A todos los que sin querer he olvidado mencionar en estas breves líneas, a todos sinceramente:

GRACIAS

P. S. ¡Arriba el Azul!

RESUMEN

Se realizó una evaluación de la variación del Nanoplancton Calcáreo a través del límite K/T en las secciones Coxquihui y La Lajilla, localizadas en el NE del Edo. de Veracruz y NE del Edo. de Tamaulipas respectivamente, teniendo ambas secciones de la base a la cima la secuencia siguiente: la Unidad I formada por margas de la Formación Méndez, la Unidad II representada por una capa clástica, conteniendo esferulitas y areniscas con estratificación cruzada y paralela, y al final, la Unidad III caracterizada por lutitas con intercalaciones de calizas arcillosas correspondientes a la Formación Velasco.

En las dos secciones estudiadas, las rocas de la Unidad I contienen *Micula prinsii* y *Micula murus*, las cuales están dentro de una asociación característica del Maastrichtiano Superior. En la Unidad II (unidad clástica del K/T) se encontró un conjunto nanoflorístico similar al de la unidad anterior, a excepción de *Micula prinsii*; consecuentemente, la edad de este estrato no se puede definir con exactitud. En los sedimentos de la Unidad III se determinaron *Biantholithus sparsus* y *Neobiscutum cf. romeinii*, así como un "bloom" de *Thoracosphaera sp.* en la base del Paleoceno y aproximadamente un metro más arriba otro de *Braurudosphaera bigelowii*.

Entre una y otra sección son observadas diferencias notorias. En la Sección Coxquihui, desaparece aproximadamente el 54% de la nanoflora del Cretácico hacia el Paleoceno, por lo tanto se tratará de una extinción aparentemente masiva, mientras que en la Sección La Lajilla solamente disminuye 16%; no obstante, en ambas secciones (mayormente en la Sección Coxquihui) existe una disminución cualitativa y cuantitativa de los nanofósiles. Esta diferencia es debida probablemente a que las extinciones fueron de carácter más local que global, aunque no se descarta la posibilidad de la presencia de retrabajo principalmente en la Sección La Lajilla, con lo cual eventos de extinción masiva estarían presentes en ambas secciones.

I.- INTRODUCCION

En la historia de la Tierra desde épocas remotas hasta nuestros días, las extinciones han sido eventos sobresalientes en el registro fósil, siendo las extinciones en masa, es decir, las que conllevan a la desaparición de más del 50% del registro total de especies, las que representan mayor polémica, ya que mientras por un lado existen estudios que les atribuyen causas catastrofistas y, por lo tanto, en un corto intervalo de tiempo geológico, por otro también existe la contraparte de gradualistas, que proponen motivos no catastróficos y en intervalos de tiempo más amplios al mismo fenómeno observado.

Uno de los intervalos de tiempo geológico que mayor atención y polémica ha recibido en las dos últimas décadas por parte de la comunidad científica es el límite Cretácico-Terciario, debido a las características tanto paleontológicas como a las inusuales particularidades geológicas observadas en dicho intervalo de tiempo geológico (como es la presencia de una capa clástica), incorporando interrogantes, y por lo cual ha sido consecuentemente objeto de diversas investigaciones científicas.

Cabe mencionar que una de las principales razones por la cual el límite Cretácico-Terciario ha destacado, es por la conocida desaparición "catastrófica e intrigante" de los grandes reptiles terrestres y marinos después de haber dominado la Tierra durante la era Mesozoica, y que todavía hoy en día es motivo de diversas teorías y controversias. No obstante, habría que tomar en cuenta que aunque la extinción de los grandes reptiles terrestres en el periodo K/T ha sido prácticamente aceptada, existen interrogantes aún por descifrar e interpretar tales como: ¿Qué sucedió en el ambiente marino?, y si hubo extinciones, además surge la cuestión: ¿Fueron igualmente desastrosas?

Con relación a lo anteriormente mencionado, una línea de investigación se ha desarrollado e involucrado en los últimos años en el estudio del límite K/T: la micropaleontología, y que entre sus grandes ventajas se encuentra su alto nivel de resolución, (un aspecto considerado endeble en los macrorrganismos). Esta especialidad apunta hacia la investigación de que si el evento Cretácico-Terciario fue de magnitudes mundiales y además abarcó todos los niveles de organización biológica, este debió de haber afectado también a microrrganismos marinos tales como los foraminíferos, nanoplancton calcáreo, diatomeas, entre otros, llevando además a preguntarse si los afectaría en la misma magnitud y de igual manera que a los organismos terrestres.

Estos anteriores cuestionamientos producen sucesivamente en nuestras mentes, una relación directa hacia el razonamiento de comprender e interpretar la exactitud mundial de un evento de extinción como el del límite Cretácico-Terciario, el cual será tratado en el presente trabajo desde el punto de vista micropaleontológico, analizando el nanoplancton calcáreo de dos secciones del Noreste de México, debido a que desde hace tres décadas BRAMLETTE & MARTNI, (1964) ya reportaban cambios bruscos en la nanoflora en la transición del K/T, pero que en años recientes buscando más precisión MACLEOD, (1994) y POSPICHAL, (1994a) entre otros, han comparado criterios de diversidad y abundancia específica para tratar de diferenciar entre especies sobrevivientes y extintas, y de esta manera evaluar la verdadera magnitud de las extinciones.

Los afloramientos del límite Cretácico-Terciario en México, se sitúan a lo largo de la llanura costera del Golfo de México y abarcan por lo menos 300km de extensión, siendo los más accesibles los de la región del Noreste, resultando una región única, donde dichos afloramientos son de suma importancia ya que pueden ser estudiados desde diversos contextos: geológicos, petrográficos, paleontológicos, etc.

El estudio de estos sedimentos puede desempeñar un papel clave ya que al parecer representan una secuencia continua del paso entre la cima del Maastrichtiano y la base del Paleoceno, destacando una capa clástica existente entre ambos pisos de tiempo geológico cuyo espesor varía de pocos centímetros a más de un metro, y que ha recibido diferentes interpretaciones. Consecuentemente, y en conjunto con la cercanía del cráter de Chicxulub, dicha región y sus sedimentos proporcionan materiales de estudio que han redituado grandes beneficios (incluyendo la controversia), tales como los incentivos para la investigación científica en diversos campos.

De esta manera y en particular para analizar los eventos biológicos en el nanoplancton calcáreo fueron seleccionadas las secciones Coxquihui y La Lajilla, de las cuales las características generales serán descritas en los capítulos siguientes.

II.- OBJETIVOS

- RELACIONARSE CON LA TAXONOMIA Y LAS TECNICAS DE ESTUDIO DEL NANOPLANCTON CALCAREO PARA SU POSTERIOR ESTUDIO Y APLICACIONES.
- ANALIZAR EL NANOPLANCTON CALCAREO Y DETERMINAR LA EDAD DE LAS SEDIMENTOS ESTUDIADOS, PARA ESTABLECER EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO.
- PROPONER UNA BIOZONIFICACION PARA EL MAASTRICHTIANO SUPERIOR-PALEOCENO INFERIOR Y COMPARARLA CON OTRAS A NIVEL MUNDIAL PARA ANALIZAR SUS DIFERENCIAS Y/O SIMILITUDES, ASI COMO DETERMINACION DE HIATUS.
- LLEVAR A CABO UN ESTUDIO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO LO MAS PRECISO POSIBLE DEL NANOPLANCTON CALCAREO, PARA TRATAR DE EVALUAR LA MAGNITUD Y LOS MECANISMOS DE EXTINCION DE LOS NANOFOSILES A TRAVES DEL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO.
- ELABORAR UN TEXTO INTRODUCTORIO Y COMPENSIBLE ACERCA DEL NANOPLANCTON CALCAREO Y SU IMPORTANCIA BIOESTRATIGRAFICA, DEBIDO A LOS ESCASOS ESTUDIOS REALIZADOS EN MÉXICO.

III.- LOCALIZACION

III.1.- SECCION COXQUIHUI

La Sección Coxquihui se encuentra localizada al Noreste del estado de Veracruz, aproximadamente a 40 km al Suroeste de la ciudad de Poza Rica, en el poblado de Coxquihui y cuyas coordenadas son : 20 °07' latitud Norte y 97 °32' longitud Oeste. (FIG. 1a)

La vía de acceso puede ser por por la carretera federal #45 que llega a Poza Rica, tomando la carretera que se dirige hacia Papantla, siguiendo un camino de terracería de 15 kms hacia Zozocalco de Hidalgo y posteriormente tomar la desviación de 2 kms al poblado de Coxquihui, donde existen varios afloramientos, pero que en particular se eligió uno localizado enfrente de la escuela primaria local.

III.2.- SECCION LA LAJILLA

En lo referente a la Sección La Lajilla, se encuentra situada al Noreste del estado de Tamaulipas, aproximadamente a 50 kms al Este de Ciudad Victoria; las coordenadas son: 23 ° 65' latitud Norte, 98°44' longitud Oeste (FIG. 1b).

Las vías de acceso pueden ser por la carretera federal # 101 o por el ferrocarril hasta Ciudad Victoria, tomando una vereda hacia el poblado de Casas y posteriormente 8 kms de terracería al Sur, encontrando el afloramiento a las orillas del arroyo que se origina en la presa La Lajilla, aproximadamente 200m al Norte del pueblo del mismo nombre.

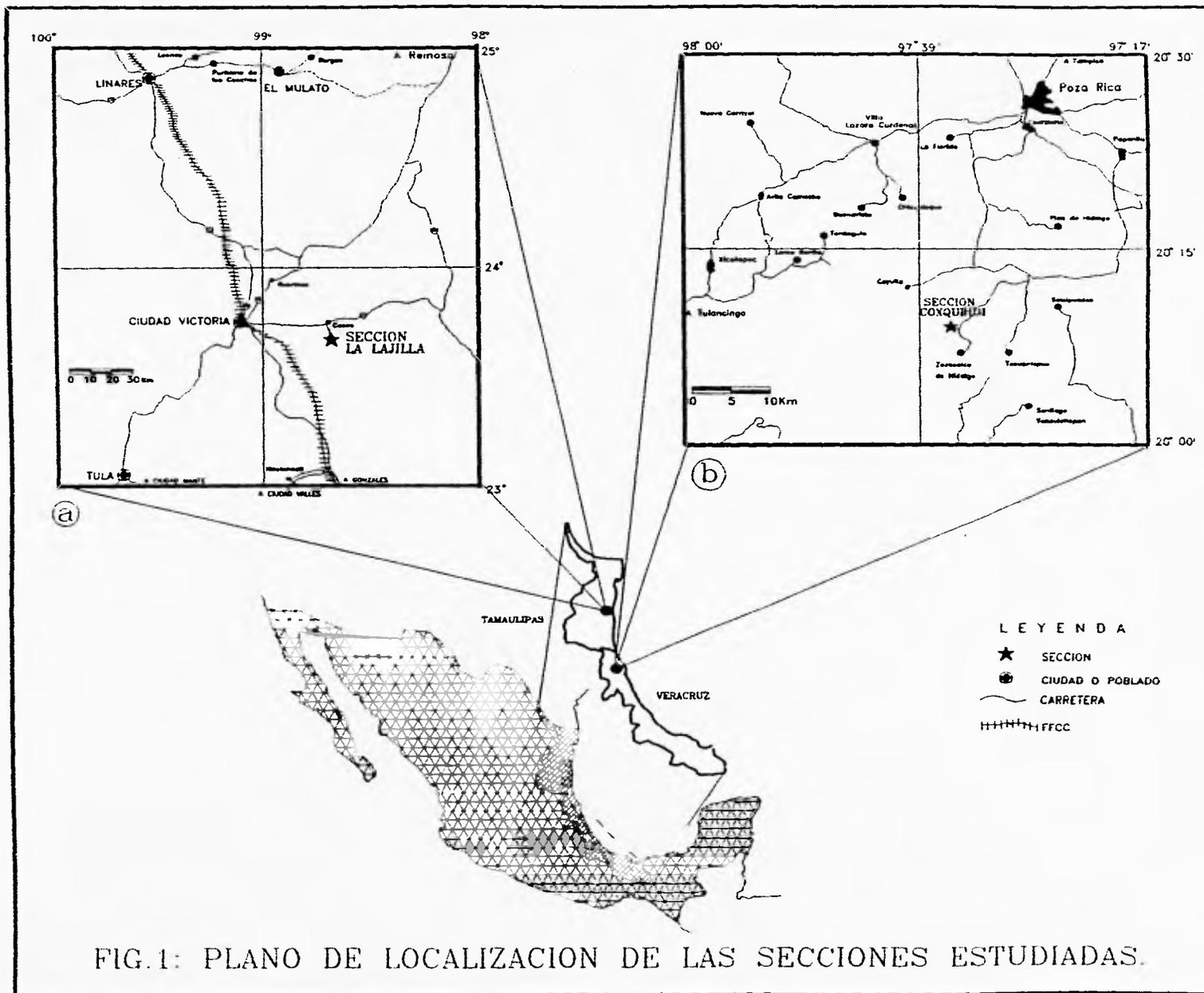


FIG.1: PLANO DE LOCALIZACION DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS.

IV.- MARCO GEOLOGICO

El presente trabajo comprende el estudio de dos secciones, por un lado la Sección Coxquihui localizada en la Cuenca Tampico-Misantla, y por el otro la Sección La Lajilla situada en la Cuenca de Burgos, ambas pertenecientes a las cuencas Terciarias de la llanura costera del Golfo de México (FIG. 2). De igual manera, en ambas secciones fueron reconocidas dos formaciones, la Formación Méndez y la Formación Velasco. Las características geológicas y estratigráficas de ambas secciones son descritas a continuación.

IV.1 CUENCA TAMPICO-MISANTLA

a) Estratigrafía y rasgos estructurales regionales

La cuenca Tampico-Misantla está ubicada en la porción oriental de la República Mexicana y tiene forma de un arco semielíptico. Abarca la parte Norte del Estado de Veracruz extendiéndose al extremo Sur del Estado de Tamaulipas y las partes más orientales de los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, así como el Norte de Puebla (SANTIAGO, et al. 1984).

Geológicamente esta cuenca está limitada al Norte por el arco de Tamaulipas (Sierra de Tamaulipas) y el Río Guayalejo, así como por el poblado de Xicotencatl, Tamps.; al Sur por las poblaciones de Nautla y Misantla, Ver. y el Macizo de Teziutlan, al Oeste por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y al Oeste por la actual costa del Golfo de México, con una superficie aprox. de 25000 km² (LOPEZ RAMOS, 1984).

El carácter u origen de la cuenca en esta región se remonta al hundimiento del área ocupada por el Archipiélago Tamaulipas, provocado en gran parte por los esfuerzos que plegaron y fallaron la Sierra Madre Oriental a principios del Terciario (CABRERA & LUGO, 1984).

Hacia el Cretácico Tardío hubo un cambio brusco en los ambientes de depósito, provocado por el incremento de material terrígeno, el cual dió origen a formaciones calcáreo-arcillosas como es el caso de la Formación Méndez (SANTIAGO et. al., 1984).

En el cierre del Cretácico, se inició la fase orogénica Laramidica que dio lugar al levantamiento de la Sierra Madre Oriental, simultáneamente y a consecuencia de este fenómeno en la porción Noreste de la citada cuenca, se desarrolló la subcuenca de Magiscatzin que evolucionó y fue rellenada con corrientes fluviales de sedimentos arcillo-arenosos y arcillosos que fueron depositados en aguas profundas durante el Paleoceno Basal lo que hoy en día es la Formación Velasco (o localmente llamada cuenca de Chicontepec), localizada en la porción Sur de la cuenca Tampico-Misantla (CABRERA & LUGO, 1984).

La cuenca sedimentaria de Tampico-Misantla está compuesta principalmente por tres unidades estructurales primarias: la parte Sur de la Plataforma de Tamaulipas, la Antefosa de Chicontepec y la Sierra Madre Oriental.

Destaca la Sierra de Tamaulipas, cuyo extremo Sur está cubierto por sedimentos del Cretácico Superior y del Eoceno, dando origen a la estructura de Pánuco-Ebano. Existe en ella un sistema de fallas con orientación NNE-SSW (falla de Menudillo) y sin conexión con los esfuerzos tectónicos que levantaron la Sierra Madre Oriental, pues pudo deberse a un ajuste de bloques dentro del basamento ígneo provocado por esfuerzo a componentes casi verticales. Al Sur existe el bloque de la Faja de Oro con forma semicircular entre la Laguna de Tamiahua y la Barra de Tecolutla. Esta estructura arrecifal tiene su parte más alta en el centro y buza hacia los extremos. También son de interés las estructuras arrecifales al Sur y al Oeste de la Faja de Oro que de una manera general están paralelas a ella (LOPEZ RAMOS, 1966).

La columna estratigráfica del Terciario está identificada por areniscas, lutitas, conglomerados y raramente calizas de tipo arrecifal, abunda la fauna pelágica y bentónica. Localmente, se distinguen rocas volcánicas del Terciario Superior- Plioceno, afectando las secuencias sedimentarias. La edad de la columna sedimentaria, abarca del Paleoceno al reciente y los ambientes depositacionales comprenden del nerítico al batial.

El espesor de los sedimentos terrigenos en esta cuenca es de 6000m (LOPEZ RAMOS, 1984).

b) Descripción de las Formaciones

Formación Méndez (Campaniano-Maastrichtiano). Se le ha encontrado en un contacto transicional sobre la Formación San Felipe y subyaciendo discordantemente con las Formaciones del Paleoceno. Consiste principalmente de margas grises-verdosas y algunas veces rojas, estratificadas en capas de diferente espesor, desde unos centímetros hasta un metro o más. Si bien en un principio se le llamó Lutita Méndez en un análisis químico de estás, presentó carbonatos de 20% a 60%, lo cual debe considerarse como "margas". Presentan fractura concoidal muy característica. Ocasionalmente, pueden verse capas de areniscas especialmente en la parte superior en contacto con las lutitas o areniscas del Terciario (Velasco o Chicontepec). El contacto Cretácico-Terciario aparentemente es normal aunque a veces aparece dicordante debido al conglomerado en la fase de Chicontepec. Las características litológicas dan idea de que la cuenca de depósito estaba caracterizada por un mar nerítico-batial y regresivo en el que se depositaron sedimentos arcillo-arenosos (LOPEZ RAMOS, 1966).

Los espesores son muy irregulares siendo los más gruesos en el frente de la Sierra Madre Oriental, entre Linares, Cd. Victoria y Cd. Mante, donde se han medido más de 1900 metros, si bien es posible que existan repeticiones o inclinaciones muy considerables. La localidad tipo aparece en la estación de ferrocarril Méndez al Oriente de Cd. Valles, San Luis Potosí, muy próxima a la Formación San Felipe. Aflora en el frente de la Sierra Madre Oriental desde Monterrey hasta Cd. Valles, Cd. Victoria, Tamanzunchale y aún en algunas zonas de Veracruz. También puede verse a ambos lados de la Sierra de Tamaulipas y San Carlos. Paleontológicamente la identificación de esta formación lo constituye el género *Globotruncana* con varias especies (LOPEZ RAMOS, 1966).

Formación Velasco (Paleoceno-Eoceno). Los sedimentos de esta formación indican por su litología y fauna, condiciones de depósito en aguas moderadamente profundas, pues están constituidas en su mayor parte por lutita homogéneas de grano fino, y localmente por capas delgadas de bentonita de color verdoso.

Los estratos que están expuestos a lo largo del flanco oriental y de la porción sureste del Sinclinal de Magiscatzin consisten de lutita con escasas interestratificaciones de areniscas calcáreas en capas delgadas; la lutita es de color gris, variando el tono e intensidad de verde, azul, café, rosa, rojo o marrón. Pueden ser bastante calcáreas pero siempre son menos duras que las margas de la Formación Méndez del Cretácico Superior. En algunos lugares al Noreste de Ayotosco, Puebla, la parte basal de la Formación Velasco contiene material retrabajado de color rojo, de la cima de la Formación Méndez lo cual constituye un buen argumento para la separación en tiempo y litología de las formaciones Velasco y Méndez. En la región de Poza Rica prácticamente se encuentra en contacto con la citada Formación Méndez. (LOPEZ RAMOS, 1984)

Los espesores de la formación varían desde 90m al Este de la Faja de Oro, hasta 1200m al Norte de Tampico. La localidad tipo se encuentra en el afloramiento de la estación de Velasco, San Luis Potosi, en el ferrocarril Tampico-San Luis Potosi. La distribución geográfica de la Formación Velasco es muy amplia, pues se extiende de N a S a lo largo del Sinclinal de Magiscatzin, desde Cd. Victoria hasta Tujillo, Tamaulipas, en la parte Este de la Faja de Oro y prácticamente en todo el frente oriental de la Sierra Madre Oriental. En algunos lugares también se encuentra la formación Velasco entre Tamazunchale, San Luis Potosi y Villa Juarez, Puebla. Paleontológicamente se distingue por presentar foraminíferos de las familias *Globigerinidae* y *Globorotalidae* (LOPEZ RAMOS, 1966).

c) Descripción de la Sección Coxquihui

Tomando como referencia la unidad clástica (límite KT/) representada en las columnas analizadas como Unidad II, se tiene que en la sección Coxquihui (FIG. 3) esta unidad está bien representada, en su base por un cuerpo de 80cm de esferulitas de vidrio alterado correspondiente a la subunidad X, la parte media (con 20cm de espesor) constituida por arenisca con clastos de caliza y esferulitas pertenecientes a la subunidad Y, y en la cima por arenisca con estratificación cruzada de la subunidad Z con 20cm, totalizando 1.20m para la Unidad II. La parte inferior de la secuencia, constituida por la Unidad I, está caracterizada por 3.45m. de marga color rojo ocre, deleznable, correspondientes a la Formación Méndez. La parte superior perteneciente a la Unidad III, esta constituida por 1.30m de lutita calcárea verdosa deleznable, con intercalaciones de lutita más arcillosa y compactas de la Formación

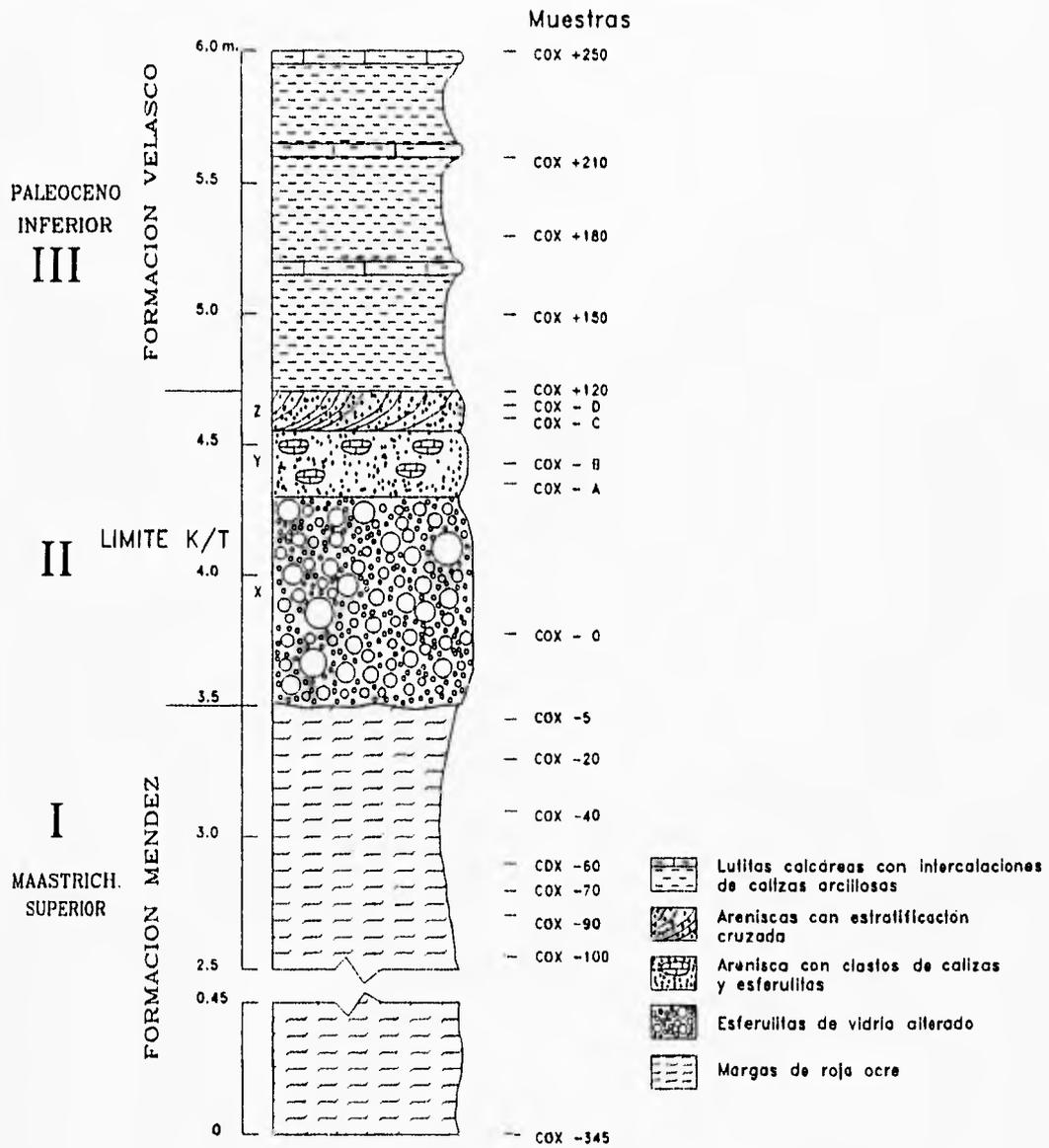


FIG.3: COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA SECCION COXQUIHUI, NE DE VERACRUZ.

Velasco. En conjunto la columna muestrada fue de 5.95m totalizando 18 muestras.

V.2 CUENCA DE BURGOS

a) Estratigrafía y rasgos estructurales regionales

La Cuenca de Burgos se localiza en el extremo noreste de la República Mexicana, geológicamente forma parte del Geosinclinal del Golfo de México (Cuenca del Golfo de México), el cual alcanza su máximo desarrollo en los estados norteamericanos de Texas y Lousiana. Sus límites geográficos en el territorio Mexicano son: al Norte el Río Bravo, al Sur-Sureste el Río Soto La Marina y el flanco oriental de la Sierra de Cruillas. El Límite occidental lo forma una línea que, partiendo del flanco Oriental de la Sierra de Cruillas, pasa al oriente de Montemorelos y que de este punto, sigue al Norte para pasar al poniente de la ciudad de Laredo, Tamps. De manera general, la línea mencionada representa el límite Cretácico-Paleoceno. La superficie confinada dentro de tales límites es de aproximadamente 45,000 km² (LOPEZ RAMOS, 1984).

Esta cuenca es estructural y estratigráficamente una continuación del Geosinclinal de Golfo de México. Durante el Jurásico y Cretácico fue una cuenca marina somera con amplias plataformas que recibieron depósitos de calizas, lutitas y areniscas. A fines del Cretácico y a principios del Terciario ocurrieron intensos movimientos por efectos de la Orogénia Larámide (CABRERA & LUGO, 1984). Esta actividad originó el plegamiento y levantamiento del Geosinclinal formando los grandes pliegues de la Sierra Madre Oriental exponiendo a la erosión los sedimentos paleozoicos y mesozoicos. Este levantamiento fue acompañado por el hundimiento a lo largo del frente oriental de las montañas elevadas y la consecuente formación de una serie de cuencas, entre ellas la de Burgos, paralelas al cinturón orogénico (SANTIAGO, et al., 1984). Por consiguiente, en el Paleoceno se inicia el depósito de una potente secuencia sedimentaria clástica, predominantemente arcillosa, con intercalaciones variables de cuerpos arenosos, de origen múltiple. La sedimentación fue principalmente marina y de carácter cíclico con etapas transgresivas, con progradación secuencial hacia el oriente. Durante el resto del Terciario no se registran movimientos tectónicos sobresalientes en el área (CABRERA & LUGO, 1984).

La columna estratigráfica incluye sedimentos del Paleoceno al Reciente, dispuestos en franjas orientadas con rumbo NNO-SSE, dispuestos de tal manera que las franjas estratigráficamente más antiguas yacen al occidente, siendo las más jóvenes las del oriente. El espesor máximo estimado en el centro de la cuenca es de 10,000m. Litológicamente, la secuencia está representada por una alternancia de lutitas y areniscas, cuya variación está íntimamente asociada al ambiente de depósito y a la presencia de fallas de crecimiento. La sedimentación se efectuó en una fase eminentemente regresiva, interrumpida por cortos períodos transgresivos, en un ambiente que varía del salobre al batial (SANTIAGO, et. al. 1984). Por ejemplo la Formación Velasco (perteneciente al Paleoceno) de la Cuenca de Burgos representa una facies de aguas profundas equivalente a la parte inferior de la Formación Midway (LOPEZ RAMOS, 1984).

b) Descripción de las Formaciones.

En la sección La Lajilla fueron reconocidas por una lado, la Formación Méndez del Cretácico Superior, y por otro la Formación Velasco del Paleoceno, las cuales fueron reconocidas también en la Sección Coxquihui. Consecuentemente, la descripción de tales formaciones se proporciona en la parte correspondiente a la descripción de formaciones de la anterior sección mencionada

c) Descripción de la Sección La Lajilla

En esta Sección (FIG. 4) la unidad clástica también llamada Unidad II, está representada por un cuerpo de esferulitas de aprox. 25cm de espesor correspondientes a la subunidad X', y por areniscas con estratificación cruzada y laminar con 75cm de espesor pertenecientes a la subunidad Y'. Cabe mencionar que en la sección Coxquihui fue posible subdividir esta Unidad II en otra subunidad llamada Z, lo cual no fue posible en La Lajilla debido a las numerosas intercalaciones de areniscas con estratificación cruzada y laminar, pero que no necesariamente se encuentra ausente de esta sección (GRAJALES, com. pers.).

En la parte inferior, se encuentra la Unidad I caracterizada por un cuerpo de margas verdosas correspondientes a la Formación Méndez, y su espesor es de aprox. 1.20m.

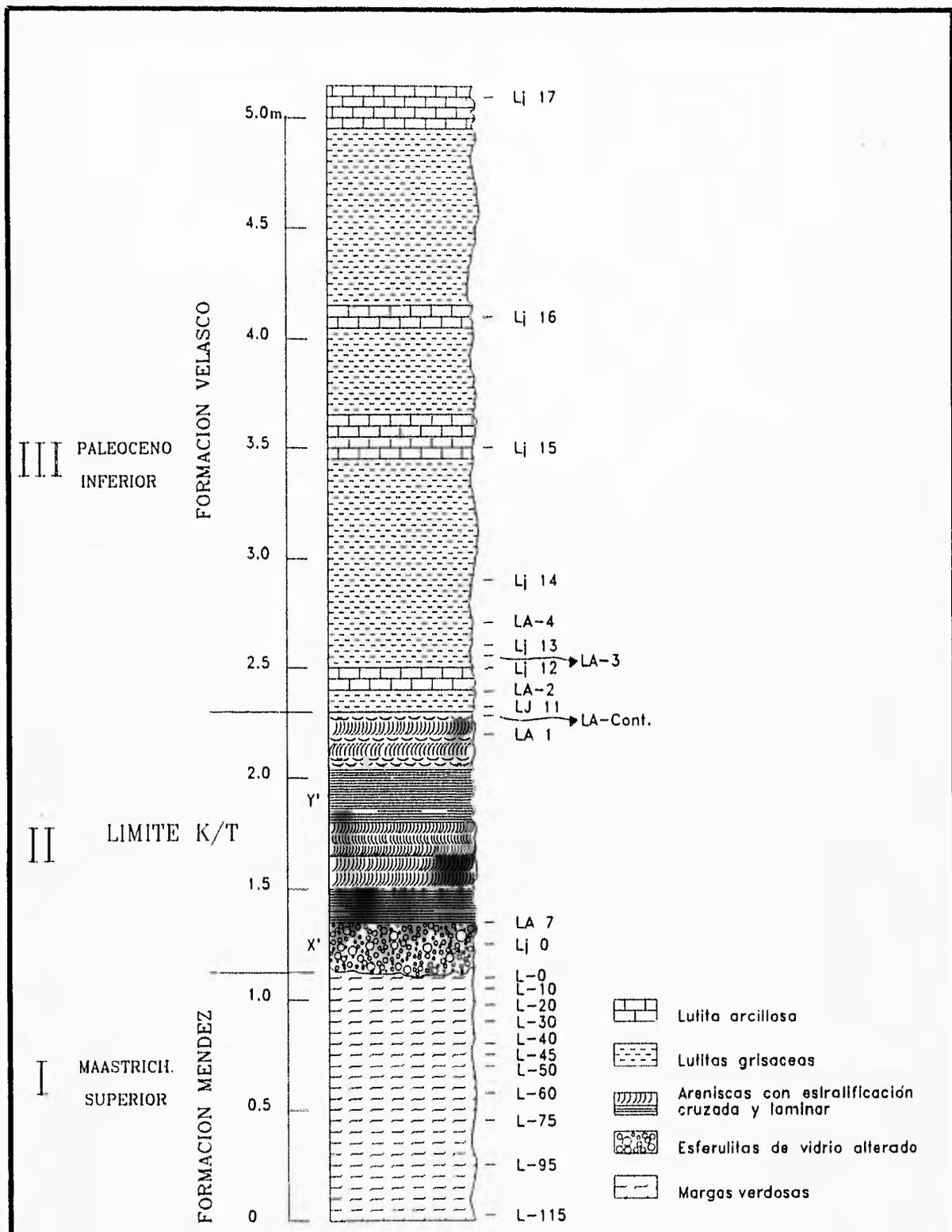


FIG.4: COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA SECCION LA LAJILLA, NE DE TAMAULIPAS.

En la parte superior de la columna encontramos la Unidad III, la cual está constituida por lutita calcárea deleznable con tonalidades que van del verde al gris, las cuales contienen intercalaciones de caliza más arcillosa con un espesor de 2.60m aprox. Al igual que en la otra sección toda la columna fue muestreada totalizando 25 muestras.

Finalmente, es importante señalar que de acuerdo a GRAJALES, (com. pers.), el significado sedimentológico y las estructuras primarias de la capa clástica (Unidad II) encontrada en ambas secciones es diferente a las formaciones antes descritas, ya que se trata según este autor de sedimentos exógenos retrabajados y por lo tanto todo lo que contienen debió ser redepositado y no encontrándose estos *in situ*, y de esta manera no es conveniente utilizarlos para fechar o para realizar conteos estadísticos. A pesar de esto, se consideró importante estudiar esta capa clástica, ya que contiene microfósiles y existen diversas contradicciones de acuerdo a su edad y significado paleontológico.

V.- MATERIALES Y METODOS

V.1 CAMPO

En ambas secciones se realizó un muestreo a lo largo de toda la columna estratigráfica incluyendo la unidad clástica del límite Cretácico-Terciario. Para la sección Coxquihui se tomaron 18 muestras y para La Lajilla 25, las cuales fueron introducidas en bolsas de plástico y selladas para evitar infiltraciones y/o contaminaciones. El muestreo se efectuó cada 5, 10, 30 y 50cm con extremo cuidado, y tratando de evitar la contaminación entre una y otra muestra ,ya que debido al tamaño reducido de los nanofósiles (2-50 micras) la probabilidad de contaminación entre las muestras es considerablemente alto, igualmente al tomar la muestra se excavó un poco para que esta fuera lo menos intemperizada posible.

Adicionalmente, el tomado de las muestras se trató de realizar selectivamente, dependiendo de la constitución de las rocas, ya que en rocas mas deleznales y menos compactas (duras) es más probable encontrar a los nanofósiles en mayor abundancia y mejor conservados que en sedimentos arenosos y dolomitizados.

V.2 LABORATORIO

Para la obtención del sedimento cabe mencionar que es conveniente raspar o fragmentar un poco la roca a fin de contar con sedimento fresco para su posterior preparación y análisis.

Una vez obtenido el material de estudio se procedió a preparar 4 "frotis" de cada muestra (168 en total) según la técnica de SANCHEZ, (1991) ilustrada en la (FIG. 5). La observación se llevo a cabo en el microscopio petrográfico Zeiss Axioplan con un objetivo de 100x para fines de identificación, conteo e ilustrativos de los nanofósiles. Asimismo, se llevó a cabo la técnica de la misma autora para las observaciones de la nanoflora en el microscopio electrónico de barrido (M.E.B.) Zeiss DSM 690, previo baño con oro y carbón.

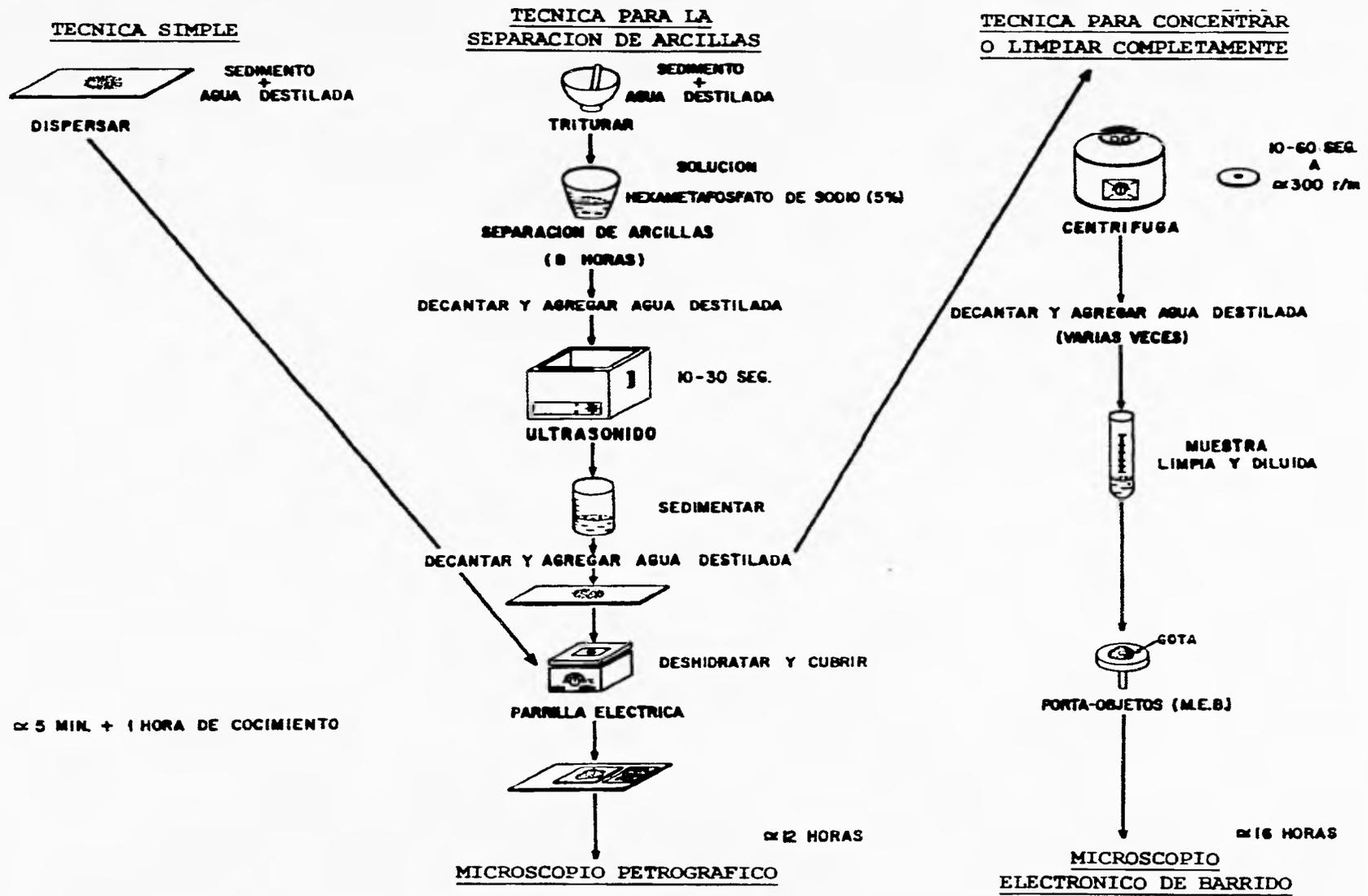


FIG.5 : TECNICAS UTILIZADAS PARA LA OBSERVACION DE LOS NANOFOSILES SEGUN SANCHEZ, (1991).

V. - MATERIALES Y METODOS

Cabe resaltar que entre el procesado de una y otra muestra se debe de lavar perfectamente el material con agua destilada, así como las manos, y si es posible utilizar material desechable reduciendo así el riesgo de probable contaminación e interpretaciones erróneas.

El estudio cualitativo y cuantitativo fue realizado en el microscopio petrográfico y se utilizó la técnica simple ya que esta permite observar el conjunto nanoflorístico, mientras que para el M.E.B. se llevó a cabo la técnica de separación de arcillas y posteriormente la de concentración y/o limpiar completamente con la finalidad de facilitar la observación de los nanofósiles (FIG. 5).

La identificación y conteo de los nanofósiles se realizó en 100 campos ópticos (aprox.) en cada uno de los "frotis", tomando en cuenta sólo especímenes con un bueno a moderado estado de conservación.

La fotografía de los nanofósiles en el microscopio petrográfico fue realizada a un aumento de 1250x, 1600x y 2000x en luz natural y polarizada, mientras que en el M.E.B. fue con aumentos que variaban de 5000x a 20000x. Posteriormente se elaboraron láminas fotográficas, previa selección, con fines ilustrativos.

Una vez realizadas las observaciones y conteos, se elaboraron cuadros de abundancia y distribución estratigráfica, así como gráficas correspondientes a los conteos cualitativos y cuantitativos, para en conjunto realizar un análisis y su posterior evaluación

VI.-NANOPLANCTON CALCAREO

A continuación se proporciona un resumen de los aspectos más importantes del nanoplancton calcáreo, los cuales fueron tomados en su mayoría de SANCHEZ, (1991); adicionalmente algunos criterios y observaciones de otros trabajos son mencionados y referidos, ya que fueron considerados de suma importancia y por lo tanto fueron tomados en cuenta para la realización del presente trabajo.

VI.1.- CLASIFICACION

La clasificación seguida en este estudio fue tomada de acuerdo a ROTHMALER, (1951), *in* SANCHEZ, (1989).

Reino: Vegetal

División: Chrysophyta PASCHER, (1914)

Clase: Haptophyceae ROTHMALER, (1951)

Orden: Heliolithae DEFLANDRE, (1952)

Familia: Zygodiscaceae HAY & MOHLER, (1967)

Géneros: *Zygodiscus* BRAMLETTE & SULLIVAN, (1961)

Placozygus HOFFMANN, (1970)

Neochiastozygus PERCH-NIELSEN, (1971)

Tranolithus STOVER, (1966)

Staurolithites CARATINI, (1966)

Parhabdolithus DEFLANDRE, (1952)

Eiffellithus REINHARDT, (1950)

Ahmuellerella REINHARDT, (1954)

Chiastozygus GARTNER, (1968)

Stephanolithionaceae BLACK, (1968)

Géneros: *Corollithion* STRADNER, (1961)

Cylindralithus BRAMLETTE & MARTINI, (1964)

Ellipsagelosphaeraceae NÖEL, (1965)

Géneros: *Markalius* BRAMLETTE & MARTINI, (1964)

Cyclagelosphaera NÖEL, (1965)

Podorhabdaceae NÖEL, (1965)

Subfamilia: Cretarhabdoides LAMBERT, (1981)

Géneros: *Cretarhabdus* BRAMLETTE & MARTINI, (1964)

Cribrosphaerella ARKHANGELSKI, (1912)

Prediscosphaera VEKSHINA, (1959)

Arkhangelskiellaceae BUKRY, (1969)

Géneros: *Arkhangelskiella* VEKSHINA, (1959)

Broinsonia BUKRY, (1959)

Gartnerago BUKRY, (1959)

Kamptnerius DEFLANDRE, (1959)

Coccolithaceae KAMPTNER, (1929)

Géneros: *Biscutum* BLACK, (1959)

Neobiscutum VAROL, (1989)

Watznaueria THIERSTEIN, (1971)

Manivitella THIERSTEIN, (1971)

Cruciplacolithus HAY & MOHLER, (1967)

Braarudosphaeraceae DEFLANDRE, (1947)

Género: *Braarudosphaera* DEFLANDRE, (1947)

Microrhabdulaceae DEFLANDRE, (1963)

Géneros: *Microrhabdulus* DEFLANDRE, (1959)

Lithaphidites DEFLANDRE, (1963)

Incertae Sedis (organismos de forma variada)

Géneros: *Thoracosphaera* KAMPTNER, (1927)

Biantholithus BRAMLETTE & MARTINI, (1964)

Ceratolithoides BRAMLETTE & MARTINI, (1964)

Lucianorhabdus DEFLANDRE, (1959)

Micula VEKSHINA, (1959)

Quadrum GARDET, (1955)

Lithastrinus STRADNER, (1962)

Bukryaster PRINS, (1966)

VI.2 GENERALIDADES

El nanoplancton calcáreo constituye un grupo heterogéneo integrado por los restos y formas de naturaleza calcítica, cuya talla normalmente es inferior a 50 micras, de origen probablemente planctónico. Dentro de este grupo se incluyen y estudian los Cocolitofóridos, los Discoastéridos y los organismos de forma variada "Incertae saedis," de los cuales se pueden observar sus principales características en la (FIG. 6).

COCOLITOFORIDOS



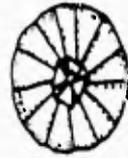
*Cretarhabdus
comans*



*Arhangelskiella
arafa*



*Prodicosiphonia
rivoti*



*Discorhabdus
igneus*

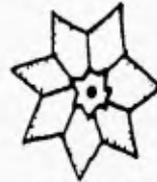
DISCOASTERIDOS



*Discoaster
callengeri*

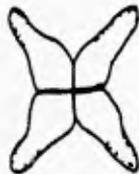


*Discoaster
lodoensis*



*Discoaster
seipannensis*

ORGANISMOS "INCERTAE SEDIS"



*Tetralithus
galathea*



*Lithropodites
quadratus*



*Northasterites
furcatus*

FIG. 6: DIFERENTES GRUPOS DE NANOPLANCTON CALCAREO, SEGUN SANCHEZ, (1991).

Los Cocolitofóridos son organismos unicelulares de forma elíptica o circular (FIG. 7) constituidos por elementos calcíticos que son formados en el interior de la célula, en este caso probablemente por el aparato de Golgi o por el retículo endoplasmático, así como en la periferia de la célula. Después de ser secretados, los cocolitos emigran hacia la periferia rodeando la célula y formando así la cocósfera, la cual es muy difícil encontrar completa. Al morir el organismo, los cocolitos se dispersan, depositándose en los sedimentos y son estas plaquetas aisladas las que se conservan en el registro fósil.

La posición de estos pequeños elementos en la cocósfera (FIG. 7) permite distinguir dos porciones; una porción proximal cóncava que está en contacto con la célula y una porción distal convexa, la cual se localiza en la parte externa. En la mayoría de los casos, los cristales de calcita que forman los cocolitos se disponen radialmente; el número, tamaño y disposición particular de los cristales hace que cada especie presente una figura característica al observarlos en el microscopio petrográfico de luz polarizada.

Por otro lado, los Discoastéridos son nanofósiles en forma de estrella (FIG: 6), cuya estructura es relativamente simple en relación a los cocolitos; sus rayos están formados de cristales de calcita de forma tabular. La forma y disposición de sus cristales de calcita no proporciona ningún tipo de figura de interferencia en luz polarizada del microscopio petrográfico. Este grupo es característico del Terciario y se les encuentra a partir del Paleoceno Superior hasta el Plioceno por lo que ya no existen representantes actuales. En el presente trabajo dado que solo se muestreo la base del Paleoceno dicho grupo está ausente.

Por último, los organismos "Incertae sedis" también llamados de forma variada (*Nannocornus*, *Ceratolithoides*, *Tetralithus*, *Sphenolithus* entre otros.) presentan gran variedad de formas (FIG. 6) y por lo tanto su posición taxonómica no está aún bien definida.

VI.-NANOPLANCTON CALCAREO

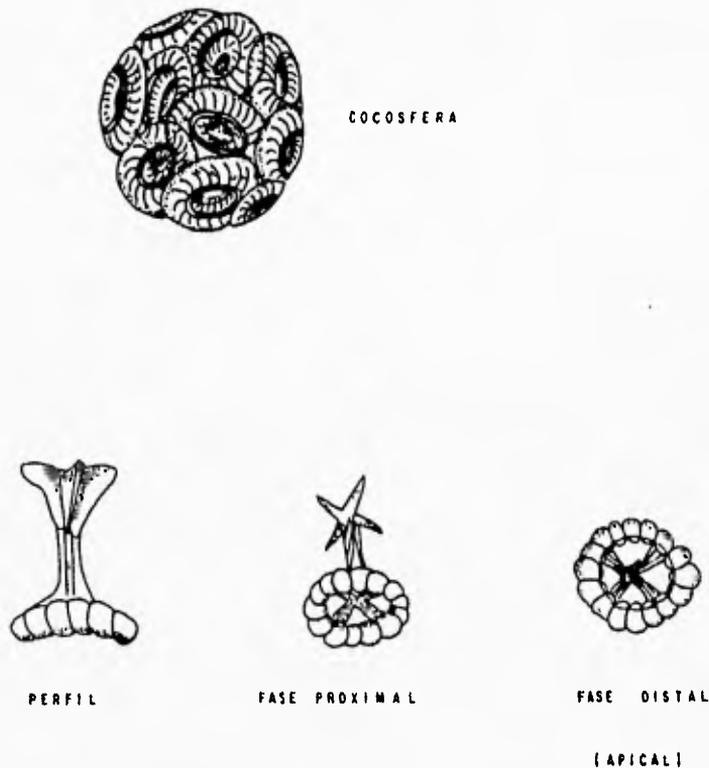


FIG. 7: MORFOLOGIA DE UNA COCOSFERA Y DIFERENTES VISTAS DE UN COCOLITO (SANCHEZ, 1991).

Los Cocolitofóridos vivos son organismos unicelulares planctónicos y fotosintéticos que viven en la zona fótica, y por lo tanto presentan máximos de abundancia a 50-150m de profundidad. Junto con las Diatomeas constituyen la mayor parte del plancton marino. Su organismo presenta una morfología globular, ovalada o elongada con dos flagelos largos y un tercer apéndice de menor tamaño, situado entre los dos anteriores, que recibe el nombre de Haptonema (FIG. 8). Estas células presentan a lo largo de su ciclo de vida fases móviles e inmóviles.

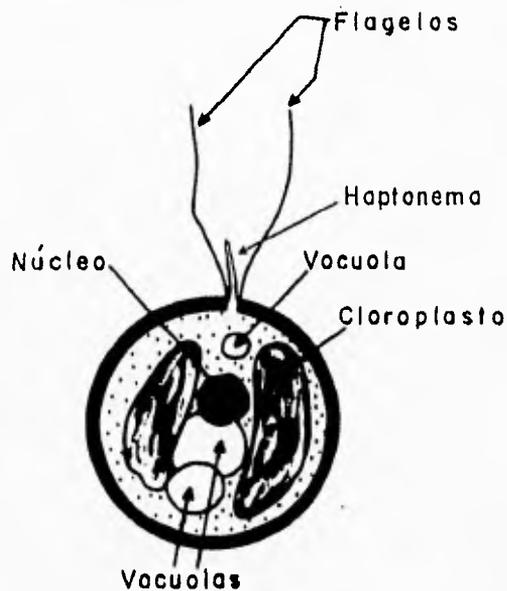


FIG. 8: CELULA VIVIENTE DE *Cyclacoccolithus leptaparus* PRESENTANDO SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS (SANCHEZ, 1991).

VI.3 MORFOLOGIA

De acuerdo al grado de complejidad, los cocolitos se clasifican en:

DISCOLITOS: Cocolitos que consisten de un escudo.

PLACOLITOS: Cocolitos complejos que están formados por dos escudos, los que están unidos entre sí por un tubo central. (FIG. 9).

De acuerdo al tipo de cristalización, los cocolitos se pueden clasificar en:

HETEROCOLITOS: Cocolitos formados por cristales de diferente forma y tamaño

HOLOCOLITOS: Cocolitos formados de cristales de forma y tamaño similar.

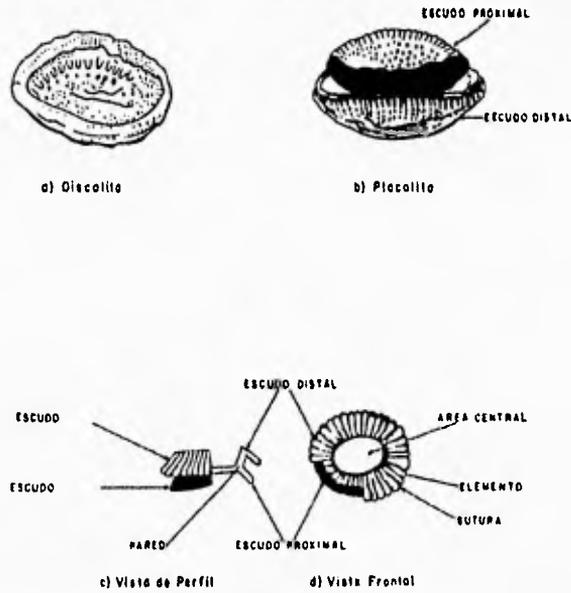


FIG. 9: MORFOLOGIA DE UN PLACOLITO Y UN DISCOLITO (SANCHEZ, 1991).

Los cocolitos de acuerdo a su posición en la cocosfera, presentan una fase proximal cóncava que está en contacto con la célula en la cual presentan un escudo proximal, el cual puede tener uno o dos ciclos, así como una fase distal convexa localizada hacia el exterior de la célula donde se encuentra el escudo distal. Estas características de los cocolitos son presentadas en la (FIG. 10).

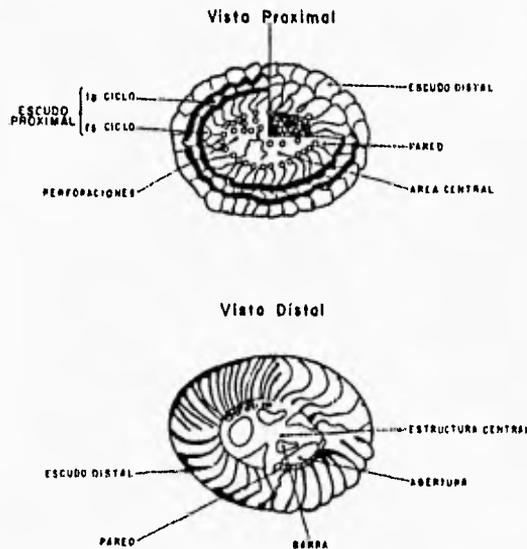


FIG. 10: PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE UN COCOLITO (SANCHEZ, 1991).

VI.4 REPRODUCCION Y CICLO DE VIDA

Se desconoce aún el proceso vital de la mayoría de las especies vivientes, pero se cree que debe existir una diferencia fundamental entre las especies que viven en aguas costeras y las de mar abierto. En las especies costeras, las generaciones nadadoras alternan con otras formas sésiles filamentosas que constituyen, a veces, colonias sobre las rocas o cualquier otro soporte sólido.

Las especies oceánicas que no pueden alcanzar la costa, es posible que posean fases sedentarias similares a las de *Coccolithus pelagicus*, el cual en su fase no flagelada (la única que llega a un estado fósil) permanece suspendida pasivamente en las capas superiores del océano.

Así pues, se puede decir que los cocolitofóridos presentan una fase móvil y una fase inmóvil, sin embargo se suele dar una alternancia entre la fase móvil e inmóvil, cuya sucesión debe ser rápida por que en las tomas de muestras se encuentran siempre ambas fases. La reproducción se realiza aparentemente por bipartición (FIG. 11).



FIG. 11: REPRODUCCION DE UNA CELULA POR BIPARTICION, SEGUN SANCHEZ, (1991).

Por lo que respecta a la velocidad de crecimiento y/o reproducción, los cocolitofóridos ocupan entre las algas planctónicas una de las mayores velocidades de esta, incluso algunas especies llegan a multiplicarse más de dos veces por día.

VI.5 ECOLOGIA

En general, los cocolitofóridos abundan en aguas templadas, cálidas, ricas en Oxígeno, con un pH superior a 8.5 y en un medio rico en sales minerales; mostrando una_

mayor preferencia por las zonas neríticas y pelágicas, ya que son raras las especies que actualmente viven en zonas litorales.

La temperatura óptima para la reproducción y desarrollo de los nanofósiles se considera próxima a los 20°C. Sin embargo, se cree que estos pueden desarrollarse entre los 5 y los 25°C.

La luz óptima varía entre una intensidad de 10,000 a 25,000 lux. Se han obtenido experiencias positivas de fototaxia, observándose una acumulación de células en las zonas de intensidad luminosa (obtenida por luz fluorescente difusa o por rayos luminosos) se sitúa entre los 500 y 5000 lux. También se ha comprobado la influencia de variaciones en la intensidad luminosa o en la duración diurna sobre el crecimiento, semejante a las respuestas que presenta cualquier otra alga planctónica autótrofa a dichos estímulos.

El agua de mar tiene una salinidad promedio de 3.5%. Varias especies de *Cribrosphaerella*, desarrolladas en cultivo, tienen una tolerancia a la salinidad que va de 0.4% a 0.8% (la más baja) y de 4.5 a 5 o hasta del 9 por mil (la más alta). La fase no móvil ha soportado concentraciones salinas cercanas a la cristalización.

Como ya se mencionó anteriormente, los nanofósiles se encuentran principalmente en la zona fótica de 50-150m, por otro lado, la variedad y abundancia va a depender de la latitud; siendo estos más abundantes y variados hacia las regiones de latitudes bajas tropicales-subtropicales y disminuyendo dicha abundancia hacia las regiones de altas latitudes o boreales.

VI.6.- CONSERVACION

Ciertas facies son favorables para la conservación de los nanofósiles. Las mejores condiciones para encontrarlos corresponden a las rocas carbonatadas friables, de grano fino y en particular no recristalizadas.

Estas características se encuentran en las margas, las calizas margosas y las cretas. Sin embargo, las arcillas son sedimentos propicios para preservar y contener nanofósiles. Estas algas son raras en sedimentos arenosos y los sedimentos dolomitizados son en general azoicos.

VI.7.- ALTERACIONES DIAGENETICAS

Una parte de la disolución de los microfósiles se produce en las aguas marinas superficiales, continuándose después del enterramiento durante la diagénesis. Asimismo, muchos no se conservan más allá del límite de compensación de carbonatos (C.C.D.) situado entre los 4000 y 5000m.

En los cocolitos los primeros estados de disolución conducen a un redondeo de las partes angulosas, dando a la parte marginal un aspecto "dentado". De una manera general, entre más pequeñas sean las plaquetas, la disolución afectará de mayor manera y más fácilmente. Las piezas que serán destruidas después son las del área central y enseguida los escudos.

De acuerdo a THIERSTEIN, (1980) la proporción relativa de los taxa cambia significativamente cuando se incrementa la disolución; esto es, baja abruptamente, de esta manera información acerca de la influencia de la disolución selectiva en los nanofósiles, es necesaria para detectar cambios en la preservación de los carbonatos, y de esta forma poder identificar y separar procesos geoquímicos de cambios evolutivos y biogeográficos durante un cierto espacio de tiempo. En este estudio Thierstein analiza muestras a través del límite K/T, concluyendo que *Micula staurophora* y *Watznaueria barnesae* (entre otros nanofósiles) son de las especies más resistentes a la disolución, mientras que *Cruciplacolithus primus* es la especie más susceptible a fenómenos de este tipo; asimismo el mencionado autor resalta que los efectos perceptibles en la disolución de carbonatos en el K/T están limitados a un pequeño número de taxa y además postula que la C.C.D. descendió a profundidades abisales en el periodo K/T.

La recristalización corresponde a un depósito de calcita secundaria sobre los organismos. En condiciones de simulación diagenética, los cocolitos más grandes crecen a expensas de los más pequeños. La recristalización natural ocurre a profundidades comprendidas entre los 3.5 y 4.8km.

La importancia de la disolución y la recristalización es significativa, ya que influye directamente en el estado de conservación de los microfósiles. De igual manera, el estado de conservación es de suma importancia en la determinación de las especies, debido a que la mala conservación puede ocasionar confusiones en la identificación taxonómica y consecuentemente ocasionar errores en la datación de los sedimentos.

VI.8.- RETRABAJO

El retrabajo es un proceso por el cual un fósil proveniente de rocas de cierta edad ha sido erosionado, transportado y redepositado en sedimentos más recientes. Los fósiles retrabajados pueden estar junto con los fósiles autóctonos e incluso constituir los únicos fósiles del sedimento más reciente.

Este aspecto es de suma importancia ya que debido a su pequeño tamaño el nanoplancton calcáreo es muy fácil de encontrarse retrabajado, además un espécimen puede comportarse como un grano de sedimento aislado y sufrir uno o numerosos ciclos de sedimentación sin traza aparente de desgaste.

Algunas veces es sumamente difícil afirmar con exactitud que una especie o un grupo de estos fósiles presentan retrabajo. Numerosos criterios se han utilizado para tratar de detectarlo. A continuación se mencionaran algunos de estos criterios, particularmente haciendo referencia al límite K/T, y los cuales posteriormente serán tomados en cuenta.

De acuerdo a LIU & OLSSON, (1994) en general solo existen dos métodos más o menos creíbles para reconocer el retrabajo: el isotópico y el filogenético. El isotópico se refiere a realizar fechamientos a los organismos con métodos radiométricos, mientras que el filogenético se efectúan estudios evolutivos y/o primeras y últimas apariciones.

No obstante, con el método filogenético resulta difícil diferenciar especies sobrevivientes de especies que son descendientes o retrabajadas, y por otro lado, el método isotópico también tiene sus desventajas, como que solo se puede aplicar en especies muy bien conservadas, ya que por ejemplo especies de foraminíferos en la transición Cretácico-Terciario pueden presentar valores isotópico similares, debido al remplazamiento diagenético de los elementos en las testas.

Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, según MACLEOD, (1994) es posible evaluar el retrabajo de especies, tomando en cuenta y relacionando los siguientes criterios:

- Estado de preservación: Las formas retrabajadas deben mostrar abrasiones, roturas, textura superficial recristalizada u otros signos de deterioro preservacional, aunque no es un carácter decisivo.
- Abundancia relativa/Proporción de la población: Este criterio se refiere a que especies sobrevivientes deberían incluir fracciones autóctonas y retrabajo, mientras que las extintas consisten solo de retrabajo, así la abundancia relativa de los taxa sobrevivientes (en relación de las especies extintas) podría incrementarse significativamente después de la extinción de otras especies y por lo tanto se incrementaría la proporción de la población. Esto supone reorganización y expansión de la fauna sobreviviente y un progresivo cambio faunal. Asimismo, estudios de diversidad/abundancia pueden llevarse a cabo y reconocer especies que presumiblemente sobrevivieron, en realidad se trata de retrabajo.
- Geoquímica de isótopos: Este aspecto sugiere que especies sobrevivientes deben exhibir datos isotópicos estables a través de una secuencia.
- Morfología cuantitativa: Criterio utilizado en diversos grupos de fósiles, donde especies sobrevivientes deben mostrar cambios en tamaño y forma.
- Biogeografía comparativa: Alude que especies sobrevivientes pueden ser encontradas en habitats previamente no ocupados, pudiendo mostrar patrones "raros" de organización geográfica (relativo a fauna cretácica infrayacente), debiendo manifestar patrones de organización geográfica similar a la fauna del Daniano.
- Asociación con Iridio: Esta prueba señala que faunas cretácicas aparecen en sedimentos del Daniano, en los cuales además aparecen elevados niveles de Iridio y por lo tanto deberían ser considerados como retrabajo.

- Últimas apariciones sincrónicas: Se refiere a que especies sobrevivientes deberían exhibir últimas apariciones sincrónica a través de todo su rango geográfico.
- Ancestro filogenético: Esto propone que especies nuevas podrían ser derivadas de especies sobrevivientes.

Por último la escasez de un fósil, así como la edad asignada a la asociación en conjunto, es un criterio que también puede ser usado (SANCHEZ, 1989). No obstante, ningún criterio de los anteriormente mencionados puede considerarse indiscutible y solo una buena evaluación de todos puede ser la mejor alternativa.

VI.9.- IMPORTANCIA Y APLICACION

El nanoplancton calcáreo, en primer lugar, representa (junto con otros grupos como las Diatomeas y los Foraminíferos) el primer escalafón de la cadena alimenticia, y por lo tanto un cambio en su distribución y abundancia es de suma importancia en la biota a nivel mundial, ya que un cambio brusco de estos parámetros podría tener efectos desastrosos. Además es el constituyente más importante de los barros calcáreos de los fondos oceánicos y de sus equivalentes litificados.

Adicionalmente, presentan evolución rápida de su esqueleto calcáreo pudiéndose llevar a cabo estudios evolutivos muy finos desde el Triásico Sup. (primeros representantes de este grupo, si bien en la literatura se encuentran citas de ejemplares tan antiguos como en el Paleozoico), siendo abundantes en sedimentos Cretácicos y Terciarios e incluso hasta la actualidad (FIG. 12).

Asimismo, su origen planctónico, que facilita la rápida dispersión de los mismos a lo largo de las cuencas y el número elevado en el que suelen estar presentes, hace de ellos excepcionales fósiles índice en la bioestratigrafía. Por consiguiente, estos organismos son importantes en la definición de biozonas, debido a su corta distribución vertical en la columna estratigráfica, y al correlacionarlos con los foraminíferos planctónicos se puede lograr una bioestratigrafía muy fina obteniéndose una datación precisa de los estratos marinos.

VI.-NANOPLANCTON CALCAREO

Por otra parte, el control que sobre la composición de la asociación en la nanoflora ejercen ciertos factores como la temperatura (siendo más abundantes por lo general en áreas templadas-cálidas), la proximidad a la costa (siendo más abundantes hacia las cuencas), e incluso utilizándolos como indicadores de los niveles de salinidad etc., los convierte igualmente en una valiosa herramienta en los estudios de tipo paleoecológico y paleogeográfico y por consiguiente para posteriores interpretaciones paleoclimáticas y paleoceanográficas.

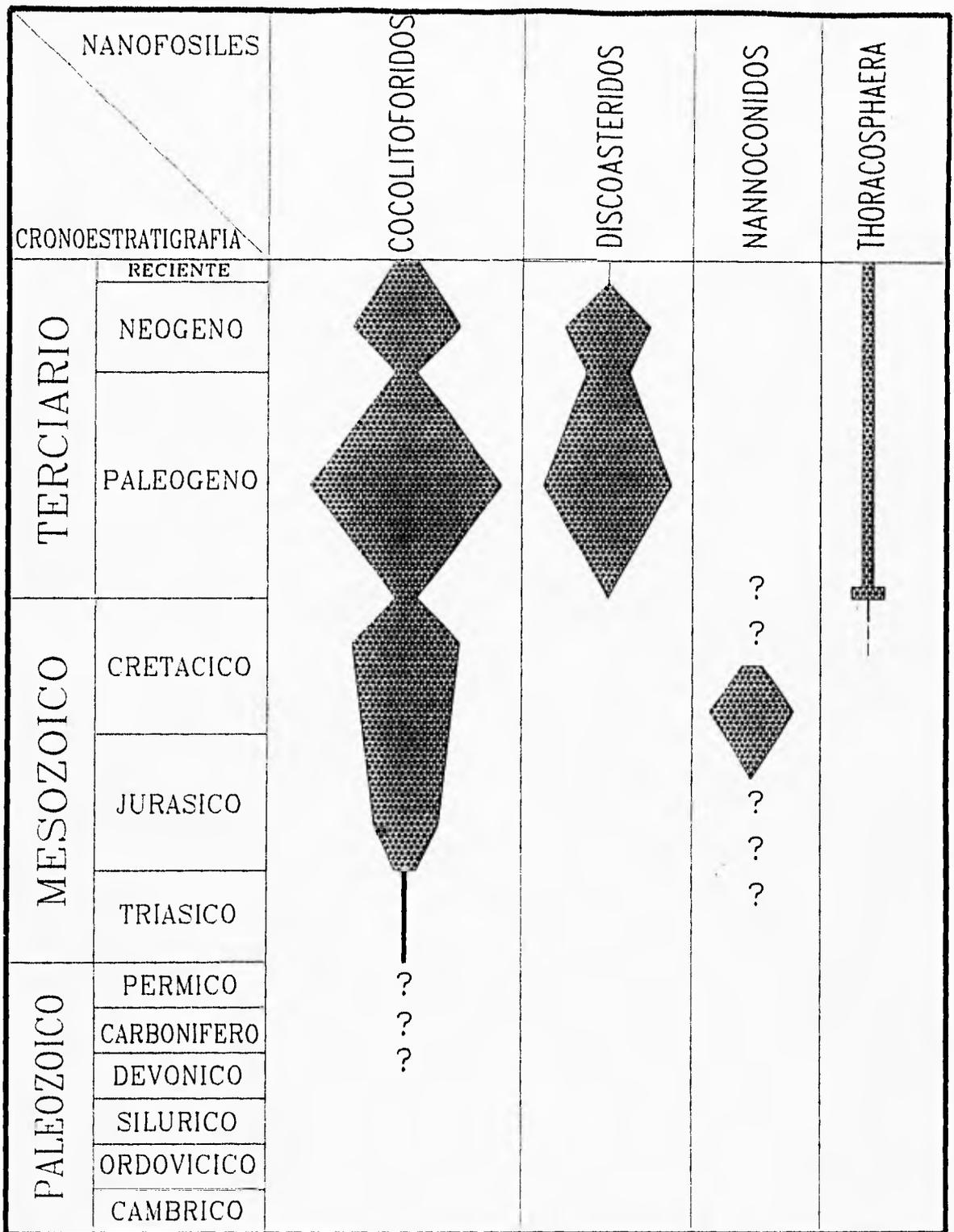


FIG.12: DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA DE ALGUNOS GRUPOS DE NANOFOSILES *in* SANCHEZ,(1991).

VII. CHICXULUB: EVIDENCIAS Y TEORIAS.

El descubrimiento de la estructura circular en la costa del Norte de Yucatán y su interpretación como el cráter de impacto de un asteroide hace 65 millones de años, como se dijo, ha resultado benéfico ya que han intensificado el interés científico mundial en la región del Caribe y el Golfo de México.

A continuación se realizará una síntesis de los estudios que se han llevado a cabo referente a este tema en el límite Cretácico-Terciario en los últimos años, así como de las evidencias encontradas en este intervalo de tiempo geológico.

A principios de los 80s se dieron a conocer estudios que hacían suponer causas extraterrestres para las extinciones de diferentes grupos de organismos en el límite Cretácico - Terciario (ALVAREZ et al., 1980), esto debido a cantidades inusuales de Iridio (elemento del grupo de los planitoides) encontradas en este periodo.

El Iridio es un elemento relativamente abundante en todos los cuerpos del sistema solar, por ejemplo los cometas y asteroides, pero es extremadamente raro en la corteza terrestre, en la que está prácticamente ausente. Dado que la corteza contiene muy poco Iridio, el encontrar un estrato sedimentológico que contiene cantidades apreciables de este elemento, es una clara indicación del impacto de un cometa o un asteroide sobre la Tierra.

Así pues ALVAREZ et al., (1980) y SMIT & HERTOGEN, (1980) reportaron estas anomalías de Iridio en secciones provenientes de Italia (Gubbio), Dinamarca y Caravaca (España) respectivamente.

Al otro lado del Atlántico también se reportaron anomalías en las cantidades de Iridio (GANAPATHY & GARTNER, 1981) las cuales fueron detectadas en la Sección Brazos River al SW de Texas, E.U. Por lo que respecta a los sedimentos oceánicos existen diversos trabajos donde de igual manera se reporta la nombrada anomalía de Iridio. Entre dichos trabajos se pueden nombrar los de MICHEL & ASARO, (1984) y ROCCHIA et al., (1992) en los cuales también se atribuye los picos de iridio a causas extraterrestres (así como a otros elementos como Os, Ni y Fe), precisamente en el límite Cretácico - Terciario.

No obstante, existe la contraparte que sugiere un origen terrestre para las altas concentraciones de Iridio (ZOLLER et al., 1983; MEYER & TOUTAIN, 1992). Esta hipótesis se apoya en la detección de cantidades nada despreciables de Iridio provenientes de los productos de emisión de escenarios volcánicos en islas llamados puntos calientes (hot points) como por ejemplo el volcán Kilauea en Hawai y el Piton de la Fournaise en Reunion. Equiparando los escenarios volcánicos COURTILOT et al., (1994) proponen los depósitos volcánicos del Deccán, India (Deccán Trapps), que cubren una superficie de 500,000 km², y los cuales se estima que se iniciaron al final del Cretácico y duraron 500,000 años aproximadamente. Tal vulcanismo habría podido vertér a la atmósfera cantidades relativamente importantes de Iridio en límite K/T. Sin embargo, y a diferencia de las lavas de Reunion y Hawai, no se ha detectado Iridio en las lavas del Deccán, por lo que el origen extraterrestre para el Iridio (y otros platinoides) siga siendo el origen más creíble. Actualmente se han reportado anomalías de Iridio en más de 100 localidades por todo el mundo (ALVAREZ, 1994) que apuntan hacia un impacto en el K/T.

Una segunda pista fue el descubrimiento de material que probablemente tendría como origen la emisión de material que cayó en el límite K/T. Esto aconteció en una sección de España donde SMIT & KLAVER, (1981) y posteriormente MONTANARI et al., (1983) en Italia descubrieron "bolitas" (como perdigones) de arcilla pulidas llamadas esférulas, que tenían formas variadas, tales como de esferas, elipsoidales, gotas de lágrimas o badajos. Las formas de estas esférulas son como las gotas de vidrio fundido llamadas tektitas, formadas por la fusión de rocas terrestres que habrían sido proyectadas balísticamente más allá de la atmósfera durante eventos como impactos de larga escala. Sin embargo, las esférulas estaban hechas de minerales arcillosos suaves (o sea alteradas autigénicamente convertidas en sanidino y glauconita) más que de vidrio, por lo que su origen extraterrestre permanecía incierto.

La incertidumbre se aclaró cuando algunos investigadores como IZETT., (1991); SIGURDSSON et al., (1991) y SMIT et al., (1992) en muestras del K/T procedentes de capas clásticas de afloramientos en Beloc, Haiti y Arroyo el Mimbral en el Noreste de México, encontraron dentro de algunas esférulas núcleos de vidrio originalmente inalterado. Estas esférulas al parecer fueron originalmente tektitas pero mucho del vidrio original se había transformado en arcilla. Además, dado el tamaño y conservación de las tektitas, aunado al excepcional grosor de la capa clástica (al parecer con marcas de oleaje de un tsunami ocasionado por el impacto), sugería que un impacto podía haber ocurrido cerca.

Asimismo, la composición química de las tektitas había sido cuidadosamente analizada para tener una idea del tipo de sustrato rocoso con el que se habría estrellado el meteorito. Así, el vidrio parecía contener material típico de rocas continentales, con el indicador de que el sustrato también contenía considerables cantidades de calizas así como evaporitas sulfurosas que es material formado por la evaporación de agua marina.

Cabe resaltar que al igual que con el Iridio existe una contraparte, que en este caso propone un origen orgánico para las esferulitas (STINNESBECK et al., 1993); pero que hasta ahora no ha sido muy aceptado. Por otro lado, un posible origen volcánico para estas esferulitas ha sido totalmente descartado (ALVAREZ 1994)

El tercer aspecto y considerado como el más convincente, procede del descubrimiento de granos de cuarzo de choque en el límite K/T. Fue BOHOR et al., (1984) y sus colegas quienes encontraron este tipo de cuarzo en Montana, E. U., que se caracterizaba por presentar varios "sets" de bandas paralelas conocidas como lamelas de choque. De acuerdo a ALVAREZ, (1994) Los granos de cuarzo conteniendo varios "sets" de lamelas de choque solo se han encontrado en cuatro ambientes: en primer lugar se encuentran en cráteres que se sabe con exactitud son de origen extraterrestre (como el de Manson en Iowa y el meteor crater de Arizona, E.U.), en segundo formándose en lugares donde se han llevado a cabo pruebas nucleares, en tercer lugar se han producido en el laboratorio al impactar materiales a hipervelocidades y por último se encuentran en los estratos del límite Cretácico - Terciario.

Algunos han inferido que una erupción volcánica podría generar cuarzo de choque, sin embargo, las presiones volcánicas son cien veces menos intensas, y el cuarzo encontrado en rocas volcánicas no tienen múltiples "sets" de bandas paralelas.

Por otro lado, existen estudios como el de STINNESBECK et al., (1993) donde presumen que el cuarzo de choque puede tener un origen tectónico, debido a que las lamelas son comúnmente curvadas, espaciadas irregularmente y decoradas con series de inclusiones fluidas.

Simultáneamente a todas las investigaciones anteriormente descritas en la década de los ochenta y noventa, también otra línea de estudios apuntaban hacia un punto clave en la teoría del impacto como explicación de las extinciones en el límite K/T , ya que a pesar de todos las evidencias descritas anteriormente había una gran interrogante:

¿Dónde se encontraba el cráter producido por el supuesto meteorito que impactó la tierra en el periodo K/T?

Un aspecto en contra de esta interrogante residía en que debido a la tectónica de placas aproximadamente el 30% de la corteza terrestre ya no existe (SEYFERT & SIRKIN, 1979) por lo cual había una probabilidad entre cinco de que el cráter nunca fuera hallado. A pesar de este decepcionante hecho en contra, las investigaciones seguían y la esperanzas se mantenían en encontrar alguna estructura que pudiera significar el impacto de un gran meteorito en el tiempo del K/T.

Así pues, los primeros razonamientos se dirigían hacia la causa de la presencia del Iridio, tektitas, cuarzo de choque etc. en América del Norte y el Caribe, lo cual sugería que el cráter debería encontrarse en esta región. El primer candidato fue el cráter (con 35km de diámetro) de Manson en Iowa, E.U., que explicaba el cuarzo de choque encontrado desde Montana hasta Nuevo México (BOHOR, 1990), pero dado su tamaño no era lo suficientemente grande para explicar las extinciones en masa así como otras evidencias (Iridio, esferulitas) reportadas mundialmente. Además últimamente IZETT et al., (1993) han datado el cráter y en realidad tiene 73.8 ± 0.3 millones de años por lo cual se trata de un impacto que no pertenece a los eventos del límite Cretácico - Terciario.

Un punto importante que contribuyó a la búsqueda del cráter lo proporcionaron SMIT & ROMEIN (1985) y BOURGEOIS et al. (1988) quienes en sus trabajos de investigación interpretaron los depósitos clásticos del límite K/T encontrados en afloramientos de Brazos River en el estado de Texas, EU.; como el depósito de un gran tsunami ocasionado por el impacto del meteorito. Debido a estos datos se intensificó aún más la búsqueda del ansiado cráter en la zona del Golfo de México y el Caribe.

Buscando información acerca de depósitos producidos por un tsunami ALVAREZ, (1990) revisó los reportes del Deep Sea Drilling Project Leg 77 tratando de encontrar algún indicio, dándose cuenta que la zona más interesante era precisamente el Golfo de México, ya que los lugares perforados por el Leg 77 mostraban varios hiatus y depósitos clásticos de la edad justa con lo cual el área de búsqueda se restringía al citado Golfo de México. Ya en estudios posteriores de los depósitos clásticos (ALVAREZ et al., 1992) se han encontrado esferulas de vidrio, cuarzo de choque e Iridio en estos núcleos del D.S.D.P.

Muy pronto la búsqueda de la localización del cráter empezó a dar sus primeros resultados. Así pues HILDEBRAND, (1990) quien exploraba la zona antes mencionada, descubrió un reporte (que después sería publicado) de exploración de Petróleos Mexicanos que fue determinante. En este reporte PENFIELD & CAMARGO, (1981) describían una estructura circular enterrada de gran superficie (de aproximadamente 180km de diámetro) en la Península de Yucatán, México, que tenía anomalías gravitacionales y magnéticas de forma circular (FIG. 13). Aunque las primeras exploraciones en la zona habían reconocido las anomalías de forma circular, se les dió una interpretación como de origen volcánico. No obstante en su reporte Penfiel & Camargo propusieron que probablemente esta estructura enterrada en la Península de Yucatán podía tratarse de un cráter de impacto.

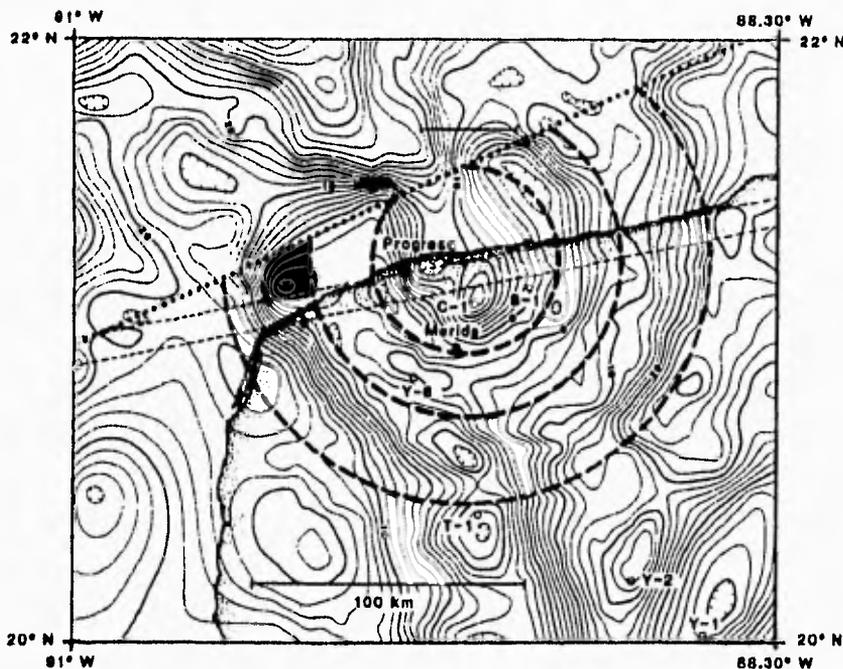


FIG. 13: MAPA QUE MUESTRA EL DIAMETRO DE LAS ANOMALIAS GRAVIMÉTRICAS EN LA PENINSULA DE YUCATAN, MEXICO (HILDEBRAND ET AL., 1991).

Una vez hecho este descubrimiento Hildebrand contactó con los nombrados geofísicos de PEMEX para estudiar los datos gravimétricos y algunos núcleos de 3 pozos perforados en la zona que, al no tener interés petrolero, habían sido almacenados y casi olvidados. Al estudiarlos descubrieron que el material del Chicxulub contenía indicadores de un posible impacto tales como cuarzo de choque, roca fundida y brechas (HILDEBRAND et al., 1991). La composición química de las rocas fundidas era muy parecida a la composición de las tektitas provenientes de Beloc y El Mimbral.

VII.- CHICXULUB: EVIDENCIAS Y TEORIAS.

Además, la edad de las rocas fue estimada bioestratigráficamente (preliminarmente) en el límite K/T. Estos estudios, junto con los anteriores, sostenían que efectivamente el cráter de Chicxulub era casi seguro la estructura tan ansiadamente buscada (FIG. 14).



FIG. 14: MAPA QUE MUESTRA LA LOCALIZACION ACTUAL DEL CRATER DE CHICXULUB Y SUS ALREDEDORES.

El siguiente paso fue tratar de datar la edad del cráter de manera más exacta. Se eligió el método radiométrico de Ar^{39}/Ar^{40} como el más adecuado. Al llevar a cabo dicho método en las tektitas y en la roca fundida de Chicxulub se llegó a una edad absoluta de 64.98 ± 0.05 millones de años, igualmente al datar muestras de Beloc y El Mimbral se registró una edad de 65.07 ± 0.10 millones de años (SWISHER et al., 1992), lo cual no dejaba duda de que la estructura del Chicxulub era el registro de un impacto en el límite Cretácico-Terciario.

Al llegar a este punto se tenía que hacer una evaluación de los posibles efectos ocasionados por el impacto de un cuerpo extraterrestre de grandes dimensiones sobre la tierra (ALVAREZ, 1994). Primeramente dado el tamaño del cráter dejado por el meteorito, se estimaba que el objeto tendría unos 10 km de diámetro y que éste viajaba a 20 km/seg. provocando una onda de choque tanto en el aire como en el lugar del impacto.

VII.- CHICXULUB: EVIDENCIAS Y TEORIAS.

Las rocas fundidas tanto del objeto como su blanco son proyectadas formando una cortina que sale hasta la estratósfera para luego caer en todo el mundo, al mismo tiempo el polvo producido (ayudado por los vientos y por el movimiento de rotación de la tierra) se dispersaría mundialmente causando varios meses de frío intenso y oscuridad. Asimismo, una enorme bola de fuego se extendería ocasionando grandes incendios.

Dado que en esa época la Península de Yucatán era una plataforma calcárea cubierta por agua, el impacto provocaría un gran maremoto o tsunami en el Golfo de México y el Caribe, cuyo registro en los estratos del límite K/T ya ha sido reportado en el NE de México (ALVAREZ, et al. 1992; SMIT, et al. 1992 y 1994) y Haití (MAURRASSE & SEN, 1991). A pesar de esto, existen investigadores (STINNESBECK, et al. 1993) que sugieren que estos depósitos clásticos reportados corresponden a depósitos de un valle tallado (grabado, cortado) colocados en un largo periodo de tiempo.

Por otro lado las esférulas ardientes provocarían reacciones químicas que al combinarse con el vapor de agua originaría una lluvia ácida, que algunos autores como DONZE et al., (1994) sugieren que probablemente la superficie oceánica y aguas dulces se acidificaron a un pH de ≈ 3 , igualmente el ácido sulfúrico derivado de la anhídrita de las rocas impactadas de la Península de Yucatán, se sumarían a este efecto alrededor del mundo. Por último, ocasionado por el polvo, vapor de agua y dióxido de carbono generados, un efecto invernadero se produciría por varios años.

Todo esto en combinación debería ser suficiente para ocasionar las extinciones en masa, pero solo las investigaciones en diferentes campos nos podrán dar respuestas a tantas interrogantes y comprobar si realmente hubo extinciones (en masa o de otro tipo) y de que manera se dieron en el límite Cretácico-Terciario, que incluso algunos investigadores como MONTANARI, (1991) sugieren que probablemente en el K/T la Tierra pasó por una nube de cometas y por lo tanto hubo varios impactos. Asimismo, hoy en día el cráter de Chicxulub prácticamente ha sido aceptado como un cráter de impacto en el límite K/T, que sería más mortífero que cualquier evento volcánico, por lo que surge la necesidad de evaluar los efectos tanto físicos, químicos y biológicos producidos por un evento de tales magnitudes.

VIII.- EXTINCCIONES: EVALUACION Y MECANISMOS

VIII.1 MARCO HISTORICO

Analizando un poco la historia en general se pueden encontrar muchas contradicciones con respecto a los mecanismos de las extinciones, así como sus interpretaciones, ya que las crisis ocurren a menudo, las catástrofes son frecuentes y los cataclismos raramente ocurren a gran escala. No obstante, las extinciones pueden considerarse como un componente esencial de la evolución orgánica.

Desde el siglo pasado hubo personajes que hicieron sus contribuciones al conocimiento de fenómenos tales como las extinciones. Por un lado se encontraba JAMES HUTTON y CHARLES LYELL (*in* BENSON. 1984a) que defendían lo que ellos llamaban el Uniformitarismo (también llamado Gradualismo). Corriente que se desarrolló a partir de la idea de que "el presente es la llave del pasado". Esta doctrina apela a la continua repetición de los fenómenos naturales que modelan la superficie terrestre, condicionan la dirección y el ritmo de la evolución de los seres vivos. Sin embargo, los conceptos del Uniformitarismo en biología y en geología están aún largamente basados en el modelo del moderno estilo de vida de la Tierra, el cual, cuando es comparado a la caracterización del tiempo geológico en su conjunto es ecológicamente atípico, ambientalmente más variable, elástico, generalmente frío todavía fuertemente influenciado por la edad de hielo del Pleistoceno (remanente de la glaciación polar) y por los inusuales bajos niveles del mar. Dicho de otra manera, el Uniformitarismo no predice ni alienta a buscar fenómenos bioestratigráficos de corto tiempo y de magnitudes regionales y/o globales; consecuentemente, los eventos biológicos y la presencia de depósitos de corto periodo son mucho más predominantes en estratos antiguos, que los precedidos por un sistema tierra-vida "moderno" modelado por la teoría Uniformitarista (KAUFFMAN, 1988).

Por otro lado, se encontraba la corriente catastrofista defendida por GEORGES CUVIER, que valoraba los fenómenos de la dinámica externa de nuestro planeta como eventos repentinos de corta duración y dotados de una enorme fuerza destructora. De esta manera, los catastrofistas encabezados por Cuvier explicaban las extinciones evidenciadas por los fósiles. La escuela catastrofista había sido casi abandonada por los científicos, pero a

últimas fechas ha sido reconsiderada por algunos de los investigadores que han estudiado el límite Cretácico-Terciario.

Analizando aspectos evolutivos del siglo pasado, el renombrado naturalista CHARLES DARWIN no creía en el registro fósil, y para él las extinciones eran el misterio de los misterios. No obstante, el desarrollo de la teoría de la evolución, desde un punto de vista geológico, tubo grandes contribuciones. Uno de estos aspectos y el cual es digno de nombrar, a raíz del surgimiento de la teoría catastrofista, es la teoría del Equilibrio Punteado.

Esta teoría predice y explica la aparición de nuevas especies en un instante de tiempo geológico (cientos de años) y más probablemente en comunidades pequeñas y aisladas que en grandes (especiación). En el registro fósil dicha especiación se detecta por apariciones súbitas (GOULD, 1984). Así, si el punto de vista de la historia de la tierra es correcto, entonces durante cualquier corto periodo de tiempo, uno puede esperar encontrar comunidades estables y además pudiendo ser aplicable a nivel de continentes, océanos etc.

Interpretando estos conocimientos, muchos de los eventos mayores de la evolución toman lugar en comunidades formadas durante rápidas modificaciones de los ambientes, por lo tanto, los episodios de rápida reorganización comunitaria constituyen un gran aspecto de la historia evolutiva de los organismos. De igual manera, pueden interactuar fenómenos de extinción e invasión de nuevos taxa (probablemente nuevas especies), donde la más poderosa interacción puede ser un evento de extinción seguido de un episodio de invasión (organización). Este fenómeno de Extinción-Invasión en consecuencia produce una gran oportunidad la cual es llenada por muchos nuevos taxa interactivos, así como especies oportunistas (WEBB, 1984). Presumiblemente, los grandes cataclismos en la historia de la tierra representan, tal vez, tales mezclas de acontecimientos.

Por consecuencia, podemos ahora ver la historia de la Tierra como un tema de la evolución, en el cual algunos cambios son unidireccionales (por lo menos en efecto neto), otros son oscilatorios o cíclicos, y aún otros son fluctuaciones al azar, mientras el total o conjunto es interrumpido por pequeñas o grandes catástrofes; o como diría AGER, (1973) "La historia de la vida es como la de un soldado, contiene largos periodos de aburrimiento y cortos periodos de terror".

VIII.2- Grandes Extinciones y Comparación con el K/T

En el curso de la historia de la tierra, la tendencia general en el desarrollo de flora y fauna más complejas fue interrumpido por "crisis bióticas" de magnitudes variables. Desde el Precámbrico Tardío la tierra ha pasado por dos grandes ciclos de eustasia, vulcanismo y clima, que parecen exhibir una periodicidad de alrededor de 150 millones de años, tal vez causados por dos ciclos en la convección del manto, ciclos de alto rango glaciación-invernadero de 300 M.A. de acuerdo a FISCHER, (1984). Existen otras oscilaciones (ciclos) más cortas, como las de 30 millones de años aprox. (KAUFFMAN, 1988); donde precisamente coincide con el límite Cretácico-Terciario, y ciclos climáticos de 20,000 a 400,000 años, que son tal vez conducidos por perturbaciones orbitales (IMBRIE, 1981). Estos ciclos tal vez envuelven, además, modulación del contenido de CO₂ de la atmosfera.

En general el 90% del Fanerozoico, y principalmente durante los intervalos periodicos de 30 M.A., se caracterizó por la falta de hielo polar permanente, significando altos niveles de los océanos cubriendo el 85% de la superficie de la tierra, y en resultado los climas marinos eran predominantemente cálidos, estables, deficientes en Oxígeno y con baja estacionalidad. Tales características ambientales tuvieron gradientes termales muy estrechos y más ampliamente distribuidos en zonas climáticas templadas-tropicales, como resultado los habitats marinos y terrestres fueron más extensos y temporalmente más estables que hoy en día (KAUFFMAN, 1988).

En relación a lo anterior, las biotas predominantemente estenotípicas del Fanerozoico, fueron altamente sensibles a cambios cíclicos o perturbaciones de pequeña escala, y por lo tanto estaban más propensas a extinciones rápidas y/o catastróficas en eventos impredecibles de pequeña o gran proporción, así como a perturbaciones ambientales rápidas que caracterizan la mayoría de los eventos en las extinciones en masa (KAUFFMAN, 1988). De esta manera, este tipo de extinciones entre taxa ecológicamente diversos, podría claramente ser mucho más probable en ambientes típicamente Fanerozoicos, que en los ambientes del reciente. Asimismo, las extinciones en el Fanerozoico podrían ser causadas por perturbaciones de escala relativamente pequeña, que aquellas extinciones que resultarían en extensas mortalidades entre la biota moderna.

De acuerdo a lo anterior, se considera que la alteración de los ciclos sedimentarios en el Fanerozoico debieron ser más acentuados que hoy en día. Así, en el registro estratigráfico, los depósitos de eventos de corto periodo y los cambios bióticos abruptos, debieron ser comunes y sin esfuerzo observables, por lo que podían ser usados en correlaciones regionales finas como las unidades cronoestratigráficas.

Retomando todo lo anteriormente mencionado, al revisar la literatura uno mismo encuentra que efectivamente hubo diversos episodios de grandes extinciones en la historia de la tierra, donde los más devastadores tuvieron lugar en el Fanerozoico, siendo los de mayor importancia los siguientes: el límite Cámbrico-Ordovícico, el límite Ordovícico-Silúrico, en el Devónico Tardío, el límite Pérmico-Triásico, El límite Triásico-Jurásico y el límite Cretácico-Terciario (FISCHER, 1984). Estos eventos de extinción fueron seguidos característicamente con pérdidas en el conjunto de la diversidad, reducción en la provincialidad (habitat) y la eliminación de la mayoría de los grupos especializados (NEWELL, 1984).

Comparando estos eventos se encuentran algunas similitudes y diferencias entre las extinciones del límite Cretácico-Terciario y las anteriores. Por ejemplo, la extinción del límite Pérmico-Triásico frecuentemente ha sido comparada con la del Cretácico-Terciario debido al elevado porcentaje de especies extintas, similar en ambos límites. Sin embargo, la extinción del Pérmico-Triásico difiere claramente de la del K/T en la duración (la del K/T fue más abrupta), los patrones de extinción, en la complejidad de eventos geológicos asociados y además los datos isotópicos (C, O, y Sr) son significativamente diferentes. Estas diferencias evidencian importantes problemas para tratar de establecer un vínculo entre estas dos grandes extinciones en una causa común (ERWIN, 1994). Adicionalmente, las extinciones del Pérmico-Triásico recientemente han sido asociadas al cráter de Manicugan, Canadá, faltando por demostrar dicha vinculación y los efectos ocasionados a la biota.

Por lo que respecta al resto de las extinciones del 90% del Fanerozoico, estas fueron aparentemente menos severas que las anteriormente descritas, además de que marcan el cruce de puntos entre los mayores episodios climáticos en la historia de la tierra (FISCHER, 1984) sin poder demostrarse aún un carácter catastrófico.

Es importante hacer notar que se tienen registros de extinciones más recientes, pero que también son diferentes con respecto al K/T. Por ejemplo, las extinciones del Eoceno-Oligoceno, las cuales tienen en resumen el siguiente modelo de MÖRNER, (1984b):

Regresión Deseccación Cambio de Vegetación Extinción de Fauna

Adicionalmente, las extinciones del Mioceno Superior fueron solo locales, principalmente en el medio marino, con una baja en el nivel del mar y posibles cambios en la salinidad de los océanos (BENSON, 1984b). Aunque más recientemente se han encontrado capas de esferulitas en estratos de este periodo (también en el Eoceno-Oligoceno), resultando la posibilidad que un cuerpo extraterrestre impactara la tierra en este lapso de tiempo geológico KAUFFMAN, (1988).

Por último, las extinciones del Pleistoceno fueron producidas por diferentes, severos y geológicamente rápidos "stress" ambientales (alternaciones glaciales, cambios eustáticos y propagación de la cultura humana). Todo esto ocurrió probablemente en una escala de un millón de años, y las extinciones resultantes fueron mucho menos severas y espaciadas en tiempo que las del límite Cretácico-Terciario (RUSELL, 1984).

Resumiendo, se puede decir que la crisis del límite Cretácico-Terciario es diferente a otras por ser abrupta y por no poderse vincular con grandes inversiones climáticas invernadero-glaciación (Icehouse-Greenhouse) de muy corto intervalo. No obstante, existen investigadores como KAUFFMAN, (1984) que vinculan el límite K/T con otras extinciones intra-cretácicas (Albiano-Cenomaniano y Cenomaniano-Turoniano) de menor intensidad, atribuyendo que tienen el mismo patrón gradual y están básicamente relacionadas con los mismos procesos ambientales, como lo son cambios eustáticos, temperatura, salinidad, oxígeno etc. Por lo que la discusión continúa abierta acerca de la verdadera interpretación de los sucesos en el límite Cretácico-Terciario, y su relación-comparación con otros acontecimientos a lo largo del tiempo geológico.

VIII.3.- ASPECTOS ECOLÓGICOS

Existen diversas explicaciones no catastróficas para explicar la crisis de la flora y la fauna en el límite Cretácico-Terciario, las cuales en este capítulo tratarán de ser mencionadas y tomadas en cuenta para evaluaciones posteriores.

Una de las teorías más fuertes se refiere a los cambios eustáticos del nivel del mar registrados hacia el final del Cretácico, estos cambios eustáticos pueden ser ocasionados por 3 factores diferentes: 1) cambios climáticos que alteren el volumen del agua oceánica, debido a la formación y al deshielo de los glaciales y polos, 2) movimientos terrestres que cambien el volumen de las cuencas oceánicas y 3) cambios gravitacionales (gravitación-rotación) que producen variaciones en el nivel oceánico (MÖRNER, 1984a). Todos estos factores pueden actuar por separado o ser simultáneos.

En los ambientes terrestres, una disminución en la geoida bajo los continentes, produce una correspondiente disminución del agua continental, la cual puede tener efectos drásticos sobre la flora y fauna terrestres y consecuentemente la extensión de los desiertos (MÖRNER, 1984b). De la misma forma, una regresión marina podría acentuar la estacionalidad, así como una baja en la diversidad taxonómica a nivel continental. También el aumento en la dominancia de las plantas con flores causó cambios fundamentales en el tipo y disponibilidad de alimento vegetal, como por ejemplo alterar los patrones sucesionales y cambiar la coevolución de plantas y animales. Estos últimos cambios acoplados con el "stress" de la deterioración climática y las regresiones marinas, pueden haber sido suficientes para ocasionar un colapso rápido de los vertebrados terrestres dominantes (HICKEY, 1984).

En lo que se refiere al ambiente marino, la regresión al final del Cretácico de aproximadamente 100m., produjo una disminución del ecoespacio, y debido a que la diversidad fluctúa con el área de distribución, la pérdida del hábitat puede ser desastrosa, produciendo la eliminación de nichos importantes, fluctuaciones rápidas en las temperaturas marinas de algunas regiones y reestructuración de la circulación oceánica, envolviendo posiblemente extensos cambios químicos marinos (oxígeno, salinidad, elementos traza tóxicos etc.). Esto predice que muchas de las extinciones que resultaron de estos cambios pudieron haber sido graduales entre organismos con diferentes tolerancias y estrategias ecológicas.

En conjunto, en el medio terrestre y marino, las extinciones más abruptas tienen lugar fundamentalmente en poblaciones pequeñas y aisladas con gran especificidad de nicho y con dispersión limitada, mientras que en poblaciones grandes de generalistas ecológicos con grandes y dispersas comunidades y con baja especificidad de nicho las extinciones son menos abruptas, no obstante, que ambas poblaciones se encuentren en el mismo ambiente. Así en la primera población un nivel de "stress" puede comenzar una extinción abrupta, mientras que en la segunda población puede mostrar bajos rangos de evolución y extinciones graduales. Finalmente, los efectos de la regresión fueron más rigurosos en el océano que en el continente, afectando especialmente los ciclos reproductivos (NEWELL, 1984).

Otra consecuencia de los cambios eustáticos es el cambio en la temperatura global, ya que el efecto de templar la temperatura ambiental por parte de los océanos someros y templados fue eliminado, resultando un incremento de la continentalidad y descenso de la equabilidad de los climas continentales ocasionando grandes extremos de temperaturas estacionales. Así, el descenso de la temperatura media oceánica ayudó a inducir una caída en la temperatura de la tierra (TSCHUDY, 1984), que de acuerdo a algunos autores como NEWELL, (1984) deducen que disminuyó de 5°C a 6°C, entre el Cretácico Superior y el Paleoceno Inferior. Con respecto a este último punto, existen datos isotópicos de Oxígeno y Carbono (KAUFFMAN, 1988), que presentan un cambio significativo en sus valores a través del límite K/T y por lo tanto refuerza la idea que hubo un cambio brusco de la temperatura, describiendo un enfriamiento rápido seguido por un acelerado calentamiento.

Ligando los eventos eustáticos, se ha argumentado que la carencia o escasez de fósiles en secuencias carbonatadas de aguas profundas, dichos fenómenos pueden ser atribuidos a un aumento rápido de la CCD (Profundidad de Compensación de Calcita) y de la ACD (Profundidad de Compensación de Aragonita) hacia la superficie oceánica, ocasionando una amplia mortandad entre los organismos segregadores de CO_3Ca , así como restricciones generales en sus habitats (KAUFFMAN, 1984).

Otro aspecto ecológico que ha sido propuesto para la explicación de las extinciones abruptas, es aquel que se refiere a un descenso de la salinidad en los océanos, originado por el esparcimiento de agua dulce proveniente del deshielo de los polos (GARTNER & KEANY, 1978).

Sin embargo, según BENSON, (1984b) una baja en la salinidad por sí sola no sería suficiente para desencadenar extinciones en masa, ya que tendría que bajar demasiado, como lo demuestran sus estudios de las extinciones marinas en el Mioceno Superior.

Al tomar en cuenta todos los factores anteriormente descritos, se puede determinar que muy posiblemente se presentó una disminución de nutrientes y minerales esenciales en los océanos. Así la extinción en el K/T afectó probablemente y al mismo tiempo a grupos de diferente carácter evolutivo y ecológico, produciendo una mortandad elevada en una gran porción del plancton marino, pudiendo haber ocasionado una interrupción significativa o colapso temporal de la cadena alimenticia terrestre y/o marina (KAUFFMAN, 1988). Adicionalmente, si las extinciones en masa fueron causadas por una reducción en la producción primaria, entonces las extinciones estarían relacionadas y/o concentradas entre organismos con régimen alimenticio susceptible a un estado de inanición, modos de vida activo y actividad móvil de alta energía, como lo demuestran los estudios con bivalvos de RHODES & THAYER, (1991).

Una clave del misterio de las extinciones del K/T, tal vez recae en explicar que ocurrió en el Tethys y sus márgenes de aguas templadas, debido a que la extinción fue más bien selectiva que amplia y los efectos bióticos afectaron en mayor proporción a regiones tropicales. Así lo demuestran los datos isotópicos de BOERSMA, (1984) y KELLER, (1994) con C^{13} , donde sugieren que hubo una gran diferencia en la productividad primaria en la superficie del océano entre latitudes altas y bajas, ya que en latitudes altas aparentemente no hay extinciones de microfósiles, mientras que en bajas, como lo era el Tethys, sí presentan fenómenos de extinción al parecer abruptas.

Tratando de realizar una sinópsis, teóricamente una extinción catastrófica, desde el punto de vista ecológico, solo es posible como el resultado de un alcance geográfico extenso y un desarrollo rápido de crisis ambiental, que exceda los niveles de tolerancia de algunos grupos eotípicos y generalistas (por ejemplo los bivalvos Inoceramidae), y por implicación, también exceda los niveles de tolerancia de muchos organismos estenotípicos coexistentes (KAUFFMAN, 1984). Tales catástrofes requieren de la intervención de varios parámetros ambientales de larga escala ocurriendo de manera simultánea y/o rápida, y los cuales tomándolos colectivamente, excedieran los límites de sobrevivencia de taxa ecológicamente diversos.

En otras palabras, el "shock" intenso y colectivo al ecosistema debería exceder el rango de capacidad de la biota para readaptarse y para reestructurar y estabilizar las unidades ecológicas.

En conclusión, las causas de las extinciones en masa del K/T recaen posiblemente en la coincidencia de todos estos factores ecológicos múltiples, ya que un solo factor no es necesariamente el mejor, y una sola explicación no puede cubrir todas las extinciones en masa. Asimismo, lo variado y complejo en la explicación de las extinciones y sobrevivencia de los organismos no suponen un simple efecto ecológico como un solo agente causante, más bien sugiere un escenario multicausante que aún no ha sido bien definido.

VIII.4- MEGAFLORA Y OTROS GRUPOS DE ORGANISMOS

La documentación y evaluación de un evento de extinción de las dimensiones del límite Cretácico-Terciario, requiere datos adicionales de otros grupos de organismos, tanto continentales como marinos, contenidos en diferentes trabajos y localidades. Adicionalmente, un aspecto que se consideró importante fue ¿Que sucedió con las plantas terrestres en el mismo espacio de tiempo geológico?, esto debido a que si ocurrió un evento de magnitudes globales este deberá afectar a la flora terrestre en diversas latitudes. De la misma manera, la estimación de un evento de extinción de flora y fauna requiere una descripción de los organismos que vivieron antes y después del evento, así como una columna estratigráfica confiable y bien muestreada, de la cual la brusquedad de un evento de extinción puede ser deducida.

a) Plantas Terrestres y Palinoflora

La palinoflora en el Oeste interior de Norteamérica muestra niveles moderados de extinción (20%-40%), coincidiendo con una anomalía de Iridio y la aparición de minerales metamorfizados por "shock". En adición, para extinciones palinológicas y de acuerdo a TSCHUDY, R. & TSCHUDY, B. (1986), algunas secciones contienen un incremento anómalo de esporas de helechos inmediatamente arriba del límite K/T. Esto ha sido interpretado como una recuperación floral post-crisis, no obstante, este incremento no ha sido encontrado en todas las localidades del límite K/T (JOHNSON, 1989).

KRASSILOV, (1978) observó que en la parte septentrional de Asia durante el Cretácico Tardío, la megafiora de *Sequoia* fue casi completamente remplazada por una flora dominada de *Corylites* y *Ahites*, mientras que solamente una especie de angiosperma cruza el límite. WOLFE & UPCHURCH, (1987) describen una megafiora a través del límite K/T en la Cuenca Raton en Nuevo México, E.U. y en algunas localidades del Oeste medio de Norte América, donde encontraron una relación directa entre la megafiora y la anomalía de Iridio. Como resultado de sus investigaciones proponen cinco etapas, las cuales incluyen una gran devastación floral en el K/T y culmina con una prolongada recuperación floral que abarca la mayor parte del Paleoceno, concluyendo que las extinciones florales en el K/T fueron causadas por el impacto de un asteroide que causó y/o coincidió con un cambio climático abrupto que tal vez incrementó la temperatura media anual en 10C, inmediatamente después del límite K/T.

En contraste, JOHNSON & HICKEY, (1990) difieren de los últimos autores citados, ya que reportan una reducción en el tamaño de las hojas, así como una disminución en el número de taxa con hojas totalmente marginadas, sugiriendo que esto quizá implica un origen ecológico que produjo un decremento en la temperatura y en el agua disponible. A su vez, esto contradice el trabajo de WOLFE, (1990) quien postula un incremento en la temperatura y en las lluvias en el límite K/T.

En otro trabajo (HICKEY, 1984) argumenta que la megafiora no presenta cambios sincrónicos al final del Cretácico y consecuentemente apunta hacia una causa catastrófica. A pesar de esto, el declinamiento de algunas angiospermas, como las Dilleniidae, así como un incremento en la severidad de la extinción de estas hacia el hemisferio Norte en el Paleoceno Inferior sugiere un enfriamiento (HICKEY & WOLFE, 1975), por lo tanto un deterioro climático acompañado de un gradiente excesivo de temperatura de Sur a Norte, puede haber ocurrido al final del Cretácico.

Así pues, las floras ecuatoriales y del Hemisferio Sur fueron poco afectadas en comparación con las del Hemisferio Norte, en especial la provincia de *Aquilapollenites*, la cual presenta altos niveles de extinción (HICKEY, 1984) (la provincia de *Normapollites* presenta un cambio más gradual), esto contrasta con el medio marino, el cual en las comunidades ecuatoriales del Tethys muestran altos niveles de extinción (KAUFFMAN, 1984).

Esto tal vez se podría explicar según TSCHUDY, (1984) por la restricción de los habitats, debido a que en la regresión comprobada al final del Cretácico, necesariamente coincide con una expansión gradual de las plantas terrestres, esto es, que hubo un cambio de expansión y evolución de angiospermas y al mismo tiempo reducción proporcional de gymnospermas, esporas y sus afines.

Recientemente JOHNSON, (1992) en un análisis estratigráfico de 37 secciones en Estados Unidos (suplementado con un análisis palinológico), menciona que el límite K/T está definido por la extinción del 30% de palinomorfos en el Maastrichtiano Superior, correspondientes a la Zona de *Wodehouseia spinata* y coincidiendo con la anomalía de Iridio en algunas secciones. Igualmente menciona que la megafiora del Maastrichtiano Superior está dominada por una diversidad amplia de angiospermas con 65 taxa, la cual sufre una extinción del 80% a través del límite K/T. Posteriormente, en el Paleoceno Inferior la megafiora es remplazada, y además esta se diversifica presentando 73 taxa, pero que contiene menos especies por localidad.

Esta megafiora del Paleoceno Inferior, con abundantes angiospermas acuáticas y coníferas taxodiáceas, refleja un incremento en la abundancia de pantanos y ambientes de estanque (marismas). Esto indica que parte del cambio megafioral en el K/T tal vez fue debido a un cambio de facies sedimentológico. Este cambio no necesariamente implica incrementos en la precipitación, tales depósitos podrían además producirse por incremento en la subsidencia de cuencas o a un cambio eustático, regresión compatible con el modelo de HICKEY, (1984), ó debido a un incremento de brazos de mar tierra adentro.

Finalmente en su trabajo HICKEY, (1984) afirma que los grandes reptiles y las plantas del Hemisferio Norte son asincrónicos en sus extinciones, por lo tanto el patrón de cambio en plantas terrestres, el incremento de afinidades "frías" de la palinofiora en el Cretácico Superior-Paleoceno Inferior, y el incremento en el porcentaje de hojas serradas en el Oeste de los E.U.A., así como la separación estratigráfica de las extinciones de plantas y los grandes reptiles, son consistentes con el modelo de un enfriamiento climático.

b).-Dinoflagelados

Por lo que respecta a los dinoflagelados, estos no presentan cambios mayores a traves del límite K/T, sin embargo reflejan cambios ambientales dada la abundancia de especies de *Spiniferites*, asimismo, no se detectan cambios en Silicoflagelados (KAUFFMAN, 1984).

HABIB, et al. (1992) reportan cambios en la diversidad de dinoflagelados entre los componentes de un sistema gradual hacia la costa, a su vez esto sugiere una regresión a traves del límite K/T, la cual podría haber contribuido a eventos de extinción en masa. Sin embargo, los dinoflagelados no participan en ningun fenómeno de extinción aparente.

c).-Fauna Terrestre

En lo referente a la fauna terrestre el caso que siempre ha tenido mayor atención es el de los dinosaurios, los cuales en el Cretácico Superior (principalmente Campaniano y Maastrichtiano) de diversas localidades en Norte-Sudamerica y Europa, no presentan declinación aparente en su diversidad sino hasta su extinción abrupta en el límite K/T, y para tener una idea de la magnitud de las extinciones basta decir que los Dinosaurios de lo que hoy es Alberta, Canadá antes del evento K/T fueron más diversos que los mamíferos actuales de Africa (RUSSELL, 1984).

En su trabajo HICKEY, (1984) afirma que los grandes reptiles y las plantas del Hemisferio Norte son asincrónicos en sus extinciones, por lo tanto el patrón de cambio en plantas terrestres, el incremento de afinidades "frías" de la palinoflora en el Cretácico Superior-Paleoceno Inferior, y el incremento en el porcentaje de hojas serradas en el Oeste de los E.U.A., así como la separación estratigráfica de las extinciones de plantas y los grandes reptiles, son consistentes con el modelo de un enfriamiento climático.

Otro grupo analizado son los mamíferos, estos no presentan extinción masiva en el K/T, solo hay un aumento de la diversidad de estos en el Paleoceno Inferior. En sí, solo se presenta un evento de extinción simultánea de Dinosaurios y Marsupiales poco antes del K/T, no obstante, no se puede descartar una hipótesis de extinciones repentinas (ARCHIBALD & CLEMENS, 1984).

d).-Medio Marino

En el ambiente marino hubo una disminuci3n de los arrecifes de coral y la virtual suspensi3n en la construcci3n de arrecifes en el Daniano. Esto resulta de suma importancia ya que los corales son probablemente los mejores indicadores climáticos que se tienen en el registro f3sil, suponiendo por ende un deterioro del clima precisamente en el l3mite Cretácico-Terciario (NEWELL, 1984).

Igualmente, se puede nombrar como "v3ctimas" del evento K/T a los reptiles marinos, amonitas, rudistas, bivalvos inocerámidos, equinodermos, crustáceos, esponjas, foraminíferos planct3nicos, foraminíferos bent3nicos y nanoplancton calcáreo. A pesar de esto, muchos grupos marinos de macrofauna se extinguieron antes de evento K/T y son tomados como extintos en éste, un claro ejemplo de esto lo constituyen las Amonitas, que empezaron a extinguirse antes de K/T y que por lo tanto su extinci3n no es dramática (KAUFFMAN, 1984).

Como se puede apreciar, es dif3cil precisar a nivel global los verdaderos alcances del acontecimiento Cretácico-Terciario en la flora y fauna, no obstante, resulta importante decir que este evento marc3 la extinci3n de los últimos taxa cosmopolitas y generalistas mencionados anteriormente, una vez dominantes entre los grupos Cretácicos; y que al registrarse también los cambios registrados en la megaflore se puede deducir que efectivamente ocurri3 un fenómeno de extinci3n considerable en este lapso de tiempo geol3gico, resultando necesario la conjugaci3n de varios grupos de flora y fauna de diferentes localidades para poder obtener una visi3n más amplia y lograr llegar a conclusiones basadas en investigaciones interdisciplinarias.

VIII.5.- TIPOS DE EXTINCCIONES

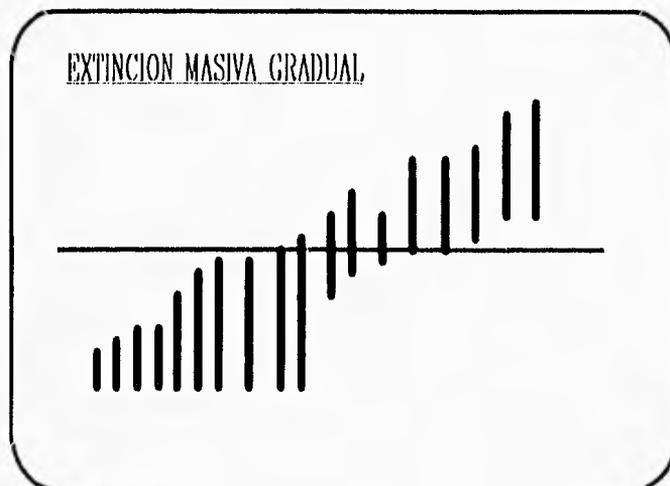
En el siglo pasado las extinciones en el registro f3sil eran vistas como "grandes cambios en la estructura de la comunidad que sugieren cambios significativos en toda la biosfera". Igualmente, antes del tiempo de Charles Darwin los investigadores dedicados a la _

bioestratigrafía aprendieron a encontrar la manera de como detectarlas, a través de secuencias fosilíferas y asociando las distintivas morfológicas, pero poniendo limitada atención a géneros y especies (NEWELL, 1984).

Hoy en día las extinciones en masa se caracterizan por la pérdida del 50% al 90% o más, de especies genética y ecológicamente diferentes durante intervalos de 1-3.5 M.A., de esta forma, las extinciones en masa son tomadas más en cuenta y de manera más compleja subdividiéndolas en 3 tipos. Estos tipos solo pueden probarse y diferenciarse con datos estratigráficos de alta resolución, que se extiendan durante todo el intervalo de extinción y en los estratos adyacentes (KAUFFMAN, 1988). Dichos tipos de extinciones serán mencionados a continuación:

a).-Extinción Masiva Gradual

Se presenta por una aceleración en los rangos de extinción inducido por un incremento del "stress" biológico producido a su vez por un deterioro global rápido y relacionado a descensos eustáticos, efecto invernadero, glaciación y enfriamiento etc. La extinción es gradual, desapareciendo primero los organismos más sensibles (estenotípicos tropicales y de aguas someras) y después los más adaptados (eurotípicos templados y de aguas profundas). Los intervalos entre una y otra extinción se esparsen de 1-3.5 M.A.



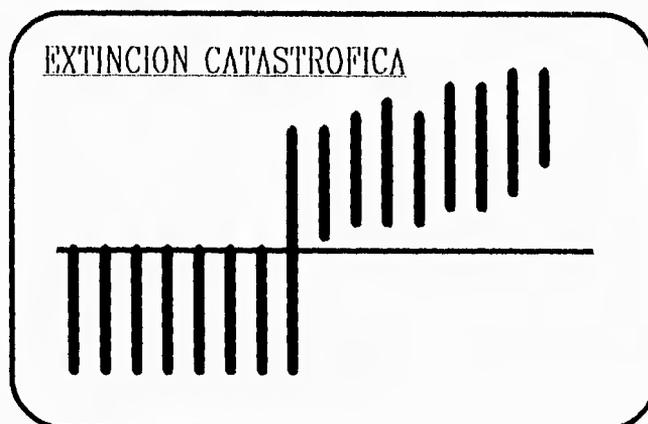
b).- Extinción Masiva Por Etapas

Se define como una serie de etapas catastróficas cercanas y/o simultáneas, ecológicamente graduales (desapareciendo las especies estenotípicas primero y las eurióticas después) y de corto periodo en su duración (cien mil años o menos). Dichas etapas contienen intervalos en los cuales se presenta una aceleración en los rangos de extinción y posteriormente estos rangos vuelven a niveles originales. En conjunto estas etapas pueden esparcirse en 3.5 M.A. o más. Sólo una porción global de la biota es afectada en cada etapa, y estas muestran un gradiente ecológico general a través del tiempo. Esta extinción por etapas se presenta en el Cenomaniano-Turoniano, Cretácico-Terciario y Eoceno-Oligoceno. Los mecanismos incluyen múltiples impactos y/o cambios climáticos y oceánicos (temp., químicos, patrones de circulación etc.) extraordinariamente rápidos y de gran escala, que exceden los rangos adaptativos y evolutivos de uno o diversos taxa.

**Extinción Masiva Catastrófica**

Propone que las extinciones mundiales de taxa diversos (genética y ecológicamente) ocurren simultáneas en días, meses o cuando mucho en decenas de años, resultando una perturbación global en el ecosistema y no existiendo gradientes ecológicos o evolutivos. Las extinciones pueden ser producidas presumiblemente por grandes y/o múltiples impactos extraterrestres así como por vulcanismo excesivo con los efectos ya conocidos (efecto invernadero, enfriamiento, lluvia ácida etc.).

Tambi3n como causa puede considerarse la explosi3n de una supernova y/o aumento de la radiaci3n solar por explosiones. Ejem. el l3mite K/T y el Dev3nico.



Cabe mencionar que para lograr tener determinaciones m3s exactas del tipo de extinc3n, es preferible tener adem3s datos de otro grupo de organismos y/o datos geoqu3micos, f3sicos e isot3picos, as3 como tener una idea de los fen3menos que causaron las extinciones.

Igualmente, para poder diferenciar una extinc3n gradual por etapas, de una extinc3n catastr3fica, debe hacerse una documentaci3n precisa de las primeras y 3ltimas apariciones de los organismos a escala de alta resoluci3n.

Despu3s de analizar las hip3tesis de extinciones anteriormente descritas y aplicarlas en el trabajo llevado a cabo con nanoplancton calc3reo, se establece que la Secci3n Coxquihui presenta aparentemente una extinc3n catastr3fica, dado el porcentaje del 54% de especies que se extinguen, asimismo, los datos obtenidos con foramin3feros planct3nicos en la misma secci3n por PADILLA, (1996) son convincentes con una extinc3n catastr3fica, suponiendo un cierto grado de retrabajo del nanoplancton calc3reo en sedimentos terciarios y siendo evidente que alg3n fen3meno afect3 a ambos grupos de manera significativa en el mismo intervalo de tiempo en esta localidad.

En la Sección La Lajilla el nanoplancton calcáreo no muestra casi ningún rasgo de extinción a través del límite K/T, presentando aparentemente una evidente extinción masiva por etapas en la parte correspondiente al Terciario, suponiendo que esto es debido probablemente a un deterioro climático rápido después del límite K/T. Por otra parte, en el estudio de los foraminíferos planctónicos de las mismas muestras efectuado por PADILLA, (1996), estos microfósiles presentan gran contraste con respecto a la nanoflora, observándose una extinción en masa, por lo que no se descarta la posibilidad que gran parte de las especies de la nanoflora del Cretácico Superior presenten intenso retrabajo en sedimentos Terciarios de esta localidad.

IX.- BIOESTRATIGRAFIA

La bioestratigrafía se utiliza para delimitar y organizar límites y/o unidades cronoestratigráficas en base a su contenido fósil, teniendo aceptación y aplicación a nivel mundial. Diversos grupos de micro y macroorganismos han sido utilizados para dichos fines tales como los foraminíferos planctónicos, tintinidos, nanoplancton calcáreo y amonites entre otros. En este capítulo nos limitaremos al análisis bioestratigráfico del nanoplancton calcáreo a través del límite K/T.

IX.1.- ANTECEDENTES

En México los estudios bioestratigráficos del Cretácico Superior y el Paleoceno Inferior han sido basados principalmente en los foraminíferos planctónicos. En el caso del nanoplancton calcáreo, prácticamente no existen trabajos al respecto, destacando solamente los trabajos de SANCHEZ, (1989), SANCHEZ et al. (1993) quienes realizan una bioestratigrafía para el Cretácico Superior (Cenomaniano-Maastrichtiano) del Este de México, y un análisis de la nanoflora en una sección del Noreste de México respectivamente, además se encuentra el trabajo de MACIAS, (1988) quien estudió el límite Cretácico-Terciario (Maastrichtiano-Daniano) en una sección del Noreste de México. Cabe resaltar que estos trabajos fueron calibrados con el estudio de los foraminíferos planctónicos. Por último, existe un resumen de POSPICHAL, (1993) donde analiza el límite K/T de la Sección La Lajilla pero de manera muy breve y poco clara.

En otras partes del mundo (principalmente Europa) han sido diversos los trabajos relacionados al Maastrichtiano Superior y Paleoceno Inferior, llegando a establecer biozonificaciones muy finas en base al nanoplancton calcáreo (CUADRO 1). Entre dichos trabajos se pueden mencionar los siguientes:

SISSINGH, (1977) estableció 26 zonas para todo el Cretácico en su estudio de muestras procedentes de diversos países, Tunes, Turquía, Oman y Estados Unidos, resaltando la Zona de *Arkhangelskiella cymbiformis* y de *Nephrolithus frequens* para el Maastrichtiano Superior. Cabe mencionar que la Biozona de *N. frequens* es aceptada principalmente para latitudes altas.

	SISIINGH 1977	ROTH 1978	PERCH-NIELSEN 1979	PERCH-NIELSEN 1981a-1982 et al.	WISE 1983	JIANG & GARTNER 1986	
MAASTRICHTIANO	<i>Nephrolithus frequens</i>	<i>Micula murus/ Nephrolithus frequens</i>	<i>Micula prinsii</i>	<i>Micula prinsii</i>	<i>Cribrosphaerella daniae</i>	<i>Prediscosphaera quadripunctata</i>	
			<i>Micula murus</i>	<i>Nephrolithus frequens/ Micula murus</i>		<i>Micula murus</i>	
	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>	<i>Biscutum magnum</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>
<i>Reinhardtites levis</i>	<i>Lithraphidites praequadratus</i>	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	<i>Biscutum coronum</i>		?	

CUADRO 1: COMPARACION DE DIFERENTES BIOZONIFICACIONES DEL MAASTRICHTIANO.

Poteriormente, ROTH, (1978) realizó una biozonación para el Cretácico con muestras del Leg 44 pertenecientes al D.S.D.P., en el Noreste del Océano Atlántico. En dicho estudio Roth reconoció la Zonificación de SISSINGH, (1977) pero además añadió la Zona de *Lithraphidites quadratus* y posteriormente la de *Micula murus/Neprolithus frequens* para el Maastrichtiano terminal.

PERCH-NIELSEN, (1979), examinó muestras procedentes de Dinamarca y estableció una biozonificación para todo el Cretácico diferenciando 26 zonas de las cuales cabe destacar la biozona de un organismo más evolucionado que *Micula murus* y que representa la última parte del Maastrichtiano terminal, la Zona de *Micula prinsii*, la cual hasta la actualidad mundialmente representa para medias y bajas latitudes la zona indispensable (cuando los organismos tienen un aceptable grado de conservación) para considerar una secuencia completa y que contenga la cima del Maastrichtiano Superior.

Nuevamente PERCH-NIELSEN, (1981a) realiza un análisis de algunas secciones y núcleos marinos. Reportando la presencia de *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Lithraphidites quadratus* y del nanofósil índice *Micula prinsii*, por lo cual establece la cima del Maastrichtiano. Algo resaltante es la abundancia y buena conservación de la nanoflora que aunado a las características litológicas, como es la presencia de la capa litológicamente diferente precisamente en el K/T (ausente de nanofósiles), hace que esta sección contenga todos los criterios bioestratigráficos y litológicos requeridos para definir una sección completa a través del límite Cretácico-Terciario, por lo que hasta hoy en día se considera una de las mejores y más completas secciones del mundo. Un año más tarde este mismo autor publica otro trabajo (PERCH-NIELSEN et al., 1982) donde datos de ocho localidades (secciones y núcleos marinos repartidos mundialmente) son resumidos, estableciendo así las biozonas de *Neprolithus frequens* para latitudes altas y *Micula murus/M. prinsii* para latitudes bajas-medias, ambas correspondientes al Maastrichtiano Superior.

En la década de los ochentas se siguieron realizando estudios bioestratigráficos referentes al Cretácico Superior, entre los cuales se puede nombrar el de WISE, (1983) quien con muestras procedentes del Suroeste del Océano Atlántico, propone la Biozona de *Biscutum magnum* para el Maastrichtiano Medio-Superior, y la de *Cribsphaerella*

	POSPICHAL 1990a-b		SEYVE 1990	RESIWATI, 1991 EHRENDORFER & AUBRY, 1992	POSPICHAL & BRALOWER 1992	GOROSTIDI 1993	PRESENTE ESTUDIO
MAASTRICHTIANO	<i>Nephrolithus frequens</i>	<i>Cribrosphaerella daniae</i>	<i>Micula prinsii</i>	<i>Nephrolithus frequens</i>	<i>Prediscosphaera stoveri</i> ?	<i>Micula prinsii</i>	<i>Micula prinsii</i>
			<i>Micula murus</i>		<i>Nephrolithus frequens/</i>	<i>Micula murus</i>	<i>Micula murus</i> ?
		<i>Nephrolithus corystus</i>			<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	<i>Micula murus</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>
	<i>Biscutum magnum</i>		?	<i>Reinhardtithes levis</i>	<i>Lithraphidites quadratus/</i>	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	
	<i>Biscutum coronum</i>				<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>		

CUADRO 2: COMPARACION DE DIFERENTES BIOZONIFICACIONES DEL MAASTRICHTIANO (CONTINUACION).

daniae para la cima del Maastrichtiano. Este autor además correlaciona sus zonas con las biozonas NC 23 y NC 22 de ROTH, (1978). Cabe señalar que la biozonificación de WISE, (1983) es válida para latitudes altas, donde se ha reportado la presencia de los microorganismos antes citados (PERCH-NIELSEN, 1973).

Tres años más tarde JIANG & GARTNER, (1986) en un análisis de la sección Brazos River en el Este de Texas, E.U, reconocen la biozona de *Micula murus*, y además proponen la Zona de *Prediscosphaera quadrin punctata* basándose en el incremento de esta especie hacia la cima del Maastrichtiano.

En los últimos años se han llevado a cabo trabajos concernientes al mismo tema, entre los cuales destacan los de POSPICHAL, (1990a) donde son reconocidas tres zonas y descritas dos nuevas Subzonas. La Zona de *Nephrolithus frequens* para el Maastrichtiano Superior, la cual es subdividida en la subzona de *Cribrosphaerella daniae* y la infrayacente Subzona de *Nephrolithus corystus*, así como las zonas de *Biscutum magnum* y *B. coromum* para el Maastrichtiano Inferior-Campaniano Superior. Al igual que WISE, (1983) esta biozonificación es realizada cerca de la Antártida y corrobora los resultados bioestratigráficos de ambos autores para latitudes altas. En un trabajo más reciente POSPICHAL & BRALOWER, (1992) asignan la Zona CC26 al Maastrichtiano Superior basado en la presencia de algunos organismos de *Micula murus* y raros ejemplares de *Nephrolithus frequens*, puntualizando además que detectó al igual que en sus trabajos anteriores (POSPICHAL, 1990a, 1990b) el aumento en la abundancia de *Prediscosphaera stoveri* hacia la cima del Maastrichtiano, puntualizando, sin embargo, que hacen falta trabajos al respecto para poder definir con mayor precisión esta posible biozona en localidades australes. Por último también menciona que la ausencia de *Micula prinsii* puede ser debido a factores latitudinales y/o preservacionales sin descartar la posible presencia de un hiatus hacia el límite K/T.

Muestras de núcleos procedentes del Océano Índico han sido estudiadas en diferentes trabajos: (RESIWATI, 1991 y EHRENDORFER & AUBRY, 1992) y en los cuales obtienen resultados muy parecidos, ya que ambos reconocen la biozona de *Nephrolithus frequens* del Maastrichtiano Superior para estas regiones. En una reflexión acerca de las biozonificaciones en estos trabajos se hace notar que las biozonaciones australes son útiles pero tienen baja resolución estratigráfica (RESIWATI, 1991), y

además es probable que exista una discontinuidad en la parte superior de la biozona antes citada por EHRENDORFER & AUBRY, (1992).

Haciendo referencia a la región Europea, es resaltable el estudio de SEYVE, (1990) quien realiza un trabajo biostratigráfico para la region Vasca del Suroeste de Francia, donde la distribución biostratigráfica de los nanofósiles le permitió proponer una zonación preliminar para el Maastrichtiano Superior, asimismo, le asignó un cierto espesor a las biozonas: Zona de *Micula murus* que fue reconocida de -7.90m a -11.70m a por debajo del límite litológico K/T, mientras que la Zona de *Micula prinsii* fue detectada de -0.01m a -6.60m por debajo del límite K/T, mencionando que en promedio el espesor de esta última zona es de alrededor de 7m.

Los materiales de la región Vascoantábrica al Norte de España también contienen sedimentos que han sido objeto de diversas observaciones; (FLORES, et al. 1990; GOROSTIDI & LAMOLDA, 1990; GOROSTIDI, 1993; LAMOLDA, 1988,1991) determinando el Maastrichtiano Superior en base a la presencia de *Micula murus* y *Micula prinsii* (esta última a veces no muy clara). Estos autores asignan diversos espesores a estas biozonas, alcanzando la Biozona de *M. murus* de 55 a 70m y la de *M. prinsii* desde 9m puede reducirse a unos pocos centímetros.

Por otro lado, por lo que respecta al Paleoceno Inferior también se han realizado diversas biozonificaciones (CUADRO 3) dentro de las cuales se tomaron en cuenta las siguientes:

Por una parte, dentro de los primeros trabajos se encuentra el de HAY & MOHLER, (1967) quienes asignan la Zona de *Markalius astroporus* y *Cruciplacolithus tenuis* para la base del Paleoceno, posteriormente PERCH-NIELSEN, (1969) enmendó esta biozona, proponiendo el primer registro de *Biantholithus sparsus* para definir la base del Daniano, ya que en su estudio reporta especímenes de *M. astroporus* en muestras del Maastrichtiano.

Poco después MARTINI, (1971) asignó la Zona de *Markalius inversus* para el mismo intervalo de tiempo, la cual actualmente no es claramente reconocida dada la presencia de este espécimen en algunas muestras del Maastrichtiano, asimismo, el límite

	HAY & MOHLER 1967	MARTINI 1971	ROMEIN 1979	OKADA & BUKRY 1980	PERCH-NIELSEN 1981b	VAN HECK 1987	PRESENTE ESTUDIO
PALEOCENO INFERIOR	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	<i>Fasciculithus tympaniformis</i>		<i>Fasciculithus sp</i>	
	<i>Cruciplacolithus tenuis</i>	<i>Ellipsolithus macellus</i>	<i>Ellipsolithus macellus</i>	<i>Ellipsolithus macellus</i>		<i>Neochiastozygus perfectus</i>	
		<i>Chiasmolithus danicus</i>	<i>Cruciplacolithus tenuis</i>	<i>Prinsius dimorphosus</i>	<i>Chiasmolithus danicus</i>	<i>Chiasmolithus inconspicuus</i>	
						<i>Neochiastozygus saepes</i>	
			<i>Neochiastozygus modestus</i>				
		<i>Chiasmolithus danicus</i>					
		<i>Cruciplacolithus tenuis</i>	<i>Cruciplacolithus primus</i>	<i>Cruciplacolithus tenuis</i>	<i>Cruciplacolithus edwardsii</i>	<i>Cruciplacolithus asymmetricus</i>	?
	<i>Markalius astroporus</i>	<i>Markalius inversus</i>	<i>Biantholithus sparsus</i>	<i>Cruciplacolithus primus</i>	<i>Toweius pelatosus</i>	<i>Cruciplacolithus intermedius</i>	<i>Cruciplacolithus primus</i>
					<i>Chiastozygus ullimus</i>	<i>Placozygus sigmoides</i>	<i>Biantholithus sparsus</i>
			<i>Neobiscutum parvulum</i>		<i>Biantholithus sparsus</i>		
<i>Neobiscutum romerianii</i>							

CUADRO 3: COMPARACION DE LAS DIFERENTES BIOZONIFICACIONES DEL PALEOCENO INFERIOR.

superior de esta zona, establecido por la primera aparición de *Cruciplacolithus tenuis*, es objeto de controversia debido a que este nanofósil índice es cuestionado por ROMEIN, (1979) quien observa diferencias en las terminaciones de las barras centrales de sus especímenes y los del autor anteriormente citado.

Posteriormente ROMEIN, (1979) propone en su estudio en base a la primera aparición de *Biantolithus sparsus* la biozona del mismo, para indicar el Daniano basal, de igual manera hace referencia a "blooms" de *Thoracosphaera* sp, *Cyclagelosphaera reinhardtii* y *Braarudosphaera bigelowii* para diferenciar dicho piso. Asimismo, define la Zona de *Cruciplacolithus primus* entre +0.80m y +1.80m arriba del límite K/T, de acuerdo a la primera presencia de este espécimen.

OKADA & BUKRY, (1980) modificaron la biozonación propuesta por BUKRY, (1973), (1975) (in OKADA & BUKRY, 1980) para latitudes bajas diferenciando cuatro biozonas para el Paleoceno Inferior, siendo la principal novedad la primera de las zonas; la CP-1, Zona de *Placozygus sigmoides* (= *Zygodiscus sigmoides*) siendo esta a su vez subdividida en la Subzona CP1a de *Cruciplacolithus primus* y la Subzona CP1b de *Cruciplacolithus tenuis*, las cuales son equivalentes a las Zonas NP1 y NP2 de MARTINI, (1971).

Una de las biozonificaciones más detalladas y aceptadas actualmente es llevada a cabo por PERCH-NIELSEN, (1981b) quien retoma las zonas de ROMEIN, (1979) pero además subdivide la biozona de *Biantolithus sparsus* en dos subzonas: Subzona de *Biscutum? romeinii* y Subzona de *Biscutum? parvulum*; de igual manera la Biozona de *Cruciplacolithus primus* es subdividida en: Subzona de *Chiastozygus ultimus*, Subzona de *Toweius petalosis* y Subzona de *Cruciplacolithus edwardsii*.

Más recientemente y en un trabajo conjunto con núcleos procedentes del mar del Norte (VAN HECK & PRINS, 1987) tratando de unificar criterios, con base a las primeras apariciones, lineajes evolutivos y además retomando las observaciones de varios autores, define la Biozona de *Biantolithus sparsus* (la cual puede ser subdividida por la presencia de *Cruciplacolithus primus*) y la Biozona de *Placozygus sigmoides* para la base del Daniano. Es importante resaltar que en este estudio antes citado no se reconocieron las especies *Neobiscutum?*

romeinii y *Neobiscutum ? parvulum* lo cual hubiera sido de gran ayuda para definir más finamente dicho piso del tiempo geológico.

En años recientes, no se han propuesto nuevas biozonificaciones para la base del Paleoceno ya que en los trabajos de varios autores como SEYVE, (1990); GOROSTIDI, (1993); POSPICHAL, (1991); POSPICHAL & BRALOWER,(1992) y WEI & POSPICHAL, (1991) sólo han retomado alguna(s) de las biozonificaciones descritas anteriormente con alguna pequeña observación con respecto a que la ausencia de algún nanofósil índice es probablemente debido a problemas diagenéticos.

Por último cabe mencionar que muchos de los autores anteriormente citados tales como PERCH-NIELSEN, (1979), (1981a); LAMOLDA, (1991); SEYVE, (1990); POSPICHAL & BRALOWER, (1992); GOROSTIDI, (1993) han reportado incrementos bruscos o "blooms" tanto de *Thoracosphaera* sp, *Cyclagelosphaera reinhardtii* y/o *Braarudosphaera bigelowii* para definir la base del Paleoceno. Este fenómeno al parecer está limitado a latitudes medias-bajas, aunque en las localidades donde se presenta dicho fenómeno es válido utilizarlo como marcador zonal (PERCH NIELSEN et al., 1982) desde el punto de vista que se trata de una Zona de Apogeo la cual está considerada dentro de los criterios bioestratigráficos.

IX.2 DISTRIBUCION BIOESTRATIGRAFICA

En ambas secciones la conservación de los microfósiles es de buena a moderada, no obstante, en la sección La Lajilla los organismos están mejor conservados. La abundancia también en ambas secciones va de rara a abundante según los siguientes parámetros:

1-10%= R-Raro

10-50%= C-Común

50-100%= A-Abundante

En lo referente a la Sección Coxquihui se observaron en total 56 especies (CUADRO 4) de las cuales en la Unidad I se determinaron 37 especies del Cretácico Superior. Esta asociación esta dominada por una serie de taxa de distribución amplia en el Cretácico Superior como son: *Watznaueria barnesae*, *Micula staurophora*, _

BIOZONAS	Micula prinsii		Micula prinsii		Biantholithus sparsus													
E D A D	MAASTRICH. SUPERIOR				MAASTRICH. SUP. ?		PALEOCENO INFERIOR											
MUESTRAS	3-5	100	90	70	60	40	20	5	0	A	B	C	D	*COX + 120	COX + 150	COX + 180	COX + 210	COX + 250
NANOPLANCTON CALCAREO	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX	COX
<i>Corollithon signum</i>				R			R											
<i>Effellithus gorkae</i>	R	R		R		cf.	cf.	R										
<i>Effellithus erimius</i>					R		R	R										
<i>Zygodiscus diplogrammus</i>							R	R										
<i>Ceratolithoides aculeus</i>	cf.	R	R															
<i>Micula swastica</i>	R	R	R	R	R	R	R	R										
<i>Zygodiscus spiralis</i>	R	R	R	R	R	R	R	R										
<i>Cretarhabdus crenulatus</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R								
<i>Prediscosphaera grandis</i>	R	cf.	R		R	R	R	R										
<i>Ahmuellerella octoradiata</i>	R	R						R										
<i>Lithraphidites praequadratus</i>					R	R	R	R		R								
<i>Lithraphidites grosspectinatus</i>							R											
<i>Lithraphidites carniolensis</i>	R	R	R	R	R	R	cf.	R										
<i>Zygodiscus minimus</i>	cf.	R	cf.					R	R					(R)				
<i>Ceratolithoides kamptneri</i>	R	R	R	R	R	R	R	R						(R)	(R)			
<i>Micula murus</i>	R	R	R	R	cf.	R	cf.	R		cf.				(R)				
<i>Micula prinsii</i>	cf.	R	cf.	cf.	cf.	cf.	R	R										
<i>Lithraphidites quadratus</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	cf.				(R)	(R)			
<i>Biscutum blackii</i>		R												(R)	(R)			
<i>Micula concava</i>	R	R	R	R	R	R	R	R						(cf)	(R)			
<i>Parhabdolithus embergeri</i>		R					R							(R)				
<i>Braunsonia enormis</i>	R								R								(R)	
<i>Watznaueria ovata</i>	R	cf.			cf.									R	R			
<i>Zygodiscus birecentricus</i>				R	R			R	R					R	cf.	cf.		
<i>Chiasozygus tillerarius</i>				cf.										R	R			
<i>Staurolithites cruz</i>					R		R	R	R								cf.	
<i>Chiasozygus amphipons</i>	R	R	R	R	R	cf.	R	R		cf.				R	R	R	R	cf.
<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R					R	R	cf.	cf.	
<i>Zygodiscus bussoni</i>	R	R	R		R	R	R	R	R					R				R
<i>Effellithus turrisseffeli</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R				R		R	R	cf.
<i>Cretarhabdus ficulus</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R					R	R	R	R	cf.
<i>Microrhabdulus decoratus</i>	C	R	R	R	R	R	R	R	R					R	R	R	R	
<i>Prediscosphaera cretacea</i>	R	R	R	R	C	R	R	C	R	R				R	R	R	R	cf.
<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	C	R	R	C	C	C	R	C		R	R	cf.	R	R	R	R	R	
<i>Micula staurophora</i>	R	R	R	R	C	R	C	C	R	R				R	R	R	R	
<i>Watznaueria barnesae</i>	C	R	C	C	C	C	C	C	R	R	cf.	R	R	R	R	R	R	R
<i>Thoracosphaera sp. 1</i>			R	R			R	R	R	R	R	R		A	C	C	R	R
<i>Thoracosphaera sp. 2</i>														C	R	R	R	R
<i>Biantholithus sparsus</i>														R	R	cf.		
<i>Neochiasozygus sp.</i>														R	R	cf.	cf.	
<i>Markalius inversus</i>														R	R		R	
<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>														R	R	R	R	
<i>Placozygus stigmades</i>														R	R	cf.	cf.	
<i>Braarudosphaera bigelowii</i>															R	C	R	
RETRABAJO																		
SANT.?-MAASTRICH. INF.																		
<i>Kamptnerius magnificus</i>		cf.																
<i>Cilindralithus biarcus</i>			R															
<i>Lithastrinus florals</i>			R															
<i>Gartneraga obliquum</i>					R	R												
<i>Tetralithus trifidus</i>							R			R								
<i>Radolithus planus</i>							R											
<i>Manivitella pemmatoides</i>	R		R	R			R	R										
<i>Perulithus varius</i>			R		R	R	R	R										
<i>Quadrum gartneri</i>	R	R	cf.	R	R	cf.	R	cf.		R	cf.				R			
<i>Braunsonia parca</i>			cf.											R				
<i>Tranolithus orionatus</i>				R			R			R				R	R			
<i>Quadrum gothicum</i>	R		cf.											cf.		cf.		

1-10%= R-Raro 10-50%= C-Común 50-100%= A-Abundante cf.= Confer

*"Bloom" de *Thoracosphaera* sp. ○ Probable retrabajo

CUADRO 4: DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DEL NANOPLANCTON CALCAREO EN LA SECCION COXQUIHUI. NE DE VERACRUZ.

Prediscosphaera cretacea y *Cribrosphaerella ehrenbergii*; estos taxa aparecen normalmente en proporciones superiores al 5% destacando especialmente el primero. En la asociación en conjunto destacan *Ceratolithoides kamptnerii*, *Micula murus* y *Micula prinsii* especies índice del Maastrichtiano Superior, en particular esta última que algunos autores (PERCH-NIELSEN, 1979) le asignan un rango cronoestratigráfico del último millón de años del Cretácico Superior.

En la capa clástica (Unidad II) se determinaron 18 especies cretácicas, dentro de las cuales no se detectaron especies índice, por lo que la datación y zonificación bioestratigráfica de esta capa permanece imprecisa, sin embargo, la ausencia de formas Terciarias indican un Maastrichtiano Superior. Por otro lado, en los clastos contenidos en la Subunidad Z (muestra COX-A), y los cuales se consideró importante datar, fueron identificadas especies evidentemente retrabajadas del Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior como lo son *Tetralithus trifidus*, *Tetralithus gartneri* y *Lithraphidites praequadratus* por lo tanto es notorio el transporte-retrabajo que presentan dichos clastos.

La Unidad III está representada por las primeras apariciones de especies Terciarias las cuales, que totalizando 8, destacan *Biantholithus sparsus* y *Neochiastozygus sp.*, que aunque son raros son indicadores de la base del Terciario.

Por otro lado, en esta Unidad III se presenta una asociación moderada característica del Cretácico Superior con 12 especies. Este fenómeno es particularmente notorio en las muestras basales de esta Unidad y posteriormente disminuye a medida que los sedimentos se vuelven más recientes.

Adicionalmente, en esta sección se presentan 12 especies atribuidas a retrabajo del Santoniano?- Maastrichtiano Inferior, debido a su alcance estratigráfico, pobre conservación y presencia muy esporádica, entre las que se encuentran *Quadrum gothicum* y *Broinsonia parca*.

Además de los taxones mencionados, hay otra serie de especies que en muy bajas proporciones pueden ser reconocidas esporádicamente en las muestras del Maastrichtiano y que aumentan sus proporciones en el Paleoceno Inferior. Entre estas denominadas "especies persistentes" por algunos autores se encuentran *Thoracosphaera sp.1*, *Cyclagelosphaera*

reinhardtii y *Braarudosphaera bigelowii*, ya que mientras el resto de las especies Terciarias aumentan ligeramente su número en las primeras muestras, *Thoracosphaera* sp. 1 y *Thoracosphaera* sp. 2, por el contrario, presentan un aumento brusco en sus proporciones en las primeras muestras de la base del Paleoceno. De igual manera *B. bigelowii* aumenta su número de individuos 90cm arriba del incremento de *Thoracosphaera* sp. Estos incrementos bruscos o acmes de estos especímenes se les ha dado el adjetivo de "blooms" y están presentes en muchas secciones del K/T (en algunas no) esparcidas mundialmente y cuando se presentan son tomados como criterios cronoestratigráficos (PERCH-NIELSEN et al., 1982).

Por lo que respecta a la Sección La Lajilla (CUADRO: 5) se observaron en total 62 especies, de las cuales 38 pertenecen a la Unidad I del Cretácico Superior. Esta sección se caracteriza por una abundante nanoflora con una asociación prácticamente idéntica a la de la sección Coxquihui. Las especies que se registran normalmente en proporciones superiores son las mismas ya señaladas en Coxquihui: *Watznaueria barnesae*, *Micula staurophora*, *Prediscosphaera cretacea*, etc. Entre las especies índice igualmente importantes del Maastrichtiano Sup. como *Micula murus* y *Micula prinsii* se pueden añadir *Arkhangelskiella cymbiformis* y *Lithraphidithes quadratus* también presentes en Coxquihui pero en menor grado de abundancia y conservación, obteniendo un Maastrichtiano Superior aún más preciso que en Coxquihui y por lo tanto más confiable.

La Unidad II o capa clásica definida litológicamente como el límite K/T, presenta 26 especies Cretácicas pero que a diferencia del sección Coxquihui registra especies índice del Maastrichtiano Superior como son *Micula murus* y *Ceratolithoides kamptneri*, faltando solo el registro de *Micula prinsii* para poder asignar una edad aún más precisa. Cabe resaltar que en esta Unidad II se observaron nanofósiles muy pequeños y difíciles de determinar, parecidas a *Neochiastozygus* sp. pero que al revisar la literatura muy posiblemente se traten de un espécimen retrabajado del Maastrichtiano Inferior llamado *Eiffelithus trabeculatus*.

Aunado a este aspecto, en esta misma Unidad II no existen registros de especies Terciarias de foraminíferos planctónicos (PADILLA, 1996), por lo que permanece incierto la verdadera edad de este estrato, tratándose probablemente de una zona de transición.

BIOZONAS	<i>Micula murus</i>	<i>Micula prinsii</i>										<i>U. prinsii</i>										<i>Biantholithus sparsus</i>		<i>Cruciplacolithus primus</i>						
																						<i>Neobiscutum romemii</i>								
E D A D	MAASTRICH. SUP.										MAASTRI SUP. ?										PALEO. INF.									
MUESTRAS	L-115	L-92	L-72	L-60	L-51	L-39	L-30	L-29	L-10	L-0	Lj-0	Lj-7	Lj-1	LA-CONT	Lj-11	Lj-2	Lj-12	Lj-3	Lj-13	Lj-4	Lj-14	Lj-15	Lj-16	Lj-17						
NANOPLANC. CAL.																														
<i>Cylindralithus biarcus</i>	R	R		cf																										
<i>Prediscosphaera spinosa</i>			R	cf	R	R			R	R	cf																			
<i>Lithraphidites praeguadratus</i>	R	R	R	R	R		R	R	R	R	cf																			
<i>Matznaueria biperforata</i>		R			cf	R		R	R	R	R																			
<i>Micula prinsii</i>		R	R	R		cf	cf	R	R	R	cf																			
<i>Lithraphidites carniolensis</i>	R	R	R	R	cf	R		R	R	R		R	R			cf														
<i>Cretarhabdus schizobrachiatus</i>					cf	R									R	R														
<i>Ammuellerella regularis</i>	R	R	R	R	R		R	R	C	R	R		R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R						
<i>Micula concava</i>	R	R	R	R	R		R	R	R	R		R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Cretarhabdus conicus</i>			R	R	R				R	R	cf				R															
<i>Ammuellerella octoradiata</i>		R	R	cf		R	R	R	R	R	cf		R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R						
<i>Staurolithes crux</i>	R	R	R	C	cf	R	C	R	R	R	R		R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R						
<i>Ceratolithoides kampfneri</i>	R	R	cf			cf	R	R		R	cf		cf	R	R	R	cf	R	R			cf	R	R						
<i>Biscutum blacki</i>			R	R	cf																									
<i>Placozygus sigmoides</i>		R													cf	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Lithraphidites quadratus</i>	R	R	C	R	R	R	R	R	C	C	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Effelithus eximius</i>	R	R	R			R	R	R					R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Micula murus</i>	R	R	R	R	cf	R	R	R	C	C	R		R	R	R	cf	cf	R	R	R	cf	cf	R	R						
<i>Parahabdolithus embergeri</i>		R			cf	R	R						R									R	R	cf						
<i>Matznaueria ovata</i>		R	R	R									cf		R															
<i>Effelithus gorkae</i>	R	R	R	R	R				R	R		cf	R	cf			R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Cretarhabdus surrellus</i>	R			R	cf	R	R	R	R	R						cf						R	R	R						
<i>Broinsonia enormis</i>		R	R	R				R	R	R	R	cf		R	R			R	R	R	R	R	R	R						
<i>Effelithus turrisseffeli</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Cretarhabdus crenulatus</i>	C	C	C	C	R	R	R	C	C	C			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Zygodiscus biocentricus</i>		R																												
<i>Chastozygus amphispous</i>	R	R	R	R	cf	R	R	R	R	C	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Prediscosphaera grandis</i>	R	R	R	R				R	R	R	cf						cf	R	R					R						
<i>Zygodiscus minimus</i>	R	R	R	R				R	R	R							R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Zygodiscus bussoni</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Cretarhabdus ficulus</i>	R	C	R	R	R	R	R	R	R	R			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	R	R	R	R	cf	R	R	R	C	R	R		R	R	R	R	R	R	R	cf	R	cf	R	R						
<i>Microhabdolithus decoratus</i>	C	C	R	C	R	C	R	C	R	C			R	C	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R						
<i>Prediscosphaera cretacea</i>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			R	C	C	C	C	C	C	C	C	C	R	R						
<i>Cyrtosphaerella ehrenbergi</i>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			C	R	C	C	C	C	C	C	C	C	C	R						
<i>Micula staurophora</i>	A	C	A	A	C		A	A	A	A	C		C	R	A	A		A	A	C	C	C	R	R						
<i>Matznaueria barnesae</i>	A	A	A	A	C		A	A	A	A			C	R	A	A		A	A	C	C	C	R	R						
<i>Thoracosphaera sp.</i>	R	R	R	R	cf	R	R	R	R	R		R	cf	A	A	A		A	A	C	C	C	R	C						
<i>Neochastozygus sp.</i>												cf		R	R	R		R	R	R				R						
<i>Neobiscutum cf. romemii</i>														R	R	R		R	R	R			R	R						
<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>														C	R	R	R		R				R	R						
<i>Draarudosphaera bigelovii</i>														R	R	cf	R						A	A						
<i>Biantholithus sparsus</i>														cf	R	R	cf					R	cf	R						
<i>Chusmolithus ulmus</i>																	cf	cf		R	cf	R	cf	cf						
<i>Neochastozygus primitivus</i>																		R		R	R	R	R	cf						
<i>Neobiscutum parvulum</i>																						R	R	R						
<i>Cruciplacolithus primus</i>																							cf	R						
<i>Markalius inversus</i>																							R	R						
<i>Markalius apertus</i>																								R						
<i>Braarudosphaera discula</i>																								R						
RETRABAJO																														
CAMPANIANO-MAASTRICH. INF.																														
<i>Quadrum gothicum</i>	R	R	R	R							R						R													
<i>Lucianorhabdus cayeyrii</i>																														
<i>Broinsonia parca expansa</i>		R		R					R	R																				
<i>Kampfnerius magnificus</i>																						R								
<i>Tetralithus trifidus</i>									R															R						
<i>Ceratolithoides aculeus</i>																		R	R				R	R						
<i>Tetralithus oculus</i>																						R	R	R						
<i>Nannocomus elongatus</i>																														
<i>Broinsonia parca constricta</i>									R									R	R	R		R	R	R						
<i>Manivitella perrnatoidea</i>									R													cf	R	R						
<i>Tranolithus orionatus</i>										R	R								R	R	R	R	cf	R						
<i>Dukrjaster hayi</i>																								R						

0-10% = R-Raro 10-50% = C-Comun 50-100% = A-Abundante cf. = Confer

* "Bloom" de *Thoracosphaera* sp.

CUADRO 5: DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DEL NANOPLANCTON CALCAREO EN LA SECCION LA LAJILLA, NE DE TAMAULIPAS

Cabe resaltar que en diferentes secciones, por ejemplo de Europa (GOROSTIDI, 1993) y Estados Unidos (JIANG & GARTNER, 1986) estos últimos problemas no se presentan debido a que el paso del Cretácico al Terciario no se reportan "capas clásticas" de espesores considerables, delimitando el K/T en una simple línea cronoestratigráfica.

Siguiendo en la secuencia y distribución bioestratigráfica, en la Unidad III se registraron 13 especies Terciarias, con las cuales se pudo hacer una mejor y más fina biozonificación que en la sección Coxquihui, destacando *Biantholithus sparsus*, *Neobiscutum cf. romeinii*, *Neobiscutum parvulum* y *Cruciplacolitus primus*. También se observaron 32 especies cretácicas caracterizándose por presentar, especialmente en la parte inferior de esta Unidad III, una buena representación de una asociación típica del Cretácico Superior (incluso mejor que en Coxquihui), constituyendo un elevado porcentaje de la asociación total y conteniendo prácticamente las mismas especies mencionadas anteriormente en la Sección Coxquihui.

Las "especies persistentes" reconocidas en la Unidad III de La Lajilla son las señaladas en la descripción de la asociación de Coxquihui, con la excepción que en la Sección La Lajilla no se separan las dos especies de *Thoracosphaera* sp. en 1 y 2 como se realizó en la Sección Coxquihui.

Por último, las especies consideradas como retrabajo del Campaniano Maastrichtiano Inferior suman 12, y como indicadores se encuentran *Bukryaster hayi*, *Broinsonia parca expansa* y *Lucianorhabdus cayeuxii* entre otros.

IX. 3- BIOZONIFICACION

Una vez tomadas en cuenta las diferentes biozonificaciones y poniendo énfasis en las anteriormente descritas, se optó por utilizar la zonificación propuesta por PERCH-NIELSEN, (1979) para el Maastrichtiano terminal, y la de PERCH NIELSEN, (1981b) para la base del Paleoceno, debido a que ambas fueron detectadas en los sedimentos estudiados y las cuales son descritas a continuación:

a) Maastrichtiano Superior

Zona de *Micula murus* BUKRY & BRAMLETTE, (1970) enmend. PERCH NIELSEN, (1979).

Definición: Intervalo comprendido entre el primer registro de *Micula murus* y el primero de *Micula prinsii*.

Tipo de Zona: Zona de Intervalo.

Edad: Maastrichtiano Superior.

Asociación: Presenta especies características del Maastrichtiano Superior entre las que destacan *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Lithraphidithes praequadratus*, *Lithraphidithes quadrotus* y *Ceratolithoides kamptneri*.

Observaciones: En las dos secciones fue identificado el nanofósil índice *Micula murus*, no obstante, es difícil afirmar que esta biozona se encuentre en su totalidad representada en ambas secciones, ya que estaría solo representada en la Sección La Lajilla por la muestra L-115 y en la sección Coxquihui por la muestra COX-345, debido a que sólo en estas muestras no es detectada la presencia del nanofósil índice del Maastrichtiano terminal *Micula prinsii*. Dicho de otra manera, al parecer las muestras antes mencionadas tal vez contengan únicamente la cima (o límite superior) de la biozona de *Micula murus* pero no la zona en su totalidad.

Zona de *Micula prinsii* PERCH-NIELSEN, (1979)

Definición: Intervalo comprendido entre la primera aparición de *Micula prinsii* y el brusco incremento de *Thoracosphaera* sp.

Tipo de Zona: Zona de Intervalo.

Edad: Maastrichtiano terminal.

Asociación: Es la misma que la Zona de *Micula murus* con la única novedad de la presencia de *M. prinsii*.

Observaciones: Esta biozona fue observada en las dos secciones. El límite inferior de esta biozona se reconoce por la presencia del nanofósil índice *Micula prinsii*, el cual se presentó a partir de la muestra COX-100 de la sección Coxquihui correspondiente a la Formación Méndez del Cretácico Superior, mientras que en la Sección La Lajilla se reporta su presencia desde la muestra L-95 de la misma formación. Con respecto a su límite superior por lo general se ha tomado para definirlo por el brusco incremento de *Thoracosphaera* sp., aunque MOSHKOVITZ, (1983) lo establece con la primera aparición de *Biantholithus sparsus*. Ambos eventos son observables en las dos secciones estudiadas, con la excepción de que en la sección La Lajilla el último evento, o sea la presencia de *B. sparsus*, no coincide con el incremento de *Thoracosphaera* sp., pero como se nombró anteriormente, la mayoría de los autores toman el límite superior por el brusco incremento de *Thoracosphaera* sp. evento detectado en ambas secciones en las muestras COX-120 (Coxquihui) y LA-CONT (La Lajilla). Por último en ambas secciones no se registra la presencia de *M. prinsii* por arriba de la unidad clástica, esto es, en la Formación Velasco del Paleoceno Inferior. Otro aspecto a nombrar es que en la capa clástica (límite K/T) no fue detectada la presencia de *M. prinsii*, tal vez debido a factores diagenéticos.

b) Paleoceno Inferior

Biozona de *Biantholithus sparsus* ROMEIN, (1979)

Definición: Intervalo comprendido entre el incremento en la abundancia de *Thoracosphaera* sp y el primer registro de *Cruciplacolithus primus*.

Tipo de Zona: Zona de Intervalo.

Edad: Daniano Basal

Asociación: En esta biozona es donde se encuentra el primer registro de *Biantholithus sparsus*, nanofósil considerado como especie terciaria. Por otra parte, se pueden encontrar organismos pequeños evolutivamente descendientes de formas cretácicas, como por ejemplo *Neobiscutum* y *Nechiastozygus*, asimismo,

es frecuente encontrar organismos característicos del Cretácico Superior tales como *Cribrosphaerella ehrenbergi*, *Prediscosphaera cretacea*, *Microrhabdulus decoratus*, etc., quedando incierto si se trata de organismos retrabajados o sobrevivientes.

Observaciones: Esta biozona es reconocida en el presente estudio por un lado debido a la presencia del "bloom" de *Thoracosphaera* sp. y por otro por el primer registro de *Biantholithus sparsus*. Cabe señalar que en la Sección Coxquihui ambos eventos fueron detectados desde la base de la Formación Velasco (muestra COX-120), mientras que en la Sección La Lajilla la primera aparición de *Biantholithus sparsus* no se presenta en la base de esta formación (muestra LA-CONT), sino un poco después (muestra LA-2). Otra cuestión es que en la Sección La Lajilla es reportada la aparición de *Neobiscutum* cf. *romeinii* a partir de la muestra LA-CONT, la cual muy probablemente corresponde a *Neobiscutum romeinii*; además se detectó la presencia de *Neobiscutum parvulum* a partir de la muestra Lj-14. Es de resaltar que estos dos últimos nanofósiles son reportados por PERCH-NIELSEN, (1981b) en la sección El Kef, Tunisia, asignándoles la característica de Subzona, así, la Zona de *B. sparsus* es dividida en dos subzonas, las cuales son descritas a continuación.

Subzona de *Neobiscutum romeinii* PERCH-NIELSEN, (1981b).

Definición: Intervalo comprendido entre el incremento en la abundancia de *Thoracopharea* sp. y el primer registro de *Neobiscutum parvulum*.

Tipo de Zona: Zona de intervalo.

Edad: Daniano Basal.

Asociación: Esta Subzona se caracteriza por la presencia del nanofósil índice *Neobiscutum* cf. *romeinii*, así como los primeros registros de *Biantholithus sparsus*. Además se caracteriza en su parte inferior por abundantes individuos de *Thoracosphaera* sp. y la presencia de nanofósiles cretácicos comunes.

Observaciones: La presencia de *Neobiscutum* cf. *romeinii* fue detectada en la Sección La Lajilla a partir de la muestra LA-CONT. En la sección Coxquihui no se observó la presencia de este nanofósil índice debido tal vez a la mala preservación de los nanofósiles.

Subzona de *Neobiscutum parvulum* PERCH-NIELSEN, (1981b).

Definición: Intervalo comprendido entre los primeros registros de *Neobiscutum parvulum* y la primera aparición de *Cruciplacolithus primus*.

Tipo de Zona: Zona de Intervalo

Edad: Daniano Inferior

Asociación: Registro de *Neobiscutum parvulum* así como del género *Neochiastozygus*, aumento en el número de individuos de *Braarudosphaera bigelowii* así como ocurrencia de formas cretácicas, aunque en menor número de especies y de individuos que en las muestras precedentes..

Observaciones: Esta subzona es reconocida solo en la Sección La Lajilla dada la presencia de *Neobiscutum parvulum*, ya que en la sección Coxquihui solo se tiene el incremento de individuos de *Braarudosphaera bigelowii* y el decremento de las formas Cretácicas.

Zona de *Cruciplacolithus primus* ROMEIN, (1979).

Definición: Intervalo comprendido entre los primeros registro de *Cruciplacolithus primus* y la aparición de *Prinsius dimorphosus*.

Tipo de Zona: Zona de Intervalo

Edad: Daniano Inferior.

Asociación: Abundantes especímenes de *Braarudosphaera bigelowii* así como registros de *Markalius inversus*, *M. apertus* y *Braarudosphaera discula*. Disminución apreciable en las formas cretácicas.

Observaciones: Esta biozona fue detectada solamente en la Sección La Lajilla en las dos últimas muestras (Lj-16 y Lj-17), donde se determinó a *Cruciplacolithus primus*, no obstante, debido a la falta de muestras, no se reporta el registro de *Prinsius dimorphosus*. En la Sección Coxquihui esta biozona no es observada debido tal vez al menor estado de preservación de los organismos.

X.-RESULTADOS

Uno de los objetivos primordiales del presente trabajo, fue el realizar un estudio cualitativo (número de especies o diversidad), así como cuantitativo (número de individuos o abundancia), del nanoplancton calcáreo a través del límite K/T en ambas secciones, y así de acuerdo a diversos autores como MACLEOD, (1994) y POSPICHAL, (1994a) poder deducir la presencia o no de una extinción en masa, y también obtener una visión más amplia de los eventos nanoflorísticos, antes, durante y después del evento K/T. En este capítulo se omitieron los resultados bioestratigráficos, los cuales fueron anteriormente ya descritos.

XI.-ANÁLISIS CUALITATIVO

En lo referente a la Sección Coxquihui (FIG. 15) existe un número más o menos estable de especies a lo largo de las muestras del Maastrichtiano Superior (Unidad I), variando entre 23 y 27 el número de especies, siendo la muestra COX-5 la que presenta mayor abundancia de especies con 31, lo que representa un alto número de diversidad, además de corresponder esta muestra a la cima de la Formación Méndez. En la Unidad clástica se presenta un sensible descenso en el número de especies cretácicas (con respecto del total de especies encontradas en la Unidad I de la muestra con mayor diversidad COX-5 con 31), identificándose solo 10 en la muestra COX-0, significando un descenso de aproximadamente el 67%, teniendo un ligero repunte en la muestra COX-A con 17 especímenes, esto es un 45%, siguiendo un descenso en la COX-B de 77% y disminuyendo drásticamente en las muestras COX-C con 90% y COX-D con 93%.

Posteriormente en las muestras correspondientes al Paleoceno Inferior, se registra un aumento en la diversidad nanoflorística (con respecto a la Unidad II), iniciando en la muestra COX-120 con 16 especies cretácicas, representando el 51 % que "pasan" el límite Cretácico-Terciario y que por lo tanto existe una extinción del 49% con respecto del total de especies contenidas en la Unidad I, no obstante, sube un poco en la siguiente muestra COX-150 al registrarse 18 especies cretácicas que corresponde al 41%. En las siguientes muestras COX-180, COX-210 y COX-250 disminuye el número de especies cretácicas 51%, 50% y 75% respectivamente. De igual manera en estas muestras del Paleoceno Inferior se registran las apariciones de las primeras especies terciarias manteniéndose estables en sus porcentajes a lo largo de esta Unidad III.

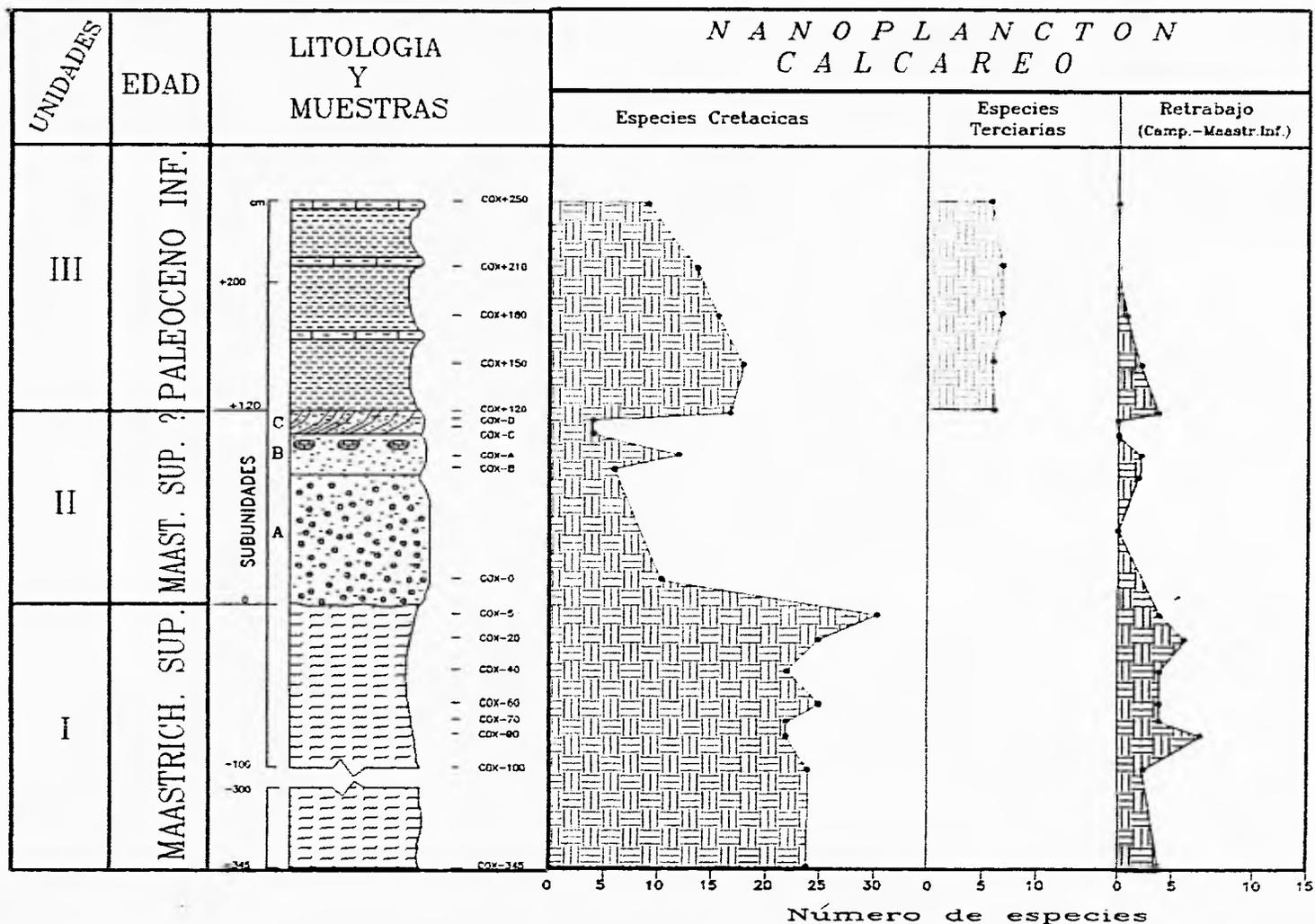


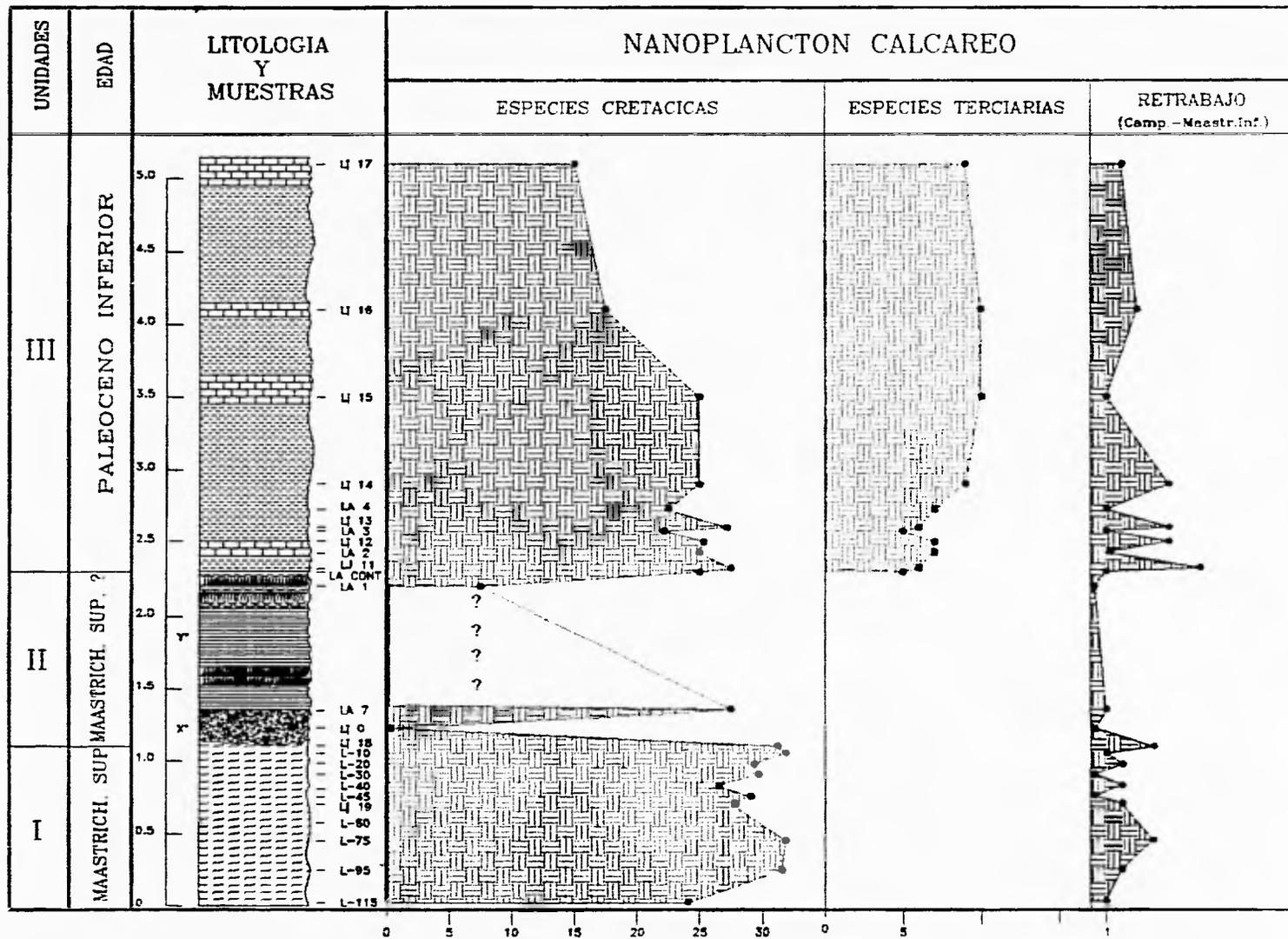
FIG.15: DIVERSIDAD DEL NANOPLANCTON CALCAREO A TRAVES DEL LIMITE K/T EN LA SECCION COXQUIHUI, NE DE VERACRUZ.

Finalmente, el número de especies consideradas como retrabajadas del Santoniano?-Maastrichtiano Inferior, se reducen conforme los sedimentos se vuelven más recientes.

En términos generales, de 37 especies cretácicas presentes en la Unidad I de la Sección Coxquihui solo restan 18 en la Unidad II, lo cual significa una pérdida en la diversidad del 51%, y que por lo tanto estaría dentro del concepto de extinción en masa de KAUFFMAN, (1988), el cual supone una pérdida de más del 50% de especies para considerarse como tal. Posteriormente, en la Unidad III existen 17 especies cretácicas significando un 54% en la pérdida de la diversidad, por lo cual se podría decir que según el criterio antes descrito para determinar una extinción en masa, la Sección Coxquihui se encuentra ligeramente dentro de una como tal. De esta manera, cualquier factor podría sesgar los resultados hacia uno u otro lado, y por consiguiente es un poco difícil afirmar la presencia o ausencia de un evento de extinción en masa con nanoplancton calcáreo en esta sección desde un punto de vista cualitativo.

Por lo que respecta a la Sección La Lajilla (FIG. 16), existe una gran similitud con la Sección Coxquihui en cuanto al número de especies en las muestras de la Unidad I, ya que se mantiene más o menos constante, fluctuando en la sección La Lajilla entre 24 y 32 especies, y encontrando un punto de gran diversidad en las muestras L-10 y L-18 (con 33 y 31 especies respectivamente), las cuales, al igual que en la Sección Coxquihui, corresponden a la cima de la Formación Mendez

La Unidad II contiene contrastes, por un lado la muestra Lj-0 es estéril en nanoflora y obviamente el 100% en pérdida de la diversidad, a pesar de esto, en la siguiente muestra LA-7 se presentan 27 especímenes representando solamente el 18% de especies extintas (con respecto a la muestra de mayor diversidad L-10), con lo cual no existe prácticamente ningún evento de extinción, para después en la muestra LA-1 volver a presentarse una disminución significativa con solo 8 especies, esto es 75% de extinciones. Desafortunadamente no se contaron con muestras entre la LA-7 y LA-1, ya que no se consideró importante tomar muestras a detalle, esto debido al carácter litológico de esta capa clástica (capítulo de Marco Geológico), tomando solo algunas como referencia, y por lo tanto, quedando en interrogante la diversidad de esta parte de la Unidad II.



Numero de Especies

FIG.16: DIVERSIDAD DEL NANOPLANCTON CALCAREO A TRAVES DEL LIMITE K/T EN LA SECCION LA LAJILLA, NE DE TAMAULIPAS.

En las muestras del Paleoceno Inferior de la Unidad III (a diferencia de las de la Sección Coxquihui), casi no existe una disminución significativa en el número de especies, con respecto a la Unidad I y describiéndose de la manera siguiente: los porcentajes de extinción en las primeras muestras (LA-CONT y Lj-11) es relativamente pequeño, representando entre 22 y 28 especies cretácicas o sea 33% y 15% respectivamente. En las muestras siguientes, LA-2 a la Lj-15, los porcentajes se mantienen igualmente bajos, encontrando una reducción más significativa en las últimas 2 muestras con 52% en la Lj-16 y 60% en la Lj-17.

Las especies terciarias aparecen a partir de la muestra LA-CONT y su número aumenta moderadamente en las subsecuentes muestras. La cantidad de especies consideradas como retrabajo del Santoniano?-Maastrichtiano Inferior varía a lo largo de toda la columna, pero su porcentaje con respecto al total siempre es mínimo.

Retomando estos últimos datos en conjunto, en la Sección La Lajilla de 38 especies cretácicas contenidas en la Unidad I bajan a 26 en la Unidad II, significando un porcentaje de extinción del 31%, lo cual no entra en los términos de extinción en masa antes descritos. En la Unidad III es aún más claro ya que se identificaron 32 especies cretácicas, o sea solo un 15% de extinción, y por lo tanto quedando definido que al parecer no existe ningún fenómeno catastrófico apreciable, y si este existe, al parecer es de carácter gradual o por etapas descrito por KAUFFMAN; (1988) ya antes mencionado.

Cabe mencionar que en ambas secciones existe una disminución significativa y variación de los porcentajes en la Unidad II (Unidad clástica), esto tal vez debido al carácter litológico de ésta (esferulitas alteradas, areniscas, muy duras etc.), y por lo tanto posiblemente afectó la conservación del nanoplancton calcáreo, adicionalmente no se puede precisar la edad de esta (al menos con nanoplancton calcáreo). Debido a todo esto no puede considerarse a dicha Unidad II como representativa de la diversidad específica.

Realizando una evaluación general de las 2 secciones se puede apreciar que en la Sección Coxquihui si hay una disminución en la diversidad, que aparentemente se trata de una extinción en masa debido que los porcentajes están, como ya se dijo, dentro de los criterios de un evento catastrófico. Por lo que respecta a la Sección La Lajilla, la diversidad

disminuye ligeramente, sólomente reduciéndose (también en Coxquihui) a medida que los sedimentos se vuelven más recientes, descartando casi por completo un evento catastrófico.

En un estudio llevado a cabo a este respecto KELLER, (1994) asegura que si al menos un tercio de especies cretácicas son encontradas en el Terciario estas tienen que ser tomadas como sobrevivientes. No obstante, en el análisis llevado a cabo no se podía descartar la existencia de retrabajo de especies cretácicas en sedimentos Terciarios, así como la magnitud de este en las dos secciones estudiadas, y con lo cual poder sesgar los resultados finales y alterar una buena interpretación.

A este respecto, en un estudio reciente con isótopos de Carbono GARTNER, et al. (1994) interpretan que las especies del Maastrichtiano no sobrevivieron en el Daniano y si aparecen deben ser atribuidas a redepositación. Aunque tienen sus dudas debido a que otros grupos de organismos como los foraminíferos planctónicos, los cuales comparten el mismo ambiente que el nanoplancton calcáreo, sobreviven en el Daniano. Otra duda se refiere a que en este estudio, ellos atribuyen sus conclusiones a que los isótopos de Carbono se vuelven negativos precisamente en el K/T, a pesar de esto, otras investigaciones han encontrado también valores negativos en el Daniano con respecto al Maastrichtiano y que al parecer no tienen nada que ver con los eventos de extinción del nanoplancton calcáreo.

Puesto que al parecer surgen más preguntas que respuestas, fue necesario que los resultados obtenidos con la diversidad fueran calibrados con otros estudios de abundancia, lo cual se detalla a continuación.

XII.- ANALISIS CUANTITATIVO

Según LIU Y OLSSON, (1994) una deducción más confiable de la naturaleza catastrófica de las extinciones en masa podría ser inferida por una comparación de la diversidad vs. la abundancia, lo cual podría indicar cuales son las especies cretácicas retrabajadas en el Terciario, ya que en base a sus investigaciones llevadas a cabo, la abundancia puede bajar bruscamente, mientras que el retrabajo podría llevar aún a especímenes extintos a estratos más arriba. El resultado es que la diversidad baja menos abruptamente que la abundancia. Dicho de otra manera, mientras que la diversidad no _

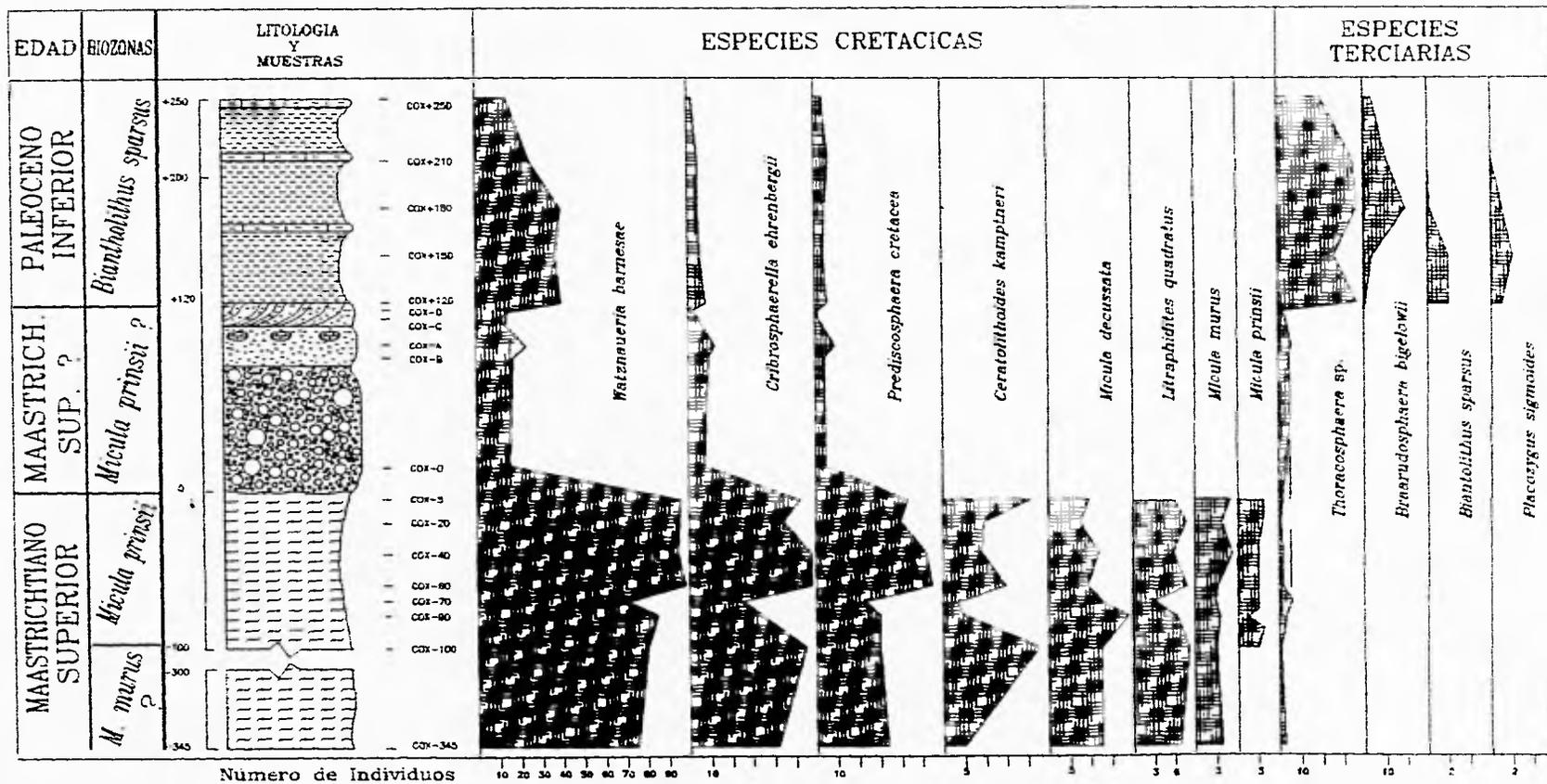


FIG. 17: ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE NANOPLANCTON CALCAREO A TRAVES DEL LIMITE K/T EN LA SECCION LA LAJILLA, NE DE TAMAULIPAS.

presenta aparentemente cambios bruscos, la diversidad intraespecífica puede revelar cambios apreciables, entonces se puede deducir que efectivamente ocurrió un evento de magnitudes apreciables que ocasionó este fenómeno.

De este modo, en ambas secciones se llevó a cabo el conteo de todas las especies contenidas en las muestras según los métodos y técnicas ya descritos en el capítulo de materiales y métodos. Posteriormente se seleccionaron algunas de las especies comunes en ambas secciones, las cuales se graficaron y compararon, y que a continuación serán ilustradas y descritas para tener una mejor idea de los cambios de la nanoflora en el límite K/T y después realizar una evaluación general con los anteriores resultados de diversidad.

Por lo que respecta a la Sección Coxquihui se graficaron las especies ilustradas en la (FIG. 17), observando que por un lado existen especies del primer grupo como *Watznaueria barnesae*, *Cribrosphaerella ehrenbergii* y *Prediscosphaera cretacea* (en azul) más o menos estables en su número de individuos en la Unidad I y que aparentemente "pasan" el límite Cretácico-Terciario, pero que sin embargo, el número de individuos se ve significativamente afectado a partir de la Unidad II (pero que debido a motivos antes descritos no puede ser tomado como muy representativo), y a continuación en la Unidad III se presenta también un declive significativo, con lo que no deja duda de la reducción en el número de individuos de este grupo de especies a través del límite K/T, pero que aparentemente sobreviven a este evento. Por otro lado, especies del segundo grupo como *Ceratholithoides kamptneri*, *Micula murus* etc. (en rojo) presentan claros índices de extinción catastrófica después de la Unidad I. Por último se graficaron especies del tercer grupo (en verde) que presentan "blooms" en la Unidad III como *Thoracosphaera* sp. y *Braarudosphaera bigelowii*, así como especies Terciarias como *Biantholithus sparsus* que indican la entrada del Paleoceno.

En la sección La Lajilla se trató de graficar aproximadamente las mismas especies para tener un buen punto de referencia y comparación (FIG. 18), encontrando que las especies del primer grupo (en rojo), al igual que en la sección Coxquihui, su número de individuos es estable en la Unidad I, siendo afectado en la Unidad II, y posteriormente éste se reduce en la Unidad III, que aunque en menor proporción que en Coxquihui, sigue siendo significativo. En el segundo grupo de especies (en azul) aunque algunas logran pasar el límite K/T su número de individuos decrece aceleradamente para extinguirse de manera

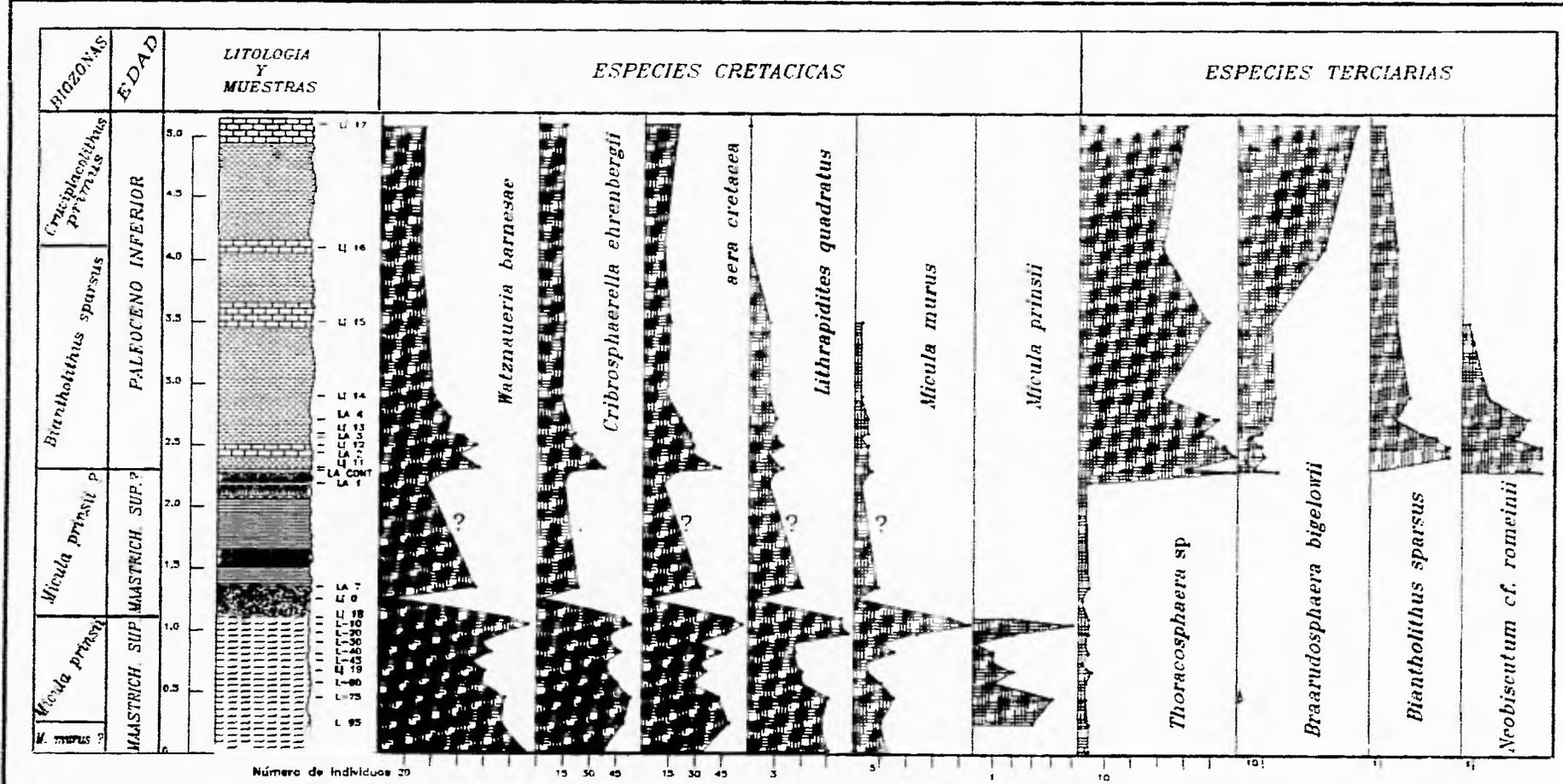


FIG. 18: ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE NANOPLANCTON CALCAREO A TRAVES DEL LIMITE K/T EN LA SECCION LA LAJILLA, NE DE TAMAULIPAS.

rápida, y otras como *Micula prinsii* simplemente no trascienden más allá de la Unidad I. Al final igualmente que en Coxquihui, se graficaron especies del tercer grupo (en verde) características de "bloom" y especies terciarias del Paleoceno Inferior.

Analizando los resultados de diversidad y abundancia, si bien en ambas secciones (principalmente Coxquihui) existen especies que muestran fenómenos de extinción catastrófica, en conjunto estas especies representan bajos porcentajes del total de la asociación, que según MacLEOD, (1994) las extinciones de estas pequeñas poblaciones podría ser causadas por pequeños cambio ambientales y no por grandes eventos catastróficos.

En contraste, existen argumentos que sitúan a las especies aparentemente sobrevivientes como retrabajo. Un ejemplo de esto lo constituye la Sección del Kef, la cual se considera como la sección tipo del límite K/T, donde de acuerdo a POSPICHAL, (1994a) especímenes cretácicos comunes en muestras del Maastrichtiano como *Watanaueria barnesae* y *Micula decussata* (totalmente equivalentes a las especies del primer grupo de las FIG.17 y 18), y las cuales aunque "pasan" el límite K/T, su número de individuos se ve drásticamente afectado y por lo tanto deben de ser consideradas como retrabajo. De igual forma, dicha conclusión la sustenta debido a que analizando las abundancias mayores de palinomorfos de la misma sección, estas se pueden correlacionar con regresiones de corto periodo, y por lo tanto las abundancias mayores de nanoplancton calcáreo contenidas en los sedimentos terciarios (que coinciden con los palinomorfos) deben de ser, como se menciona, atribuidas a retrabajo. Adicionalmente, especies cretácicas con altos porcentajes en el total de la asociación tienen mucha mayor probabilidad de encontrarse retrabajadas en sedimentos terciarios.

Haciendo referencia al mismo tema, en un trabajo también reciente LIU & OLSSON, (1994) mencionan que puesto que especies retrabajadas de taxa extintos disminuyen gradualmente siguiendo el abrupto decline en el K/T, la aparente diversidad descenderá muestra por muestra. Y si por otra forma, estos taxa retrabajados son tomados como sobrevivientes, una extinción gradual o por etapas podría ser concluida.

Como se puede apreciar existen trabajos y criterios que difieren en como diferenciar los organismos retrabajados de los depositados *in situ*, resultando difícil aceptar uno sin

tomar en cuenta los demás, y por lo tanto situar y/o reconocer una extinción catastrófica resulta problemático. En el presente trabajo se trató de tomar todos los criterios para retrabajo antes descritos en el capítulo de nanoplancton calcáreo (o al menos los que se pudieran), junto con el análisis cualitativo y cuantitativo llevado a cabo, y al mismo tiempo retomar las observaciones hechas por PADILLA, (1996) con foraminíferos planctónicos para tener una idea más clara de la verdadera magnitud del evento K/T y sus consecuencias en la microfauna marina planctónica en estas dos secciones.

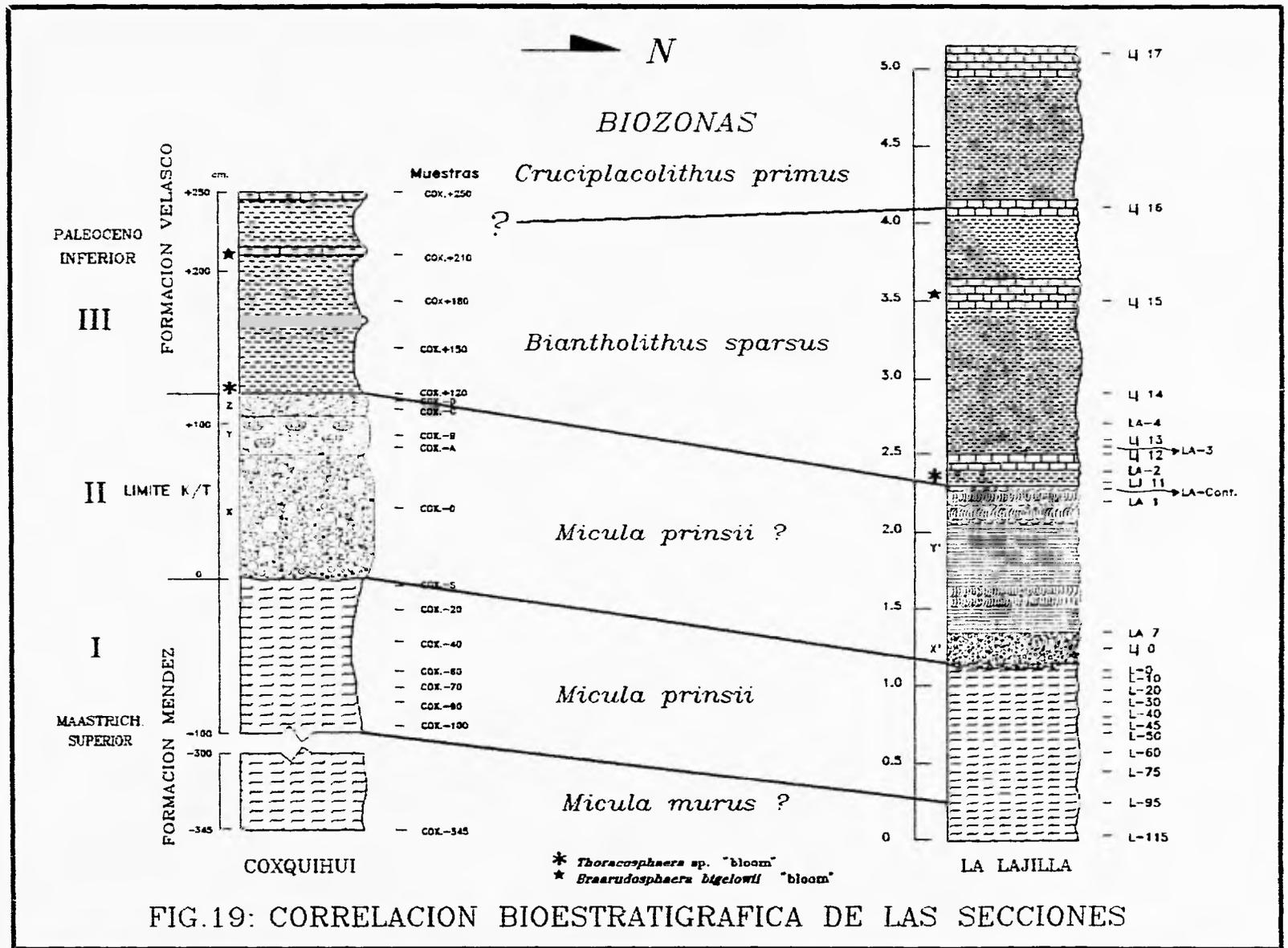
XI.-CORRELACION BIOESTRATIGRÁFICA

Una de las principales cuestiones a tomar en cuenta para establecer la correlación de las secciones estudiadas, fue que según KELLER, et al. (1994) se ha demostrado que hay un hiatus en el límite K/T en casi todas las secciones depositadas a más de 1000m de profundidad. Según este autor en estas secciones las extinciones y apariciones abarcan cuando menos medio millón de años a través de la transición del K/T, y son artificialmente concentradas en un horizonte dando la apariencia de extinciones en masa repentinas. Incluso KAUFFMAN, (1984) sugiere que un mínimo de un millón de años de evolución marina no se encuentra en las secuencias alrededor del mundo.

A pesar de esto, se observa que el contenido nanoflorístico es muy similar (principalmente en La Lajilla), al reportado en la sección tipo del Kef (PERCH-NIELSEN, 1981b) por lo que un posible hiatus ha sido casi descartado, concluyendo que ambas secciones son continuas estratigráficamente y describiéndose de la base a la cima de la manera siguiente:

Por un lado, bioestratigráficamente la Unidad I presenta una asociación prácticamente idéntica en ambas secciones con un conjunto nanoflorístico característico del Maastrichtiano Superior. Dentro de los nanofósiles destacables se encuentran: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Lithraphidithes quadratus*, *Ceratolithoides kamptneri*, *Micula murus* y *Micula prinsii* sobresaliendo los 2 últimos. De esta manera fue posible detectar la presencia de la Biozona de *Micula prinsii* en ambas secciones, y tal vez la cima de la Biozona de *Micula murus* debido a que no se observa al nanofósil índice *Micula prinsii* en las muestras basales de las columnas estudiadas (FIG. 19).

En la Unidad II no fue posible detectar alguna biozona debido a que no se observó a ningún fósil índice, por lo que no se tiene la seguridad de que biozona se trate, infiriendo que tal vez se trate de la Biozona de *Micula prinsii*, ya que no existe registro alguno de formas Terciarias.



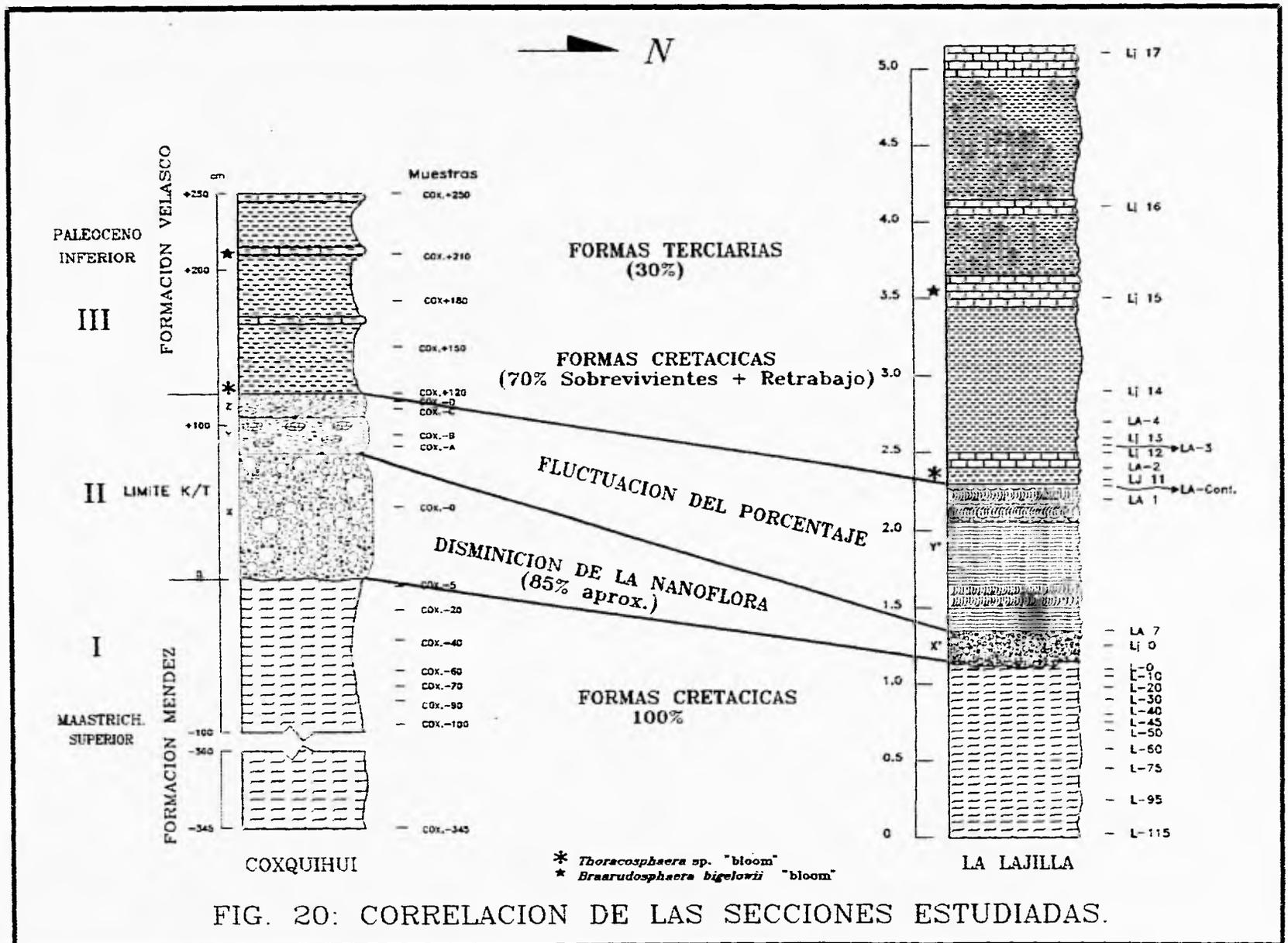


FIG. 20: CORRELACION DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS.

En lo referente a la Unidad III, en ambas secciones fue observada la biozona de *Biantholithus sparsus* ya que la presencia de este nanofósil índice es detectada en las muestras basales de esta Unidad, sin embargo solo en la sección La Lajilla fue detectada la presencia de la biozona de *Cruciplacolithus primus* ya que en la sección Coxquihui no fue observada su presencia.

Asimismo, dentro de esta Unidad III existen eventos nanoflorísticos característicos del Paleoceno Inferior, tales como el "bloom" de *Thoracosphaera* sp. que de acuerdo a PERCH-NIELSEN, et al. (1982) ocurre en condiciones características de aguas frías consistentes con la teoría de GARTNER & KEANY, (1978) y de acuerdo a ESHET et al., (1992) de baja salinidad y por tanto indican condiciones extremas siendo aprovechadas por especies oportunistas (KAUFFMAN, 1984). De igual manera hacia la cima de dicha Unidad (90 cm en Coxquihui y 1m en La Lajilla), se presenta el "bloom" de *Braarudosphaera bigelowii* el cual ha sido reportado en otras secciones (JIANG & GARTNER, 1986) y núcleos marinos (POSPICHAL, 1991) resultando un criterio para establecer la parte superior de la cima de la base del Paleoceno. Así, dichos eventos llamados "bloom" son utilizados bioestratigráficamente y además de acuerdo a POSPICHAL, (1994b) infiere una reorganización y expansión de la fauna sobreviviente en condiciones extremas, así como una interrupción en el ecosistema pelágico.

Cabe mencionar que aunque la sección Coxquihui no presenta todos los eventos nanoflorísticos de La Lajilla, como son la presencia de *Neobiscutum romeinii*, *Neobiscutum parvulum* y *Cruciplacolithus primus* (esto quizá debido a la disolución según THIERSTEIN, 1978), si presenta la aparición de *Biantholithus sparsus* así como los mencionados "bloom" de *Thoracosphaera* sp. y *Braarudosphaera bigelowii*, los cuales son de suma importancia para establecer la correspondencia entre ambas secciones.

Por otro lado, la Unidad I en las dos secciones contienen casi el mismo número de especies, ya que Coxquihui presenta 37 y La Lajilla 38, que representan el 100% de la nanoflora cretácica (FIG. 20), representando una buena variación del contenido nanoflorístico sin cambios apreciables a lo largo de esta Unidad I, por lo cual se deduce que no existió ningún fenómeno que afectara el contenido nanoflorístico, descartando que algún fenómeno de extinción comenzara poco antes de límite K/T como es sugerido por algunos autores como KAUFFMAN, (1988), y KELLER, (1994).

Continuando hacia la cima, la Unidad II presenta grandes contrastes. Por un lado en la Subunidad X (capa de esferulitas) de la sección Coxquihui se presenta una disminución del 67% aprox., mientras que en la Subunidad X' de La Lajilla hay ausencia total de nanoflora, resultando en conjunto para ambas secciones una disminución del 85%.

La Subunidad Y y Z de Coxquihui así como la Subunidad Y' de La Lajilla presentan una fluctuación en el porcentaje (FIG. 20). Por un lado en Coxquihui el porcentaje de extinción varía de 45% a 93%, y por otro en La Lajilla es de 18% a 75% resultando difícil realizar una evaluación precisa de estas Subunidades.

En la Unidad III las formas cretácicas están presentes en ambas secciones. En la sección Coxquihui se extinguen 54% y en La Lajilla solo el 15%, significando en promedio un 35% de extinción, pero que sin embargo, al analizar esta correlación desde un punto de vista de abundancia y diversidad (capítulo anterior) se deduce que el porcentaje del 65% de especies sobrevivientes muy probablemente se trate de retrabajo (principalmente en La Lajilla) y solo un pequeño grupo de especies cretácicas realmente sobrevivió dentro del Paleoceno (FIG. 20) siendo estas presumiblemente especies generalistas (KELLER, et al. 1994).

Tomando en cuenta los datos anteriores y analizando conjuntamente la Unidad III, se tiene que existen 74 especies identificadas de las cuales el 70% lo constituyen formas Cretácicas (Sobrevivientes + Retrabajo) y 30% formas terciarias (FIG. 20), pero como se nombró anteriormente, resulta relativo debido al análisis de diversidad y abundancia.

En términos generales, se puede decir que ambas secciones son continuas y correspondientes, considerándose La Lajilla como la más representativa debido a la abundancia y preservación de los nanofósiles, sin embargo como se menciona anteriormente ambas secciones presentan los mismos eventos y apariciones de nanoplancton calcáreo.

Por último, ilustrando la transición de las formas cretácicas a terciarias, incluyendo las formas sobrevivientes en ambas secciones (FIG. 21), es apreciable que existe una disminución en el tamaño de las formas terciarias en comparación con las formas cretácicas, así como ciertos patrones evolutivos de géneros Cretácicos precursores de otros en el Terciario como es el caso de *Chiastozygus* sp. en *Neochiastozygus* sp. Asimismo, las formas cretácicas disminuyen sus porcentajes en la asociación cuando los sedimentos se vuelven más recientes.

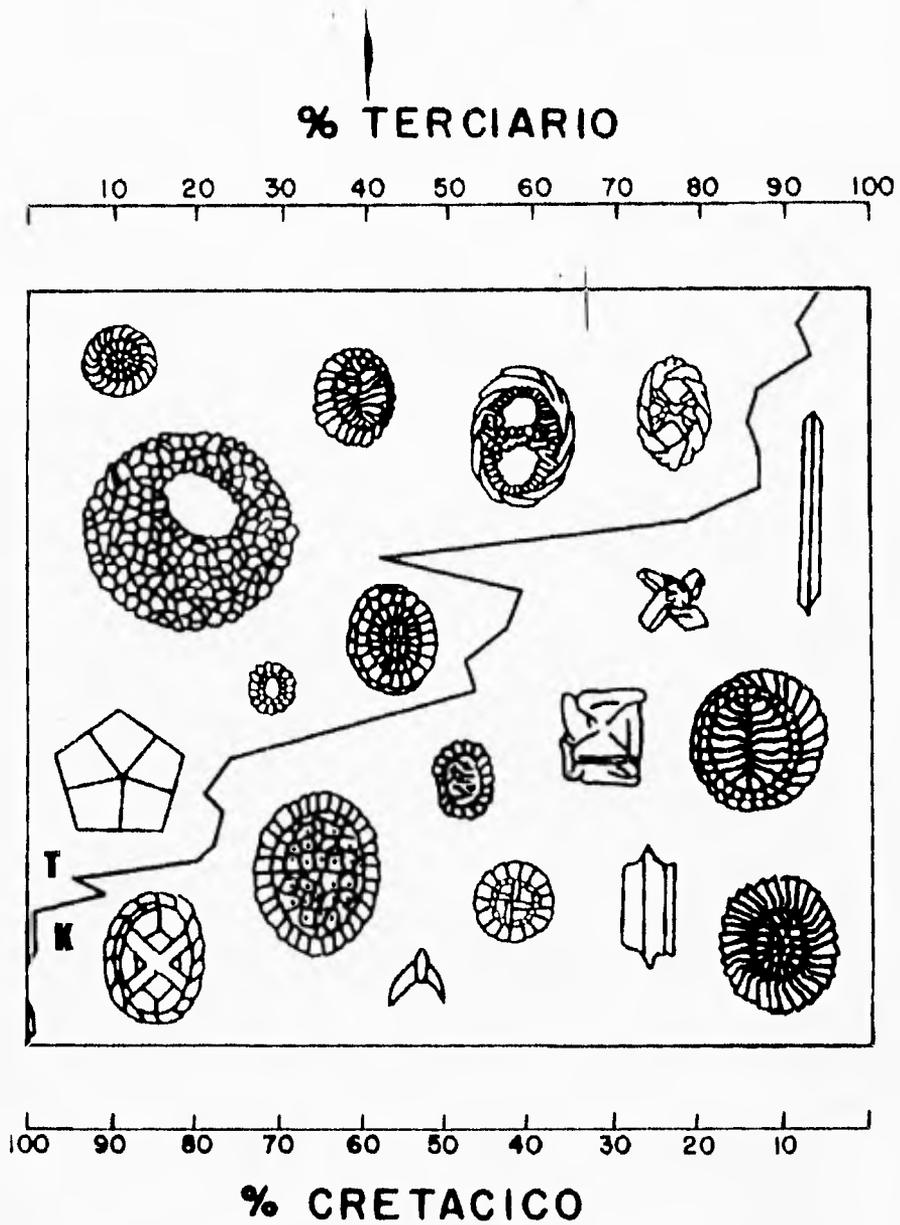


FIG. 21: TRANSICION Y REMPLAZAMIENTO DE NANOFOSILES CRETACICOS POR TERCARIOS.

XII.-CONCLUSIONES

- SE ESTABLECIO EL LIMITE CRETACICO-TERCIARIO ENTRE LA UNIDAD II Y III CON BASE A LAS PRIMERAS APARICIONES DE LAS FORMAS TERCIARIAS TALES COMO *Biantholithus sparsus* Y *Neobiscutum romeinii* Y ADEMAS POR EL "BLOOM" DE *Thoracosphaera* sp.
- EN AMBAS SECCIONES FUERON DETECTADAS LA BIOZONA DE *Micula prinsii* PARA LA CIMA DEL MAASTRICHTIANO Y LA DE *Biantholithus sparsus* PARA LA BASE DEL PALEOCENO, LAS CUALES SON RECONOCIDAS Y UTILIZADAS A NIVEL MUNDIAL.
- AMBAS SECCIONES SON AL PARECER BIOESTRATIGRAFICAMENTE CONTINUAS Y CORRESPONDIENTES, DESCARTANDO CASI COMPLETAMENTE LA PRESENCIA DE UN HIATUS TANTO EN LA CIMA DEL MAASTRICHTIANO COMO EN LA BASE DEL PALEOCENO.
- SE ESTABLECIO QUE EN LA SECCION COXQUIHUI PRESENTA UNA EXTINCION EVIDENTEMENTE CATASTROFICA, MIENTRAS QUE EN LA LAJILLA PRESENTA APARENTEMENTE UNA EXTINCION POR ETAPAS EN EL PALEOCENO, ESTIMANDO EN ESTA ULTIMA UN DETERIORO CLIMATICO RAPIDO DESPUES DEL LIMITE K/T.
- HAY UNA DISMINUCION DE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA EN EL NANOPLANCTON CALCAREO (PRINCIPALMENTE EN LA SECCION COXQUIHUI), A PARTIR DE LA CAPA DE ESFERULITAS. ASPECTO QUE MUY PROBABLEMENTE ES CONVINCENTE CON LA TEORIA DEL IMPACTO DE CHICXULUB, ASI COMO POR LA PRESENCIA DE "BLOOMS" DE ALGUNAS ESPECIES EN LA BASE DEL PALEOCENO, YA QUE SUPONE UN RAPIDO DETERIORO DEL ECOSISTEMA ACOMPAÑADO DE CONDICIONES EXTREMAS, SIENDO APROVECHADO POR ESPECIES OPORTUNISTAS.

- POR UN LADO, ES PROBABLE LA PRESENCIA DE RETRABAJO DE ESPECIES CRETACICAS EN LA SECCION LA LAJILLA, DEBIDO A LOS RESULTADOS CONTRASTANTES OBTENIDOS CON FORAMINIFEROS PLANCTONICOS POR PADILLA, (1996). DE IGUAL MANERA, EL ANALISIS CUANTITATIVO (ABUNDANCIA) DEL NANOPLANCTON CALCAREO REVELO QUE EXISTEN CAMBIOS APRECIABLES EN LA POBLACION DE INDIVIDUOS CRETACICOS EN EL PALEOCENO, INFIRIENDOSE QUE MUCHAS DE LAS ESPECIES PRESUMIBLEMENTE SOBREVIVIENTES EN REALIDAD SE TRATA DE RETRABAJO, Y POR LO TANTO NO DEJA DUDA CON RESPECTO A LA PRESENCIA DE FENOMENOS DE EXTINCION EN AMBAS SECCIONES.

POR OTRO LADO, TAL VEZ LOS EFECTOS DE LAS EXTINCIONES FUERON MAS LOCALES, RESULTANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE EXTINCION ENTRE CADA LOCALIDAD Y NO GLOBALES COMO ES SUGERIDO POR DIVERSOS AUTORES YA REFERIDOS. ASIMISMO, LOS EFECTOS DE LAS EXTINCIONES POSIBLEMENTE FUERON SELECTIVOS. SIENDO EN ESTE CASO MAS DEVASTADORES EN LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS QUE EN EL NANOPLANCTON CALCAREO, LO CUAL INFIERE UN PROCESO SELECTIVO ENTRE LA MICROFAUNA, Y A SU VEZ SUGIRIENDO UN ESCENARIO ECOLOGICO COMPLEJO QUE AUN NO HA SIDO BIEN DEFINIDO.

- DEBIDO A LOS RESULTADOS DESIGUALES OBTENIDOS CON NANOPLANCTON CALCAREO EN LAS DOS SECCIONES, ES INDUDABLE LA NECESIDAD DE REALIZAR MAS ESTUDIOS MICROPALAEONTOLOGICOS EN DIFERENTES SECCIONES PARA PODER RATIFICAR O DESMENTIR LOS PUNTOS ANTERIORMENTE DESCRITOS, EN PARTICULAR LOS DOS ULTIMOS.

XIII.-BIBLIOGRAFIA

AGER, D. V., 1973. The Nature of the Stratigraphical Record. ed. New York: Wiley & Son. 114 p.

ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W., ASARO, F. & MICHEL, H. V., 1980. Extraterrestrial Cause For The Cretaceous-Tertiary Extinction. Science, vol. 208, pp. 1095-1108.

ALVAREZ, L. W., ASARO, F. & MONTANARI, A., 1990. Iridium Profile for 10 Millions Years Across The Cretaceous-Tertiary Boundary. Science, vol. 250. pp. 1700-1702.

ALVAREZ, W. 1994. Chicxulub y la Teoría del Impacto Como Causa de las Extinciones en Masa en el Límite Cretácico-Terciario. Rev. de la Sociedad Mex. de Paleon. A.C. vol.7,num.1. pp- 1-13.

ALVAREZ, W., SMIT, J., LOWRIE, W., ASARO, F., MARGOLIS, S., CLAEYS, P., KASTNER, M. & HILDEBRAND, A., 1992. Proximal Impact Deposits at The Cretaceous-Tertiary Boundary in The Gulf of México: A Restudy of DSDP Leg 77 Sites 536 and 540. Geology, vol. 20, pp. 697-700.

ARCHIBALD, J. D. & CLEMENS, W. A., 1984. Mammal Evolution Near The Cretaceous-Tertiary Boundary. pp. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. 339-367.

BENSON, R. H., 1984a. Perfection, Continuity, and Common Sense in Historical Geology. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 35-72.

BENSON, R. H., 1984b. The Panerozoic "Crisis" As Viewed From The Miocene. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 437-444.

BOERSMA, A. 1984. Campanian Through Paleocene Paleotemperature and Carbon Isotope Secuence and The Cretaceous-Tertiary Boundary In The Atlantic Ocean. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 247-275.

BOHOR, B. F. 1990. Shock-Induced Microdeformations In Quartz And Other Mineralogical Indications of an Impact Event at The Cretaceous-Tertiary Boundary. Tectonophysics, vol.171, pp. 359-372.

BOHOR, B. F., FOORD, E. E., MODESKI, P. J. & TRIPLEHORN, D. M., 1984. Mineralogic Evidence For an Impact Event At The Cretaceous-Tertiary Boundary. *Science*, vol. 224, pp. 867-869.

BOURGEOIS, J., HANSEN, T. A., WIBERG, T. L. & KAUFFMAN, E. G., 1988. A tsunami Deposit at The Cretaceous-Tertiary Boundary in Texas. *Science*, vol. 224, 867-869.

BRAMLETTE, M. N. & MARTINI, E. 1964. The Great Change In Calcareous Nannoplankton Fossils Between The Maestrichtian And Danian. *Micropaleontology*. vol. 10, no. 3. pp. 291-322.

CABRERA, R. & LUGO, J. E. 1984. Estratigrafía-Sedimentología de las Cuencas Terciarias. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, vol. 36, no. 2, pp. 3-55.

COURTILLOT, V. JAEGER, J. J. & FERAUD, G., 1994. The Influence of Large Igneous Provinces on Mass Extinctions: Where Do We Stand?. Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

DONZE, P., MEON, H., ROCCHIA, R., ROBIN, E. & FORGET, L., 1994. Biological Changes at the K/T Stratotype of El Kef (Tunisia). New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

ERWIN, D. H., 1994. The End-Permian Mass Extinction: A Complex Multicausal Extinction. New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

EHRENDORFER, T. & AUBRY, M.-P. 1992. Calcareous Nannoplankton Changes Across The Cretaceous-Paleocene Boundary In The Southern Indian Ocean (Site 750). *Proceedings Of The Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 120. pp. 451-470.

ESHET, Y. MOSHKOVITZ, S., HABIB, D., BENJAMINI, C. & MAGARITZ, M., 1992. Calcareous Nannofossil And Dinoflagellate Stratigraphy at Hor Hahar, Israel. *Marine Micropaleontology*. 18 pp. 199-228.

FISCHER, A. G. 1984. The Two Phanerozoic Supercycles. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed. Berggren & Van Couvering, Princeton University Press. pp. 129-148.

FLORES, J. A., GOROSTIDI, A. & LAMOLDA, M., A., 1990. Implicaciones De La Diagénesis En El Análisis Bioestratigráfico Con Nanoflora De Tres Secciones Maastrichtiense-Daniense De La Region Vascoantábrica. Com. Reunion de Tafonomía y Fosilización, Madrid. pp. 145-150.

GANAPATHY, R & GARTNER, S. 1981. Iridium Anomaly At The Cretaceous-Tertiary Boundary in Texas. *Earth and Planetary Science Letters*. vol.54, pp. 393-396.

GARTNER, S., ALCALA, J. & GROSSMAN, E., 1994. Coccolithophore Extinction at The K/T Boundary: Gradual or Abrupt. *New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference*. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

GARTNER, S. & KEANY, J. 1978. The Terminal Cretaceous event: A geologic Problem With an Oceanographic Solution. *geology*, vol. 6, pp. 708-712.

GOROSTIDI, A. 1993. Nanofósiles Calcáreos y Eventos Del Cretácico Medio-Superior de la Región Vascoantábrica. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Universidad del País Vasco/E.H.U. Inédita. 304 p.

GOROSTIDI, A. & LAMOLDA, M. A. 1991. Variaciones De La Nanoflora Calcárea En El Paso Cretácico-Terciario De Monte Urko (N de España). *Revista Española De Paleontología*. 6 (1). pp. 89-97.

GOULD, S. J., 1984. Toward The Vindication of Punctuational Change. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 9-31.

HABIB, D., MOSHKOVITZ, S. & KRAMER, C., 1992. Dinoflagellate and Calcareous Nannofossil Response to Sea-Level Change In Cretaceous-Tertiary Boundary Sections. *Geology*, v. 20, pp. 165-168.

HAY, W. W., MOHLER, H. P., ROTH, P., SCHMIDT, R. R. & BOUDREAUX, J. E. 1967. Calcareous Nannoplankton Zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean Area, and Transoceanic Correlation. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.* vol. 17, pp. 428-480.

HILDEBRAND, A. 1990. Proximal Cretaceous-Tertiary Boundary Impact Deposits in The Caribbean. *Science*, vol. 248, pp. 843-846.

HILDEBRAND, A. R., PENFIELD, G.T., KRING, D.A., PILKINTON, M., CAMARGO, A., JACOBSEN, S. & BOYTON, W., 1991. Chicxulub Crater: A Possible

Cretaceous/Tertiary Boundary Impact Crater On The Yucatan Peninsula, México. *Geology*, vol. 19, pp. 867-871.

HICKEY, L.J., 1984. Changes In The Angiosper Flora Across The Cretaceous-Tertiary Boundary. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 279-305.

HICKEY, L. J. & WOLFE, J. A., 1975. The Bases of Angiosperperm Phylogeny: Vegetative Morphology. *Missouri Botan. Gerden, Ann. Rept.*, 62: 538-589.

IMBRIE, J., 1981. Extraterrestrial Catastrophic Events in the Earth History. *Science*, vol. 215, p. 340-344.

IZETT, G. A. 1991. Tektites In Cretaceous-Tertiary Boundary Rocks On Haiti And Their Bearing On The Alvarez Impact Extintion Hypothesis: *J. Geophys. Res.*, vol. 96, pp. 20879-20905.

IZETT, G. A., COBBAN, W. A., OBRADIVICH, J. D. & KUNK, M. J., 1993. The Mason Impact Structure Ar39/Ar40 Age and Its Distal Impact Ejecta in the Pierre Shale in Southeastern South Dakota: *Science*, vol. 262, pp. 1-31.

JIANG M. J. & GARTNER, S. 1986. Calcareous Nannofossil Succession Across The Cretaceous-Tertiary Boundary In East-Central Texas. *Micropaleontology*, vol. 32, no. 3, pp. 232-255.

JOHNSON, K. R., 1989. A High Resolution Megafloral Biostratigraphy Spanning the Cretaceous-Tertiary Buoundary in the Great Plains. Unpublished PhD Tesis, Yale University, 556 p.

JOHNSON, K. R. 1992. Leaf-Fossil evidence For Extensive Floral Extintion At The Cretaceous-Tertiary Boundary, North Dakota, USA. *Cretaceous Research*. vol. 13. pp. 91-117.

JOHNSON, K. R. & HICKEY, L. J., 1990. Megafloral Change Across the Cretaceous-Tertiary in the Nothern Great Plains and Rock Mountains, USA. In *Global Catastrophes in Earth History: An Interdisciplinary Conference on Impacts, volcanism, and Mass Mortality* (eds Sharpton, V L. & Ward, P. d.) Geological Society of America Special Paper 247, 433-444.

KAUFFMAN, E. G. 1984. The Fabric of Cretaceous Marine Extintions. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 151-237.

XIII. - BIBLIOGRAFIA

- 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. Num. Extraordinario. pp. 57-71.
- 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., LI, L. & 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. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.
- KRASSILOV, V. A. 1978. Late Cretaceous Angiosperms From Sakhalin and the Terminal Cretaceous Event. Paleontology, vol. 21, pp. 893-905.
- LAMOLDA, M. A. 1988. The Cretaceous-Tertiary Boundary Crisis in the Basque Country. Abstract Global Catastrophes in Earth History: An interdisciplinary Conference on Impact, Volcanism and Mass Extinction. Snowbird, Utah, p. 102-103.
- LAMOLDA, M. A. 1991. The Cretaceous-Tertiary Boundary Crisis at Zumaya (Northern Spain). Micropaleontological Data. A Contribution to Project Global Bioevents. IUCS, UNESCO. pp. 393-399.
- LIU, C. & OLSSON, K. 1994. Patterns of Planctonic Foraminifer Extinction at The End of Cretaceous: Stepwise, Gradual, Foreshadowed/Extended, Latitudinal Controlled, or Instantaneous?. New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.
- LONGORIA, J. F. and GRAJALES, J. M. 1993. Field Trip Guide to Selected K/T Boundary Localities in Tamaulipas and Nuevo Leon, Northeast México. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología A. C. vol. 6, no. 2, p. 73-83.
- LOPEZ-RAMOS, E. 1966. Visita a las Localidades Tipo de las Formaciones 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 Geológico Internacional, Excursión C-16. 94 p.
- LOPEZ-RAMOS, E. 1984. Geología de Mexico. Tomo II 3a Edición. CONACYT. 454 p.

- MACIAS, F. J. 1988. Estratigrafía Detallada Del Límite Cretácico-Terciario En Xicotepec, Puebla; Una Alternativa Al Catastrofismo. Tesis de Licenciatura I.P.N. Inédita. 40 p.
- 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. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.
- MARTINI, E. 1971. Standar Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. En: A. Farinacci (ed.) Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970, 2, pp. 739-785. Edizioni Tecnoscienza.
- MAURRASSE, F. J. & SEN, G., 1991. Impacts Tsunamis and the Haitian Cretaceous-Tertiary Boundary Layer. Science, vol. 252, pp. 1690-1693.
- MEYER, G. & TOUTAIN, J-P. 1992. Un Origen Terrestre Para El Iridio. Mundo Científico. vol. 11, no. 110, pp. 188-189.
- MICHEL, H. V. & ASARO, F. 1984. Elemental Profile of Iridium and Other Elements Near The Cretaceous-Tertiary in Hole577B. Proceedings Of The Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 86, pp. 533-538.
- MONTANARI, A. 1991. Authigenesis of Impact Spheroids in the K/T Boundary Clay Form Italy: New Contraints For High-Resolution Stratigraphy of Terminal Cretaceous Events. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 61, no. 3, pp. 315-339.
- MONTANARI, A., HAY, R.L., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H. V., ALVAREZ, L.W. & SMIT, J., 1983. Spheroids At The Cretaceous-Tertiary Boundary Are Altered Droplets of Basaltic Composition. Geology, vol. 11, pp. 668-671.
- MÖRNER, NILS-AXEL, 1984a. Eustasy, Geoid Changes, And Multiple Geophysical Interaction. pp. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. 395-412.
- MÖRNER, NILS-AXEL, 1984b. Low Sea Levels, Droughts, And Mammalian Extinctions. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 387-392.
- MOSHKOVITZ, S. 1983. Late Cretaceous Calcareous Nannofossils Boistratigraphy of the Mount Scopus Group, Israel. GSI, Current Research, pp. 46-55.

- NEWELL, N. D., 1984. Mass Extinction: Unique or Recurrent Causes. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed. Berggren & Van Couvering, Princeton University Press. pp. 115-126
- OKADA, H. & BUKRY, D. 1980. Supplementary Modification and Introduction of Code Numbers to the Low-Latitude Cocolith Biostratigraphic Zonation. *Marine Micropaleontology*. vol. 5, pp. 321-325.
- PADILLA, A. P., 1996. Estudio Bioestratigráfico de los Foraminíferos Planctónicos del Límite K/T en las Secciones La Lajilla y Coxquiliui, NE de México. Tesis de Maestría. En prensa.
- PENFIELD, G. & CAMARGO, Z. 1981. Definition of a Major Igneous Zone in The Central Yucatan Plateforme With Aeromagnetism and Gravity, *in* Technical Program, Abstracts and biogeographies. Society of Exploration Geophysicists 51st Annual International Meeting. p. 37.
- PERCH-NIELSEN, K. 1973. Neue Cocolithen Aus Dem Maastrichtien Von Dänemark Madagaskar Und Aegypten. *Bull. Geol. Soc. Denmark*. vol. 22, pp. 306-333.
- PERCH-NIELSEN, K. 1969. Die Cocolithen Einiger Dänischer Maastrichtien und Danienlokalitäten. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 19, p. 51-68.
- PERCH-NIELSEN, K. 1979. Calcareous Nannofossil Zonation at the Cretaceous-Tertiary Boundary in Denmark. *Proceedings Cretaceous-Tertiary Boundary Events Symposium*, Copenhagen, 1, pp.120-126.
- PERCH-NIELSEN, K. 1981a. New Maastrichtian And Paleocene Calcareous Nannofossils From Africa, Denmark, The USA And The Atlantic, And Some Paleocene Lineages. *Eclogae Geol. Helv.* vol.74/3. pp. 831-863.
- PERCH-NIELSEN, K. 1981b. Nouvelles Observations Sur Les Nannofossiles Calcaires A La Limite Cretace-Tertiaire Pres De El Kef, Tunisie. *Cahiers De Micropaleontologie*. 3. pp. 25-35.
- PERCH-NIELSEN, K., MCKENZIE, J. & QIZIANG, H., 1982. Biostratigraphy And Isotope Stratigraphy And The "Catastrophic Extinction Of Calcareous Nannoplankton At The Cretaceous-Tertiary Boundary. *Geological Society Of America Special Paper* 190. pp. 353-371.
- POSPICHAL, J. J. 1990a. Maastrichtian Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of Maud Rise ODP Leg 113 689 and 690, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, vol.113. pp. 465-487.

POSPICHAL, J. J. 1990b. Calcareous Nannofossils Across The K/T Boundary, ODP Hole 690c, Maud Rise, Weddel Sea. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol.113. pp. 515-532.

POSPICHAL, J. J. 1991. Calcareous Nannofossil Across Cretaceous-Tertiary Boundary At Ste 752, Eastern Indian Ocean. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 121. pp. 395-413.

POSPICHAL, J. J., 1993. Calcareous Nannoplankton Assemblages Across the K/T Boundary, La Lajilla Section. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontologia, A. C. vol. 6, no. 2, p. 67.

POSPICHAL, J. J., 1994a. Calcareous Nanofossil at the K/T Boundary, El Kef: No Evidence for Stepwise, Gradual or Sequential Extinctions. Geology, v. 22, p. 99-102.

POSPICHAL, J. J., 1994b. Calcareous Nannofossils and the K/T Boundary Crisis: An Update. New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

POSPICHAL, J. J. & BRALOWER, T. J. 1992. Calcareous Nannofossil Across The Cretaceous-Tertiary Boundary, Site 761, Northwest Australian Margin. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 122. pp. 751.

POSPICHAL, J. J. & WISE, S. W. Jr. 1990. Paleocene To Middle Eocene Calcareous Nannofossils Of ODP Sites 689 And 690, Maud Rise, Weddell Sea. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 113. pp. 613-638.

RESIWATI, P. 1991. Upper Cretaceous Calcareous Nannofossils Form Broken Ridge And Ninetyeast Ridge, Indian Ocean. Proceedings Of The Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 121. pp. 141-169.

ROCHIA, R., BOCLET, D., BONTE, P., FORGET, L., GALBRUN, B., JEHANNO, C. & ROBIN, E., 1992. Iridium and Other Element Distributions, Mineralogy, and Magnetostragraphy Near The Cretaceous-Tertiary Boundary in Hole 761C. Proceedings Of The Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 122, pp. 753-762.

RHODES, M. C. & THAYER, C. W. 1991. Mass Extinctions: Ecological Selectivity And Primary Production. Geology. vol. 19, pp. 877-880.

ROMEIN, A. J. 1979. Lineages in Early Paleogene Calcareous Nannoplankton. Utrecht Micropaleontol. Bull. vol. 22, pp. 1-231.

- ROTH, P. H. 1978. Cretaceous Nannoplankton Biostratigraphy and Oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. Initial Rep. Deep Sea Drilling Project Leg 44, pp. 731-759.
- RUSSELL, D. A., 1984. Terminal Cretaceous Extinctions of Large Reptiles. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed. Berggren & Van Couvering, Princeton University Press. pp. 373-380.
- SANCHEZ, M. A. 1989. Foraminíferos Planctónicos Et Nannoplankton Calcaire de Quelques Sites du Cretace Superieur Mexicain Et Sud-Pyreneen. Tesis Doctorado. Strata, serie II, vol. 11, Toulouse, 255 p.
- SANCHEZ, M. A., 1991. Apuntes de Micropaleontología. Inédito.
- SANCHEZ, M. A., PADILLA, P., JIMENEZ, T. & MARTINEZ, R. 1993. El Nanoplankton Calcáreo y los Foraminíferos Planctónicos del Límite K/T de la Sección El Mulato, Estado de Tamaulipas, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología. vol. 6 (2). pp. 43-65.
- SANTIAGO, J., CARRILLO, J. & MARTELL, B., 1984. Evaluación de Formaciones en México. ed. Schulumberger Offshore Services. pp. 1-36.
- SEYFERT, C. K. and SIRKIN, L. A. 1979. Earth History and Plate Tectonic. Harper and Row Publisher 2nd Edition. 504 p.
- SEYVE, C. 1990. Nannofossil Biostratigraphy Of The Cretaceous-Tertiary Boundary In The French Basque Country. Soc. Nat. Elf Aquitaine (production). BCREDP 14. pp. 553-572.
- SIGURDSSON, H., D'HONDT, S., ARTHUR, M.A., BRALOWER, T.J., ZACHOS, J.C., VAN FOSSEN, M. & CHANNELL, J.E.T., 1991. Glass Form The Cretaceous-Tertiary Boundary in Haiti: Nature, vol. 349, pp. 482-487.
- SISSINGH, W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous Calcareous Nannoplankton. Geol. Mijnbou, vol. 56, no. 1, pp. 37-65.
- SMIT, J. & HERTORGEN, J. 1980. An Extraterrestrial Event At The Cretaceous-Tertiary Boundary. Nature. vol. 285, pp. 198-200.
- SMIT, J. & KLAVER, G. 1981. Sanidine Spherules At The Cretaceous-Tertiary Boundary Indicate a Large Impact Event. Nature, vol. 292, pp. 47-49.
- SMIT, J. & ROMEIN, A. J., 1985. A Sequence of Events Across The Cretaceous-Tertiary Boundary. Earth and Planetary Science Letters, vol. 74, pp. 155-170.

SMIT, J., MONTANARI, A., SWIBURNE, N.H., ALVAREZ, W., HILDEBRAND, A., MARGOLIS, S.V., CLAEYS, P., LOWRIE, W. & ASARO, F., 1992. Tektite-Bearing, Deep-Water Clastic Unit At The Cretaceous-Tertiary Boundary In Northeastern México. *Geology*, vol. 20, pp. 33-103.

SMIT, J., ROEP, T., ALVAREZ, W., CLAEYS, P., MONTANARI, A., & GRAJALES, M., 1994. Impact-Tsunami Generated Clastic Beds at the K/T Boundary of the Coastal Plain: A Synthesis of Old and New Outcrops. New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

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, R. & ROBIN, E., 1993. Deposition of Channel Deposits Near The Cretaceous-Tertiary Boundary in Northeast Mexico. Catastrophic or "Normal" Sedimentary Deposits?. *Geology*. vol. 21, pp. 797-800.

SWISHER, C. C. III, GRAJALES-NISHIMURA, J.M., MANTANARI, A., MARGOLIS, S.V., CLAEYS, P., ALVAREZ, W., RENNE, P., CEDILLO-PARDO, E., MAURRASSE, F.J., CURTIS, G.H., SMIT, J. & McWILLIAMS, M.O., 1992. Coeval Ar⁴⁰/Ar³⁹ Ages Of 65.0 Millon Years Ago From Chicxulub Crater Melt Rock And Cretaceous-Tertiary Boundary Tektites. *Science*, vol. 257, pp. 2-6.

THIERSTEIN, H. R. 1980. Selective Dissolution of Late Cretaceous and Earliest Tertiary Calcareous Nannofossils: Experimental Evidence. *Cretaceous Research*, vol. 2, pp. 165-176.

TSCHUDY, R. H. 1984. Palynological Evidence For Change In The Continental Floras At The Cretaceous-Tertiary Boundary. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)".Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 315-333.

TSCHUDY, R. H. & TSCHUDY, B. D. 1986. Extinction and Survival of Plant Life Following the Cretaceous-Tertiary Boundary Event, Western Interior, North America. *Geology* vol. 14, p. 667-670.

VAN-HECK, S. E. & PRINS, B. 1987. A Refined Nannoplankton Zonation For The Danian Of The Central North Sea. *Abh. Geol. B.-A. Band 39*. pp. 285-303.

WARD, P. D. 1994. Dissecting The K/T Extinction: Components and Comparasions With The Permo-Triassic and "Modern" Mass Extintions. New Developments Regarding the K/T Event and Other Catastrophes in Earth History Conference. Lunar and Planetary Institute Houston, Texas. 138 p.

WEBB, S. D., 1984. On Two Kinds Of Faunal Turnover. "Catastrophes and Earth History (The New Uniformitarianism)". Ed. Berggren & Van Couvering, Princenton University Press. pp. 471-434

WEI, W. & POSPICHAL, J. J. 1991. Danian Calcareous Nannofossil Succession At Site 738 In The Southern Indian Ocean. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 119. pp. 495-512.

WISE, S. W. Jr. 1983. Mesozoic and Cenozoic Calcareous Nannofossils Recovered By Deep Sea Drilling Project Leg 71 in the Falkland Plateau Region, Southwest Atlantic Ocean. Initial Reports Deep Sea Drilling Project. 72, pp. 481-550.

WOLFE, J. A. 1990. Paleobotanical Evidence for a Marked Temperature Increase Following the Cretaceous-Tertiary Boundary. Nature, vol. 324, p. 148-151.

WOLFE, J. A. & UPCHURCH, G. R. Jr. 1987a. Leaf Assemblages Across the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Raton Basin, New Mexico and Colorado. Proceedings of the National Academy of Science. vol. 84. pp. 5096-5100.

ZOLLER, W., 1983. Iridium in Igneous Emissions From The Kilauea Volcano. Science, 222, pp. 1118-1121.

XIV.- ILUSTRACIONES

XIV.1- LISTA DE FIGURAS Y CUADROS	Págs.
Figura 1: Plano de localización de las secciones estudiadas.	4
Figura 2: Principales elementos geológicos de la costa del Golfo de Mexico.	6
Figura 3: Columna estratigráfica de la Sección Coxquihui, NE de Veracruz.	10
Figura 4: Columna estratigráfica de la Sección La Lajilla, Ne de Tamaulipas.	13
Figura 5: Técnicas utilizadas para la observación de los Nanofósiles.	16
Figura 6: Diferentes grupos de Nanoplancton Calcáreo.	20
Figura 7: Morfología de una cocósfera y diferentes vistas de un cocolito.	22
Figura 8: Célula viviente de <i>Cyclococcolithus leptoporus</i> presentando sus principales características.	23
Figura 9: Morfología de un placolito y un discolito.	24
Figura 10: Principales características de un cocolito.	24
Figura 11: Reproducción de una célula por bipartición según.	25
Figura 12: Distribución estratigráfica de algunos grupos de nanofósiles.	32

XIV. - ILUSTRACIONES

- Figura 13: Mapa que muestra el diámetro de las anomalías gravimétricas en la península de Yucatan, México. 37
- Figura 14: Mapa que muestra la localización actual del cráter de Chicxulub y sus alrededores. 38
- Figura 15: Diversidad del nanoplancton calcáreo a través del límite K/T en la Sección Coxquihui, NE de Veracruz. 76
- Figura 16: Diversidad del nanoplacton calcáreo a través del límite K/T en la Sección La Lajilla, NE de Tamaulipas. 78
- Figura 17 Abundancia de algunas especies de nanoplancton calcáreo a través del límite K/T en la Sección Coxquihui, Ne de Veracruz. 81
- Figura 18: Abundancia de algunas especies de nanoplancton calcáreo a través del límite K/T en la Sección La Lajilla, NE de Tamaulipas. 83
- Figura 19: Correlación Bioestratigráfica de las Secciones. 87
- Figura 20: Correlación de las Secciones estudiadas. 89
- Figura 21: Transición y remplazamiento de nanofósiles Cretácicos por Terciarios. 91
- Cuadro 1: Comparación de diferentes biozonificaciones del Maastrichtiano. 58
- Cuadro 2: Comparación de diferentes biozonificaciones del Maastrichtiano (continuación). 60

Cuadro 3: Comparación de las diferentes biozonificaciones del Paleoceno Inferior.	63
Cuadro 4: Distribución y abundancia del nanoplancton calcáreo en la Sección Coxquihui, NE de Veracruz.	66
Cuadro 5: Distribución y abundancia del nanoplancton calcáreo en la Sección La Lajilla, NE de Tamaulipas.	69

XIV.2.- LAMINAS

Lámina 1-8: Nanoplancton Calcáreo del Cretácico

Lámina 9-10: Nanoplancton Calcáreo del Terciario

LAMINA I

- 1-2 *Micula murus* BUKRY, 1973 (1: x7500,2: x10000)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.
- 3 *Micula cf. murus* BUKRY, 1973 (x12500)
Sección La Lajilla. Muestra L-10.M.E.B.
- 4-9 *Micula murus* BUKRY, 1973 (x1600)
4 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
5 Sección La Lajilla. Muestra L-30. L.P.
6-8 Sección Coxquihui Muestra Cox -345. L.P.
9 Sección La Lajilla. Muestra Lj-13
- 10-13 *Micula cf. murus* BUKRY, 1973 (x1600, 12: x2000)
10 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
11 Sección Coxquihui. Muestra Cox -40. L.P.
12-13 Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA I



LAMINA II

- 1 *Micula staurophora* STRADNER, 1963 (x8000)
Sección La Lajilla. Muestra L -10. M.E.B.
- 2-4 *Micula staurophora* STRADNER, 1963 (x1600)
2 Sección Coxquihui. Muestra Cox +150. L.P.
3 Sección La Lajilla. Muestra LA -7. L.P.
4 Sección La Lajilla. Muestra L -20. L.P.
- 5-7 *Micula swastica* STRADNER & STEINMETZ, 1984 (x1600)
5 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. L.P.
6-7 Sección Coxquihui. Muestra Cox -60. L.P.
- 8-9 *Quadrum gothicum* DEFLANDRE, 1959 (x1600)
6 Sección Coxquihui. Muestra Cox +180. L.P.
7 Sección La Lajilla. Muestra Lj -12. L.P.
- 10 *Quadrum trifidus* PRINS & PERCH-NIELSEN, 1977 (X1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -A. L.P.
- 11 *Bukryaster hayi* PRINS & SISSINGH, 1977 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -11. L.P.
- 12-13 *Eiffellithus trabeculatus* SMITH, 1981 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra. Cox -A. 10 L.N., 11 L.P.
- 14 *Staurolithes crux* DEFLANDRE, 1954 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra. L -75. L.P.
- 15 *Tranolithus orionatus* PERCH-NIELSEN, 1968 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox +150. L.P.
- 16 *Ahmullerella regularis* REINHARDT, 1971 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra LA -7. L.P.
- 17 *Ahmullerella octoradiata* REINHARDT, 1964 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L -75. L.P.
- 18 *Biscutum blacki* GARTNER, 1968 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Cox +150. L.P.
- 19 *Lithatrinus floralis* STRADNER, 1968 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -90. L.P.

LAMINA II

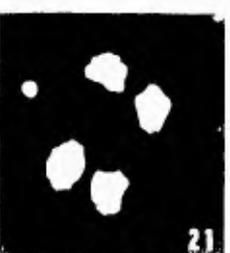


LAMINA III

- 1-5 *Eiffellithus turriseiffelii* REINHARDT, 1965 (1-2 x2000, 3-5 x1600)
1-2 Sección Coxquihui. Muestra Cox +120. 1 L. P., 2 L.N.
3 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
4 Sección Coxquihui. Muestra Cox +120. L.P.
5 Sección La Lajilla. Muestra LA -7. L.P.
- 6-8 *Eiffellithus eximius* PERCH-NIELSEN, 1968 (x1600)
6-7 Sección La Lajilla. Muestra Lj -15. L.P.
8 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. L.P.
- 9-11 *Eiffellithus gorkae* REINHARDT, 1965 (x1600)
9 Sección Coxquihui. Muestra. Cox -5. L.P.
10 Sección La Lajilla. Muestra L -95. L.P.
11 Sección Coxquihui. Muestra Cox -60. L.P.
- 12-15 *Arkhangelskiella cymbiformis* VEKSHINA, 1959 (x1600)
12 Sección Coxquihui. Muestra Cox +210. L.P.
13-14 Sección La Lajilla. Muestra L-95. 13 L.N., 14 L.P.
15 Sección La Lajilla. Muestra Cox -70. L.P.
- 16 *Parhabdolithus embergeri* STRADNER, 1963 (x2000)
Sección La Lajilla. Muestra L -45. L.P.
- 17-19 *Broinsonia enormis* MANIVIT, 1971 (x1600)
17-18 Sección La Lajilla. Muestra L -20. 17 L.N., 18 L.P.
19 Sección La Lajilla. Muestra LA -7. L.P.
- 20 *Broinsonia parca constrictus* HATTNER, 1980(x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj-11. L.P.
- 21 *Broinsonia parca expansa* WISE & WATKINS, 1983 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox +120. L.P.
- 22 *Broinsonia parca cf. expansa* WISE & WATKINS, 1983 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -17 L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA III



LAMINA IV

- 1-2 *Watnaueria barnesae* PERCH-NIELSEN, 1968 (1 x9750, 2 x8750)
Sección La Lajilla. Muestra. L-10. M.E.B.
- 4-5 *Watnaueria barnesae* PERCH-NIELSEN, 1968 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra. Cox -5. 4 L.N., 5 L.P.
- 6-7 *Watznaueria biporta* BUKRY, 1969 (x1600)
6 Sección Coxquihui. Muestra Cox- 345. L:P.
7 Sección La Lajilla. Muestra L-10. L.P.
- 8 *Watznaueria ovata* BUKRY, 1969 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L -10. L.P.
- 9 *Cyclagelosphaera reinhardtii* ROMEIN, 1977 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L -95. L.P.
- 3 *Chiastozygus amphipons* GARTNER, 1968 (x11500)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.
- 10-11 *Chiastozygus amphipons* GARTNER, 1968 (x1600)
10 Sección Coxquihui. Muestra Cox +180. L.P.
11 Sección Coxquihui. Muestra Cox +210. L.P.
- 12 *Chiastozygus litterarius* MANIVIT, 1971 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.
- 13 *Chiastozygus sp.* GARTNER, 1968 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L -40. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA IV

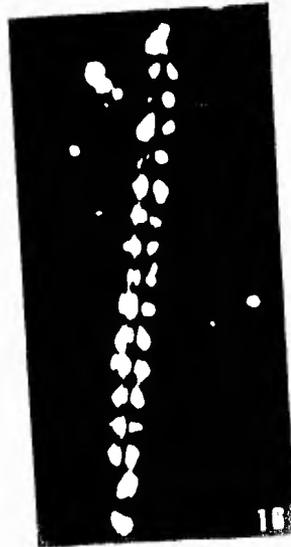


LAMINA V

- 1 *Lithraphidites cf. quadratus* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x10000)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.
- 2-9 *Lithraphidites quadratus* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
2-3 Sección La Lajilla. Muestra LA-7. 2 L.N., 3 L.P.
4-5 Sección La Lajilla. Muestra L-20. 4 L.N., 5 L.P.
6-7 Sección Coxquihui. Muestra Cox -40. 6 L.N., 7 L.P.
8-9 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. 8 L.N., 9 L.P.
- 10-13 *Lithraphidites praequadratus* ROTH, 1978 (x1600)
10-11 Sección La Lajilla. Muestra L -30. 10 L.N., 11 L.P.
12-13 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. 12 L.N., 13 L.P.
- 14-15 *Microrhabdulus decoratus* DEFLANDRE, 1959 (14 x1600, 15 x5500)
14 Sección Coxquihui. Muestra Cox -40. L.P.
15 Sección La Lajilla. Muestra L -10. M.E.B.
- 16 *Microrhabdulus stradneri* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -12. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA IV



LAMINA VI

- 1 *Cribrosphaerella ehrenbergii* DEFLANDRE, 1952 (x11000)
Sección La Lajilla. Muestra L -10. M.E.B.
- 3-6 *Cribrosphaerella ehrenbergii* DEFLANDRE, 1952 (x1600)
3-4 Sección La Lajilla. Muestra LA -7. 2 L.N., 3 L.P.
5-6 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. 4 L.N., 5 L.P.
- 2 *Prediscosphaera cretacea* GARTNER, 1968 (x11000)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.
- 7-10 *Prediscosphaera cretacea* GARTNER, 1968 (x1600)
7-8 Sección Coxquihui. Muestra Cox -100. 7 L.N., 8 L.P.
9-10 Sección La Lajilla. Muestra Lj-12. 9 L. N., 10 L.P.
- 11 *Manivitella pemmatoidea* THIERSTEIN, 1971 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.
- 12 *Kamptnerius magnificus* DEFLANDRE, 1959 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -100. L.P.
- 13 *Prediscosphaera grandis* PERCH-NIELSEN, 1979a (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L -60. L.P.
- 14 *Prediscosphaera spinosa* GARTNER, 1968 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L-95. L.P.
- 15-16 *Cretarhabdus crenulatus* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
15 Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.
16 Sección La Lajilla. Muestra L -10. L.P.
- 17-18 *Cretarhabdus ficulus* STOVER, 1966 (x1600)
17 Sección La Lajilla. Muestra LA -7. L.P.
18 Sección La Lajilla. Muestra L-60. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA VI

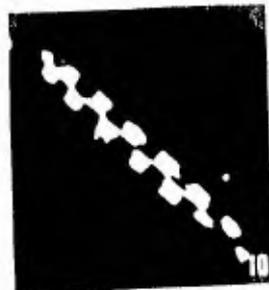


LAMINA VII

- 1 *Micula prinsii* PERCH-NIELSEN, 1979a (x11500)
Sección La Lajilla. Muestra L -10. M.E.B.
- 2-5 *Micula prinsii* PERCH-NIELSEN, 1979a (2 x1600, 3-5 x1600)
2-3 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. L.P.
4 Sección La Lajilla. Muestra L-10. L.P.
5 Sección La Lajilla. Muestra Lj -18. L.P.
- 6-7 *Micula prinsii* PERCH-NIELSEN, 1979a (x1600)
6 Sección La Lajilla. Muestra Lj -19. L.P.
7 Sección Coxquihui. Muestra Cox -100. L.P.
- 8-9 *Lithraphidites carniolensis* DEFLANDRE, 1963 (8: x4100, 9: x1600)
8 Sección La Lajilla. Muestra L -10. M.E.B.
9 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
- 10 *Microrhabdulus decoratus* DEFLANDRE, 1959 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra Cox -100. L.P.
- 11-17 *Ceratolithoides kamptneri* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
1 Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.
12 Sección La Lajilla. Muestra L -75. L.P.
13 Sección Coxquihui. Muestra Cox -60. L.P.
14-15 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. L.P.
16-17 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
- 18 *Ceratolithoides aculeus* PRINS & SISSIGH, 1977 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -12. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA VII



LAMINA VIII

- 1-3 *Zygodiscus bicentricus* STOVER, 1966 (x1600)
1 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
2 Sección Coxquihui. Muestra Cox +150 L.P.
3 Sección L Lajilla. Muestra Lj -15. L.P.
- 4 *Zygodiscus minimus* BUKRY, 1969 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra L-115. L.P.
- 5-8 *Zygodiscus diplogrammus* DEFLANDRE, 1954 (x1600)
5-7 Sección Coxquihui. Muestra Cox -5. L.P.
8 Sección Coxquihui. Muestra Cox -20. L.P.
- 9-12 *Zygodiscus bussoni* NÖEL, 1970 (x1600)
9 Sección Coxquihui. Muestra Cox -345. L.P.
10 Sección Coxquihui. Muestra Cox-60. L.P.
11 Sección Coxquihui. Muestra Cox -90. L.P.
12 Sección La Lajilla. Muestra L-40. L.P.
- 13-16 *Zygodiscus spiralis* BRAMLETTE & MARTINI, 1966 (x1600)
13 Sección Coxquihui. Muestra Cox -90. L.P.
14 Sección Coxquihui. Muestra Cox -70. L.P.
15 Sección Coxquihui. Muestra Cox -345. L.P.
16 Sección Coxquihui. Muestra Cox -40. L.P.
- 17 *Zygodiscus bussoni* NÖEL, 1970 (x10500)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.
- 18 *Zygodiscus bicentricus* STOVER, 1966 (x9500)
Sección La Lajilla. Muestra L-10. M.E.B.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA VIII



10500
1 μm



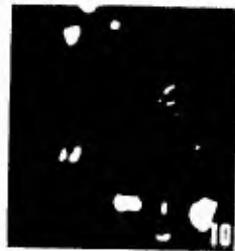
9500
2 μm

LAMINA IX

- 1-7 *Biantholithus sparsus* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
1-2 Sección La Lajilla. Muestra Lj -16. 1 L.P., 2 L.N.
3 Sección La Lajilla. Muestra Lj -14. L.P.
4-5 Sección La Lajilla. Muestra LA -2. 4 L.N., 5 L.N.
6-7 Sección Coxquihui. Muestra Cox +150. 6 L.N., 7 L.P.
- 8-9 *Neobiscutum romeiuii* PERCH-NIELSEN, 1981a (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra 8 LA -CONT, 9 Lj -11- L.P.
- 10-11 *Neobiscutum parvulum* ROMEIN, 1979 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra 10 Lj -17, 11 Lj -16. L.P.
- 12-13 *Neochiastozygus* sp. PERCH-NIELSEN, 1971c (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -15. 12 L.N., 13 L.P.
- 14 *Cruciplacolithus primus* PERCH-NIELSEN, 1977 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -17. L.P.
- 15 *Markalius inversus* BRAMLETTE & MARTINI, 1964 (x1600)
Sección Coxquihui. Muestra. Cox +120. L.P.
- 16-17 *Markalius apertus* PERCH-NIELSEN, 1979a (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra. Lj -17. L.P.
- 18-19 *Placozygus sigmoides* ROMEIN, 1979. (x1600)
18 Sección La Lajilla. Muestra. Lj -15. L.P.
19 Sección Coxquihui. Muestra Cox +150. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA IX



LAMINA X

- 1-2 *Braarudosphaera discula* BRAMLETTE & RIEDEL, 1954 (x1600)
Sección La Lajilla. Muestra Lj -17. 1 L.N., 2 L.P.
- 3-7 *Braarudosphaera bigelowii* DEFLANDRE, 1947 (x1600)
3-5 Sección La Lajilla. Muestra Lj -16. L.P.
6 Sección Coxquihui. Muestra Cox +210. L.P.
7 sección coxquihui. Muestra Cox +180. L.P.
- 8-14 *Thoracosphaera* sp. KAMPTNER, 1927 (x1600)
8-10 Sección Coxquihui. Muestra Cox +210. L.P.
11 Sección La Lajilla. Muestra Lj -15. L.P.
12 Sección La Lajilla. Muestra Lj -13. L.P.
13 Sección La Lajilla. Muestra La CONT. L.P.
14 Sección La Lajilla. Muestra Lj -17. L.P.

L.N. LUZ NATURAL
L.P. LUZ POLARIZADA
M.E.B. MIC. ELEC. DE BARRIDO

LAMINA X

