



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

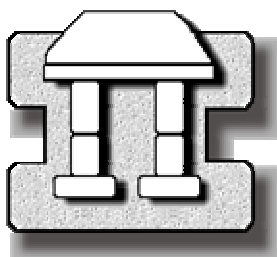
---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**“ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO CON BASE AL  
NANOPLANCTON CALCÁREO EN SEDIMENTOS  
TERCIARIOS DE DOS POZOS DE LA SONDA DE  
CAMPECHE.”**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO PRESENTA**

**ANTONIO REYES VÁZQUEZ**



**Director de Tesis: Dra. Ma. Antonieta Guadalupe Sánchez Ríos.**

**Estado de México**

**Enero 2008**



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.

## **DEDICADA.**

### **A mis padres:**

Roberto Reyes Martínez y Juana Vázquez Cano por todo el amor, apoyo y confianza que me han brindado en el transcurso de mi vida, sin ellos no habría podido realizar este trabajo y no existen palabras con las que pueda manifestarles el amor y agradecimiento que tengo hacia ellos.

### **A mi querida esposa:**

Guadalupe Cristina García Rivera por ser mi compañera y compartir las alegrías, tristezas y preocupaciones de la vida en pareja. Te amo Cris, gracias por darme una hija tan hermosa.

### **A mi amada hija:**

Regina Reyes García por ser un sol en mi vida, alegrar cada momento con tu risa y tus travesuras; además de enseñarme el gran amor y paciencia, así como el gran esfuerzo que hicieron mis padres cuando yo era niño y poder valorarlos aún más. Te amo mi niña.

### **A mis hermanos:**

Roberto, Juan José, Rosa Gabriela, Rocío Aracéli y David por compartir una infancia feliz, llena de juegos, peleas y travesuras. Espero que puedan superarse cada día y obtengan la felicidad que buscan.

### **A mis sobrinos:**

Roberto, Erick Brandon, Brandon, Ulises, Kelly Dayana, Axel Aldebarán, Sahian Anaid e Ian Ramsés por ser unos latosos y ser la continuación de la familia.

**A mi cuñada** Jessica González y **mi cuñado** Israel Espinosa por ser parte de la familia y compartir sus vidas con mis hermanos, apoyarlos, darles alegrías y buenos momentos.

## AGRADECIMIENTOS.

A los Ing. Apolinar Hernández y Marco Flores del Activo Zona Marina Noreste (Pemex) por haberme proporcionado las muestras para realizar este trabajo; así como al M. en C. Adán Oviedo por autorizar la publicación de la información.

A la Dra. Ma. Antonieta Sánchez Ríos por la dirección y apoyo que me brindo para realizar este trabajo.

A la M. en C. Patricia Padilla Avila por brindarme su amistad y apoyarme con sus comentarios y observaciones para mejorar este trabajo; así como en mi formación profesional.

A la M. en C. Mónica Ayala Nieto, al M. en C. Aarón del Valle Reyes y a la Lic. Janett Sánchez Durán por el apoyo y consejos dados durante el tiempo que hemos trabajado juntos.

A mis compañeros de trabajo Cristina Pérez, Bruno Reyna, Daniel García, Alejandra Fuentes, Sra. Yolanda Cabañas y al Sr. Daniel Pérez por hacer que los días en los cubículos y las salidas de comisión fueran más ligeros.

A todos los profesores de la FES Iztacala, que de buena o en ocasiones de mala forma, contribuyeron a mi formación profesional.

A mis sinodales Biol. Arnulfo Reyes M., M. en C. José Mario Miranda H., Biol. Leticia Martínez L. y a la Biol. Ma. del Rosario Fernández B. por aceptar participar en la revisión de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de la facultad Alina Uribe, Balfred García, Daniel Gómez, Eduardo Cortes, Martha Lucas, Alan González, Alejandra Cruz e Ivonne Herrera.

A mis amigos Sergio Ibañez, Angélica Rodríguez, Elvira Serrano, Martha de León, Rogelio Iturralde y todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en mi vida.

## CONTENIDO.

<b>RESUMEN.</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>3</b>
1.1. NANOPLANCTON CALCÁREO.	4
1.2. COCOLITOFÓRIDOS.	5
1.3. DISCOASTÉRIDOS.	10
1.4. NANOLITOS (“INCERTAE SEDIS” FORMAS VARIADAS).	12
1.5. TAXONOMÍA.	14
1.6. BIOESTRATIGRAFÍA.	15
<b>II. ANTECEDENTES.</b>	<b>16</b>
2.1. PRINCIPALES TRABAJOS REALIZADOS A NIVEL MUNDIAL.	16
2.2. PRINCIPALES TRABAJOS REALIZADOS EN MEXICO.	19
2.3. TRABAJOS REALIZADOS ESPECIFICAMENTE EN LA SONDA DE CAMPECHE.	21
<b>III. OBJETIVOS.</b>	<b>22</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL.	22
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES.	22
<b>IV. ÁREA DE ESTUDIO.</b>	<b>23</b>
4.1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	23
4.2. GEOLOGÍA REGIONAL.	23
4.3. LITOLOGÍA DE LOS POZOS TUNICH-1 E IXTAL-101.	28
<b>V. TÉCNICAS DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA.</b>	<b>30</b>
5.1. TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE FROTIS DE NANOPLANCTON CALCÁREO.	30
5.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.	30
5.3. ESTUDIO MICROPALAEONTOLÓGICO.	32
5.4. ANÁLISIS DE DATOS	32

<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>	<b>33</b>
6.1. DESCRIPCIONE TAXONÓMICA.	<b>33</b>
6.2. BIOZONAS DE NANOPLANCTON CALCÁREO.	<b>71</b>
6.3. EDADES ESTABLECIDAS EN LOS POZOS TUNICH-1 E IXTAL-101.	<b>88</b>
6.4. ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD.	<b>98</b>
6.5. CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA.	<b>100</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.</b>	<b>103</b>
<b>VIII. ANEXO.</b>	<b>105</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>108</b>
<b>ATLAS FOTOGRÁFICO.</b>	<b>113</b>
<b>CUADROS.</b>	<b>146</b>

## RESUMEN.

Se realizó el estudio bioestratigráfico, empleando al nanoplancton calcáreo como principal grupo fósil en muestras de canal de los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101** localizados en la Sonda de Campeche, con el fin de establecer una correlación.

En los sedimentos del Pozo **Tunich-1** (3300-325m.) se determinó una edad de Paleoceno Tardío a Pleistoceno Temprano, encontrándose 225 especies distribuidas dentro de la columna en 19 biozonas: Biozona de *Discoaster multiradiatus* (NP9), Biozona de *Discoaster sublodoensis* (NP14), Biozona de *Nannotetrina fulgens* (NP15), Biozona de *Chiasmolithus oamaruensis* (NP18), Biozona de *Sphenolithus predistentus* (NP23), Biozona de *Sphenolithus distentus* (NP24), Biozona de *Sphenolithus ciperoensis* (NP25), Biozona de *Triquetrorhabdulus carinatus* (NN1), Biozona de *Helicosphaera ampliaperta* (NN4), Biozona de *Sphenolithus heteromorphus* (NN5), Biozona de *Discoaster kugleri* (NN7), Biozona de *Discoaster hamatus* (NN9), Biozona de *Discoaster quinqueramus* (NN11), Biozona de *Amaurolithus tricorniculatus* (NN12), Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (NN15), Biozona de *Discoaster surculus* (NN16), Biozona de *Discoaster pentaradiatus* (NN17), Biozona de *Discoaster brouweri* (NN18) y Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19). Los fósiles son abundantes principalmente en el Mioceno y Oligoceno, y están bien conservados.

En los sedimentos del Pozo **Ixtal-101** (3850-655m) se determinó una edad de Plioceno Temprano a Pleistoceno Temprano, se encontraron un total de 41 especies distribuidas en 3 biozonas: Biozona de *Discoaster asymmetricus* (NN14), Biozona de *Discoaster surculus* (NN16) y Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19). Los fósiles en la mayor parte del pozo son escasos y bien conservados a excepción de los discoastérido que se presentan mal conservados.

Los sedimentos del Pozo **Tunich-1** abarcan casi toda la columna del Terciario y parte del Cuaternario; los del Pozo **Ixtal-101** sólo la parte superior del Terciario y parte del

Cuaternario; por lo tanto, solamente se correlacionó la parte que corresponde al Plioceno y Pleistoceno; con dos biozonas: la Biozona de *Discoaster surculus* (NN16) y la Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19).



## I. INTRODUCCIÓN.

La bioestratigrafía es una herramienta fundamental dentro de la exploración petrolera, por lo que es necesario ampliar y actualizar el conocimiento bioestratigráfico de las cuencas petroleras de México. Las investigaciones estratigráficas sobre el Terciario en México se han incrementado, gracias al interés económico que ha originado el descubrimiento de importantes reservas de petróleo y gas, así como, por la necesidad de incrementar las reservas petroleras en varias regiones del país. Los trabajos bioestratigráficos, en particular, tienen una gran trascendencia al resolver problemas estratigráficos en las diferentes cuencas terciarias que existen en México (Burgos, Tampico - Misantla, Veracruz, Macuspana, Salina del Istmo, Comalcalco, Zona Marina y recientemente la Cuenca del Golfo profundo).

La bioestratigrafía tiene un gran historial, no obstante, es a partir de los años 20's que esta especialidad se ha venido aplicando en las investigaciones dirigidas hacia la búsqueda de hidrocarburos. La atención mayor ha sido enfocada en los foraminíferos, y recientemente en el nanoplancton calcáreo (Lord, 1982).

Durante mucho tiempo el uso de los Foraminíferos como principal grupo indicador de edades y ambientes, está registrado en un gran número de trabajos realizados en toda la República Mexicana, teniendo como fin principal el interés petrolero. En ocasiones estos microfósiles tienen una sedimentación rápida, un alcance estratigráfico amplio o son muy escasos en los sedimentos, principalmente en los sedimentos del Neógeno, por lo que no es posible definir los límites, fundamentalmente, de los pisos superiores de este periodo (Plioceno - Pleistoceno). Consecuentemente el estudio del nanoplancton es de gran utilidad.

En los últimos años, dentro de la investigación bioestratigráfica el estudio del nanoplancton calcáreo ha cobrado una gran relevancia a nivel mundial. La gran

cantidad de organismos, extensa distribución geográfica, así como los cambios evolutivos rápidos de estos nanofósiles, han contribuido a la amplia aceptación de este grupo como un buen indicador, principalmente de edades relativas y en menor escala de paleoambientes.

El nanoplancton calcáreo pertenece a las algas calcáreas marinas, incluidas en el grupo de las haptophytas, y se ha encontrado en sedimentos desde el Triásico hasta el Reciente; por lo que mantiene un registro fósil de alta aceptación en la resolución de problemas bioestratigráficos. Este grupo muestra un enorme potencial bioestratigráfico y un gran interés económico-petrolero.

En México el estudio del nanoplancton calcáreo es reducido y se cuenta con pocos estudios realizados en comparación con otras partes del mundo. Los estudios son realizados principalmente en el Instituto Mexicano del Petróleo, donde se realiza una integración de varios grupos de microfósiles (Bioestratigrafía de Alta Resolución); algunos otros trabajos se realizan en PEMEX, la UNAM y el CICESE.

## **1.1. NANOPLANCTON CALCÁREO.**

### **GENERALIDADES.**

El nanoplancton calcáreo corresponde a partículas diminutas pertenecientes a las algas protistas que aparecen en el Triásico Tardío, y cuyos descendientes vivientes son muy abundantes en la superficie del agua de los océanos hoy en día (Lipps, 1993), estos microorganismos pertenecientes a la División Haptophyta son la fuente principal de alimento para los organismos planctónicos. Además, debido a su tamaño (1-40 $\mu$ ) permiten determinar edades aún con una cantidad de muestra muy pequeña.

Los nanofósiles calcáreos tienen una amplia distribución geográfica y su evolución es muy rápida, por lo que son microfósiles indicadores de edades. Esto nos permite emitir apreciaciones globales de los cambios climáticos ocurridos en el pasado, por estar constituidos de carbonato de calcio y ser la principal fuente de sedimentos calcáreos en el fondo marino. De acuerdo con Sánchez (1990) y Hernández (2003) se encuentran principalmente formando parte de las lutitas, margas, calizas margosas (fossilíferas) y las cretas. Estas rocas de grano fino y otros sedimentos son donde normalmente se acumulan los nanofósiles en medio ambientes de depósito nerítico y de mar abierto.

Los grupos de nanofósiles calcáreos varían a través del tiempo, debido a la aparición (primer registro de aparición) y extinción (último registro de aparición) evolutiva de las taxa, y a los cambios climáticos, los cuales causan la migración y fluctuaciones en la abundancia de los taxa en diferentes provincias biogeográficas. Tales cambios en la flora, cuando distintos y correlacionables, pueden servir como eventos bioestratigráficos (Riό, *et al*, 1990).

Muchas rocas contienen objetos calcáreos de tamaño similar y de diversas formas que son encontrados junto con los cocolitos. Estas placas no circulares o elípticas son frecuentemente llamadas nanolitos para distinguirlas de los cocolitos (Lipps, 1993).

Para facilitar el estudio del nanoplancton calcáreo se ha dividido en tres grupos principales: cocolitofóridos, discoastéridos y formas variadas "incertae sedis". Esto debido a su forma, origen y cristalografía.

## **1.2. COCOLITOFÓRIDOS.**

El nanoplancton calcáreo viviente está asignado a la Clase Coccolithophyceae, y se refiere a él como cocolitofóridos. Los cocolitofóridos están cubiertos por cocolitos

circulares o elípticos. Los cocolitos son diminutas placas de calcita que la célula produce en el aparato de Golgi y excreta hacia el exterior de la célula.

## BIOLOGÍA.

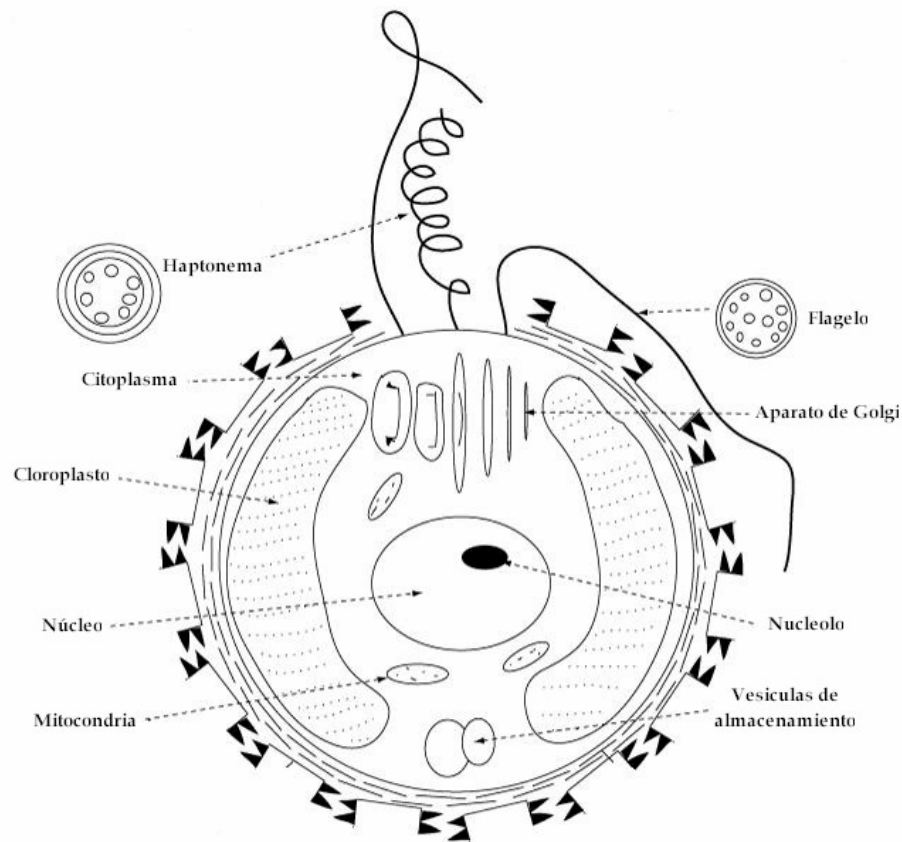
Los cocolitofóridos tienen dos fases distintas en su ciclo de vida: una fase móvil libre nadadora, y otra fase no móvil, flotadora. Durante un estadio del ciclo de vida, el nanoplancton calcáreo secreta una delgada placa de calcita llamada cocolito. Los cocolitos se acoplan para formar un esqueleto esférico externo, la cocosfera, la cual rodea a la célula viviente.

Internamente la célula tiene un núcleo entre dos cloroplastos de color dorado. También en la célula están mitocondrias, vacuolas y el aparato de Golgi o “dictyosoma” en donde son producidas tanto las escamas como los cocolitos. La célula está limitada por una membrana celular, también conocida como el plasmalema o membrana plasmática.

Los flagelos sobresalen a través de esta membrana y tienen una compleja estructura de raíz. Los dos flagelos son de igual longitud y lisos. En adición, existe una tercera estructura parecida a un flagelo llamada el haptonema. Éste tiene una única estructura constituida de pocos, microtúbulos, generalmente siete, en contraste a la estructura microtubular universalmente presente en los flagelos 9+2 (Bown, 1999). Los cuales consisten en dos microtúbulos centrales rodeados por nueve microtúbulos (Figura A).

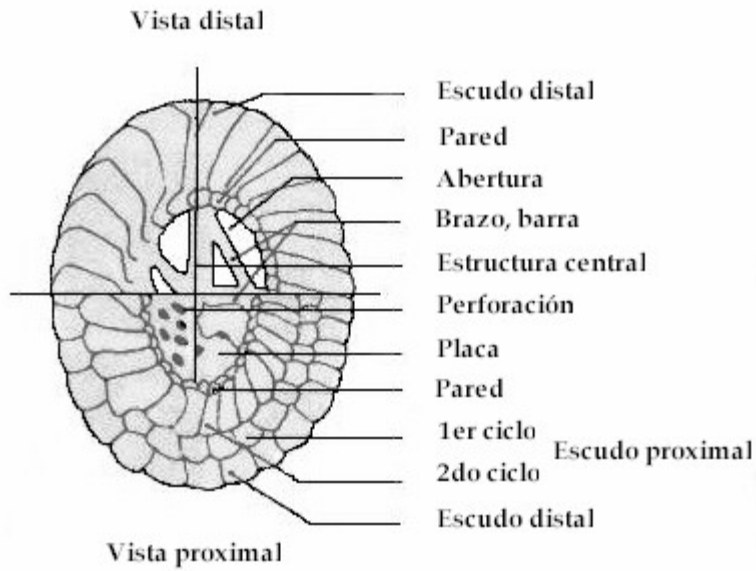
El protoplasma de la célula esta envuelto por una doble membrana que a su vez esta rodeada por una piel orgánica, el pellicle (Lipps, 1993). La membrana exterior de la pared celular esta compuesta de una capa interna de cuerpos de escamas orgánicos y una capa exterior de cocolitos (Figura A).

Las escamas y los cocolitos son estructuras producidas por el aparato de Golgi que están relacionadas entre si, ya que las escamas actúan como base para la formación del cocolito.



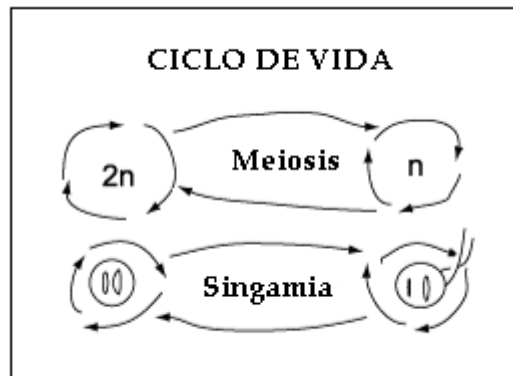
**Figura A.- Estructura interna de una célula de cocolitofórido (modificado de Bown, 1999)**

Los cocolitos (figura B), grupo incluido dentro del nanoplancton calcáreo son extraordinariamente abundantes en los sedimentos del piso marino, por encima de la profundidad de compensación de calcita. Como un resultado, las algas haptofitas tienen uno de los más abundantes registros fósiles que cualquier otro phylum y, además, este registro es continuo desde su primera aparición en el Triásico Tardío hasta la actualidad (Bown, 1999).



**Figura B.- Terminología de los coccolitos (modificado de Perch-Nielsen, 1985)**

Dos especies han sido estudiadas a detalle durante su ciclo de vida: *Coccolithus pelagicus* y *Emiliana huxleyi*. En la mayoría de los casos la célula pasa por una simple o doble fisión, generalmente se presenta una alternancia de generaciones donde se observa una etapa móvil y una inmóvil (figura C).



**Figura C.- Ciclo de vida de los Coccolitofóridos (modificado de Bown,1999).**

## MORFOLOGÍA.

Los cocolitos se dividen en dos grandes grupos: Heterococolitos y Holococolitos. Los heterococolitos están contruidos de cristales de diferente tamaño y forma, mientras que los cristales que forman al holococolito son esencialmente idénticos en forma y tamaño y son considerablemente más pequeños que los cristales formados por los heterococolitos.

Los holococolitos son mucho menos comunes que los heterococolitos, tanto entre los cocolitofóridos vivientes como en el registro fósil. Probablemente su construcción permite que se desintegren más rápido y que los heterococolitos sean más resistentes debido a que son más robustos.

Además de los grupos antes mencionados existe otro de gran importancia, los nanolitos, los cuales son un grupo muy heterogéneo con una gran variedad de formas y cuya relación con los cocolitofóridos es incierta.

Estos grupos de acuerdo al arreglo de los cristales de calcita, pueden presentar birrefringencia entre nicoles cruzados en un microscopio de polarización. De modo que, gracias a esta diferencia de los ejes ópticos, resulta una gran variedad de diseños de extinción óptica. Los cristales se dividen en tres categorías dependiendo del ángulo del eje c de la calcita:

*Unidad V*: Unidades de cristal con una orientación sub-vertical del eje c. (Young y Bown 1991)

*Unidad R*: Unidades de cristal con una orientación subradial del eje c, concerniente a su punto de origen (nucleación) en el anillo del protococolito. (Young y Bown 1991)

*Unidad T*: Unidades de cristal con una orientación sub-tangencial del eje c (e.g. Braarudosphaeraceae, Polycyclolithaceae). (Young et al, 1997)

### 1.3. DISCOASTÉRIDOS.

Los discoastéridos son un grupo de nanofósiles calcáreos de origen desconocido, tienen forma de estrella o roseta y están asociados a los coccolitofóridos durante el Terciario.

Estos nanofósiles son de gran importancia como fósiles índice para establecer las biozonas del Terciario; aparecen en el Paleoceno Tardío y su extinción marca el límite Plio-Pleistoceno; teniendo su máxima diversidad durante el Mioceno.

Su biología es desconocida, debido a que no se encuentran representantes vivientes de este grupo. Pero se cree que por su forma cóncavo-convexa tienen una función parecida a los cocolitos.

#### MORFOLOGÍA.

Los discoastéridos presentan tres partes principales (Figura D):

- a) Radios o Brazos: se debe tener en cuenta la dimensión, superficie y la forma.
  - ❖ Dimensión: no existe diferencia en el grosor; en cuanto a la longitud pueden ser normales, largos o cortos, según sea la longitud mayor o menor que el diámetro del área central, respectivamente.
  - ❖ Superficie: lisa o rugosa, con nodos o con crestas.
  - ❖ Forma: cilíndrica, cónica o plana, extremos sencillos o bifurcados, con bifurcación sencilla o compleja.
  
- b) Área central: se toma en cuenta el tamaño relativo.
  - ❖ Superficie: lisa o rugosa, con o sin suturas, costillas o botón central.
  
- c) Área interradial:



- ❖ Forma: angular, circular u ojival.

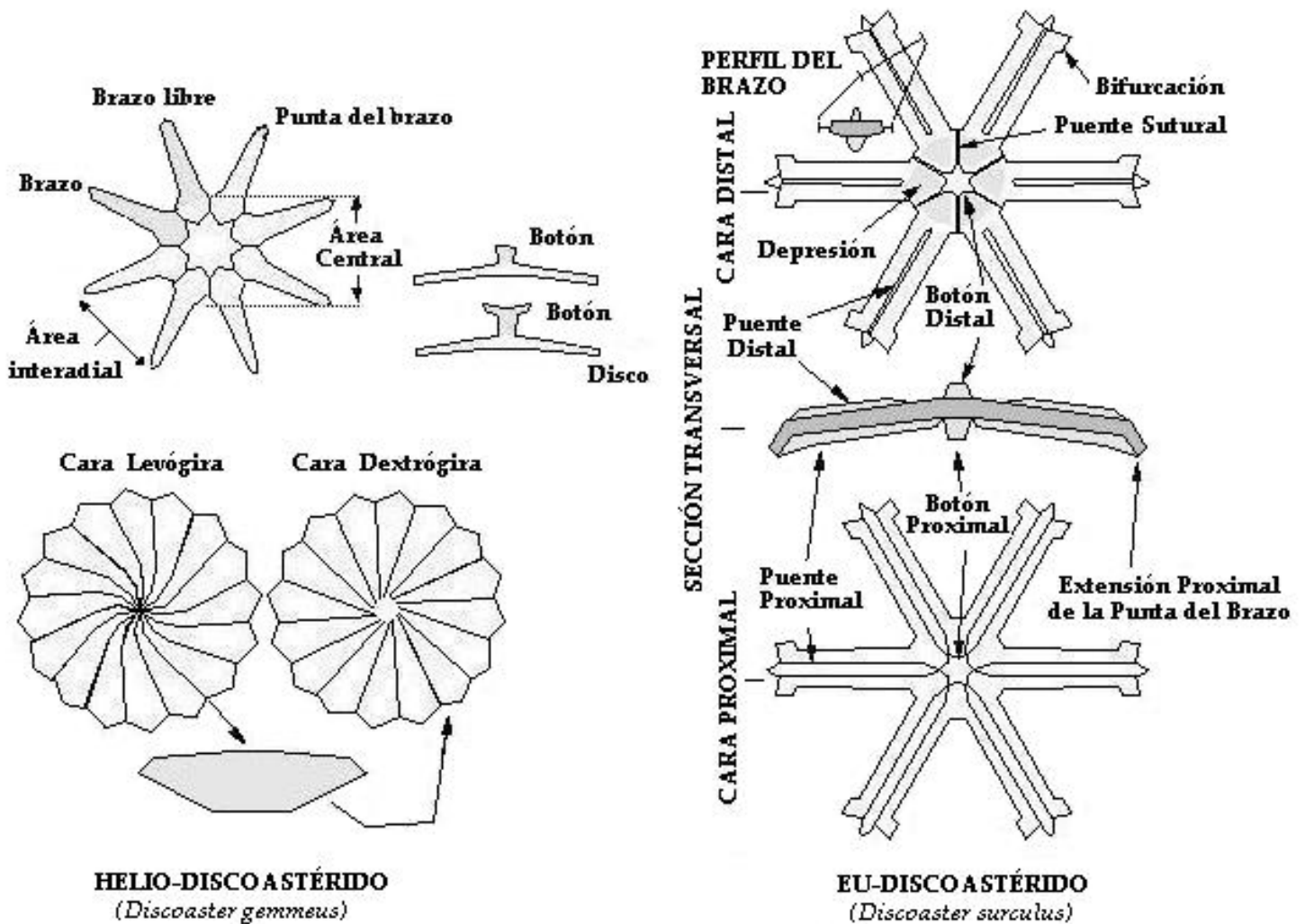


Figura D.- Esquema representativo de las principales estructuras de un Discoastérido (modificado Young, et. al. 1997 en la página de la INA).

Theodoris en 1983, sugiere dividir el género *Discoaster* en dos géneros *Eu-discoaster* y *Helio-discoaster*, esta propuesta no prosperó y se mantiene el género *Discoaster*. Actualmente se utiliza de manera informal el término *Eu-discoaster* para los típicos discoastéridos del Neógeno, que tiene una forma de estrella y una superficie de contacto plana entre sus elementos y *Helio-discoaster* para los típicos discoastéridos del Paleógeno que tiene una forma de roseta y cuya superficie de contacto es curva.

Los discoastéridos muestran una tendencia evolutiva a la disminución de tamaño y simplificación del organismo (Sánchez, *et al* 2003), lo que se observa por la pérdida de brazos, su adelgazamiento y la reducción de tamaño.

#### **1.4. NANOLITOS ("INCERTAE SEDIS" FORMAS VARIADAS).**

La definición más común es nanofósiles calcáreos de afinidad incierta. Se incluyen todas las formas que carecen de un borde distintivo y que presentan un proceso de biocalcificación distinto a los cocolitos por lo que no se pueden relacionar directamente con ellos (*Nannoconus*, *Sphenolithus*, *Ceratolithus*, *Triquetrorhabdulus*, etc.) (Figura E). Sin embargo comparten características morfológicas y orientación cristalográfica con los heterococolitos. Además su patrón de distribución sugiere un origen planctónico.

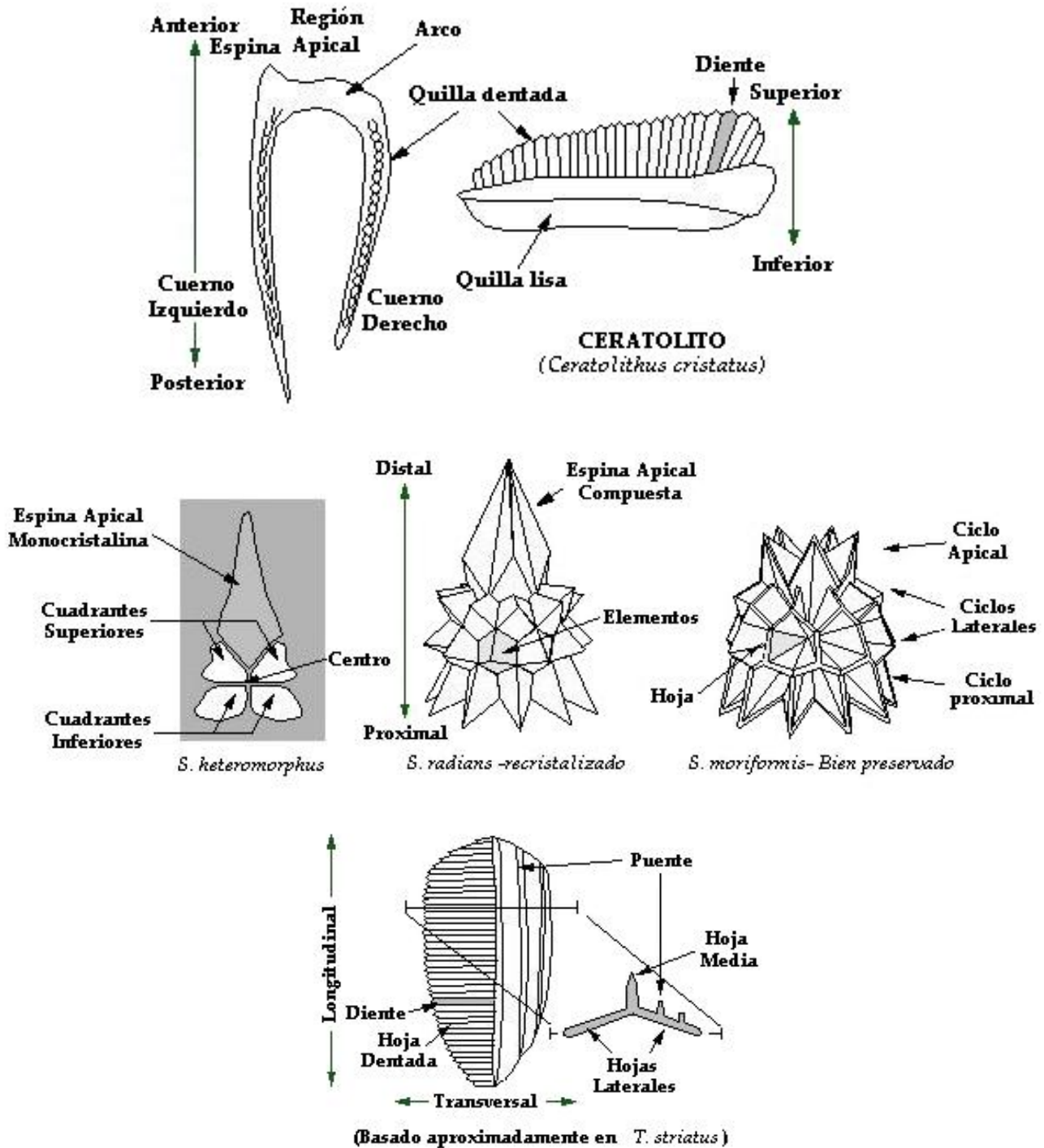


Figura E.- Esquema representativo de algunos Nanolitos. (modificado Young, et. al. 1997 en la página de la INA).

## 1.5. TAXONOMIA.

El nanoplancton calcáreo está mejor clasificado bajo el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, que bajo el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, ya que el código botánico provee dos conceptos taxonómicos - el órgano género y la forma género - el órgano género reconoce taxa que no pueden ser asignadas a una familia, mientras que la forma género no puede ser asignada a una familia porque sus relaciones biológicas son desconocidas. El concepto forma-género es muy utilizado para clasificar nanofósiles, como la cocsfera original generalmente desintegrada después de su muerte o reproducción, dejando un registro fósil de un cocolito individual disperso (Lipps, 1993).

Para realizar la taxonomía del nanoplancton calcáreo se utilizo la clasificación de Young & Bown (1997) que aparece en la página de la Asociación Internacional Nanoplancton (INA), con algunas modificaciones propuestas por Perch-Nielsen (1985).

Originalmente los cocolitofóridos fueron considerados dentro de la Clase Haptophyceae en la división Chrysophyta. Recientemente la Haptophyta ha sido elevada al rango de división (Lipps, 1993).

Reino: **Protista** (Haeckel, 1866)

División: **Haptophyta** (Hibberd 1972)

Sinónimia Prymnesiophyta (Hibberd, 1976)

Clase **Coccolithophyceae** (Rothmaler 1951)

Sinonimia: Coccolithophorales (Lemmermann 1903), Coccolithophoridae (Fritsch 1935), Coccolithophorides (Stradner 1958), Coccolithophoriinae (Vekshina 1959), Coccolithophorineae (Word 1965), Prymnesiophyceae (Hibberd 1976).

## 1.6. BIOESTRATIGRAFÍA.

Los estudios bioestratigráficos de nanoplancton calcáreo se han incrementado exponencialmente en los últimos 25 años, siendo estos actualmente, los microfósiles más importantes utilizados en investigaciones bioestratigráficas del Mesozoico y Cenozoico (Lipps 1993). Estos han probado ser extremadamente útiles para determinar la edad de los sedimentos marinos del Jurásico al Pleistoceno.

Con base a este grupo de nanofósiles se han establecido varios esquemas de biozonificación. En 1954, Bramlette y Riedel por primera vez propusieron que el nanoplancton podría ser utilizado para zonificaciones bioestratigráficas para el Jurásico, Cretácico, y Cenozoico (Lipps, 1993). Una de las biozonificaciones del Terciario más utilizadas actualmente es la de Martini 1971, a la cual se le han realizado varias modificaciones por Gartner (1977), Martini y Müller (1986), y Bukry (1973, 1975). Asimismo, Okada y Bukry (1980) han modificado y propuesto biozonas para el mar abierto, dando buenos resultados donde algunas especies marcadoras utilizados por Martini (1971) no están presentes.

Los estratos del Cenozoico han sido subdivididos en 46 biozonas por Martín & Worsley (1970) y Martini (1971). Martini utiliza las abreviaturas NP y NN (Nanoplancton del Paleógeno y Nanoplancton del Neógeno) respectivamente y un número para codificar las biozonas (Perch-Nielsen, 1985) (ver Anexo).

## II. ANTECEDENTES.

A continuación se describen los principales estudios sobre nanoplancton calcáreo realizados a nivel mundial y en México; así como algunos estudios micropaleontológicos que se han realizado en la Sonda de Campeche.

### 2.1.- PRINCIPALES TRABAJOS REALIZADOS A NIVEL MUNDIAL.

En 1836, C.G. Ehrenberg descubre por primera vez unos pequeños corpúsculos ovoides en la isla de Rugen del Mar Báltico. En 1854, este autor publica en su obra célebre "Mikrogeologie" en Leipzig los primeros dibujos sobre estas estructuras y las llama "morfolitos" o "gránulos elípticos aplanados", considerándolos de naturaleza mineral.

El análisis propiamente científico de los cocolitofóridos data de principios de siglo pasado, en los 1920s y 1930s; y son Kamptner (1928) en Austria, Deflandre (1934) en Francia, y T. Braarud y sus colegas en Noruega, quienes describen muchas especies vivientes y fósiles. Mientras que Bramlette y Riedel (1954) en América demostraron por primera vez la utilidad del nanoplancton calcáreo como indicador bioestratigráfico. Es a partir de entonces que los cocolitofóridos fósiles suscitan un gran interés que no cesa de crecer.

A partir de los años 50's, se realizan una serie de trabajos en los cuales las investigaciones del nanoplancton se efectúan con la utilización paralela del microscopio petrográfico y del microscopio electrónico.

En 1952 Deflandre, publica un interesante trabajo en el que recopila todo lo que hasta entonces se conocía sobre los cocolitofóridos. Noël D. en 1960, entre otros trabajos efectúa una valiosa clasificación de los nanofósiles del Mesozoico (Jurásico y Cretácico).

Los estudios que realizaron Bramlette y Wilcoxon (1967), Hay et al. (1967), Boudreaux y Hay (1969) y Gartner (1968) fueron decisivos en el desarrollo y uso en estratigrafía de los nanofósiles calcáreos. Gartner S., establece la sistemática y describe 37 nuevas especies y 5 nuevos géneros del Cretácico Superior de Texas y de Arkansas en Estados Unidos.

Debido al gran número de trabajos que se realizaban surgió la necesidad de integrar los nuevos descubrimientos. Entre 1966 a 1973 Loeblich & Tappan realizan un trabajo en el que reúnen en un índice todas las especies y variedades descritas hasta ese momento. Posteriormente Farinacci E. en 1969-1983, elabora un catálogo sobre el nanoplancton calcáreo el cuál consta de 12 volúmenes, donde describe la taxonomía de nanoplancton calcáreo del Mesozoico y Cenozoico. Posteriormente en 1970, propone la terminología adecuada para la descripción de las especies y las normas para la designación de las mismas.

Después que Bramlette y Riedel propusieron que nanoplancton calcareo podía ser usado para zonaciones bioestratigráficas surgieron varias zonaciones para el Jurásico, Cretácico y Cenozoico. En 1971 Martini E., establece una zonificación estandar para el nanoplancton calcáreo del Terciario y Cuaternario; hasta ahora esta zonificación es una de las más empleadas en los estudios de nanoplancton calcáreo.

Okada & Bukry en 1980, proponen una zonación para mar abierto donde obtienen muy buenos resultado, debido a que los marcadores empleados por Martini, no son encontrados en este tipo de muestras. Ellos proponen un codigo utilizando las letras CP (Cocolitos del Paleógeno) y CN (Cocolito del Neógeno), además de un número para las biozonas.

Lord A. R. (1982), realiza una síntesis sobre las técnicas de estudio, sistemática, bioestratigrafía y tendencias evolutivas del nanoplancton calcáreo del Mesozoico y Cenozoico de la Gran Bretaña.

Perch-Nielsen *in* Bolli *et al.* (1985), presenta una revisión sobre la sistemática, la bioestratigrafía, la paleoecología y las tendencias evolutivas del nanoplancton calcáreo del Mesozoico y del Cenozoico. En este trabajo se observan tablas con los alcances bioestratigráfico de los diferentes grupos de nanofósiles, lo que facilita el establecimiento de los límites de las edades.

En 1984 Aubry M-P., inicia la elaboración del catálogo sobre los nanofósiles del Cenozoico, los cuales constan de 9 volúmenes, de estos sólo 5 están impresos hasta el momento quedando 4 de ellos por realizar. En estos catálogos se muestra descripciones taxonómicas, alcances de los fósiles (Edad) y fotografías o ilustraciones de los mismos, por lo que son de gran ayuda en identificación de nanofósiles.

Debido a la necesidad de integrar los datos estratigráficos, Berggren *et al.* en 1995, realizan una correlación a nivel global de la escala de tiempo del Cenozoico, con base a las diferentes categorías estratigráficas (geocronológicas, cronoestratigráficas, bioestratigráficas, etc.); en la cual utiliza a los foraminíferos y al nanoplancton calcáreo.

Hardenbol J. *et al.* en 1998 publican una tabla cronoestratigráfica del Cenozoico de cuencas Europeas, donde correlacionan bioestratigrafía (biozonas de nanoplancton calcáreo y foraminíferos planctónicos), magnetoestratigrafía, cronoestratigrafía y estratigrafía con isótopos. En esta tabla se observan discrepancias entre las edades de algunos nanofósiles con respecto a lo encontrado en Perch-Nielsen (1985).

En 1999 Bown P. *et al.* publica un libro en el cual se describen las generalidades, técnicas de estudio y la bioestratigrafía del nanoplancton del Triásico al Pleistoceno. En él muestran un gran número de láminas fotográficas que ayudan a una mejor identificación de los nanofósiles. Para este trabajo se propuso un nuevo esquema de zonación para el Paleógeno del Mar del Norte, con 36 biozonas y 38 subzonas.



## 2.2.- PRINCIPALES TRABAJOS REALIZADOS EN MEXICO.

En México son escasos los trabajos que se han realizado con este grupo de fósiles; la mayor parte de las investigaciones se realizan en el Instituto Mexicano del Petróleo en el área de Exploración y Producción; algunos en la Universidad Nacional Autónoma de México, Petróleos Mexicanos y el CICESE en Baja California.

En 1960 Trejo M., propone la sistemática y la distribución estratigráfica para las diferentes especies del género *Nannoconus* un nanofósil del Jurásico - Cretácico; y en 1969 describe a *Conusphaera mexicana* un nuevo coccolitofórido del Jurásico Superior de México.

Posteriormente Stradner & Papp en 1961, efectúan un trabajo sobre los discoastéridos observados en sedimentos de diferentes formaciones del Terciario en México. En años siguientes Akers (1965, 1973, 1979 y 1981), analiza sedimentos del Neógeno del SE de México en base al nanoplancton y los foraminíferos planctónicos.

VIÑAS en 1979, realizó en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) un estudio técnico con nanofósiles calcáreos de la Sección Nicapa en el Área Huimanguillo, Chiapas; en el cual asigna una edad del Eoceno Inferior hasta el Mioceno Inferior. En 1982 estudia en la parte septentrional del Golfo de California el Pozo Extremeño-301, asignando a los sedimentos una edad de Pleistoceno. Finalmente en 1985 colabora en un estudio de los pozos Río Colorado-1 y Tebari-1 ubicados en la Cuenca de Altar, Sonora, determinando Pleistoceno.

Como se puede ver los trabajos realizados hasta el momento eran muy escasos. 1989 Sánchez R., realiza un estudio sistemático y bioestratigráfico con nanoplancton calcáreo y foraminíferos planctónicos del Cretácico Superior en secciones de México y España,

resaltando la importancia de la integración de resultados obtenidos con los dos grupos de fósiles.

Es a partir de 1990 y años consecutivos, cuando Sánchez R. inicia en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) el estudio de secciones y pozos con base a nanoplancton calcáreo en varios proyectos del IMP, principalmente en las Cuencas Terciarias de México, aportando conocimiento en taxonómica y bioestratigráfica del nanoplancton calcáreo.

En 1993 Sánchez R. y otros especialistas empiezan a trabajar nanoplancton calcáreo y foraminíferos, desafortunadamente no se realizaba una adecuada integración de los datos obtenidos. De esta manera se estudiaron la Sección Nicapa y Láminas Uno en la Sierra de Chiapas, reportando Oligoceno-Mioceno Inferior; el límite Cretácico-Terciario en la sección El Mulato, Tamaulipas México.

Sin embargo los trabajos empujando solamente al nanoplancton calcáreo continuaron y en 1993 Pospishal J., estudia el Límite K/T de la Sección La Lajilla en Tamaulipas, México; en 1994 Sánchez R. estudia los sedimentos del Neógeno del Pozo Neptuno 1A de la Cuenca Tampico-Misantla. En 1996 Ruiz H. elabora un estudio sobre el límite Cretácico-Terciario en las secciones La Lajilla (Tamaulipas) y Coxquihui (Veracruz) del noreste de México analizando la abundancia y diversidad del Nanoplancton Calcáreo. En 1998 Sánchez R., realiza un estudio bioestratigráfico muy detallado del nanoplancton calcáreo de pozos de la Cuenca de Veracruz, la Plataforma de Florida y del Océano Atlántico Sur, proponiendo probables secciones condensadas.

En 1997 Padilla P. *et al.*, estudian con nanoplancton calcáreo, palinomorfos y palinofacies la Sección Uxpanapa del Sureste de Veracruz; en este trabajo se empleó un grupo diferente a los foraminíferos para realizar la integración de los datos.

Nuevamente en 1999 Sánchez R., estudia con nanoplancton calcáreo sedimentos del Pozo Tabscoob-1; estos datos se integraron con los datos obtenidos de foraminíferos planctónicos y bentónicos. La edad asignada de los sedimentos estudiados es del Paleoceno-Pleistoceno Temprano.

A partir del 2000 Sánchez R., junto con especialistas en diferentes grupos de microfósiles, realizan el análisis conjunto de los diferentes grupos de microfósiles marinos (nanoplancton calcáreo, foraminíferos planctónicos y bentónicos, y dinoflagelados) y microfósiles terrestres (polen y esporas) encontrados en los sedimentos de los pozos Palmitas-1A y Narvárez-4, de la Cuenca de Macuspana en el Estado de Tabasco. Con este proyecto inicia los estudios con la Bioestratigrafía de alta resolución en el IMP.

En posteriores trabajos y hasta la fecha (2007), Sánchez continuó utilizando la bioestratigrafía de alta resolución, integrando los foraminíferos, el nanoplancton, los palinomorfos, la litología y los registros geofísicos de los pozos. Se han estudiado pozos y secciones superficiales de las cuencas de Burgos, Veracruz, Macuspana, Tampico-Misantla, Cuenca Salina del Istmo y la Sonda de Campeche.

### 3. TRABAJOS REALIZADOS ESPECIFICAMENTE EN LA SONDA DE CAMPECHE.

Dentro de la sonda de Campeche Sánchez R. en 1990, estudia solamente con nanoplancton calcáreo el Pozo Zazil-ha-1 reportando en los sedimentos una edad de Pleistoceno Temprano al Mioceno Tardío. En 1994 estudia los pozos Ayin 1 y Chac-mool 1 en los que reporta los límites Plio/Pleistoceno y Plioceno/Mioceno respectivamente.

En el 2002 y años posteriores utilizando la bioestratigrafía de alta resolución, proponen edades y paleobatimetrías para algunos pozos Alak-1, Ayin-1 DL, Chuk-tak-1, Chichini-1, Tochan-1, Xaxamani-1, Colhua-1, Nab-1, Kastelán-1, Xanab-1 y finalmente pozos del

Activo Ku-Maloob-Zaap de la Region Marina Noreste ubicado en la Sonda de Campeche. Es en estos últimos trabajos que la interpretación bioestratigráfica final se elabora en conjunto con los intérpretes de sísmica de PEMEX (Activo Exploración Litoral y Activo Ku-Maloob-Zaap) realizando calibraciones de bioeventos con las líneas sísmicas.

### III. OBJETIVOS.

Con la finalidad de jerarquizar metas, en este trabajo se plantearon los objetivos siguientes:

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio bioestratigráfico detallado con base al nanoplancton calcáreo de los sedimentos del Terciario de los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**.

#### 3.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Datar los sedimentos del Pozo **Tunich-1** y el Pozo **Ixtal-101**, por medio de la identificación de los nanofósiles calcáreos
- Hacer un análisis cuantitativo y cualitativo de los nanofósiles.
- Elaborar cuadros de distribución bioestratigráfica.
- Proponer la bioestratigrafía de los sedimentos.
- Realizar la correlación bioestratigráfica entre los dos pozos.
- Elaborar un atlas fotográfico de los nanofósiles calcáreos.

## IV. AREA DE ESTUDIO.

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Sonda de Campeche se localiza en el Golfo de México, hacia la porción occidental de la Península de Yucatán y frente a los estados de Campeche y Tabasco, aproximadamente a 80 Km. de la costa. Queda situada en la Plataforma Continental, en una franja que comprende las isobatas 20 a 200 m de profundidad, con una superficie aproximada de 15,000 km<sup>2</sup>. Geológicamente, se ubica al occidente de la Plataforma cretácica de Yucatán y tiene rasgos estructurales parecidos a la de Chiapas-Tabasco (Santiago, *et al.*, 1984). El Pozo **Tunich-1** se encuentra en la parte marina de la Cuenca Salina del Istmo y el Pozo **Ixtal-101** en la Cuenca de Simojovel o Pilar de Akal.

Los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101** estudiados en este trabajo se localizan en la Sonda de Campeche (Figura 1).

### 4.2. GEOLOGÍA REGIONAL.

El marco tectónico regional de la Sonda de Campeche esta definido por las placas de Norteamérica, El Caribe y Cocos. Las dos primeras de corteza continental, en tanto que la última es de corteza oceánica, por lo que subduce bajo las otras.

A nivel local, la Sonda de Campeche, queda comprendida en la porción sur de la placa Americana, la cual limita al sureste con la placa del Caribe por medio del sistema de fallamiento Motagua-Polochic.

Así, en este contexto los elementos que influyeron en la evolución tectónica de la región, son el Macizo de Chiapas, la Plataforma de Yucatán y el sistema de fallas antes mencionado (Informe inédito de PEMEX, 1989).

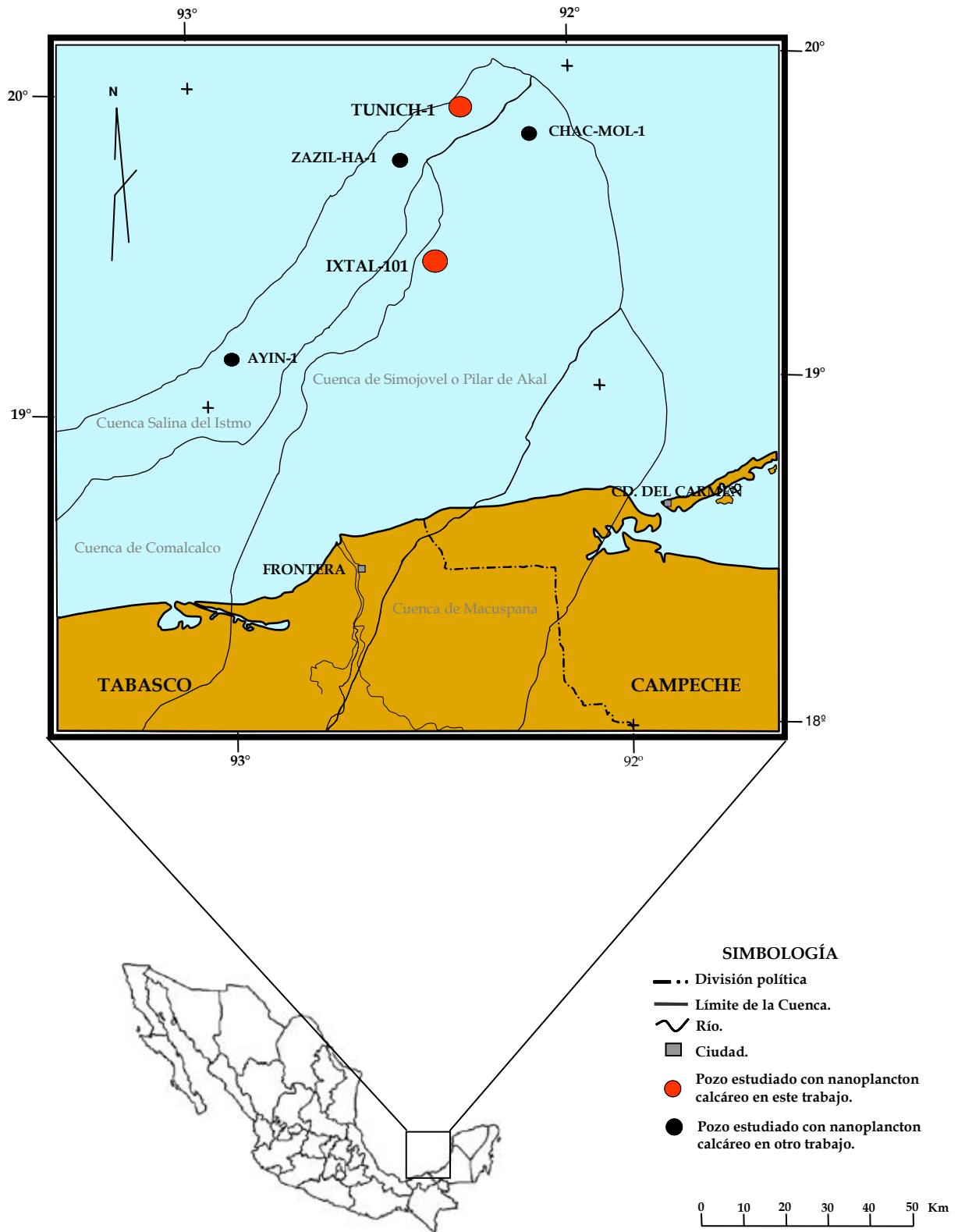


Figura 1.- Localización de los pozos Tunich-1 e Ixtal-101, de la Sonda de Campeche.

En general, la Sonda de Campeche, constituye la continuidad hacia el mar de las condiciones sedimentológicas y estructurales de las Cuencas Mesozoicas de Chiapas-Tabasco, que evolucionaron tectónicamente de los continentes de Yucatán y de Chiapas-Oaxaca (Informe inédito de PEMEX, 1989).

La evolución tectónica sedimentaria, se refleja fielmente en tres secuencias sedimentarias principales, identificadas dentro de la columna geológica de la región. La primera de ellas, terrígeno-carbonatada, se encuentra subyacente por la sal y corresponde al evento tectónico de la apertura y formación de corteza oceánica o "rifting" en el Golfo de México ocurrido durante el Jurásico Medio - Tardío. La segunda secuencia, de carácter totalmente carbonatado, se depositó durante el Cretácico y representa una etapa de subsidencia térmica dentro de un margen pasivo. Finalmente, en el Terciario cambia de nuevo el régimen tectónico, formándose una cuenca tipo "foreland", en la que se acumulan grandes espesores de terrígenos que constituyen la última secuencia identificada (Romero, et al, 2001).

Los datos de basamento más cercanos al área de la Sonda de Campeche, corresponden a información de pozos perforados en el continente, como el Pozo Cobo-301, en donde el basamento está constituido por granito de biotita con edad de  $312 \pm 25$  Ma y de  $285 \pm 23$  Ma, es decir del Carbonífero y Pérmico, respectivamente (Mandujano *et al.*, 1992; en Sánchez 2002). Así como los esquistos del Pozo Villa Allende-1 con edad de  $317 \pm 8$  Ma (IMP, 2000).

En el área de la Sonda de Campeche durante el Cretácico y Paleoceno se depositaron sedimentos en ambientes marinos de inframarea. A partir del Paleoceno Superior hasta el Holoceno, las facies conservaron sus características de inframarea profunda, detectándose durante el Mioceno una tectónica muy activa, de forma tal, que la subsidencia de los bloques fue lo suficientemente rápida para atrapar sedimentos de cientos de metros de espesor. En esta época se produjo la máxima deformación seguida



de fallamiento inverso, según los datos del Pozo Cantarell-91 donde el Jurásico sobreyace al Oligoceno (Basañez, 1987).

La estratigrafía de la Sonda de Campeche está conformada por una columna de sedimentos del Jurásico Superior al Terciario con espesores aproximadamente de 6000m. en la parte occidental. Los ambientes de depósito representados en sus unidades varían de plataforma a cuenca (Del Valle, 2001). Los depósitos más antiguos que han sido cortados en la perforación de pozos para la Sonda de Campeche corresponden al Jurásico Superior (Oxfordiano).

Con respecto al Terciario, éste ha sido cortado por todos los pozos exploratorios, encontrándose ampliamente distribuido en el área de estudio. En la columna sedimentaria el inicio del Cenozoico se caracteriza por un cambio en el tipo de sedimentación que está marcado por un contraste entre los carbonatos del Cretácico y los terrígenos del Paleoceno (Pacheco, 2002 en Sánchez 2003). Esta diferencia, fue consecuencia de la evolución de la fase tectónica correlativa con la Laramide, cuyo marco geológico quedo definido por el Batolito de Chiapas y la Plataforma de Yucatán (Informe inédito de PEMEX, 1989).

El espesor de la secuencia del Terciario es muy variable, pues depende de la posición en que nos ubiquemos con respecto a los altos o bajos estructurales y a las fallas. Las edades referidas del Paleoceno al Plioceno están documentadas en varios trabajos estratigráficos realizados en el Instituto Mexicano del Petróleo.

La columna terciaria del área, se inicia con la presencia de brechas de talud que se intercalan con lutitas bentoníticas; estratigráficamente hacia arriba, esta secuencia se hace progresivamente más terrígena hasta que predomina una secuencia de lutitas bentoníticas y hacia la cima se encuentran algunas intercalaciones de brechas y calcarenitas ubicadas en el Eoceno Inferior y Medio. (Pacheco, 2002 en Sánchez, 2003).

Para el Oligoceno, los sedimentos están constituidos de una secuencia muy homogénea de carácter arcillo-bentonítico. Durante el Mioceno, los depósitos consisten de lutitas, lutitas bentoníticas, arenas y areniscas; presentando algunas intercalaciones de calizas, brechas y calcarenitas.

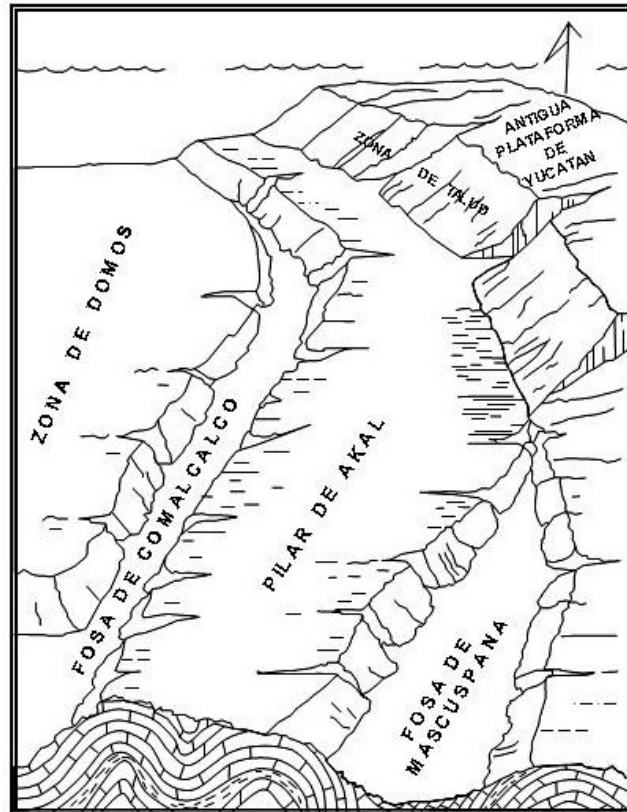
Al principio del Mioceno, la Sonda de Campeche sufrió conjuntamente con las unidades subyacentes, el efecto de una orogenia conocida localmente como Chiapaneca, que fue la responsable del modelo estructural actual de la Sonda de Campeche (Informe inédito de PEMEX, 1989).

Al final del Mioceno y durante el Plioceno, el mar se retira dando lugar a depósitos cada vez más arenosos.

La secuencia terciaria presenta frecuentes interrupciones en su columna, siendo la más notable la que existe entre las rocas del Oligoceno y Mioceno. En general las causas principales que repercuten en la secuencia estratigráfica terciaria son:

Efectos laramídicos durante el Terciario Inferior; esta acción propicia el levantamiento de la Sierra de Chiapas; en consecuencia, se inicia un sistema fluvial que repercute en la sedimentación marina durante en Terciario.

Eventos tectónicos miocénicos que activan la formación de las Cuencas Terciarias como la de Macuspana, con grandes depósitos de rocas del Mioceno y Pleistoceno. Por ultimo, la acción intrusiva de la sal como una respuesta a la tectónica miocénica (Santiago, *et al*, 1984). Como resultado de estos eventos la Sonda de Campeche adquirió una paleogeografía muy especial que permitió subdividirla en Provincias Morfoestructurales: la Zona de Domos Salinos o Cuenca Salina del Istmo, la Fosa de Macuspana, la Plataforma de Yucatán, la Fosa de Comalcalco y el Pilar de Akal o Provincia de Simojovel (Figura F), cada una de ellas es representativa de los eventos



**Figura F.- Provincias morfoestructurales en la Sonda de Campeche (Tomado de Angeles Aquino, 1987)**

geológicos antes mencionados; mismos que rigieron en forma directa o indirecta en la generación y entrapamiento de hidrocarburos en el Jurásico Superior (Ángeles, 1987).

Esta provincia petrolera es actualmente la más importante en México, ya que durante los últimos 20 años ha estado aportando alrededor del 70% de la producción diaria de aceite en nuestro país. La mayor parte de los hidrocarburos producidos se extraen del yacimiento gigante Cantarell. La formación de acumulaciones de tan considerable magnitud en esta área fue favorecida por su evolución tectónico-sedimentaria (Romero, *et al*, 2001).

### 4.3. LITOLOGIA DE LOS POZOS.

La descripción litológica se llevó a cabo de acuerdo a las muestras de mano que se estudiaron de los pozos.

#### A) POZO TUNICH-1.

En general, el Pozo **Tunich-1** localizado en la Sonda de Campeche está constituido principalmente por sedimentos (325m- 3300m) de grano fino, lutitas con intercalaciones de limolitas, areniscas de grano fino a medio (Figura 2).

En la parte superior de la columna en el intervalo 325m-500m la mayor parte está constituida por lutitas color café claro y areniscas de grano fino básicamente hacia la cima; además se encontraron fragmentos de conchas de moluscos.

El intervalo 1355m-2000m está compuesto por lutitas con algunas intercalaciones de limolitas color café claro aunque un poco más oscuro que el anterior, y algunas intercalaciones de lutitas color gris claro.

En el intervalo 2010-2135 las lutitas y limolitas se presentan con abundantes fragmentos oxidados de algún mineral.

En el intervalo 2155m-2310m el material oxidado sólo se presenta de manera muy esporádica dentro de las lutitas.

En el intervalo 2320m-3165m se presentan lutitas de color claro, principalmente gris verdoso.

El intervalo 3205m-3275m esta constituido por lutitas color café y gris verdoso.

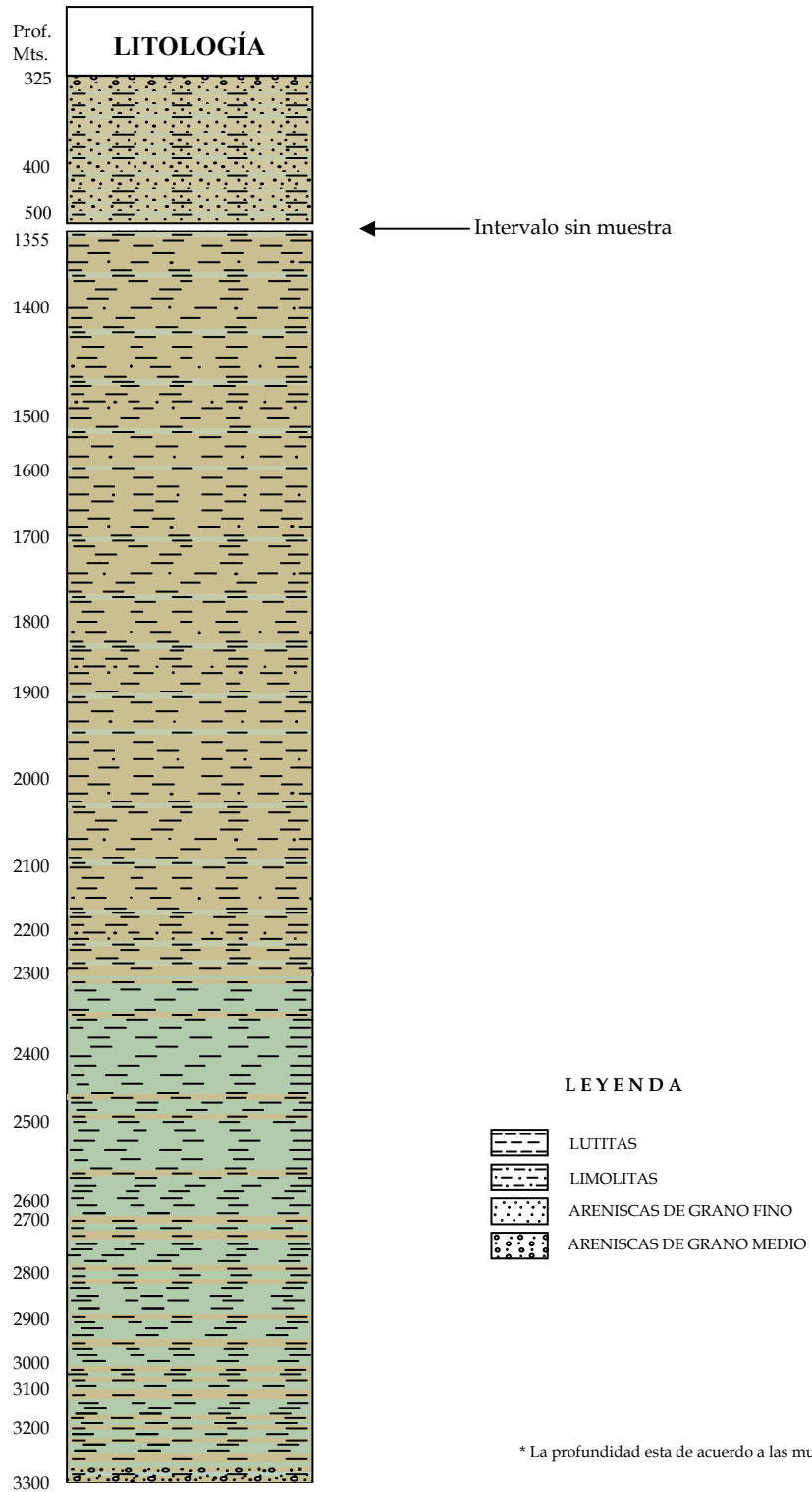


FIGURA 2.- Litología del Pozo Tunich-1.

El intervalo final 3300m-3305m está constituida principalmente de areniscas de grano fino a medio color café claro y lutitas color gris claro.

## **B) POZO IXTAL-101.**

El Pozo **Ixtal-101** también se encuentra localizado en la Sonda de Campeche (655m-3850m) y esta constituido por sedimentos de grano fino, areniscas, limolitas y escasas lutitas; así como por areniscas de grano medio esencialmente en la parte superior de la columna y algunos intervalos en la parte media (Figura 3).

El intervalo inicial 655m-1005m esta constituido por areniscas de color gris claro, que en las primeras muestras son de grano medio y posteriormente se vuelven finas con abundantes fragmentos y conchas de moluscos, así como espinas de equinodermos, los cuales disminuyen hacia el final del intervalo.

En el intervalo 1015m-1105m las areniscas son principalmente de grano medio a fino con algunas limolitas de color gris claro; hay escasos fragmentos de conchas de moluscos, además se encuentran fragmentos de minerales oxidados.

En el intervalo 1535m-3850m se presentan areniscas de grano medio a fino con poco contenido de limolitas y lutitas, en esta parte de la columna en el intervalo 2650-2850 presenta fragmentos de conchas de moluscos; en el resto de la columna no hay fragmentos de conchas de moluscos.

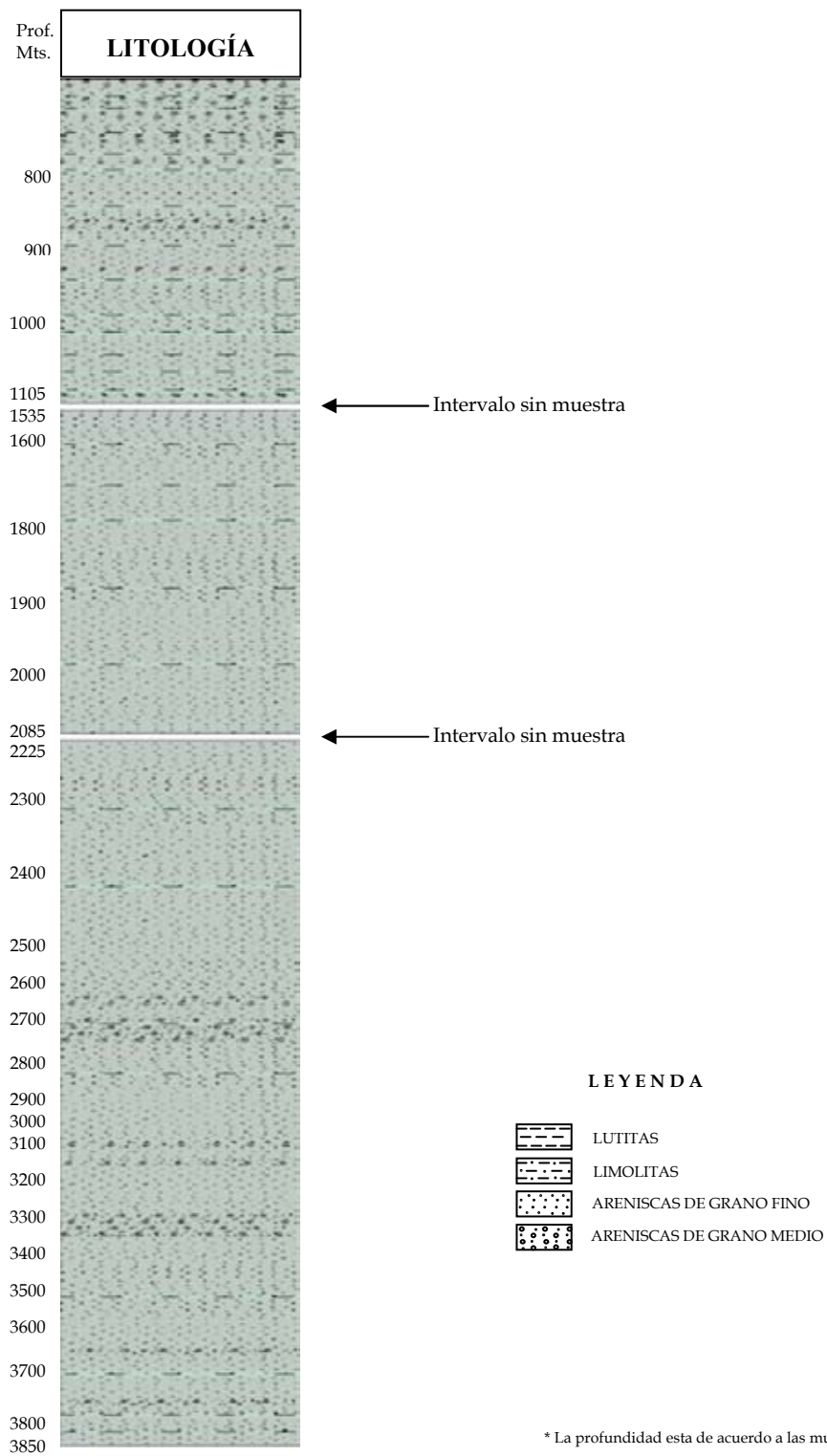


FIGURA 3.- Litología del Pozo Ixtal-101.

## V. TÉCNICA Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

Para este análisis bioestratigráfico se utilizó al nanoplancton calcáreo como grupo fósil. Para llevar a cabo dicho análisis, el trabajo se dividió en dos etapas: la preparación de las láminas delgadas y el análisis taxonómico e interpretación de resultados.

### 5.1. TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE NANOPLANCTON CALCÁREO.

La técnica que se siguió en este estudio es la técnica propuesta por Sánchez (1989, 2003) que consiste en la elaboración de frotis, la cual se describe a continuación:

- 1.- Se coloca una pequeña cantidad de sedimento en un mortero y se agregan aproximadamente 10 ml de agua destilada. Se tritura el sedimento.
- 2.- La solución se pasa a un vaso de precipitados de 50 ml y de ser necesario se agrega otra pequeña cantidad de agua destilada, hasta obtener una solución ligeramente transparente.
- 3.- Se toma una gota de la solución con una pipeta Pasteur y se dispersa en un porta-objetos.
- 4.- Se deja secar la muestra en una parrilla y se coloca una gota de "Norland Optical Adhesive" y enseguida se cubre con un cubre-objetos.
- 5.- Se deja secar la preparación en una lámpara de luz ultravioleta durante 5 minutos.
- 6.- La preparación esta lista para su observación.

### 5.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

Las muestras estudiadas del Pozo **Tunich-1** fueron proporcionadas por el Ing. Marcos Flores y el Ing. Apolinar Hernández del activo: Región Marina Noreste y las muestras del Pozo **Ixtal-101** se obtuvieron de la bodega del Instituto Mexicano del Petróleo.



El muestreo del Pozo **Tunich-1** fue realizado por el personal de Petróleos Mexicanos (Región Marina Exploración) y entregados en cajas al personal del Instituto Mexicano del Petróleo.

Es preciso indicar que en el Pozo **Tunich-1**, faltaron las muestras correspondientes al intervalo 500-1355. Asimismo los límites entre los pisos fueron establecidos de acuerdo a las muestras recibidas, ya que faltaron muestras sobre todo donde se localizan los límites Mioceno-Plioceno (30m), Oligoceno-Mioceno (30m), Eoceno-Oligoceno (40m) y Paleoceno-Eoceno (30m).

En el Pozo **Ixtal-101**, faltaron dos intervalos de muestras: el intervalo 1105-1535m y el intervalo 2085-2225m.

Las muestras estudiadas de estos pozos corresponden a muestras de canal, consecuentemente el análisis se realizó en el sentido de la perforación, utilizando la primera aparición (extinción evolutiva) de las especies en sentido de perforación. El análisis bioestratigráfico posterior se realizó en el sentido evolutivo de las especies índice.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de paleontología en el IMP.

Para este estudio se analizaron 171 muestras de canal del Pozo **Tunich-1** que corresponden a la profundidad de 323 a 3300m y 190 muestras del Pozo **Ixtal-101**, cuya profundidad es de 645 a 3850m, analizando un total de 361 muestras. De cada muestra se elaboraron 2 láminas ó frotis y en las muestras donde existía duda se repitieron más láminas.

El estudio del nanoplancton calcáreo de los pozos de la Sonda de Campeche se realizó principalmente cada 5, 10 y 15, m., dependiendo de la disposición de la muestra; ya que los intervalos no se proporcionaron de una forma consecutiva.

### **5.3. ESTUDIO MICROPALEONTOLOGICO.**

Para realizar el estudio micropaleontológico se utilizó un Microscopio petrográfico marca Zeiss modelo Axiophot y Axioplan, a 1250 y 1600 aumentos; la bibliografía principalmente utilizada para la determinación de especies y los alcances bioestratigráficos del nanoplancton calcáreo es la siguiente: Los catálogos de Aubry, M.P., vol. 1-5 (1984-2004); el compendio de Bolli, H.M., Saunders, J.B. y Perch-Nielsen, K. (1985-1989), Bown R. (1999), base de datos en CD de la INA (International Nannoplankton Association); así como libros y artículos afines al tema.

Se realizó el conteo de 60 campos a 1250x, tomándose éste parámetro como medida para determinar la abundancia y la diversidad absoluta de las especies.

Además, se manejó una cámara digital Camedia C-3040 marca Olympus para la toma de fotografías de los microfósiles. Las fotografías fueron tomadas a 1600x.

### **5.4. ANALISIS DE DATOS.**

Con los datos obtenidos del análisis taxonómico, cuantitativo y cualitativo se elaboraron listas bioestratigráficas que posteriormente se capturaron en un programa especializado (Checklist), se elaboraron cuadros de distribución y gráficas de abundancia y diversidad; asimismo, se propusieron biozonas para los dos pozos y se realizó la correlación bioestratigráfica.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación se describen las características principales de algunos de los géneros y especies determinadas en este trabajo; estas descripciones fueron traducidas de Aubry, M-P, Perch-Nielsen K., Young J. (Pagina de la INA) y Nannoware.

### 6.1 DESCRIPCIONE TAXONÓMICA.

#### 1. HETEROCOCOLITOS.

Familia COCCOLITHACEAE (Poche 1913)

Incluye cocolitos elípticos y redondeados con un escudo distal de elementos radiando como pétalos. El escudo proximal es usualmente birrefringente en luz polarizada, y puede consistir de uno a dos ciclos de elementos. El escudo distal es más grande y no es birrefringente. El área central puede estar cerrada o abierta y poseer o carecer de una estructura central.

Género *Chiasmolithus* Hay, Moler & Wade 1966

Cocolitos con una cruz central en forma de X o H.

*Chiasmolithus bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967

Lámina XII, Figuras 9, 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

Cocolito elíptico con una estructura central robusta en forma de X, constituida por una barra recta y una sigmoidea, las cuales aparecen frecuentemente como dos segmentos rectos. Estructuras pequeñas parecidas a "dientes", las cuales pueden proyectarse hacia la abertura central. En luz polarizada la estructura central es birrefringente y exhibe finas líneas de extinción a lo largo de las barras.

Tamaño: 6-13 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Medio-Eoceno Temprano.

*Chiasmolithus grandis* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967

Lámina X, Figuras 4 (Pozo Tunich-1).

Placolito generalmente muy grande, gran parte del área central esta cubierta por una robusta estructura con forma de X perfectamente simétrica. Tiene unas estructuras como "dientes" bien desarrollados (una en cada cuadrante entre las barras) proyectándose hacia el área central.

Tamaño: 18-23 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Eoceno Medio.

Género *Cruciplacolithus* Hay & Moler in Hay et al 1967

Cocolitos con una cruz central alineada con los ejes.

*Cruciplacolithus primus* (Stradner, 1961) Hay & Mohler, 1967

Lámina XIV, Figura 20 (Pozo Tunich-1).

Placolito elíptico con un área central carecterizada por delgada cruz alineado con el eje mayor y menor. En luz polarizada la angosta pared interna y la cruz central son débilmente birrefringentes y el escudo distal oscuro.

*Cruciplacolithus tenuis* (Stradner, 1961) Hay & Mohler, 1967

Lámina XIV, Figuras 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

Cocolito elíptico constituido de un escudo distal compuesto por un borde externo amplio y una pared interna amplia. El área central caracterizada por una cruz alineada con el eje mayor y menor del cocolito y pequeños bloques triangulares o "pies", en la base de las barras, donde se unen a la pared interna del lado distal. En luz polarizada, la pared interna y la estructura central son birrefringentes, y el escudo distal oscuro. Las formas más antiguas son muy pequeñas 3-5 $\mu$ ; con el tiempo evolucionan formas más grandes 8-9 $\mu$ .

Tamaño: 3-9 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Temprano-Paleoceno Tardío.

Género *Campylosphaera* Kamptner 1963

Cocolitos con una forma del margen convexo con una cruz central.

*Campylosphaera dela* Hay & Mohler, 1967

Lámina XII, Figura 10 (Pozo Tunich-1).

Cocolito con un borde subelíptico, el cual aparece casi rectangular vista distal debido en gran parte por la fuerte curvatura hacia la vista proximal, y con una angosta cruz a través de una relativamente grande área central. El escudo distal no es birrefringente.

Tamaño: 7-11 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Eoceno Medio.

Género *Coccolithus*. Schwartz 1894

Cocolitos con el escudo distal más grande que el escudo proximal, y el escudo proximal consiste de dos ciclos. Los ciclos son casi de igual tamaño y por lo tanto apenas distinguibles. El área central esta rellena con un ciclo de elementos más o menos orientados radialmente y a veces un puente.

*Coccolithus pelagicus*.(Wallich, 1877) Schiller 1930

Lámina IV, Figuras 3 y 4 (Pozo Tunich-1); Lámina 2; Figura 16 (Pozo Ixtal-101).

Placolito elíptico de pequeño a grande; con un escudo proximal delgado bicíclico y una abertura elíptica en el área central; solamente el escudo proximal y el área central son birrefringentes.

Tamaño: 5-13 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Temprano-Reciente.

*Coccolithus miopelagicus* Bukry, 1971,emend. Wise, 1973

Lámina IV, Figuras 19 y 20 (Pozo Tunich-1).

Placolito con un área central elíptica de tamaño medio y un escudo distal amplio y distintivamente estriado; sólo el escudo proximal y el área central son birrefringentes.

Tamaño: 13-18 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío-Mioceno Medio

Género *Ericsonia* Black 1964

Cocolitos con el escudo distal más grande que el escudo proximal, y el escudo proximal consiste de dos ciclos. Estos ciclos están bien desarrollados y se distinguen fácilmente debido a una gran diferencia en tamaño. El área central esta vacía.

*Ericsonia formosa* Haq, 1971

Lámina IX; Figura 14 (Pozo Tunich-1).

Placolito de tamaño medio, redondo, con una abertura central redonda, solamente el escudo proximal y el área central son birrefringentes, frecuentemente muestra anillos concéntricos en luz polarizada.

Tamaño: 6-9 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano- Oligoceno Temprano.

Género *Calcidiscus* Kamptner 1950

Cocolito de forma redondeada con un escudo distal y un escudo proximal sencillo, una área central pequeña, abierta o cerrada.

*Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman, 1898) Loeblich & Tappan, 1978

Lámina I, Figuras 17 y 18 (Pozo Tunich-1); Lámina I, Figuras 9 y 10 (Pozo Ixtal-101).

Placolito redondo de tamaño medio, de menos de 10 micras, con una muy pequeña perforación en el área central; solo el escudo proximal es birrefringente.

Tamaño: <10 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Reciente.

*Calcidiscus macintyre* (Bukry & Bramlette, 1969) Loeblich & Tappan, 1978

Lámina II, Figura 12 (Pozo Tunich-1); Lámina I, Figura 19 Lámina II, Figura 2 (Pozo Ixtal-101).

Placolito circular con un pequeño poro central; y un diámetro de 10 micras o más. En luz polarizada solo el escudo proximal que es más pequeño es birrefringente.

Tamaño: al menos 10 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Pleistoceno Temprano.

*Calcidiscus premacintyre* Theodoridis, 1984

Lámina V, Figura 3 y 4 (Pozo Tunich-1).

Placolito subelíptico con una abertura central relativamente grande y elíptica.

Tamaño: ~12 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Mioceno Medio.

*Calcidiscus protoannulus* (Gartner, 1971) Loeblich & Tappan, 1978

Lámina IX, Figura 20 (Pozo Tunich-1).

Placolito de tamaño medio, anillo circular con una amplia área central y un collar brillante en luz polarizada

Tamaño: 7-8 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio-Eoceno Tardío.

Género *Coronocyclus* Hay, Moler & Wade 1966

Cocolitos circulares con una abertura central amplia, constituida de un aro de segmentos imbricados en forma de cuñas, llevando nódulos o espinas cortas dirigidas proximal, periférica y distalmente.

*Coronocyclus nitescens* (Kamptner, 1963) Bramlette & Wilcoxon 1967

Lámina V; Figuras 1 y 2 (Pozo Tunich-1).

Cocolito de tamaño medio, aro circular con una amplia abertura central, constituido por 3 a 4 docenas de elementos imbricados de los cuales proyecciones como "dientes" pueden surgir distal y proximalmente.

Tamaño: 8.5-9.5 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio-Mioceno Tardío.

Género *Iselithina* Stradner en Stradner & Adamiker 1966

Está constituido por un escudo proximal sencillo y una estructura distal o apical con forma de corona consistiendo de un número variable de brazos que ramifican hacia afuera distalmente, como un manojo de flores.

*Iselithina fusa* Roth, 1970

Lámina VII; Figura 15 (Pozo Tunich-1).

Heterococolito circular muy pequeño con un escudo proximal cónico de 10-15 elementos radiales planos ahusados hacia el centro, sobre el cual nace un aro de 6-10 largos rayos radiales con pequeños bulbos en las puntas (parecidas a flores anteras); el escudo distal es fuertemente birrefringente en luz polarizada.

Tamaño: 2.4-3 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Temprano-Mioceno Temprano.

Género *Markalius* Bramlette & Martini 1964

Cocolito con forma circular, en luz polarizada permanece oscuro a excepción del área central o partes de esta. Birrefringencia moderada en luz polarizada, figura con un ciclo brillante en forma de tubo; área central estrecha o cerrada.



*Markalius inversus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini, 1964

Lámina XII; Figura 12 (Pozo Tunich-1).

Placolito redondo de tamaño medio con un solo ciclo de elementos radiales, no imbricados en cada escudo, y una prominente área central también cubierta por elementos radiales, solo el área central es birrefringente.

Tamaño: 8-10 $\mu$ .

Edad: Cretácico-Oligoceno Medio.

Género *Umbilicosphaera* Lohmann 1902

Lámina II, Figura 16 (Pozo Tunich-1); Lámina I, Figura 20 (Pozo Ixtal-101).

Cocolito de forma circular con una abertura central relativamente pequeña (casi 1/3 del diámetro o menos). Área central abierta, los elementos del escudo distal muestran complejas suturas enroscadas. Escudo proximal monocíclico o bicíclico.

Familia **HELICOSPHERACEAE** (Black 1971)

El anillo externo (unidades-V) del cocolito está modificado en una proyección helicoidal, terminando en un ala o un punto. Las unidades-R forman la placa basal y se extienden para formar una placa de elementos pequeños. Las barras del área central están unidas, separadas o ausentes.

Género *Helicosphaera* Kamptner 1954

Cocolito con un reborde helicoidal, los subgrupos pueden ser reconocidos basándose en la presencia/ausencia de una barra desunida, la orientación de la barra, forma del reborde, etc.

*Helicosphaera sellii* (Bukry & Bramlette) Jafar & Martini, 1975

Lámina I; Figura 11 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figuras 17 y 18 (Pozo Ixtal-101).

Cocolito en forma de elipse, pequeño. Área central grande, atravesada por un puente simple paralelo u oblicuo al eje corto de la elipse. Este puente separa el área central en dos partes, dando la impresión de dos aberturas.

Tamaño: 6-12 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Pleistoceno Temprano.

*Helicosphaera ampliaperta* Bramlette & Wilcoxon, 1967

Lámina VI; Figuras 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

Forma de tamaño medio a grande, contorno casi oval con una amplia y larga abertura central.

Tamaño: 7-12 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano.

*Helicosphaera recta* (Haq) Jafar & Martini, 1975

Lámina VIII; Figuras 5-8 (Pozo Tunich-1).

Forma grande, subrectangular o rectangular con un ala agudamente puntiaguda y truncada. Área central con un puente recto y en ocasiones ligeramente oblicuo que da lugar a dos aberturas subcirculares, relativamente grandes.

Tamaño: 8-19 $\mu$ ; 7-10 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano.

Familia **PONTOSPHAERACEAE** (Lemmermann 1908)

Cocolitos con un área central grande y una pared consistiendo de dos ciclos de elementos. Las cocosferas subesféricas, pueden poseer los cocolitos fuertemente modificados ecuatoriales (*Scyphosphaera*). Las unidades V forman un estrecho ciclo marginal externo. Las unidades R forman el margen interno, la placa basal y el manto.

Género *Pontosphaera* Lohmann 1902

Lámina 4; Figura 7 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figura 16 (Pozo Ixtal-101).

Cocolito con una pared ancha, una gran abertura o un área central completamente cubierta, pocas o muchas perforaciones y/o depresiones.

Género *Scyphosphaera* Lohmann 1902

Lámina I; Figuras 16, 19 y 20; Lámina III; Figuras 7 y 8; Lámina XI; Figura 1 (Pozo Tunich-1).

Cocolito con una pared muy alta, frecuentemente con forma de barril. La forma de la pared define a las especies.

Género *Transversopontis* Hay, Moler & Wade 1966

Lámina XI; Figuras 2-4 (Pozo Tunich-1).

Cocolito con una pared baja a media alta y un puente que es ópticamente continuo con el piso. Las especies se distinguen por el ángulo del puente con los ejes del cocolito y los detalles de la estructura del piso y la altura de la pared.

Familia **PRINSIACEAE** (Hay & Moler 1967)

Placolitos ovales, subcirculares o circulares; la figura de interferencia en luz polarizada es dextrógira en vista distal. La unidad V es prominente, y un escudo distal permanece obscuro en luz polarizada, en algunos géneros el escudo proximal y distal muestran birrefringencia.

Género *Cribozentrum* Perch-Nielsen 1971

Cocolitos con un contorno de elíptico a redondeado, un escudo distal y proximal y una pared constituida de elementos los cuales sólo algunos se continúan en la red central. La pared sube sobre la cima del escudo distal.

*Cribrocentrum reticulatum* (Gartner & Smith, 1967) Roth & Thierstein, 1972

Lámina X; Figura 3 (Pozo Tunich-1).

Placolito de tamaño medio, circular y fuertemente birrefringente con una abertura central cubierta por una placa en forma de coladera constituida de elementos dispuestos radialmente, los cuales producen una cruz de pseudo-interferencia característica, encajonada en un contorno cuadrado.

Tamaño: 6-9.5 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio- Eoceno Tardío.

Género *Cyclicargolithus* Bukry 1971

Este género incluye cocolitos circulares a subcirculares con un escudo distal birrefringente y una pequeña abertura central, que en ocasiones no se presenta. Las formas circulares a subcirculares de las Coccolithaceae no tienen el escudo distal birrefringente.

*Cyclicargolithus floridanus* (Hay et al., 1967) Bukry 1971

Lámina VII; Figuras 1-4, 7 y 8 (Pozo Tunich-1).

Placolito subredondo a ampliamente elíptico, con un escudo de un solo ciclo, un área central distal cubierta de bloques de elementos y una pequeña abertura central redonda; ambos escudos birrefringen con una redondeada y oscura figura de pseudointerferencia sobre la abertura central. Se han determinado 3 especies de acuerdo a su tamaño a las cuales se les ha asignado una letra: "A", "B" y "C".

Tamaño: "A" <5 $\mu$ ; "B" 5-7 $\mu$  y "C" 7-9 $\mu$ .

Edad: Eoceno Tardío-Mioceno Medio.

Género *Dictyococcites* Black 1967

Este género incluye especies con un contorno elíptico a subcircular, un escudo distal ligeramente más grande que el escudo proximal y un área central. El área central está distalmente cubierta por un tapón construido por elementos orientados radialmente.

Proximalmente, el área central esta cubierta por una maya en la cual no todos los elementos se continúan hacia el área central. El área central esta cubierta por dos o más capas de elementos.

*Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler & Wade, 1966) Bukry & Percival (1971)

Lámina VIII; Figuras 9 y 10 (Pozo Tunich-1).

Es la especie más grande de Dictyococcites. Tiene un contorno subcircular y en luz polarizada todo el cocolito aparece brillante. Las líneas de extinción en el área central son oscuras, produciendo una pseudointerferencia como una doble V encontradas.

Tamaño: 8-18 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío-Mioceno Medio.

Género *Gephyrocapsa* Kamptner 1963

Las especies con un puente o una estructura como puente están incluidas en este género.

El puente se presenta en forma oblicua, dando el aspecto de una letra "s" cerrada.

*Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay in Hay et al, 1967

Lámina I; Figura 3,4 y 10 (Pozo Tunich-1), Lámina I; Figuras 3-5 (Pozo Ixtal-101).

Forma elíptica, con una pequeña abertura central. Esta abertura es atravesada por un puente. El puente forma un ángulo de 30-35° con el eje mayor de la elipse y esta formado por dos placas que se sobreponen. Una figura de interferencia característica se produce en luz polarizada.

Tamaño: 3.5-5.5 $\mu$ .

Edad: Plioceno Tardío-Reciente.

*Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943

Lámina I; Figuras 8 y 9 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figuras 1 y 2 (Pozo Ixtal-101).

Forma elíptica o casi circular con un área central grande. La longitud del área central generalmente es del 40% de la longitud total. El puente prominente del área central

sobresale en luz polarizada y forma un ángulo de 30 a 80° sobre el eje mayor.

Tamaño: 3- 8 $\mu$ .

Edad: Pleistoceno-Reciente.

Género *Prinsius*. Hay & Moler, 1967

Cocolitos con un escudo distal, escudo proximal doble, dos hileras de elementos alrededor del área central y un área central cubierta distalmente por elementos centrales dispuestos de una manera radial.

*Prinsius bisulcus* (Stradner, 1963) Hay & Moler, 1967

Lámina XIV; Figura 10 (Pozo Tunich-1).

Placolito con un contorno elíptico, con escudos no birrefringente y un área central bicíclica muy birrefringente. En luz normal, dos líneas oscuras y cortas son visibles en los polos del área central. Varias pequeñas perforaciones son visibles en la vista proximal.

Tamaño: 5-10 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Temprano-Paleoceno Tardío.

*Prinsius martinii* (Perch-Nielsen, 1969) Haq (1971)

Lámina XIV; Figura 11 (Pozo Tunich-1).

Pequeño placolito elíptico, con escudos no birrefringente y un área central muy birrefringente, cubierto por dos ciclos de elementos radiando internamente desde una sutura media para formar una sólida cubierta.

Tamaño: ~3-5 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Temprano-Paleoceno Tardío.

*Prinsius dimorphosus* (Perch-Nielsen, 1969) Perch-Nielsen, 1977

Lámina XIV; Figura 12 (Pozo Tunich-1).

Placolito elíptico a redondeado muy pequeño, con escudos no birrefringente y un área central muy birefringente, cubierto por uno o dos ciclos de elementos – ambos tipos de cocolitos se encuentran en la misma cocosfera.

Tamaño: 2-3 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Temprano.

Género *Pseudoemiliana* Gartner 1969

Cocolitos ovales, circulares a subcirculares, con pocas rendijas en el escudo distal. Las dos últimas son generalmente más grandes que las formas ovales, sus rendijas son más numerosas y se distribuyen regularmente en el escudo distal.

*Pseudoemiliana lacunosa* (Kamptner, 1963) Gartner, 1969

Lámina I; Figuras 6,7 y 12 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figuras 13-15 (Pozo Ixtal-101).

Placolito elíptico, de tamaño pequeño a medio, circular a subcircular con rendijas en el escudo distal y una área central grande cubierta por una fina malla, generalmente no se preserva, las rendijas producen un contorno rasgado en luz polarizada, el área central aparece oscura (de ahí el nombre, "lacunosa"). Sinónimos: *Emiliana ovata* Bukry, 1973; *Emiliana annula* Bukry, 1975.

Tamaño: 4-7 $\mu$ .

Edad: Plioceno Temprano- Reciente.

Género *Pyrocyclus* Hay & Towe 1962

Género utilizado para "especies" pequeñas con un área central abierta y sin un verdadero escudo desarrollado, son probablemente etapas tempranas de desarrollo y/o especímenes rotos de otros reticulofenestrados.

*Pyrocyclus orangensis* (Bukry, 1971) Backman, 1980

Lámina IV; Figura 8 (Pozo Tunich-1).

Pequeño placolito elíptico con un excepcionalmente alto relieve. En luz polarizada, el cocolito es birrefringente excepto la pequeña área central. Las líneas de extinción son fuertemente curvadas, volviéndose abruptamente difusas en el angosto margen en el perímetro externo, que es ligeramente más brillante que el resto del nanofósil.

Tamaño: 4-6 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío-Mioceno Tardío.

Género *Reticulofenestra* Hay, Moler & Wade 1966

Este género incluye especies con un contorno elíptico a subcircular, un escudo distal ligeramente más grande que el escudo proximal y una pared; un área central atravesada por una red en la base de la pared. La pared solamente alcanza alrededor del nivel de la cresta.

*Reticulofenestra pseudumbilica* (Gartner, 1967) Gartner, 1969

Lámina II; Figuras 13 y 14 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 10 (Pozo Ixtal-101).

Cocolito de tamaño medio, elíptico, collar distal y una abertura central cubierta por una red delicada. El área central permanece oscura en L.P. Formas similares pero más pequeñas están presentes en sedimentos del Plioceno y Pleistoceno. Para propósitos prácticos, el tamaño de *R. pseudumbilica*, es considerado de 7 micras (S. Gartner, 1975).

Tamaño: 7-9 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Plioceno Medio.

*Reticulofenestra umbilica* (Levin, 1965) Martini & Ritzkowski, 1968

Lámina IX; Figura 15 y 16 (Pozo Tunich-1).

Placolito elíptico, muy grande con escudos amplios, collar distal estrecho constituido por elementos irregulares, y un área central cubierta por una delgada malla reticulada con aberturas alargadas. En luz polarizada, el collar y el escudo son fuertemente



birrefringentes, mientras que el área central permanece oscura debido a lo delgado de la malla.

Tamaño: 14-20 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio-Oligoceno Temprano.

Género *Toweius*. Hay & Moler 1967

Cocolitos en los que la estructura del área central está cubierta por una rejilla fina, dentada. Los escudos y la hilera de elementos alrededor del área central son iguales.

*Toweius eminens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971b  
Lámina XII; Figuras 15 y 16 (Pozo Tunich-1).

Placolito casi circular a elíptico, con escudos no birrefringentes y un área central masiva bilaminada altamente birrefringente; tiene cuatro grandes perforaciones en el área central separada por una cruz central.

Tamaño: 9-11 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano.

Familia **RHABDOSPHAERACEAE** (Lemmermann 1908)

Cocolitos con forma de disco, con un borde distintivo, ligeramente elevado. En especies modernas, está formado de dos ciclos de elementos: un ciclo más bajo/interno mostrando fuerte oblicuidad y un ciclo más superior/externo de elementos simples no imbricados (Kleijne, 1992). El ciclo más superior/externo está formado de unidades V, la orientación del ciclo más inferior/interno no es clara. Los ciclos del área central unidades T están bien desarrollados, incluyendo ambos listones radiales y usualmente una espina central o protuberancia (proceso) formada de numerosos elementos pequeños con un arreglo espiral.

Género *Rhabdosphaera* Haeckel 1894

Cocolitos que tienen una base elíptica. Son cocolitos dimórficos con o sin espinas, distribuidas al rededor de la cocosfera.

*Rhabdosphaera clavigera* Murray & Blackman, 1898

Lámina III; Figuras 4 y 5 (Pozo Tunich-1).

Escudo redondo con un ciclo basal sobresaliendo una espina solida de tamaño medio a grande con forma de maso compuesto de elongados elementos verticales.

Tamaño: 6-10 x 4-5 $\mu$ .

Eddad: Plioceno-Reciente.

*Rhabdosphaera solus* Perch-Nielsen, 1971d

Lámina XI; Figura 6 (Pozo Tunich-1).

Base discoidal pequeña, redonda unicíclica con una espina larga, maciza y hueca con forma de maso, que se expande distalmente después disminuye gradualmente a una terminación roma (sin punta).

Tamaño: 5 x 14 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano.

Familia **SYRACOSPHAERACEA** (Lemmermann 1908)

La cocosfera muestra ditecas (dos tecas, una interna y otra externa) y/o cocolitos modificados polarmente. Los cocolitos endotecales (capa interna) son típicos murolitos (cualquier heterococolito con un reborde elevado pero sin escudos bien desarrollados) con la estructura del borde descrita arriba, un ciclo de estructuras bien desarrolladas en el área central, frecuentemente llamado caneolito (murolito endotecal). Cocolitos exotecales son mucho más variables, incluyendo formas discoidales y parecidos a domos llamados cyrtolitos (planolito exotecal o murolito invertido).

Género *Syracosphaera* Lohmann 1902

Lámina I; Figura 15 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 3 (Pozo Ixtal-101).

El cocolito proximal de *Syracosphaera* esta caracterizado por un piso central de elementos arreglados más o menos de manera radial, una pared casi vertical y tres escudos.

Familia ZYGODISCACEAE (Hay & Moler 1967)

Esta familia presenta dos tipos de cocolitos:

A. Borde formado por unidades V y unidades R bien desarrolladas, con dirección de imbricación opuesta.

B. Borde formado por unidades V, las unidades R son vestigiales o ausentes.

Género *Neochiastozygus* Perch-Nielsen 1971

Lámina XI; Figuras 19 y 20; Lámina XIII; Figura 4 (Pozo Tunich-1).

Cocolitos elípticos con dos paredes de elementos inclinados o verticales y una cruz central en forma de X. Los brazos de la estructura central consisten de dos listones paralelos claramente visibles en luz polarizada.

Género *Neococcolithes* Sujkowsky 1931

Este género incluye cocolitos con una pared simple y una cruz central en forma de X o H.

Género *Placozygus* Hoffmann, 1970

Lámina XIII; Figura 3 (Pozo Tunich-1).

Cocolitos que presentan una pared simple constituida de elementos inclinados, con forma de bloques y un puente en I.

Género *Zygodiscus* Bramlette & Sullivan 1961

Lámina XIII; Figuras 17 y 8 (Pozo Tunich-1).

Cocolito con un puente con forma de I que tiene un contorno regular elíptico y dos paredes muy delgadas.

## 2. HOLOCOCOLITOS.

Familia CALYPTROSPHAERACEAE Boudreaux & Hay 1969

Cocolitofóridos de los cuales solo las etapas de un holococolito son conocidas y asignadas a esta familia. La formación del holococolito debe ser un proceso bastante preciso de biomineralización así que estos no son probablemente agrupados polifileticamente. Sin embargo, en evidencias actuales es probable que el holococolito y el heterococolito se formen durante las fases haploide y diploide del ciclo de vida, respectivamente (Manton & Leedale, 1969; Rowson *et al.* 1986; Billard, 1994). Es probable que muchos más taxa de holococolitos tengan heterococolitos equivalentes. Por el momento, de acuerdo a la clasificación de holo- y heterococolitos, estos se deben considerar como diferentes.

Género *Holodiscolithus* Roth 1970

Holodiscolito de forma discoidal con grandes perforaciones, la especie *H. macroporus* ocurre en el Neógeno. Estos no son birrefringentes en nicoles cruzados.

Género *Zygrhablithus* Deflandre 1959

Holodiscolito con una base discoidal, birrefringente en luz polarizada, típicamente compuesto de varios bloques con estrechos bordes mostrando orientación cristalográfica radial.

*Zygrhablithus bijugatus* (Deflandre *in* Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959

Lámina VIII; Figura 16 (Pozo Tunich-1).

Holococolito parecido a un rabdolito de tamaño medio a grande con una base elíptica abierta abarcada por una barra cruzada en forma de X desde la cual se elava un robusta tallo consistiendo de dos partes dividida por una sutura media; birrefringente con la sutura media oscura y brillantes "pies" en el borde marginal.

Tamaño: 5-10 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Mioceno Temprano

### 3. NANOLITOS.

Familia CERATOLITHACEAE (Norris 1965)

Nanolitos con forma de herradura (ceratolitos) compuestos solamente de un único cristal.

Genero *Amaurolithus* Gartner & Bukry 1975

Cocolitos con forma de herradura que no muestran birrefringencia con luz polarizada.

*Amaurolithus tricorniculatus* (Gartner) Gartner & Bukry, 1975

Lámina III; Figura 2 (Pozo Tunich-1).

Forma de herradura ligeramente asimétrica. Uno de los cuernos es largo y comúnmente curvo, el otro es corto y puede o no ser ligeramente curvo. La espina apical se proyecta sobre el lado convexo del arco, casi alineado con el cuerno más corto. Ambos cuernos pueden presentar una quilla. La espina apical es recta o curvada. Ligera o nula birrefringencia, brillante cuando los cuernos presentan una disposición paralela a la dirección de polarización.

Tamaño: 6-22 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Plioceno Temprano.

*Amaurolithus delicatus* Gartner & Bukry, 1975

Lámina II; Figura 20 (Pozo Ixtal-101).

Nanofósil en forma de herradura, delicada y ligeramente asimétrica. Los cuernos son desiguales o casi iguales en longitud y se juntan hacia la abertura de la herradura, el grosor de estos es casi igual, haciéndose más finos hacia las puntas. El arco es casi del mismo grosor que los cuernos, ligeramente curvado pero a veces con una protuberancia pequeña colocada asimétricamente o un "chichón" grande en la parte apical.

Tamaño: 7-10 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Plioceno Temprano.

Genero *Ceratolithus* Kamptner 1950

Cocolitos con forma de herradura los cuales muestran birrefringencia con luz polarizada.

*Ceratolithus simplex* Bukry, 1979

Lámina I; Figura 2 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figura 12 (Pozo Ixtal-101).

*Ceratolithus simplex* es pequeño, liso, simple, con forma de gancho. El arco y los dos cuernos son delgados y casi iguales en diámetro. Ambos cuernos se encuentran en el mismo plano, y son iguales o ligeramente desiguales en longitud. Las ornamentaciones tales como quillas o nódulos están ausentes o son indistintas. En luz polarizada y vista plana, el arco y los cuernos son uniformemente brillantes cuando la bisectriz esta orientada 45° hacia la dirección de la polarización, y oscura cuando se alinea con la dirección de la polarización. Longitud máxima: 8 a 12  $\mu$  (Holotipo 11 $\mu$ ).

Tamaño: 21 $\mu$  (máximo).

Edad: Pleistoceno-Reciente.

*Ceratolithus telesmus* Norris, 1965

Lámina I; Figura 1 y 5 (Pozo Tunich-1); Lámina I; Figura 11 (Pozo Ixtal-101).

Nanofósil ligeramente asimétrico, forma de herradura, con cuernos largos subiguales. Los cuernos se adelgazan uniformemente, casi rectos, y agudamente punteados; pueden

estar doblados cerca de la punta. La longitud de los cuernos es casi el doble del ancho de la herradura. Ambas quillas están presentes, la proximal y distal; la quilla proximal construida de espinas como en *C. cristatus*, la quilla distal es menos estructurada, la región apical es la parte más amplia del ceratolito y tiene una costura o sutura localizada asimétricamente. En la orientación preferida tiene alta birrefringencia en luz polarizada. El mayor brillo es con los cuernos casi a 45° hacia la dirección de polarización, se extingue con cuernos casi paralelos a la dirección de polarización.

Tamaño: 24-26 $\mu$ .

Edad: Pleistoceno-Reciente

*Ceratolithus acutus* Gartner & Bukry, 1974

Lámina II; Figura 18 (Pozo Ixtal-101).

Organismo robusto en forma de herradura. Cuernos iguales o desiguales. Espina apical que termina en un ángulo agudo. Esta estructura apical es casi simétrica y puede poseer un engrosamiento algo descentrado que va desde casi la punta de la estructura apical hacia la curvatura interna. En luz polarizada a 45° presenta alta birrefringencia, y se extingue cuando los cuernos están orientados con la luz de polarización.

Tamaño: cerca de 12 $\mu$ .

Edad: Plioceno Temprano (base).

*Ceratolithus armatus* Müller, 1974

Lámina II; Figura 19 (Pozo Ixtal-101).

Espina apical relativamente estrecha formando ángulo estrecho, cuernos curvados y de longitud desigual. Ambos cuernos se distinguen por una hilera de dientes alargados, con una de las filas extendiéndose hacia el ápice. En luz polarizada, ésta especie muestra una birrefringencia distintiva.

Tamaño: 15-18 $\mu$ .

Edad: Plioceno Temprano.

Familia **DISCOASTERACEAE** (Tan 1927)

Nanolitos discoidales constituidos de 3 a 40 elementos dispuestos radialmente. Cuando el eje C de la calcita esta en posición vertical, los nanolitos aparecen oscuros en luz polarizada. Algunas formas tempranas también incluyen un ciclo de unidades birrefringentes.

Género *Catinaster* Martini & Bramlette 1963

Este género incluye formas parecidas a canastas con rayos, los cuales pueden extenderse más allá del borde externo de la parte central.

*Catinaster mexicanus* Bukry, 1971

Lámina IV; Figuras 13-14 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil parecido a una canasta con seis rayos cortos bifurcados y una prominente estructura central de seis costillas extendiéndose radialmente hacia el perímetro.

Tamaño: 5-8 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío.

*Catinaster calycus* Martini & Bramlette 1963

Lámina IV, Figura 17 y 18 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil relativamente grande con seis delgados rayos, los cuales se extienden más allá del cuerpo principal. Los rayos son rectos en formas tempranas y curvados en formas tardías. Un botón central esta presente en el lado concavo.

Tamaño: 5-13 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío.



*Catinaster coalitus* Martini & Bramlette 1963

Lámina V; Figuras 5-7 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil con forma de canasta con seis rayos en el lado concavo que no se extienden más allá del cuerpo principal. El cuerpo central (canasta) es de contorno circular o hexagonal. Muestra birrefringencia en luz polarizada.

Tamaño: 4-9 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Mioceno Tardío.

Género *Discoaster* Tan 1927

Este género incluye todas las formas con cuerpos relativamente planos, con forma de estrella o roseta.

*Discoaster brouweri* Tan enmed. Bramlette & Riedel, 1954

Lámina II; Figuras 1 y 2 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figuras 4 y 5 (Pozo Ixtal-101).

Discoastérido con 6 brazos (ocasionalmente 5 y raramente 7), alargados, con una punta no bifurcada. Los rayos son más o menos curvos, dando una apariencia de una varilla de sombrilla, con o sin un botón central sobre el lado cóncavo.

Tamaño: 12-15 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Plioceno.

*Discoaster pentaradiatus* Bukry & Percial, 1971

Lámina II; Figuras 3 y 4 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 6 (Pozo Ixtal-101).

Pequeño discoastérido de 5 rayos delgados, con puntas bifurcadas. La bifurcación es delgada y delicada. Esta forma presenta alta birrefringencia en luz polarizada.

Tamaño: varía entre 9-12 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Plioceno (excepto en la cima).

*Discoaster surculus* Martini & Bukry, 1968

Lámina II; Figura 8 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 7 (Pozo Ixtal-101).

Forma constituida por 6 rayos dispuestos simétricamente. Estos son más o menos bifurcados hacia las puntas. En medio de cada bifurcación, éstos presentan una protuberancia o nódulo que puede ser más largo que la bifurcación. Es difícil de distinguir esta especie de *D. pseudovariabilis*.

Tamaño: varía entre 12 y 22 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Plioceno Superior (excepto en la cima).

*Discoaster triradiatus* Tan, 1927

Lámina II; Figura 5 (Pozo Tunich-1).

Discoastérido con 3 rayos cilíndricos, delgados, rectos o ligeramente curvos, encontrándose a 120° en una pequeña área central; brazos estrechándose hacia la punta. Se han observado diferentes variedades.

Tamaño: 12-15 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Plioceno Tardío.

*Discoaster variabilis* Martini & Bramlette, 1963

Lámina II; Figuras 9 y 10 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 8 (Pozo Ixtal-101).

Forma con 5 ó 6 rayos (raramente 3 ó 4). Rayos ligeramente curvos pero menos que en *D. brouweri*. Botón en forma de estrella con las puntas de ésta extendiéndose hacia el margen entre los rayos sobre uno de los lados y a lo largo de la línea media sobre el otro lado (cóncavo). Rayos bifurcados, algunos especimenes tienen una doble bifurcación. En ocasiones se extiende una "red" entre las bifurcaciones.

Tamaño: 7-18 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Plioceno Tardío (excepto en la cima).

*Discoaster tamalis* Kamptner, 1967

Lámina II; Figura 11 (Pozo Tunich-1); Lámina II; Figura 9 (Pozo Ixtal-101).

Discoastérido con 4 rayos, cada uno de  $4.5\mu$  de largo, formando una cruz ortogonal. El ancho de los rayos es de  $1.2\mu$  cerrándose hacia el centro;  $0.5\mu$  en sus puntas. Rayos curvos, formando un arco de  $2.7\mu$  de alto. El lado distal sin rasgos. Suturas no visibles.

Tamaño:  $10-12\mu$ .

Edad: Plioceno Temprano-Plioceno Tardío (excepto en la cima).

*Discoaster quinquaramus* Gartner, 1969

Lámina III; Figuras 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

Discoaster de 5 brazos largos, no bifurcados arreglados simétricamente y una área central ligeramente robusta y un botón central de cinco rayos. Las formas tempranas son difíciles de distinguir del más antiguo *D. berggrenii*.

Tamaño:  $10-12\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío (NN 11).

*Discoaster berggrenii* Bukry, 1971

Lámina III; Figuras 15 y 16 (Pozo Tunich-1).

Forma simétrica de 5 rayos, los cuales se estrechan hacia las puntas, un botón central prominente en forma de estrella. La longitud total de los brazos es casi igual al diámetro del área central. La separación precisa entre *D. berggrenii* y *D. quinquaramus* es difícil de efectuar, en ocasiones, estas dos especies han sido consideradas como sinónimos. El botón del área central bien desarrollado, diferencia a *D. berggrenii* de todas las otras formas de discoastéridos de 5 rayos del Mioceno. La forma más parecida a *D. berggrenii*, pero no relacionada, es *D. mahmoudii* del Paleoceno Tardío.

Tamaño:  $8-13\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío.

*Discoaster hamatus* Martini & Bramlette, 1963

Lámina V; Figuras 13- 16 (Pozo Tunich-1).

Es una forma grande de 5 rayos, con un pequeño botón en el centro. Los rayos son largos, ligeramente curvados, con una punta dirigida hacia un lado, y giran fuertemente en sentido de las manecillas del reloj, presenta un pequeño botón.

Tamaño: 16-25 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Mioceno Tardío.

*Discoaster bollii* Martini & Bramlette, 1963

Lámina V; Figuras 9 y 10 (Pozo Tunich-1).

Discoaster de 6 rayos, raramente 5, relativamente cortos, bifurcándose dentro de pequeñas terminaciones en diferentes planos. Ambos lados de la gran área central tienen un tallo estrellado, uno pequeño, uno largo, un elemento estructural el cual distingue a *D. bollii* de cualquier otra especie similar en apariencia.

Tamaño: 10-14 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Mioceno Tardío.

*Discoaster kugleri* Martini & Bramlette, 1963

Lámina V; Figura 20 (Pozo Tunich-1).

Típicamente tiene 6 rayos cortos regordetes. Ligeras muescas, área central sin un botón central. *D. kugleri* difiere de *D. bollii*, el cual tiene un área relativamente grande central, un botón en ambos lados y rayos cortos bifurcados.

Tamaño: 9-14 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio (NN 7).

*Discoaster calcaris* Gartner, 1967

Lámina IV; Figuras 15 y 16 (Pozo Tunich-1).

Discoaster con un botón central, y generalmente 6 rayos largos, estrechándose ligeramente y bifurcándose de manera asimétrica hacia la punta. La terminación inusual

de los rayos en diferentes planos es lo que diferencia a *D. calcaris* de otras especies de 6 rayos. En *D. neohamatus* las puntas de los rayos se curvean consistentemente en una dirección y no tan abruptamente como en *D. calcaris*.

Tamaño: Aproximadamente 16-20 $\mu$ .

Edad: Mioceno Medio-Mioceno Tardío.

*Discoaster exilis* Martini & Bramlette, 1963

Lámina V; Figura 19 (Pozo Tunich-1).

Está caracterizado por tener 6 rayos, raramente 5 los cuales se estrechan. Las puntas de los rayos tienen una muesca o bifurcación pequeña. El área central caracterizada por un botón en forma de estrella. *D. exilis* varía de *D. variabilis* por sus rayos más delgados y su bifurcación más pequeña.

Tamaño: 15-27 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Mioceno Medio.

*Discoaster tanii ornatus* Bramlette & Wilcoxon, 1967

Lámina IX; Figuras 5 y 6 (Pozo Tunich-1).

Tiene 5 rayos y una muesca conspicua en la punta de los rayos. Los nódulos son más conspicuos o comúnmente aparecen como un par en cada lado de los rayos. El botón central es prominente y puede no estar presente.

Tamaño: 15-18 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Temprano-Oligoceno Medio.

*Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel, 1954

Lámina X; Figura 1 (Pozo Tunich-1).

Discoaster de 6 o 7 rayos, raramente 5 u 8, rectos los cuales están unidos en aproximadamente la mitad de su longitud y estrechándose distalmente hacia las puntas. Un tallo central o botón está presente en uno de los lados. Sus rayos son generalmente más numerosos que los de *D. subladoensis* y están unidos en casi toda su longitud.

Tamaño: 9-13 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio-Eoceno Tardío.

*Discoaster barbadiensis* Tan, 1927, emend. Bramlette & Riedel, 1954

Lámina X; Figura 2 (Pozo Tunich-1).

Forma de roseta con 9-13 (11-18) rayos rectos, redondeados o francamente puntiagudos, unidos a lo largo de la mayor parte de su longitud. Tiene un tallo prominente en su superficie cóncava.

Tamaño: 9-17 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Eoceno Tardío.

*Discoaster lodoensis* Bramlette & Riedel, 1954

Lámina XI; Figura 17 (Pozo Tunich-1).

Discoastérico grande con 6 rayos, en ocasiones de 5 a 7 brazos, curvados, estrechándose hacia la punta, unidos de la mitad a una tercera parte de su longitud. Un botón central esta presente en uno de los lados. En este lado, los rayos se caracterizan por un prominente puente curvo extendiéndose radialmente a lo largo de un lado de los rayos.

Tamaño: 14-24 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano- Eoceno Medio.

*Discoaster kuepperi* Stradner, 1959

Lámina X; Figuras 17-20 (Pozo Tunich-1).

Discoaster en forma de roseta, fuertemente cóncavo-convexo con 8 a 12 rayos ligeramente redondeados o punteados, unidos a lo largo de la mayor parte de su longitud. Tallo prominente en forma de chimenea en la superficie cóncava, extendiéndose más allá del área central. Un pequeño botón está presente en el lado convexo. En vista lateral, este es cóncavo-convexo y el tallo sobresale fuertemente, el

especimen presenta fuerte birrefringencia. Esto permite la identificación incluso de especímenes muy recristalizados.

Tamaño: 7-15 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Eoceno Medio.

*Discoaster multiradiatus* Bramlette & Riedel, 1954

Lámina XII; Figura 18 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil grande en forma de roseta consistiendo de 16 a 35 rayos, unidos en la totalidad de su longitud. El área central es amplia con los vestigios de un tallo o columna, en ocasiones birrefringente, principalmente en formas tempranas. En formas jóvenes, un tallo central, el número de rayos decrece en las formas más jóvenes. Especies sin un botón o tallo central también son encontradas.

Tamaño: 9-20 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío- Eoceno Temprano.

Familia **FASCICULITHACEAE** (Hay & Moler 1967)

Nanolitos cónicos o forma de tapón que consisten de 10 a 30 elementos con forma de cuña dispuestos radialmente. Al parecer distintos ciclos distales se desarrollan en algunas especies pero estos probablemente, están formados por un enroscamiento de los elementos. Se ha sugerido para ser ancestro de la Familia Heliolithaceae (Romein, 1979).

Género *Fasciculithus* Bramlette & Sullivan 1961.

Nanolitos de forma cilíndrica con una columna proximal, un disco o elementos laterales y un cono distal.

*Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler, 1967

Lamina XIII, Figura 5 (Pozo Tunich-1).

Forma pequeña, cilíndrica con un cono angulado bajo en forma de domo y una columna proximal sencilla compuesta de aproximadamente 16 elementos. En luz polarizada, los

especímenes se caracterizan por una línea de extinción que bisecta la longitud de la columna proximal. Sus líneas de extinción se curvean externamente al final del domo.

Tamaño: 4-6 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Medio- Paleoceno Tardío.

*Fasciculithus clinatus* Bukry, 1971

Lamina XIII, Figura 7 (Pozo Tunich-1).

Espécimen pequeño, simple, contorno triangular con la cima ligeramente redondeada y parte inferior plana.

Tamaño: 4-6 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío.

*Fasciculithus bobii* Perch-Nielsen, 1971

Lamina XIII, Figura 6 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil de tamaño medio, columna cuadrada con hileras de depresiones alrededor de la parte superior, la cual es rebasada por una espina apical en forma de cono.

Tamaño: 8-10 $\mu$ /lado.

Edad: Paleoceno Tardío.

*Fasciculithus lillianae* Perch-Nielsen, 1971

Lamina XIII, Figura 10 (Pozo Tunich-1).

Espécimen de tamaño medio, con una base cilíndrica simple destacada por una espina apical aguda.

Tamaño: 6-10 x 7-11 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío.



*Fasciculithus richardii* Perch-Nielsen, 1971

Lamina XIII, Figuras 11 y 12 (Pozo Tunich-1).

*Fasciculithus* de tamaño medio, base cóncava, columna rectangular sobresaliendo distalmente por una espina apical estrecha; columna formada por depresiones dispuestas en hileras verticales y horizontales.

Tamaño: 6-10 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío.

Familia **HELIOLITHACEAE** (Hay & Moler 1967)

Nanolitos discoidales consistiendo de al menos dos ciclos de unidades de cristales sobrepuestos. Posible ancestro de la Familia Discoasteraceae (Romein, 1979).

Género *Heliolithus* Bramlette & Sullivan 1961.

Nanofósiles que consisten de dos o tres ciclos de elementos, todos aparecen brillantes en luz polarizada, lo que puede ser usado como criterio para distinguirlos de *Bomolithus*.

*Heliolithus kleinpellii* Sullivan, 1964

Lamina XIV, Figuras 5 y 9 (Pozo Tunich-1).

Formas grandes, aplanadas con tres ciclos de elementos, el ciclo distal considerablemente más amplio que los otros, raramente observado en vista lateral. La columna central es cóncava y puede tener una estrecha abertura central. Los tres ciclos son altamente birrefringentes en luz polarizada. La columna y el ciclo medio aparecen aún más brillantes que el ciclo distal, el cual es más grande, los tres ciclos presentan un grosor similar. La cruz de extinción es recta y delgada en la parte central, y curvada sobre la mayor parte del heliolito, cubre casi la mitad de cada cuadrante. *H. kleinpellii* es generalmente, el nanofósil más grande en las muestras donde se encuentra.

Tamaño: 10-17 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Medio–Paleoceno Tardío.

Género *Bomolithus* Roth 1973.

Consiste de tres ciclos de elementos, solamente la parte central del nanolito, así como la columna aparecen brillantes en luz polarizada.

*Bomolithus conicus* (Perch-Nielsen, 1971) Perch-Nielsen, 1984

Lamina XIV, Figura 1, 2, y 8 (Pozo Tunich-1).

Bomolito grande constituido de tres ciclos de elementos; con un ciclo distal plano que es más grande que la columna central. La columna incluye un ciclo medio, el cuál es cóncavo y puede tener una estrecha abertura central. La columna central es birrefringente en luz polarizada, mientras que el escudo distal permanece oscuro.

Tamaño: 6- 8 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Medio-Paleoceno Tardío.

Familia LITHOSTROMATIONACEAE (Deflandre 1959)

Nanolitos relativamente grandes (10-20 $\mu$ ), que son similares a los asterolitos; su contorno es triangular, hexagonal o casi circular. Pequeñas depresiones de forma y tamaño diferente, arregladas simetricamente. Son parecidos a placas con rayos y puentes interconectados. Están confinados a áreas epicontinentales. Muestran baja birrefringencia en luz polarizada.

Género *Lithostromation* Deflandre 1942.

Las especies tienen numerosas depresiones circulares con un puente hexagonal circundante, cristales no discernibles y tres formas simétricas (o un múltiplo).

*Lithostromation perdurum* Deflandre, 1942.

Nanofosil constituido de una placa triangular con seis aberturas las cuales lleva en ambos lados un accesorio de tres rayos. Las perforaciones estan separadas por puentes construidos sobre una estructura central parecida a una red en ambos lados de la placa. Cada rayo como puente es amplio y bifurcado.

Tamaño: 12-16 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío.

Familia **SPHENOLITHACEAE** (Deflandre 1952)

Nanolitos con forma cónica consistiendo de varios ciclos de elementos sobrepuestos y dispuestos radialmente. El eje C de los elementos corre a lo largo de su longitud.

Género *Sphenolithus* Deflandre en Grasse 1952.

Son nanolitos con un escudo o columna proximal, uno o varias franjas de elementos laterales y una estructura apical o distal la cual es frecuentemente alargada y algunas veces bifurcada. Estos son determinados en luz polarizada en ángulos de 0° y 45°.

*Sphenolithus abies* Deflandre, 1954.

LAMINA II; Figura 19 y 20 (Pozo Tunich-1); LAMINA II; Figuras 13 y 14 (Pozo Ixtal-101).

Esfenolito con una forma ligeramente cónica. Columna proximal robusta aparentemente indiferenciada del cono, casi una tercera parte de la longitud total; elementos laterales cortos. Parte apical (espina) algo despuntada. Base fuertemente arqueada. En luz polarizada en vista de lado (pseudofigura de interferencia), en 0° la base y los elementos laterales se iluminan hinchándose. En 45° la espina apical es irregular y corta.

Tamaño: 4.8-5 $\mu$  x 3.7-4 $\mu$ .

Edad: Mioceno Tardío-Plioceno Medio.

*Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner) Bramlette & Wilcoxon, 1967

(=*Nannoturbella moriformis* Brönnimann & Stradner, 1960).

Forma bulbosa, con numerosas espinas dispuestas radialmente, un ciclo basal de elementos formados por espinas cortas radiales, no compacta, espina apical. Área proximal ancha. En luz polarizada a 0°, se ilumina completamente, cruz de interferencia mostrando cuatro partes simétricamente distinguibles. A 0° y 45°, *S. moriformis* difiere

de: *S. abies* por carecer de una espina apical notoria. Se parece a *S. grandis* pero este último es más grande.

Tamaño: 4-7  $\mu$  (casi 5 $\mu$ ).

Edad: Eoceno Temprano-Mioceno Tardío.

*Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, 1953

LAMINA VI; Figura 9-12 (Pozo Tunich-1).

Forma grande, piramidal, espina apical larga o corta, elementos basales y laterales más o menos bisectados, caracterizado por una cruz de interferencia en el eje mayor y menor (segmentos proximales ligeramente más grandes).

Tamaño: 9 x 5  $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano- Mioceno Medio.

*Sphenolithus belemnus* Bramlette & Wilcoxon, 1967

LAMINA VII; Figura 9 y 10 (Pozo Tunich-1).

*Sphenolithus* estrecho, forma de dardo con una espina apical larga, punteada y un escudo proximal cóncavo que ocupa casi un tercio de la longitud total. Según lo observado en luz polarizada a 0°, el escudo basal es considerablemente más alto que los elementos laterales.

Tamaño: 9-12 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano.

*Sphenolithus ciperoensis* Bramlette & Wilcoxon, 1967.

LAMINA VIII; Figura 11 y 12 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil pequeño, contorno triangular, parecido a un cohete espacial despegando. Columna proximal más de un tercio de la longitud total, espina apical delgada de dos piezas, ocasionalmente bifurcada con largas extensiones hacia la punta. En luz polarizada en 0°, el escudo proximal es birrefringente y la espina apical es poco visible a 45°. La parte basal a 45° se caracteriza por presentar dos líneas de extinción separadas.

Tamaño: 9-13 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío.

*Sphenolithus distentus* (Martini) Bramlette & Wilcoxon, 1967.

LAMINA VIII; Figura 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

En microscopio electrónico, formas con una base del ciclo proximal, es cilíndrica, constituida por elementos de calcita dispuestos en posición paralela con el eje largo del nanofósil. La parte proximal es ligeramente más ancha que la parte distal. En la parte final del ciclo distal; dos espinas grandes, divergen en un ángulo de casi 90°.

En luz polarizada y con una orientación de 45°, estos nanofósiles presentan fuerte birrefringencia y se diferencian fundamentalmente por la forma en V, que caracteriza a las líneas de extinción entre la parte distal y la parte proximal.

Tamaño: 9-13 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Medio-Oligoceno Tardío.

*Sphenolithus predistentus* Bramlette & Wilcoxon, 1967.

LAMINA VIII; Figura 15 (Pozo Tunich-1).

En microscopio electrónico, esfenolitos con una espina apical larga, plana o ligeramente deprimida en la base, donde se une a un anillo anular simple formado de 10 a 12 espinas laterales. El tronco apical disminuye fuerte y gradualmente en amplitud de la base a la cima y termina en punta o bifurcado. En luz polarizada, la espina apical parece estar formada por unidades coalescentes de calcita de orientación óptica, ligeramente diferente. La línea de extinción entre la parte distal y proximal es recta o casi recta, cuando se observa el nanofósil con una orientación de 45°.

Tamaño: 9-13 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio-Oligoceno Tardío.

*Sphenolithus furcatolithoides* Locker, 1967.

LAMINA X; Figura 9-12 (Pozo Tunich-1).

Espina apical bifurcada cerca de la base, la bifurcación formada por dos delgadas prolongaciones que dan la apariencia de dos "orejas de conejo", las puntas de las "orejas" se pueden extender como espinas largas y delgadas. En luz polarizada a 0°, pseudofigura de interferencia completamente brillante, espina apical bifurcada en dos distintivas ramas; a 45° pequeña columna proximal y elementos laterales.

Tamaño: 3.5-14.5 X 1.5-2.5 $\mu$ .

Edad: Eoceno Medio.

*Sphenolithus spiniger* Bukry, 1971

LAMINA X; Figura 13 y 14 (Pozo Tunich-1).

Nanofósil pequeño con ciclo basal robusto, alargado y una espina apical corta. En L.P. a 45° la espina apical es birrefringente y el ciclo basal se separa en una "V" invertida compuesta de 2 elementos.

Tamaño: 5-6 x 4-5 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano- Eoceno Medio.

Familia **TRIQUETRORHABDULACEAE** (Lipps 1969)

Nanolitos con forma de barra formados de tres láminas (estas pueden llevar puentes subsidiarios). El nanolito entero se comporta como un único cristal, la orientación cristalográfica varía entre géneros.

Género *Triquetrorhabdulus* Martini 1965.

Tiene una sección transversal triradial y lados cóncavos y empieza desde el Oligoceno Tardío hasta el final del Mioceno. Las láminas se arreglan a 120° una de la otra, no curvado, eje c paralelo a la longitud, siempre muestra fuerte birrefringencia.

*Triquetrorhabdulus rugosus* Bramlette & Wilcoxon, 1967.

LAMINA III; Figuras 9 y 12 (Pozo Tunich-1).

Forma grande con la quilla central larga, levemente curvada y alas desiguales con aspecto de plumas en ambos lados, construidas de cintas paralelas casi a 90 grados de la espina, birrefringencia máxima a los 45 grados.

Tamaño: 10-15 $\mu$ .

Edad: Mioceno Temprano-Plioceno Temprano (base).

*Triquetrorhabdulus carinatus* Martini, 1965.

LAMINA V; Figuras 3 y 4 (Pozo Tunich-1).

En M.E., nanolito alargado con terminaciones punteadas o truncadas, visto de la parte final se observan tres barras de las mismas dimensiones con una orientación de 20° entre una y otra. En L.P. y a 45° del plano de polarización presenta fuerte birrefringencia.

Tamaño: 9-15 $\mu$ .

Edad: Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (base).

**Incetae sedis**

Género *Ellipsolithus* Sullivan 1964.

Las especies se caracterizan por su escudo distal brillante cuando se observa en luz polarizada, contorno elíptico y área central alargada. Escudo proximal generalmente interrumpido. Las especies son reconocidas por la organización de sus elementos centrales.

*Ellipsolithus distichus* (Bramlette & Sullivan, 1961) 1964.

Lámina XI, Figura 5 (Pozo Tunich-1)

Tiene una amplia abertura central relativamente más elongado, las aberturas estan radialmente orientadas. La malla del área central esta constituida de 3-7, comunmente 5 barras transversales que sobresalen de una barra y sutura media longitudinal.

Tamaño: 11-14 $\mu$ .

Edad: Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano.

Género *Hayaster* Bukry 1973

Cocolitos con un contorno más o menos circular modificado por ejes periféricos rectos, con contornos triangulares que componen el escudo distal , el cual presenta de 9-13 elementos con rayos angulados; escudo proximal diminuto.

Género *Tribrachiatus* Shamrai 1963.

Este género es utilizado para formas de nanofósiles calcáreos formados por tres brazos del Eoceno. Inicialmente hexaradiados, formados por dos triplete de rayos sobrepuestos. La rotación de los triplete a través de la evolución los ha hecho paralelos dando origen a nanolitos de tres radios con la punta de los rayos bifurcados.

*Tribrachiatus orthostylus* Shamrai 1963.

Lámina XI, Figura12 (Pozo Tunich-1).

Asterolito trirradiado de tamaño medio a grande con cortos rayos, bruscamente terminados con o sin una muesca terminal. Incluye las formas de Tipo A con una ligera bifurcación y las Tipo B sin bifurcación.

Tamaño: 8-13 $\mu$ .

Edad: Eoceno Temprano-Eoceno Medio.



## 6.2. BIOZONAS DE NANOPLANCTON CALCÁREO.

Para una mejor determinación de las edades de los sedimentos se han empleado las biozonas, que en general se puede aplicar a cualquier tipo de unidad bioestratigráfica. La biozona o biozona bioestratigrafica puede variar en espesor y extensión geográfica. Un biohorizonte (evento bioestratigráfico) o biozona es un cambio en las propiedades paleontológicas de un registro estratigráfico el cuál puede ser usado para el propósito de clasificación y correlación (Hedberg, 1980). La propiedad más ampliamente utilizada para definir una biozona son datos de Primera aparición evolutiva y Última aparición evolutiva de los fósiles. Así que, el procedimiento empleado más frecuentemente en bioestratigrafía es compilar datos de presencia y ausencia de especies fósiles índice (Fornaciari E. y Río D., 1996). En el presente trabajo se utilizó la biozonación de Martini (1971), el cual utiliza las abreviaturas NN y NP (nanoplancton del Neógeno y Nanoplancton del Paleógeno, respectivamente) y un código numérico para las biozonas.

En este estudio se identificaron las biozonas del Terciario que se encuentran descritas en Perch-Nielsen (1985) (ver anexo), para lo cual se utilizaron las extinciones evolutivas o ultima aparición de los nanofósiles y ocasionalmente la aparición evolutiva o primeras apariciones. Con lo que respecta a las biozonas para el nanoplancton en este trabajo se determinaron 20 biozonas; 19 de ellas en el Pozo **Tunich-1** (ver Figura 4 y 5) y 3 en el Pozo **Ixtal-101** (ver Figura 6), las cuales se describirán en el sentido evolutivo de las especies, es decir de los sedimentos más antiguos a los más recientes.

Las biozonas determinadas son las de: *Discoaster multiradiatus* (NP 9), *Discoaster subloadoensis* (NP14), *Nannotetrina fulgens* (NP15), *Chiasmolithus oamaruensis* (NP18), *Sphenolithus predistentus* (NP23), *Sphenolithus distentus* (NP 24), *Sphenolithus ciperoensis* (NP 25), *Triquetrorhabdulus carinatus* (NN1), *Helicosphaera ampliapertura* (NN 4), *Sphenolithus heteromorphus* (NN 5), *Discoaster kugleri* (NN 7), *Discoaster hamatus* (NN 9), *Discoaster quinqueramus* (NN 11), *Amaurolithus tricorniculatus* (NN 12), *Discoaster asymmetricus* (NN





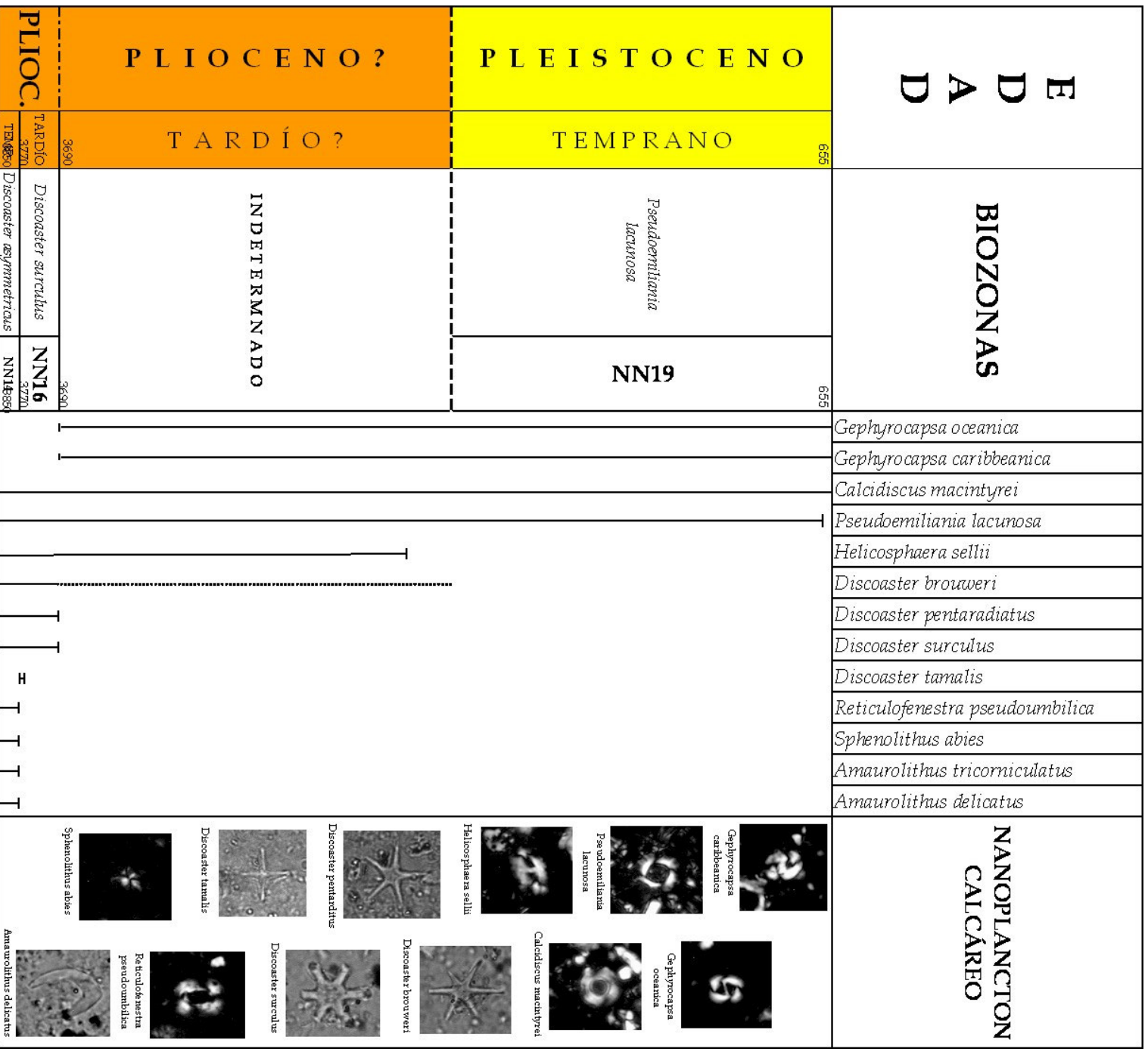


FIGURA 6.- Distribución Bioestratigráfica de las especies índice del Neógeno de Nanoplancton Calcáreo del Pozo Ixtal-101.

A continuación se describen de lo más antiguo a lo más reciente, las biozonas determinadas en los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**. En algunas ocasiones no se utilizó a los fósiles índice que determinan estas biozonas por lo que se emplearon otros nanofósiles para determinarlas. Las asociaciones encontradas en estas biozonas están representadas en los cuadros de distribución 1 y 2.

### **Biozona de *Discoaster multiradiatus* (NP 9)**

Esta definida en su límite inferior por la primera aparición de *Discoaster multiradiatus* y en su cima por la primera aparición de *Tribrachiatus bramlettei* (NP 9) o *Discoaster diastypus* (CP 8).

**Autores:** Bramlette & Sullivan (1961) emend. Martini (1971) y Bukry & Bramlette (1970)

**Edad:** Paleoceno Tardío (Thanetiano, Selandiano)

**Asociación encontrada:** En este trabajo se observaron a *Discoaster multiradiatus*, *Fasciculithus tympaniformis*, *F. clinatus*, *F. lillianae*, *F. bobii*, *F. richardi*, *F. alani*, *F. involutus*, *F. schaubii*, *Heliolithus kleinpellii*, *H. cantabriae*, *Bomolithus elegans*, *Biantolithus sparsus*, *Markalius inversus* *M. apertus*, *Zygodiscus sigmoides*, *Z. plectopons*, *Chiasmolithus primus*, *Ch. bidens*, *Cruciplacolithus tenuis*, *Toweius emines*, *Sphenolithus anarrophus*, *Ellipsolithus distichus*.

**Observaciones:** El límite Paleoceno/Eoceno se establece con esta Biozona NP 9, la cual, se propone de los 3300m a los 3205m de profundidad en el Pozo **Tunich-1**, por la extinción evolutiva o primera aparición en sentido de perforación de *Fasciculithus tympaniformis*, así como otras especies de fasciculitos. En esta parte los fasciculitos y heliolitos (estos fósiles no se encuentran en la cima) desaparecen de forma simultánea, por lo que se puede inferir que existe una pequeña discontinuidad estratigráfica en la parte superior del Paleoceno Tardío en el Pozo **Tunich-1**. Se encontraron abundantes nanofósiles bien conservados en ésta biozona.

**Correlación:** Esta biozona se puede correlacionar con la Biozona CP8 de *D. multiradiatus*, esta tiene dos divisiones: las subzonas CP 8a, *Chiasmolithus bidens*, y CP 8b, *Campylosphaera eodela* de Okada & Bukry (1980).

En el Eoceno Temprano no se pudieron diferenciar las biozonas NP 13, NP 12, NP 11 y NP 10, ya que se encontraron mezclados los nanofósiles de estas cuatro biozonas en esta edad (ver Cuadro 1). Por lo que el intervalo de la muestra 3165m a la 3105m, se le asigna una edad del Eoceno Temprano por la asociación de *Discoaster kuepperii*, *D. lodoensis*, *D. distinctus*, *D. multiraditus*, *D. binodosus*, *Tribrachiatum orthostylus*, *Sphenolithus anarrophus*, *S. editus*, *S. radians*, *S. conspicuus*, *Campylosphaera dela*, *Markaliu inversus*, *Zygrablithus bijugatus*, *Rhabdosphaera creber*, *R. truncata*, *R. solus*, *Lophadolithus reniformis*. Los sedimentos contienen escasos nanofósiles aunque están bien conservados. En estos sedimentos no se observó la presencia de *Discoaster sublodoensis*, lo que nos indicaría que estamos en la parte inferior o base del Eoceno Medio.

#### **Biozona de *Discoaster sublodoensis* (NP 14)**

Esta definida en su límite inferior por la primera aparición de *Discoaster sublodoensis* y en su cima por la primera aparición de *Nannotetrina fulgens* (NP 14) y/o la última aparición de *Rhabdosphaera inflata* (CP 12).

**Autores:** Hay (1964) y Bukry (1973a)

**Edad:** Eoceno Medio

**Asociación encontrada:** Se encontró la presencia en la base de *Discoaster sublodoensis* además de *D. kuepperi*, *D. lodoensis*, *D. mirus*, *D. deflandrei*, *D. barbadiensis*, *Zygrablithus bijugatus*, *Chiasmolithus consuetus*, *Markalius inversus*, *Sphenolithus predistentus*, *S. radians*, *Helicosphaera lophota*, *Campylosphaera dela*, *Rhabdosphaera pinguis*.

**Observaciones:** El límite Eoceno Temprano/Eoceno Medio se estableció con esta Biozona NP 14, ya que es la primer biozona del Eoceno Medio y se determinó en el Pozo **Tunich-1** a la profundidad de 3090m a 3070m; por la aparición evolutiva de *Discoaster*

*sublodoensis* y su cima por la aparición de *Sphenolithus furcatolithoides* y *S. spiniger*. Además la asociación de *Rhabdosphaera truncata*, *Lophodolitus reniformis*, *Tribrachiatus orthostylus* y *Rhabdosphaera solus* que extinguen en sentido evolutivo a los 3105m. Los nannofósiles se encontraron de manera abundante y con buen grado de conservación.

**Correlación:** Con la Biozona de *Discoaster sublodoensis* CP 12 de Okada & Bukry (1980), con una diferente definición de la cima de la biozona, donde utilizan la última aparición de *Rhabdosphaera inflata* como un marcador sustituto.

### **Biozona de *Nannotetrina fulgens* (NP 15)**

Definida en su límite inferior por la primera aparición de *Nannotetrina fulgens* y en su cima por la última aparición de *Rhabdolitus gladius* (límite inferior por la primera aparición de *Nannotetrina quadrata* o la última aparición de *Rhabdosphaera inflata* y su cima por la primera aparición de *Reticulofenestra umbilica* o la primera aparición de *Discoaster bifax* para la CP 13, Biozona de *Nannotetrina quadrata*).

**Autores:** Hay en Hay et al. (1967), emend. Martini (1970a) y Bukry (1973a)

**Edad:** Eoceno Medio

**Asociación encontrada:** Se encontró a *Sphenolithus furcatolithoides*, *S. spiniger*, *S. radians*, *Zygrabolithus bijugatus*, *Chiasmolithus grandis*, *Ch. consuetus*, *Micracantolithus angulosus*, *Ericsonia formosa*, *E. obruta*, *Calcidiscus protoannulus*, *Helicosphaera heezenii*, *Discoaster tanii nodifer*, *D. barbadiensis*, *D. deflandrei*, *Campylosphaera dela*.

**Observaciones:** La Biozona NP 15 se determinó de los 3040m a los 2970m de profundidad en el Pozo **Tunich-1**. A los 2970m se extinguen al mismo tiempo *S. furcatolithoides* y *S. spiniger*, por lo que se considera que probablemente exista una discontinuidad estratigráfica en este nivel, ya que *S. spiniger* se extingue antes que *S. furcatolithoides*; estos nanofósiles sólo se encuentran juntos en la Biozona NP 15.

**Correlación:** Con la Biozona de *Nannotetrina quadrata* CP 13 de Okada & Bukry; los marcadores del límite inferior de la NP 15 y CP 13 son posiblemente sinónimos o están relacionados (*N. fulgens* y *N. quadrata*) y por lo tanto son equivalentes; pero los

marcadores de la cima son distintos. Tres subdivisiones de la CP 13 son utilizadas empleando el rango de *Chiasmolithus gigas* (CP 13a, CP 13b y CP 13c).

### **Biozona de *Chiasmolithus oamaruensis* (NP 18)**

Se define en su límite inferior por la primera aparición de *Chiasmolithus oamaruensis* y su cima por la primera aparición de *Isthmolithus recurvus*.

**Autor:** Martini (1970a)

**Edad:** Eoceno Tardío

**Asociación encontrada:** En este intervalo se observó a *Discoaster saipanensis* y *D. barbadiensis* junto con *Cribrocentrum reticulatum*, además *Reticulofenestra umbilica*, *Calcidiscus protoannulus*, *Ericsonia obruta*, *Sphenolithus obtusus*, *S. predistentus*, *S. pseudoradians*, *D. tanii*, *D. tanii nodifer*, *Ericsonia formosa* y *Reticulofenestra umbilica*.

**Observaciones:** A pesar de que La biozona NP 18 es la primera biozona del Eoceno Tardío de las tres que existen, se utilizó para establecer el límite con el Oligoceno ya que se consideró que las otras dos restantes (NP19 y NP20) no se encuentran presentes en el pozo. Se determinó esta biozona de los 2960m a 2900m de profundidad en Pozo **Tunich-1**. La desaparición simultánea de *R. umbilica* (NP22) y *E. formosa* (NP21) nanofósiles del Oligoceno Temprano junto con *D. barbadiensis* (NP20), *D. saipanensis* (NP20) y *Cr. reticulatum* (NP19 parte media) que pertenecen al Eoceno Tardío permiten proponer una discontinuidad, es decir la cima del Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano están ausentes en el Pozo **Tunich-1**. Además no se encuentra la presencia del nanofósil de la cima del Eoceno Tardío/Oligoceno Temprano: *Isthmolithus recurvus* (NP 19- NP 22); y por otro lado si encontramos a *Sphenolithus obtusus* (NP18) nanofósil que se extingue evolutivamente en esta biozona.

**Correlación:** Con la Subzona de *Chiasmolithus oamaruensis* CP 15a, de Okada & Bukry (1980), la cual diferente de la NP 18 por la definición del límite inferior de la subzona: que se establece por la última aparición de *C. grandis* o la primera aparición de *C. oamaruensis* y su cima con la primera aparición de *I. recurvus*.



### **Biozona de *Sphenolithus predistentus* (NP 23)**

Esta definida en su límite inferior por la última aparición de *Reticulofenestra umbilica* y en su cima por la primera aparición de *Sphenolithus ciperoensis*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967), emend. Martini (1970a)

**Edad:** Oligoceno Medio (Rupeliano)

**Asociación encontrada:** *Sphenolithus predistentus*, *S. distentus*, *S. moriformis*, *Discoaster tanii*, *D. tanii ornatus*, *D. tanii nodifer*, *D. deflandrei*, *Helicosphaera paralela*, *H. compacta*, *H. perch-nielseniae*, *Dictyococcites bisectus*, *Cyclicargolithus floridanus "A"*, *C. floridanus "B"*, *Zygrabolithus bijugatus*, *Ericsonia obruta* e *Ilseolithina fusa*.

**Observaciones:** El Oligoceno medio está representado únicamente por la Biozona NP 23 la cuál se identificó a la profundidad de 2880m a los 2815m en el Pozo **Tunich-1**. No se empleo el nanofósil índice *Sphenolithus predistentus* para establecer la cima de esta biozona, debido a los problemas taxonómicos que se presentan entre *S. predistentus* y *S. distentus*. Por lo que se determinó principalmente por la presencia de *D. tanii nodifer* y *D. tanii*, cuya extinción evolutiva ocurre en esta biozona y la aparición evolutiva de *Cyclicargolithus abisectus* en la cima.

**Correlación:** La Biozona NP23 se correlaciona con las biozonas de *Sphenolithus predistentus* CP 17 y *Sphenolithus distentus* CP 18, de Okada & Bukry (1980), que se definen de la siguiente manera: la CP 17 en su límite inferior por la última aparición de *R. hillae* o la última aparición de *R. umbilica* y su cima por la primera aparición de *S. distentus*; y la CP 18 su límite inferior se define por la primera aparición de *S. distentus* y su cima por la primera aparición de *S. ciperoensis*. La primera aparición de *Cyclicargolithus abisectus* fue utilizada por Müller (1976) como un sustituto de la primera aparición de *S. ciperoensis* en secciones de latitudes medias y altas.

### **Biozona de *Sphenolithus distentus* (NP 24)**

Se define en su límite inferior por la primera aparición de *Sphenolithus ciperoensis* y en su cima por la última aparición de *Sphenolithus distentus*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967)

**Edad:** Oligoceno Tardío

**Asociación encontrada:** Se observó a *Sphenolithus distentus*, *S. predistentus*, *S. ciperoensis*, *S. pseudoradians*, *S. dissimilis*, *Helicosphaera recta*, *H. perch-nielseniae*, *H. parallela*, *Zygabllithus bijugatus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *C. floridanus "A"* y *C. floridanus "B"*.

**Observaciones:** El límite Oligoceno Medio/Oligoceno Tardío se encuentra con esta Biozona NP 24 la cual se determinó a la profundidad de 2805m a 2790m en el Pozo **Tunich-1**. Con la extinción evolutiva de *Cyclicargolithus abisectus* se determinó la base de la biozona. En la cima de ésta se observó la extinción simultáneamente *S. distentus* y *S. predistentus*, como ya se había mencionado anteriormente estas dos especies son difíciles de distinguir una de otra; por lo que se utilizó a *S. distentus* para establecer la cima. Para aproximar los límites de esta biozona también se utilizó la extinción evolutiva de *Helicosphaera compacta* y la presencia de *Sphenolithus pseudoradians* y *H. perch-nielseniae*. En estos sedimentos los nanofósiles están bien conservados y son abundantes, principalmente *C. floridanus "A"* y *C. floridanus "B"*.

**Correlación:** Okada & Bukry (1980) dividen la Biozona CP 19 en dos subzonas, la CP 19a y CP 19b. Por lo tanto la Biozona NP 24 se correlaciona con la Subzona de *Cyclicargolithus floridanus*, CP 19a.

### **Biozona de *Sphenolithus ciperensis* (NP 25)**

Definida en su límite inferior por la primera aparición de *Sphenolithus distentus* y en su cima por la última aparición de *Sphenolithus ciperensis*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967), emend. Martini (1976)

**Edad:** Oligoceno Tardío

**Asociación encontrada:** Aquí se encontró a *Sphenolithus ciperensis*, *S. delphix*, *S. disbelemnus*, *S. dissimilis*, *S. conicus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *C. floridanus "A"*, *C. floridanus "B"*, *C. floridanus "C"*, *Dictyococcites bisectus*, *Helicosphaera parallela*, *H. recta*, *H. obliqua*, *Discoaster deflandrei*, *Ericsonia obruta*, *Coccolithus miopelagicus*, *Pyrocyclus orangensis*, *Ilseolithina fusa*, *Triquetrorhabdulus carinatus*, *T.challengerii* y *Zygrabolithus bijugatus*.

**Observaciones:** La Biozona NP 25 es la segunda biozona del Oligoceno Tardío y establece el límite con el Mioceno Temprano, se encontró presente en el Pozo **Tunich-1** en la profundidad 2770m a 2750m. Se utilizó la extinción evolutiva de *Sphenolithus ciperensis* para establecer la cima. *Cyclicargolithus floridanus "A"* y *C. floridanus "B"* continúan siendo los nannofósiles más abundante.

**Correlación:** La Biozona NP25 se correlaciona con la Subzona de *Dictyococcites bisectus*, CN 19b, de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona de *Triquetrorhabdulus carinatus* (NN 1)**

Esta definida en su límite inferior por la última aparición de *Sphenolithus ciperensis* y su cima por la primera aparición de *Discoaster drugii*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967), emend. Martini & Worsley (1970)

**Edad:** Mioceno Temprano y/o Oligoceno Tardío

**Asociación encontrada:** Se observaron los siguientes nanofósiles *Helicosphaera recta*, *H. mediterranea*, *H. scisura*, *H. parallela*, *H. obliqua*, *H. ampliapertura*, *Sphenolithus belemnus*, *S. delphix*, *S. conicus*, *S. disbelemnus*, *S. capricornutus*, *S. moriformis*, *S. dissimilis*, *Ericsonia*

*obruta*, *Ilseolithina fusa*, *Discoaster calculosus*, *D. deflandrei*, *Triquetrorhabdulus carinatus*, *T. challengerii*, *Cyclicargolithus abisectus*, *C. floridanus "A"*, *C. floridanus "B"*, *C. floridanus "C"*, *Coronocyclus nitescens*, y *Pontosphaera multipora*.

**Observaciones:** La Biozona NN1 es la primera biozona del Mioceno Temprano, se determinó en la profundidad de 2710m a la de 2640m en el Pozo **Tunich-1**. Se estableció por la extinción evolutiva de *Sphenolithus delphix* y *Helicosphaera recta* así como la presencia de *Triquetrorhabdulus carinatus*, *Discoaster calculosus*, *S. conicus* y *S. capricornutus*. Los nanofósiles son abundantes principalmente *S. delphix* y *S. belemnus*. Por otro lado, se considera que existe una discontinuidad estratigráfica debido a que *S. belemnus* cuya extinción evolutiva nos indica la cima de la Biozona NN 3, en el Pozo **Tunich-1** aparece de manera simultánea con *S. delphix* y nanofósiles de la Biozona NN1. Esta asociación de *S. delphix* y *S. belemnus* se da en la Biozona NN 1, por lo que se considera que faltarían las biozonas NN 2 y NN 3.

**Correlación:** La Biozona NN1 se correlaciona con la Biozona CP 1 de Okada y Bukry (1980) la cual dividen en dos subzonas, la Subzona de *Cyclicargolithus abisectus* CN 1a y la Subzona de *Discoaster deflandrei* CN 1b.

#### **Biozona de *Helicosphaera ampliaperta* (NN 4)**

Se define en su límite inferior por la última aparición de *Sphenolithus belemnus* y su cima por la última aparición de *Helicosphaera ampliaperta*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967), emend. Martini (1971)

**Edad:** Mioceno Temprano; parte más inferior del Langiano

**Asociación encontrada:** Se observó la presencia de *Helicosphaera ampliaperta*, *H. parallela*, *H. scisura*, *H. obliqua*, *Sphenolithus heteromorphus*, *S. dissimilis*, *S. moriformis*, *Cyclicargolithus floridanus "A"*, *C. floridanus "B"*, *C. floridanus "C"*, *Coronocyclus nitescens*, *Discoaster deflandrei*, *Ilseolithina fusa*, *Pontosphaera multipora* y *Calcidiscus premacintyreii*.

**Observaciones:** La Biozona NN 4 se determinó de la profundidad 2595m a los 2585m en el Pozo **Tunich-1**. Se estableció por la extinción evolutiva en la cima de *Helicosphaera*

*ampliaperta* y su base por la presencia *S. delphix*. Además la extinción evolutiva de *H. scisura* y *H. obliqua* ocurre en la cima de esta biozona. Se observaron nanofósiles bien conservados y abundantes principalmente *Sphenolithus dissimilis*.

**Correlación:** La Biozona de *H. ampliaperta* de Bukry (1975) y la Biozona CN 3 de Okada & Bukry (1980) no son exactamente correlacionables con la Biozona NN 4. La Biozona CN 3 de Okada & Bukry está definida en su límite inferior por la primera aparición de *Sphenolithus heteromorphus* (o la última aparición de *S. belemnos* en Bukry, 1973a) y su cima por la primera aparición de *Calcidiscus macintyreii* o el fin del acmé de *Discoaster deflandrei* (o la última aparición de *H. ampliaperta* en Bukry, 1973a).

### **Biozona de *Sphenolithus heteromorphus* (NN 5)**

Esta definida en su límite inferior por la última aparición de *Helicosphaera ampliaperta* y su cima por la última aparición de *Sphenolithus heteromorphus*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967)

Edad: Mioceno Temprano/Medio

**Asociación encontrada:** Se observó principalmente a *Sphenolithus heteromorphus*, otros nanofósiles encontrados fueron *S. moriformis*, *Discoaster variabilis*, *D. exilis*, *D. micros*, *D. deflandrei*, *Coccolithus miopelagicus*, *Helicosphaera californica*, *H. kamptneri*, *Cyclicargolithus floridanus* "A", *C. floridanus* "B", *C. floridanus* "C", *Coronocyclus nitescens*, *Calcidiscus premacintyreii*, *Pyrocyclus orangensis*, *Pontosphaera multipora* y *Hayaster perplexus*.

**Observaciones:** En el Pozo **Tunich-1**, se determinó la Biozona NN 5 en la profundidad de 2570m a 2450m. Esta biozona se encuentra entre el Mioceno Temprano/Mioceno Medio, por lo que es difícil asignarle una edad de manera definitiva; por tal motivo se decidió asignarle en este trabajo una edad de Mioceno Temprano debido a que, en la extinción evolutiva del nanofósil se presenta con una gran abundancia (ver cuadro 1) lo que nos indicaría que no es su extinción, ya que no se observa de manera gradual. En esta biozona se observa una gran abundancia de *S. heteromorphus*, por lo que se propone que existe una discontinuidad estratigráfica en el límite superior de esta biozona, ya que

posteriormente a la extinción evolutiva del fósil nominal se encuentran en la siguiente muestra fósiles pertenecientes a biozonas más recientes (NN7).

**Correlación:** La Biozona de *Sphenolithus heteromorphus* CN 4 de Okada & Bukry (1980) no es exactamente correlacionable con la NN 5.

### **Biozona de *Discoaster kugleri* (NN 7)**

Esta definida en su límite inferior por la primera aparición de *Discoaster kugleri* y/o la última de *Cyclicargolithus floridanus* (CN5) y su cima por la primera aparición de *Catinaster coalitus*.

**Autores:** Bramlette & Wilcoxon (1967) enemed. Martini (1971)

Edad: Mioceno Medio

**Asociación encontrada:** Principalmente *Discoaster kuglerii* además *D. subsurculus*, *D. deflandrei*, *D. wisei*, *D. variabilis*, *D. exilis*, *D. micros*, *Coccolithus miopelagicus*, *Helicosphaera burkey*, *H. kamptneri*, *Cyclicargolithus floridanus* "A", *C. floridanus* "B", *C. floridanus* "C", *Coronocyclus nitescens*, *Calcidiscus premacintyreii*, *Pyrocyclus orangensis* y *Pontosphaera multipora*.

**Observaciones:** En el Pozo **Tunich-1**, se determinó el límite entre Mioceno Temprano/Mioceno Medio a los 2520m con la Biozona NN 7 que se encuentra a la profundidad de 2520m a 2450m. esto por la extinción evolutiva de *Discoaster kugleri*. en la cima. Esta biozona es la única del Mioceno Medio (parte de la NN5, NN6, NN7, NN8 y parte de la NN9) que se pudo determinar. Se propone que existe una discontinuidad estratigráfica en el límite superior de esta biozona, ya que posteriormente a la extinción evolutiva de *Discoaster kugleri* se encuentran en la siguiente muestra fósiles pertenecientes a biozonas más recientes (NN9). El contenido de nanofósiles fue abundante y se encontraba bien conservado.

**Correlación:** La Biozona de *Discoaster kugleri* NN7 se correlaciona con la parte superior de la Biozona de *Discoaster exilis*, la Subzona de *Discoaster kugleri* (CN5b) de Okada &

Bukry (1980). Y con la parte más inferior de la Biozona de *Discoaster variabilis* en áreas templadas Bukry (1973a).

### **Biozona de *Discoaster hamatus* (NN 9)**

Esta definida en su límite inferior y su cima por la primera y última aparición de *Discoaster hamatus* (es decir corresponde al rango total del fósil nominal).

Autores: Bramlette & Wilcoxon (1967), emend. Martini (1971)

**Edad:** Mioceno Medio/Tardío

**Asociación encontrada:** *Discoaster hamatus*, *D. bollii*, *D. neohamatus*, *D. calcaris*, *D. variabilis*, *D. challengerii*, *D. neohamatus*, *D. brouweri*, *Helicosphaera stalis*, *H. kamptneri*, *H. paleocartieri*, *Catinaster coalitus*, *C. mexicanus*, *D. exilis*, *D. petaliformis*, *Calcidiscus macintyreii*, *C. leptoporus*, *Cyclicargolithus floridanus* "A", *Coronocyclus nitescens*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *R. gelida*, *Sphenolithus moriformis*, *S. abies*, *Umbilicosphaera cricota*, *U. sibogae*, *Pontosphaera multipora*, *Pyrocyclus hermosus*, *Triquetrorhabdulus rugosus* y *Coccolithus miopelagicus*.

**Observaciones:** El límite Mioceno Medio/Mioceno Temprano se estableció con la Biozona NN 9 que se determinó de los 2520m a los 2420m de profundidad en el Pozo

**Tunich-1.** En esta biozona se encontraron abundantes nanofósiles, principalmente discoastéridos: *D hamatus*, *D. bollii* y *D. variabilis*, así como variantes de *D. bollii* y *D. challengerii*. Esta biozona presenta un problema similar a de la Biozona NN5, ya que se encuentra entre dos edades (Mioceno Medio/Mioceno Tardío); por lo que para fines prácticos en este trabajo se le asignó una edad de Mioceno Tardío. Se considera que existe una discontinuidad estratigráfica, debido a que después de la extinción del fósil nominal de esta biozona, se encuentra al fósil índice de la Biozona NN 11 así como la asociación de esa biozona.

**Correlación:** La Biozona NN9 se correlaciona con la Biozona de *Discoaster hamatus* CN 7 de Okada & Bukry (1980) y con la parte media de la Biozona de *Discoaster variabilis* de Bukry (1973a) para áreas templadas.

### **Biozona de *Discoaster quinqueramus* (NN 11)**

Se define en su límite inferior y su cima por la primera y última aparición de *Discoaster quinqueramus* (NN 11) es decir corresponde al rango total del fósil nominal. Para Okada y Bukry (1980) su límite inferior se define por la primera aparición de *Discoaster berggrenii* y/o la primera aparición de *Discoaster surculus* y su cima por la última aparición de *Discoaster quinqueramus* (CN 9).

**Autor:** Gartner (1969c), emend. Martini (1971)

**Edad:** Mioceno Tardío

**Asociación encontrada:** Nanofósiles principales *Discoaster quinqueramus* y *D. berggrenii* asociados con *D. brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. shafferi*, *D. surculus*, *D. challengerii*, *D. bollii*, *Ceratolithus armatus*, *Triquetrorhabdulus rugosus*, *Calcidiscus macintyreii*, *C. leptoporus*, *Helicosphaera kamptneri*, *H. sellii*, *H. paleocartieri*, *Reticulofenestra pseudumbilica*, *R. amplus*, *R. gelida*, *Sphenolithus abies*, *S. moriformis*, *Pyrocyclus hermosus*, *P. inversus*, *Rhabdosphaera procera*, *Amaurolithus delicatus*, *A. tricorniculatus*, *U. cricota*, *Catinaster coalitus*, y *C. mexicanus*.

**Observaciones:** El límite entre el Mioceno Tardío y Plioceno Temprano se estableció con esta Biozona NN 11, que se encontró de los 2410m a los 2275m en el Pozo **Tunich-1**. Encontrándose representada por la extinción evolutiva de *D. quinqueramus* y *D. berggrenii*, presentando en su cima una pequeña discontinuidad estratigráfica ya que *Triquetrorhabdulus rugosus* nanofósil de la base del Plioceno Temprano aparece en forma simultánea con las dos especies mencionadas. En estos sedimentos se observa un aumento en el tamaño de *Reticulofenestra pseudumbilica* (>7 $\mu$ ), con respecto a las formas del Plioceno Temprano.

**Correlación:** La Biozona NN11 se correlaciona casi exactamente con la Biozona de *Discoaster quinqueramus* (CN 9) de Okada & Bukry (1980) y con la mayor parte de la Biozona de *Discoaster mendomobensis* de Bukry (1973a, emend. 1981b) para áreas templadas.



### **Biozona de *Amaurolithus tricorniculatus* (NN 12)**

Esta definida en su límite inferior por la última aparición de *Discoaster quinqueramus* y su cima por la primera aparición de *Ceratolithus rugosus* y/o la última aparición de *Ceratolithus acutus*.

**Autor:** Gartner (1969c), emend. Martini (1971)

**Edad:** Mioceno Tardío/Plioceno Temprano

**Asociación encontrada:** *Amaurolithus tricorniculatus*, *A. delicatus*, *Ceratolithus acutus*, *C. armatus*, *Discoaster blackstockae*, *D. variabilis*, *D. challengerii*, *D. triradiatus*, *D. surculus*, *D. asymmetricus*, *Reticulofenestra gelida*, *Calcidiscus macintyreii*, *C. leptoporus*, *Helicosphaera kamptneri*, *H. sellii*, *Pyrocyclus hermosus*, *P. inversus*, *Rhabdosphaera procera*, *Umbilicosphaera cricota* y *U. sibogae*.

**Observaciones:** La Biozona NN 12, se determinó en el Pozo **Tunich-1** a la profundidad de 2240m a 2200m. Para fines prácticos esta biozona se le asignó una edad de Plioceno Temprano. En esta biozona se encuentran abundantes ejemplares de *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Sphenolithus abies*, *Discoaster brouweri* y *D. pentaradiatus*. En la cima de la biozona se extinguen evolutivamente *Amaurolithus tricorniculatus* *Ceratolithus acutus* y *C. armatus* de manera simultanea, consecuentemente es probable que exista una discontinuidad estratigráfica en esta parte de la columna ya que *A. tricorniculatus* se extingue evolutivamente en la Biozona NN14, y *Ceratolithus acutus* y *C. armatus* son nanofósiles de la base del Plioceno Temprano NN12.

**Correlación:** La Biozona NN12 se correlaciona con la parte baja (CN 10a) y media (CN 10b) de la Subzona de *Amaurolithus tricorniculatus* (CN 10) de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona de *Discoaster asymmetricus* (NN 14)**

Se define en su límite inferior por la primera aparición de *Discoaster asymmetricus* a la última aparición de *Amaurolithus tricorniculatus*.

**Autor:** Gartner (1969c)

**Edad:** Plioceno Temprano (Zancleano)

**Asociación:** *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *R. amplus*, *Sphenolithus abies*, *Discoaster brouweri*, *D. variabilis*, *D. surculus*, *D. pentaradiatus*, *Amaurolithus tricorniculatus*, *Amaurolithus sp*, *Ceratolithus acutus* *C. armatus* y *C. cristatus*.

**Observaciones:** La Biozona NN 14 se determinó en el Pozo **Ixtal-101**, entre la profundidad 3850m y 3770m. La extinción evolutiva de *Amaurolithus tricorniculatus* nos indica la cima de esta biozona. Además en esta cima se extinguen de forma simultánea de *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Sphenolithus abies*, y *A. delicatus* lo que nos indicaría una discontinuidad, ya que los dos primeros nanofósiles son índice de la Biozona NN15. En estos sedimentos se observaron abundantes nanofósiles bien conservados. Esta biozona no se identificó en el Pozo **Tunich-1**. Cabe mencionar que esta biozona es la única que se encontró del Plioceno Temprano en el Pozo **Ixtal-101**.

**Correlación:** La Biozona NN14 se correlaciona con la parte superior de la Subzona de *Ceratolithus rugosus* (CN 10c) de Okada y Bukry (1980), donde la cima esta definida por la última aparición de *A. tricorniculatus* y/o la última aparición de *A. primus*; y también con la Subzona de *A. delicatus* (CN 10d) de Bukry (1981b).

### **Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (NN 15)**

Esta definida en su límite inferior por última aparición de *Amaurolithus tricorniculatus* y su cima por la última aparición de *Reticulofenestra pseudoumbilica*. **Autor:** Gartner (1969c)

**Edad:** Plioceno Temprano (Zancleano/Piacenciano así como Plioceno Temprano/Tardío?)

**Asociación encontrada:** *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *R. amplus*, *R. gelida*, *Sphenolithus abies*, *S. neoabies*, *Discoaster brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. challengerii*, *D. surculus*, *D. asymmetricus*, *D. tamalis*, *D. variabilis*, *Pseudoemiliania lacunosa*, *Pirocyclus hermosus*, *P. inversus*, *Helicosphaera kamptneri*, *H. sellii*, *H. paleocartieri*, *Rhabdosphaera procera*, *Amaurolithus delicatus*, *Syracosphaera pulcra*, *S. histrica*, *Pontosphaera multipora*, *Umbilicosphaera cricota* y *Calcidiscus macintyreii*.

**Observaciones:** La Biozona NN15 estableció el límite Plioceno Temprano/Plioceno Tardío, se identificó en el Pozo **Tunich-1** de la profundidad 2190m a la 2040m. En esta biozona *R. pseudoumbilica* y *Sphenolithus abies* se extinguen evolutivamente al mismo tiempo, por otro lado, *Discoaster tamalis* tiene su primera aparición evolutiva hacia la cima de esta biozona. El tamaño de los ejemplares de *R. pseudoumbilica* es de 7 $\mu$  lo que nos indica una disminución de tamaño cuando se acerca a su extinción.

**Correlación:** La Biozona NN15 se correlaciona con la Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (CN 11) de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona *Discoaster surculus* (NN 16)**

Se define en su límite inferior por la última aparición de *Reticulofenestra pseudoumbilica* y su cima por la última aparición de *Discoaster surculus*.

**Autores:** Hay & Schmidt en Hay et al. (1967), emend, Gartner (1969c)

**Edad:** Plioceno Tardío (Piacenciano)

**Asociación encontrada:** *Discoaster surculus*, *D. brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. triradiatus*, *D. asymmetricus*, *D. variabilis*, *D. tamalis*, *Rhabdosphaera procera*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Helicosphaera sellii*, *H. paleocartieri*, *H. kamptneri*, *Umbilicosphaera sibogae*, *U. cricota*, *Syracosphaera histrica*, *S. pulcra* y *Calcidiscus macintyreii*.

**Observaciones:** La Biozona NN 16 se determinó en el Pozo **Tunich-1** entre la profundidad de 2030m a 1945m y en el Pozo **Ixtal-101** a la profundidad de 3755m a 3690m. En el Pozo **Tunich-1** *D. surculus* y *D. tamalis* desaparecen en sentido evolutivo simultáneamente por lo que se considera que hay una discontinuidad estratigráfica; debido a que estas dos especies se extinguen sucesivamente en el tiempo, primero *D. tamalis* y posteriormente *D. surculus*. En el Pozo **Ixtal-101** se encontró una posible discontinuidad estratigráfica ya que la desaparición evolutiva de los discoastéridos se presenta de esta manera simultánea con la extinción de *Discoaster brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. triradiatus*, *D. surculus*, los cuales se extinguen sucesivamente en el tiempo, siendo *D. brouweri* la última especie en desaparecer en el límite

Plio/Pleistoceno; de manera que las biozonas NN17 y NN18 no estarían presentes en este pozo o no están adecuadamente representadas. No obstante es preciso mencionar que los sedimentos de Plioceno Tardío/Pleistoceno del Pozo **Ixtal-101**, están constituidos por areniscas, fragmentos de moluscos y equinodermos indicando un ambiente muy somero y poco propicio para la conservación de los discoastéridos; lo que nos podría dar una interpretación errónea de la información.

**Correlación:** Con la parte más baja de la Biozona de *Discoaster brouweri* CN 12 (CN 12a y CN 12b) de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona de *Discoaster pentaradiatus* (NN 17)**

Definida en su parte inferior por última aparición de *Discoaster surculus* y su cima por la última aparición de *Discoaster pentaradiatus*.

**Autores:** Martini & Worsley (1970)

**Edad:** Plioceno Tardío (Piacenciano)

**Asociación encontrada:** *Discoaster pentaradiatus*, *D. brouweri*, *D. triradiatus*, *D. asymmetricus*, *Helicosphaera sellii*, *H. paleocartieri*, *Umbilicosphaera cricota*, *U. sibogae*, *Calcidiscus macintyreii*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Syracosphaera histrica*, y *S. pulcra*.

**Observaciones:** La Biozona NN 17 se identificó en el Pozo **Tunich-1** entre la profundidad 1935m y 1890m. La extinción evolutiva de *Discoaster pentaradiatus* nos define la cima de la biozona. Posteriormente a esta profundidad (1890m) desaparecen los discoastéridos de 5 brazos.

**Correlación:** La Biozona NN17 se correlaciona con la Subzona de *Discoaster pentaradiatus* (CN 12c) de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona de *Discoaster brouweri* (NN 18)**

Se define en su límite inferior por la última aparición de *Discoaster pentaradiatus* y su cima por la última aparición de *Discoaster brouweri*.

**Autores:** Boudreaux & Hay en Hay et al., (1976), emend. Martín (1971)

**Edad:** Plioceno Tardío.

**Asociación encontrada:** *Discoaster brouweri*, *D. triradiatus*, *Calcidiscus macintyreii*, *Helicosphaera sellii*, *H. kamptneri*, *H. paleocartieri*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Ceratolithus telesmus*, *Umbilicosphaera cricota*, *Syracosphaera histrica* y *S. pulcra*.

**Observaciones:** El límite Plioceno Tardío/Pleistoceno Temprano se estableció con la Biozona NN 18, la cuál se determinó en el Pozo **Tunich-1** en la profundidad 1880m a 1870m. La extinción evolutiva de *Discoaster brouweri* nos dió la cima de ésta biozona. Se observan escasos ejemplares de *D. brouweri* mal conservados, por el contrario los cocolitos como *Calcidiscus macintyreii* y *Pseudoemiliana lacunosa* son abundantes y bien conservados.

**Correlación:** La Biozona NN18 se correlaciona con la Subzona de *Calcidiscus macintyreii* (CN 12d) de Okada & Bukry (1980).

### **Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN 19)**

Se define en su límite inferior por la última aparición de *Discoaster brouweri* y su cima por la última aparición de *Pseudoemiliana lacunosa*.

Autor: Gartner (1969c)

Edad: Pleistoceno Temprano (Calabriano).

**Asociación:** Esta asociación se caracteriza por la presencia de *Gephyrocapsa Caribbeanica*, *G. oceanica*, *G. omega*, *G. aperta*, *Ceratolithus telesmus*, *C. simplex*, *Helicosphaera sellii*, *H. kamptneri*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Calcidiscus macintyreii*, *C. leptoporus*, *Syracosphaera histrica*, *S. pulcra*, *Umbilicosphaera cricota* y *Discosphaera tubifera*.

**Observaciones:** La Biozona NN 19 es la primera biozona del Pleistoceno Temprano y se determinó en los sedimentos analizados del Pozo **Tunich-1** entre los 1860m a 325m y en el Pozo **Ixtal-101** de los 2040m a los 645m; los nanofósiles predominantes en esta biozona son *Gephyrocapsa oceanica* y *G. Caribbeanica*. Debido a que se encontraron a *Pseudoemiliana lacunosa*, *Helicosphaera sellii* y *Calcidiscus macintyreii* se puede decir que

estamos en la parte inferior de esta biozona. **Correlación:** La Biozona NN19 se puede correlacionar con la Biozona de *Crenalithus doronicoides* CN 13 y la parte baja de la Biozona de *Gephyrocapsa oceanica* CN 14, la Biozona de *Gephyrocapsa caribbeanica* (CN 14a) de Okada & Bukry (1980); Además de acuerdo a Gartner (1977b) con la Biozona de *Calcidiscus macintyreii*, Biozona de *Helicosphaera sellii*, intervalo de pequeñas *Gephyrocapsa* y la Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa*.

### **6.3. EDAD ESTABLECIDAS EN LOS POZOS TUNICH-1 E IXTAL-101.**

Es conveniente mencionar que en el Pozo **Tunich-1** existe un faltante de muestras principalmente en los límites de las edades, con intervalos faltantes de hasta 40m, las cuales no fueron proporcionadas por el personal de Pemex.

Las edades determinadas por medio de las biozonas en las muestras de canal analizadas de los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**, se describen a continuación.

#### **POZO TUNICH-1.**

Los sedimentos analizados del Pozo **Tunich-1** (3300m-325m) con base a los nanofósiles calcáreos tienen una edad que abarca del Paleoceno Tardío al Pleistoceno Temprano (Cuadro 1). Este mismo pozo fue estudiado por Cárdenas 1981 con base a los foraminíferos planctónicos, reportando solamente las cimas de los pisos; consecuentemente, en este trabajo se hace una comparación de las edades propuestas por este último autor con las edades propuestas con los nanofósiles calcáreos en el presente trabajo (Figura 7).

Las edades correspondientes al Paleógeno son: Paleoceno, Eoceno y Oligoceno. Estas edades se proponen principalmente por los fósiles índice (Figura 4).

**“ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO CON BASE AL NANOPLANCTON CALCÁREO EN SEDIMENTOS TERCIARIOS DE DOS POZOS DE LA SONDA DE CAMPECHE.”**

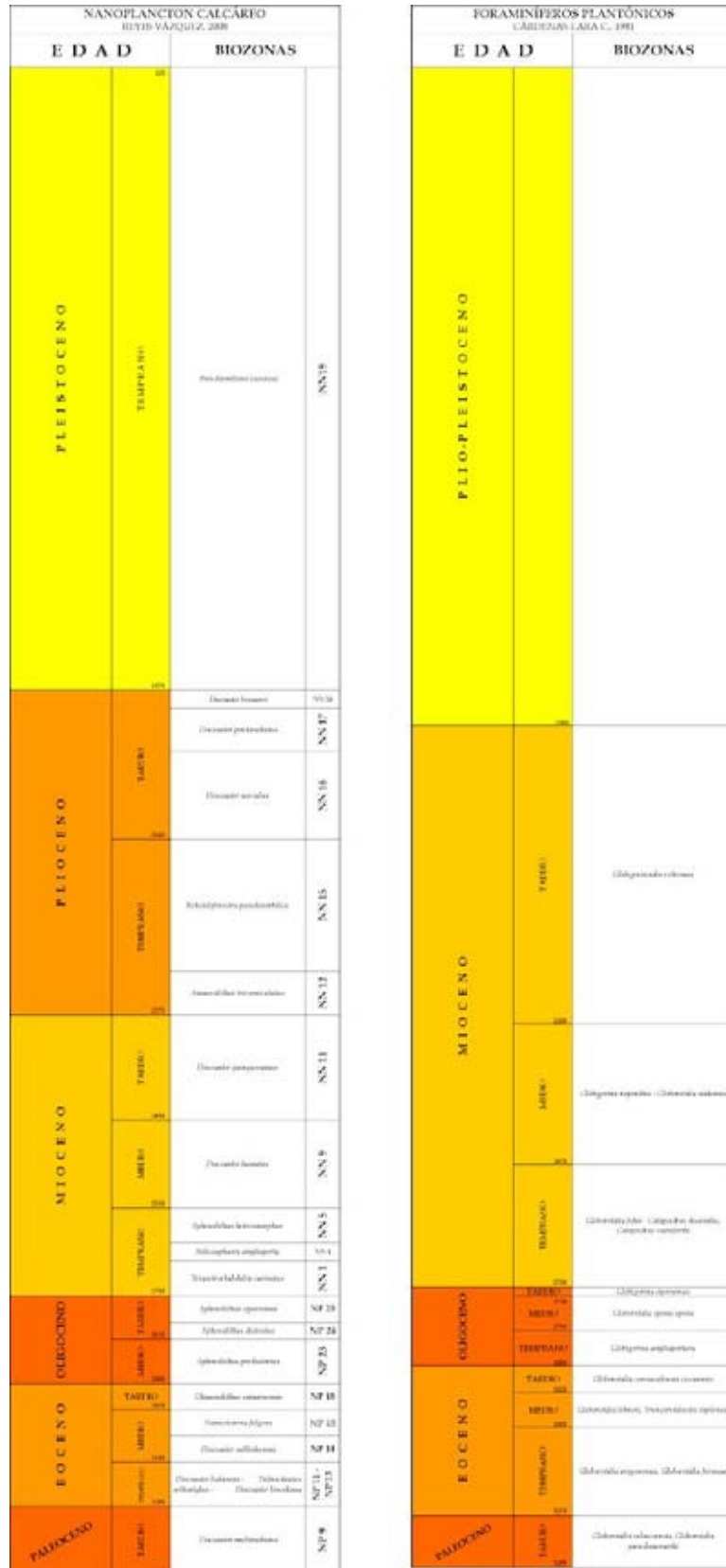


FIGURA 7.- Comparación de datos Bioestratigráficos de Nanoplankton Calcáreo y Foraminíferos Planctónicos del Pozo Tunich-1.

El Paleoceno Tardío se determinó en la profundidad 3300-3205m. En los sedimentos de esta edad se encuentran abundantes nanofósiles bien conservados; determinándose la Biozona de *Discoaster multiradiatus* (NP9), que nos indica el límite Paleoceno/Eoceno. Como se mencionó anteriormente al parecer se presenta una discordancia en la cima del Paleoceno Tardío.

Cárdenas 1981 con base a foraminíferos planctónicos estableció la cima del Paleoceno Tardío con la Biozona de *Globorotalia velascoensis*, *Globorotalia pseudomenardii* en el intervalo correspondiente a los 3285-3210m. Lo cual corresponde casi exactamente a lo que se tiene con nanoplancton calcáreo. La extinción evolutiva de *Globorotalia velascoensis* y *G. pseudomenardii* de manera simultáneamente nos indica también una discontinuidad en la cima del Paleoceno.

El Eoceno Temprano con nanoplancton se estableció en la profundidad 3205-3105m; no se pudo definir ninguna de las biozonas entre la NP10 a la NP13, debido a que existe una mezcla de los nanofósiles en este intervalo, encontrándose nanofósiles de las cuatro biozonas mezclados en las mismas profundidades.

Cárdenas definió el Eoceno Temprano con la Biozona de *Globorotalia aragonensis*(?) a los 3210m-3000 por la extinción evolutiva del fósil nominal. Como se puede observar en la figura 7, el Eoceno Temprano que establece Cárdenas es muy grande y abarca parte del Eoceno Medio que se estableció con nanoplancton. Desgraciadamente no se tienen otros bioeventos de foraminíferos que nos ayuden a realizar otra interpretación de los datos.

El Eoceno Medio se encontró con nanoplancton a la profundidad de 3105-2970m, encontrándose las biozonas de *Discoaster sublodoensis* (NP14) y *Nannotetrina fulgens* (NP15). Como se había mencionado la Biozona NN14, si se siguiera la interpretación de Cárdenas se ubicaría en el Eoceno Temprano. Así que no sólo se toma la aparición



evolutiva de *D. subladoensis* para definir el límite sino los criterios mencionados en la descripción de la Biozona NP14.

Cárdenas define el Eoceno Medio con la Biozona de *Globorotalia lehneri*, *Truncorotaloides topilensis* a los 3000-2920m por la extinción evolutiva del fósil nominal. Aquí el límite superior se acerca a lo encontrado con nanoplancton calcáreo con una diferencia de 50m, mientras que como se había mencionado anteriormente se tienen problemas con el límite inferior

El Eoceno Tardío se encontró con nanoplancton en la profundidad 2970-2900m; se identificó la Biozona de *Chiasmolithus oamaruensis* (NP18). Cabe mencionar que esta biozona no se encuentra en la cima del Eoceno, sino que es la base del Eoceno Tardío. Esta discontinuidad del Eoceno Tardío se encuentra en algunos pozos de la zona.

Cárdenas definió la cima del Eoceno Tardío con la Biozona de *Globorotalia cerroazulensis* a los 2920-2860m por la extinción evolutiva del fósil nominal. El criterio empleado por Cárdenas es el planteamiento zonal de Bolli (1957, 1959, 1966) y Bolli y Bermúdez (1965); en el cuál el Eoceno Tardío era representado por una sola biozona. Actualmente el Eoceno Tardío es dividido por Bolli y Saunders (1985) en dos biozonas: la Biozona de *Turborotalia cerroazulensis* en la cima y la Biozona de *Globigerinatheka semiinvoluta* hacia la base. Por tal motivo no se puede determinar si existe una correlación entre los dos grupos de fósiles para esta edad. La diferencia entre el límite de uno y otro grupo fósil es de 40m.

En los sedimentos estudiados con nanoplancton no se observó el Oligoceno Temprano, lo que indica una discordancia estratigráfica. Esto se considera por la aparición en sentido de perforación de especies del Oligoceno Temprano junto a especies del Eoceno, por lo que se infiere la discontinuidad.

Otro punto a considerar es que de acuerdo a la división tripartita del Oligoceno en este pozo no existe el Oligoceno Temprano (biozonas NP21 y NP22); mientras que si se utiliza la división bipartita propuesta en la tabla de Hardenbol J., et. al. (1998), si se encontraría Oligoceno Temprano (NP21, NP22 y NP23) y sería la Biozona NP23 correlacionable con la Biozona de *Globigerina ampliapertura* de foraminíferos.

Cárdenas definió el Oligoceno Temprano a los 2790-2860m, con la Biozona de *Globigerina ampliapertura* y por la extinción evolutiva del fósil nominal.

El Oligoceno Medio se encontró a la profundidad de 2900-2815m y esta representado por la Biozona de *Sphenolithus predistentus* (NP23)

Cárdenas definió la cima del Oligoceno Medio con la Biozona de *Globorotalia opima opima* a los 2790-2730m por la extinción evolutiva del fósil nominal. Esta edad difiere con la edad propuesta con los nanofósiles calcáreos, como se puede ver este límite superior también lo encuentra después que con nanoplancton calcáreo. Es conveniente mencionar que con la división bipartita del Oligoceno ésta biozona se encontraría en el Oligoceno Tardío y así se acercaría más a lo establecido con nanoplancton.

El Oligoceno Tardío está representado a la profundidad de 2815-2710m y se establecieron dos biozonas, la Biozona de *Sphenolithus distentus* (NP24) y la Biozona de *Sphenolithus ciperoensis* (NP25), la extinción evolutiva *Sphenolithus ciperoensis* estableció el límite Oligoceno/Mioceno.

Cárdenas definió la cima del Oligoceno Tardío con la Biozona de *Globigerina ciperoensis ciperoensis* a los 2730-2700m por la extinción evolutiva del fósil nominal.; consecuentemente, hay una diferencia de 10m entre el límite dado por ambos grupos.

Las edades correspondientes al Neógeno son: Mioceno, Plioceno y Pleistoceno, estableciéndose en base a los fósiles índice (Figura 5).

El Mioceno Temprano se presentó en la profundidad de 2710-2530m; se encontró la Biozona de *Triquetrorhabdulus carinatus* (NN1), la Biozona de *Helicosphaera ampliapertura* (NN4) y la Biozona de *Sphenolithus heteromorphus* (NN5).

Cárdenas definió la cima del Mioceno Temprano con la Biozona de *Globorotalia fohsi* a los 2700-2470m por la extinción evolutiva de *Globorotalia fohsi robusta*. De acuerdo a los criterios empleados por Bolli (1957, 1959, 1966) y Bermúdez (1965). Es conveniente mencionar que de acuerdo a Bolli y Saunders (1985), esta biozona corresponde a la Biozona de *G. fohsi robusta* del Mioceno Medio, consecuentemente, es difícil efectuar una correlación precisa entre las biozonas de nanoplancton y las de foraminíferos planctónicos debido a que Cárdenas, utilizó un criterio antiguo, a lo que se utiliza actualmente.

El Mioceno Medio se encontró a la profundidad de 2520-2450m, está representado por la Biozona de *Discoaster kugleri* (NN7). Las biozonas del Mioceno Medio con nanoplancton son difíciles de establecer en muestras de canal, ya que aunado a la gran diversidad de nanofósiles que se presenta se encuentran de

Cárdenas definió la cima del Mioceno Medio con la Biozona de *Globigerina nepenthes* a los 2470-2280m por la extinción evolutiva del fósil nominal. Actualmente esta biozona ha desaparecido (Bolli y Saunders, 1985) y el alcance estratigráfico del fósil se ha modificado por lo que su extinción ocurre en el Plioceno Temprano.

Es conveniente mencionar que una correlación precisa con los foraminíferos planctónicos y el nanoplancton no es posible debido a que los criterios para establecer las biozonas de foraminíferos han cambiado actualmente, principalmente en

Mioceno/Plioceno y no se cuenta con los datos completos del estudio de foraminíferos, con lo que se prodría ver los bioeventos que nos servirían para realizar una mejor correlación.

El Mioceno Tardío está representado a la profundidad de 2420-2275m con la parte superior de la Biozona de *Discoaster hamatus* (NN9) y además la Biozona de *Discoaster quinqueramus* (NN11). En el Mioceno inicia una gran variedad de nanofósiles, principalmente discoastéridos (*Discoaster quinqueramus*, *D. berggrenii*, *D. wisei*, *D. neorectus*, *D. neohamatus*, *Minylitha convallis*, *Catinaster coalitus*) por lo que es más fácil encontrar el límite con el Plioceno que con foraminíferos.

Cárdenas definió el Mioceno Tardío con la Biozona de *Globigerinoides obliquus extremus* a los 2280-1900m por la extinción evolutiva del fósil nominal. De la misma manera que la biozona anterior, en la actualidad esta biozona ha sido substituida por otra y la extinción de *G. obliquus extremus* ocurre en el Plioceno Medio.

El Plioceno Temprano se identificó a la profundidad de 2275-2040m, se encontraron la Biozona de *Amaurolithus tricorniculatus* (NN12) y la Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (NN15)

Cárdenas no define Plioceno y Pleistoceno por lo que no se pudo realizar una comparación es esta parte de la columnabioestratigráfica.

El Plioceno Tardío se encontró en la profundidad de 2040-1870m; se encontró la Biozona de *Discoaster surculus* (NN16), la Biozona de *Discoaster pentaradiatus* (NN17) y la Biozona de *Discoaster brouweri* (NN18), la cual establece el límite Plio/Pleistoceno.

El Pleistoceno Temprano se encontró representado en la profundidad de 1870-325m; se encuentra representado por la Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19).

Cárdenas determinó que la porción considerada para el Plioceno-Pleistoceno y Reciente, comprende desde el fondo marino 0m hasta los 1900m, la cual se caracteriza por la asociación de *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, *Orbulina universa*, *O. suturalis*, *Globorotalia menardii* y *Globoquadrina altispira altispira*. Es evidente que en esta parte de la columna los foraminíferos planctónicos presentan un rango estratigráfico amplio no permitiendo datar con precisión los estratos de la parte superior del Neógeno.

Como es de notarse esta última observación hecha por Cárdenas, como ya se ha mencionado anteriormente tiene problemas debido a las dificultades que se tiene con los foraminíferos para delimitar correctamente los pisos superiores del Neógeno; además que, los alcances de los fósiles utilizados por Cárdenas han sido modificados en la actualidad, por lo que ya no se emplean dichos fósiles para definir los pisos.

#### **POZO IXTAL-101.**

Los sedimentos analizados del Pozo **Ixtal-101** (3850-645m) con base al nanoplancton calcáreo tienen una edad de Pleistoceno Temprano a Plioceno Temprano (Cuadro 2). Mientras que Salazar M. G. y Gómez P. A. 1990, en el Proyecto C-5023 del Instituto Mexicano del Petróleo, realizan un estudio basándose en foraminíferos planctónicos de varios pozos en la Sonda de Campeche; en dicho informe se estudia el Pozo Ixtal-101 asignándole las mismas edades (Figura 8).

Los límites establecidos del Neógeno son: Plioceno y Pleistoceno, determinados por la aparición de los fósiles índice (Figura 6).

El Plioceno Temprano se estableció a la profundidad de 3850-3770m, esta representado por la Biozona de *Discoaster asymmetricus* (NN14).

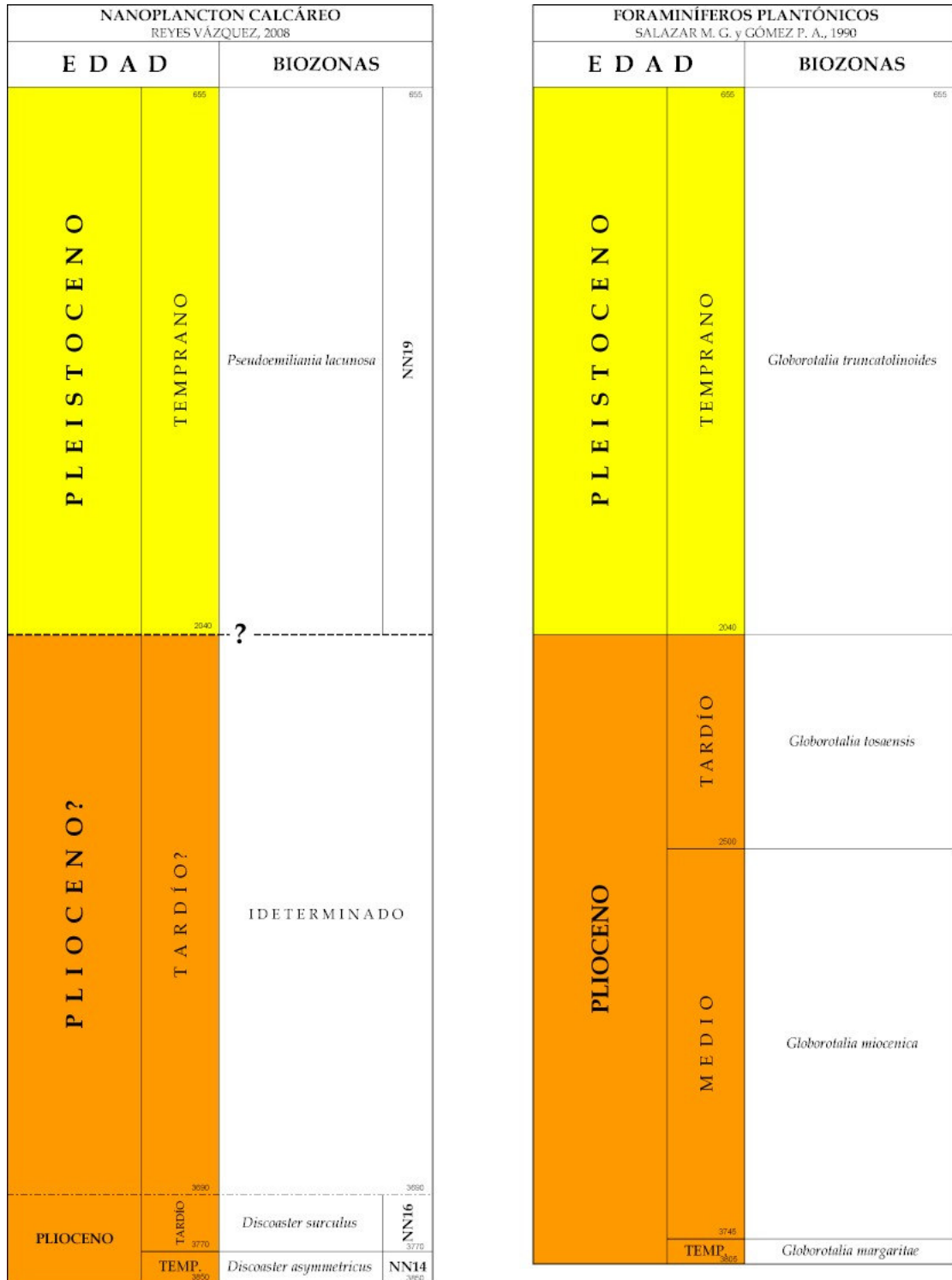


FIGURA 8.- Comparación de datos Bioestratigráficos de Nanoplancton Calcáreo y Foraminíferos Planctónicos del Pozo Ixtal-101.

Salazar M. G. y Gómez P. A. establecieron el Plioceno Temprano en el Pozo **Ixtal-101** a partir de los 3805-3745m de profundidad con la Biozona de *Globorotalia margaritae*. De acuerdo a Hardenbol J. estas dos biozonas si son correlacionables en la parte media del Plioceno Temprano.

Con lo que respecta al límite Plioceno Temprano-Plioceno Medio por la división tripartita que se realiza con foraminíferos (ver figura 8), Salazar M. G. y Gómez P. A. establecieron el Plioceno Medio a los 3745-2500m encontrando la Biozona de *Globorotalia miocenica*.

El Plioceno Tardío se encontró a la profundidad de 3755-¿2040?m; se encontró la Biozona de *Discoaster surculus* (NN16), en donde *Pseudoemiliana lacunosa* es abundante en los sedimentos, mientras que los discoastéridos *Discoaster brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. surculus*, *D. tamalis* y *D. triradiatus* son escasos y mal conservados o están totalmente ausentes.

Salazar M. G. y Gómez P. A. encontraron el Plioceno Tardío a los 2500-2040m señalando un intervalo "equivalente" a la Biozona de *Globorotalia tosaensis*. Debido a que el fósil nominal no está presente en este intervalo; pero, lo establecieron por la asociación de fósiles encontrados, así como por la ausencia de especies restringidas a las zonas sub y suprayacentes; tales como *Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides*, fósil exclusivo del Pleistoceno.

El probable límite Plioceno/Pleistoceno se estableció a los 2040m de acuerdo a el informe de Salazar M. G. y Gómez P. A. debido a que con nannoplancton calcáreo no se pudo establecer un límite definido por la falta de los discoastéridos: *Discoaster brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. surculus* y *D. variabilis*. Estos se presentaron hasta la profundidad de 3690 y si se tomaran en cuenta el límite aparecería muy abajo; por lo que se considera que, por ser los sedimentos de ambientes someros no se conservaron los discoastéridos.

Es conveniente mencionar que en el Pozo **Ixtal-101** se realizó un análisis con foraminíferos (de algunas muestras en el intervalo 3650-2045m) para ayudar a definir el límite; debido a la incertidumbre que se tenía con nanoplancton calcáreo, sin embargo dicho análisis no arroja datos que ayudaran a confirmas o desechar este límite. El estudio fue realizado por los paleontólogos: Biol. Cristina Pérez C., Biol. Daniel García U. y Biol. Bruno A. Reyna T.

Salazar M. G. y Gómez P. A. establecieron éste límite a los 2040m utilizando la presencia de *Globorotalia truncatulinoides*. Para establecer la Biozona de *Globorotalia truncatulinoides* en la Sonda de Campeche varios autores utilizan la presencia de *Globorotalia truncatulinoides* y la extinción de *Globorotalia tosaensis tosaensis*.

El Pleistoceno Temprano se localizó a la profundidad de 2040-645m. El contenido de nanofósiles es escaso en al mayor parte, con algunos muestras presentándose muy abundante, en ambos casos esta bien conservados; esta representado aparentemente por la Biozona de *Pseudoemiliania lacunosa* (NN19), esta interpretación debe tomarse con mucha precaución debido a que los fósiles son muy escasos y se trata de ambientes muy someros como lo muestran las características litológicas, estos sedimentos corresponden a areniscas de grano medio a grueso.

Salazar M. G. y Gómez P. A. establecieron el Pleistoceno temprano para el Pozo **Ixtal-101** de los 645 a los 2040m con la presencia de *Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides* determinando la Biozona de *Globorotalia truncatulinoides*.

En el análisis realizado de las muestras (cada 100m) con foraminíferos por los paleontólogos del IMP, sólo encontraron fósiles cuyo alcance estratigráfico abarca del Mioceno al Pleistoceno, se observaron escasos y mal conservados foraminíferos planctónicos y bentónicos tales como: *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus trilobus*, *Globigerinoides trilobus sacculifer*, *Globigerinoides conglobatus*, *Neogloboquadrina*



*dutertrei dutertrei*, *Orbulina universa*, *Globorotalia humerosa*, cuyo alcance estratigráfico es amplio desde el Mioceno al Pleistoceno. Así como *Lenticulina americana*, *Florilus scaphus*, *Textularia sp.*, *Uvigerina sp.*, *Elphidium sp.* *Quinqueloculina lamarkiana*, *Pyrgo sp.*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Hanzawaia concentrica*, *Cibicides sp.*, *Nononiella sp.*, *Karreriella sp.*, lo que nos proporciona un ambiente somero de nerítico interno proximal (0 a 10m bajo el nivel del mar), que nos indicaría que estamos muy cerca de la línea de costa, por lo que el nanoplancton calcáreo es escaso en estos ambientes de alta energía.

La escasez de la nanoflora y su mala conservación podrían indicar que el límite se encuentra cercano al establecido por Salazar M. G. y Gómez P. A (2040m.) y que probablemente los nanofósiles (nanoplancton calcáreo y foraminíferos), en particular, los discoastéridos no se conservaron y en realidad el límite no se encuentra donde estos desaparecen (3690m.).

Cabe mencionar que entre las muestras 2025-1995, se observan especies de *Gephyrocapsas* de gran tamaño, lo que de acuerdo a Aubry (1985) y Bown (1999) se presenta en la base del Pleistoceno, cerca del límite Plioceno/Pleistoceno. Esto puede apoyar la interpretación que se da con foraminíferos en el informe de Salazar M. G. y Gómez P. A. (1990); por lo que no se tomará de manera determinante el límite establecido con nanoplancton calcáreo.

#### **6.4. ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD.**

Los cocolitofóridos es uno de los grupos de fitoplancton más abundantes en los océanos. Los cocolitofóridos son más abundantes en latitudes bajas o medias, y son escasos en aguas polares. La diversidad más grande de especies se encuentra en latitudes ecuatoriales y comparativamente pocas especies en latitudes altas (Lipps 1993).

Las muestras de cocolitos preservados en sedimentos sirven como un excelente indicador de temperatura, salinidad y concentración o limitación de nutrientes en la superficie del agua en la cual vivieron (Winter 1994).

### **POZO TUNICH-1.**

La abundancia de nanofósiles del Pozo **Tunich-1** (Figura 9) en el Paleoceno Tardío es moderada, aumentando gradualmente hasta la cima del Eoceno Tardío.

La mayor abundancia de nanofósiles en el Pozo **Tunich-1** se presenta en el Oligoceno Medio y Oligoceno Tardío en donde *Cyclicargolithus floridanus "A"* y *C. floridanus "B"* se encuentran de manera muy abundante, además se tiene a *Sphenolithus ciperoensis* y *S. predistentus* que son también abundantes. En este periodo se localiza la abundancia máxima en los sedimentos la cual tiene un inicio en la base del Eoceno Tardío, alcanzando su máximo nivel en el Oligoceno y posteriormente decrece en el Mioceno medio.

En el Mioceno Temprano *C. floridanus "A"*, *C. floridanus "B"*, *Sphenolithus heteromorphus* y *S. moriformis* son los nanofósiles más abundantes en los sedimentos. En el Mioceno Medio es *Reticulofenestra pseudoumbilica* el principal nanofósil en los sedimentos, además se encuentra *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster bollii*, *R. gelida* y *S. heteromorphus* en la base del Mioceno Medio. En el Mioceno Tardío la mayor abundancia corresponde a *S. abies*, *S. moriformis*, *R. pseudoumbilica* y *Discoaster quinqueramus*.

En los sedimentos del Pozo **Tunich-1**, en el Plioceno Temprano se encuentra de manera abundante a *S. abies* y *R. pseudoumbilica*. Durante el Plioceno Tardío la presencia de los nanofósiles es común tendiendo a ser *Pseudoemiliania lacunosa* el principal nanofósil en los sedimentos; en la parte superior del Pleistoceno Temprano se presenta una gran abundancia de nanofósiles con la presencia de *Gephyrocapsa oceanica* y *G. caribbeanica*

“ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO CON BASE AL NANOPLANCTON CALCÁREO EN SEDIMENTOS TERCIARIOS DE DOS POZOS DE LA SONDA DE CAMPECHE.”

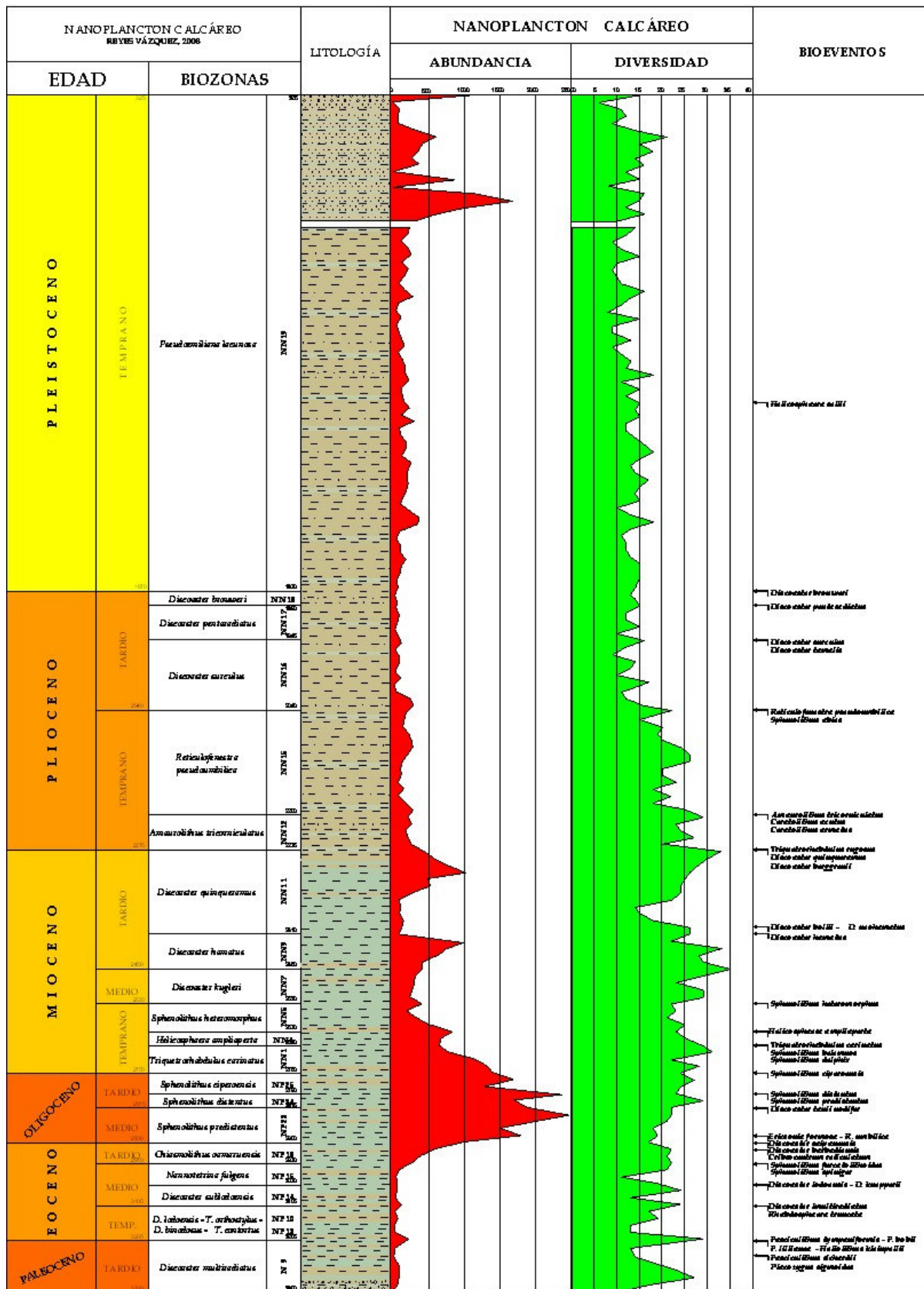


FIGURA 9.- Integración de datos Bioestratigráficos, litológicos, de Abundancia y Diversidad del Nanoplancton Calcáreo del Pozo Tunich-1.

principalmente, los cuales se mantienen constantes a partir de la base del Pleistoceno Temprano.

La diversidad de los nanofósiles en los sedimentos del Pozo **Tunich-1** (Figura 9) del Paleoceno Tardío al Oligoceno Medio es abundante; alcanzando su máxima diversidad durante el Mioceno; en el Plioceno vuelve a ser abundante y en el Pleistoceno Temprano se presentan una diversidad moderada. La diversidad y abundancia de los nanofósiles calcáreos se ve afectada por el lugar donde fueron depositados los sedimentos (someros o profundos) de hay el tipo de litología que los presenta.

### **POZO IXTAL-101.**

El grado de abundancia y diversidad de los nanofósiles en los sedimentos del Pozo **Ixtal-101** es bajo (Figura 10), observándose algunos picos de abundancia; el primero en el Plioceno Temprano originado por *Pseudoemiliana lacunosa* y *Sphenolithus abies*; el segundo en la parte superior del Pleistoceno Temprano, originado principalmente por dos especies que se encuentran de manera muy abundante: *Gephyrocapsa oceanica* y *G. caribbeanica*. La abundancia de los nanofósiles disminuye hacia la cima del Plioceno Tardío y la base del Pleistoceno Temprano. Esto debido al tipo de sedimentos, el cual corresponde a areniscas.

En lo que respecta a la diversidad del Pozo **Ixtal-101** (Figura 10), en el Plioceno Temprano y Plioceno Tardío se observa una diversidad moderada; mientras que en el Pleistoceno Temprano la diversidad es muy baja. Cabe mencionar que los sedimentos más recientes (Pleistoceno y Holoceno) siempre tienen una diversidad más baja.

“ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO CON BASE AL NANOPLANCTON CALCÁREO EN SEDIMENTOS TERCIARIOS DE DOS POZOS DE LA SONDA DE CAMPECHE.”

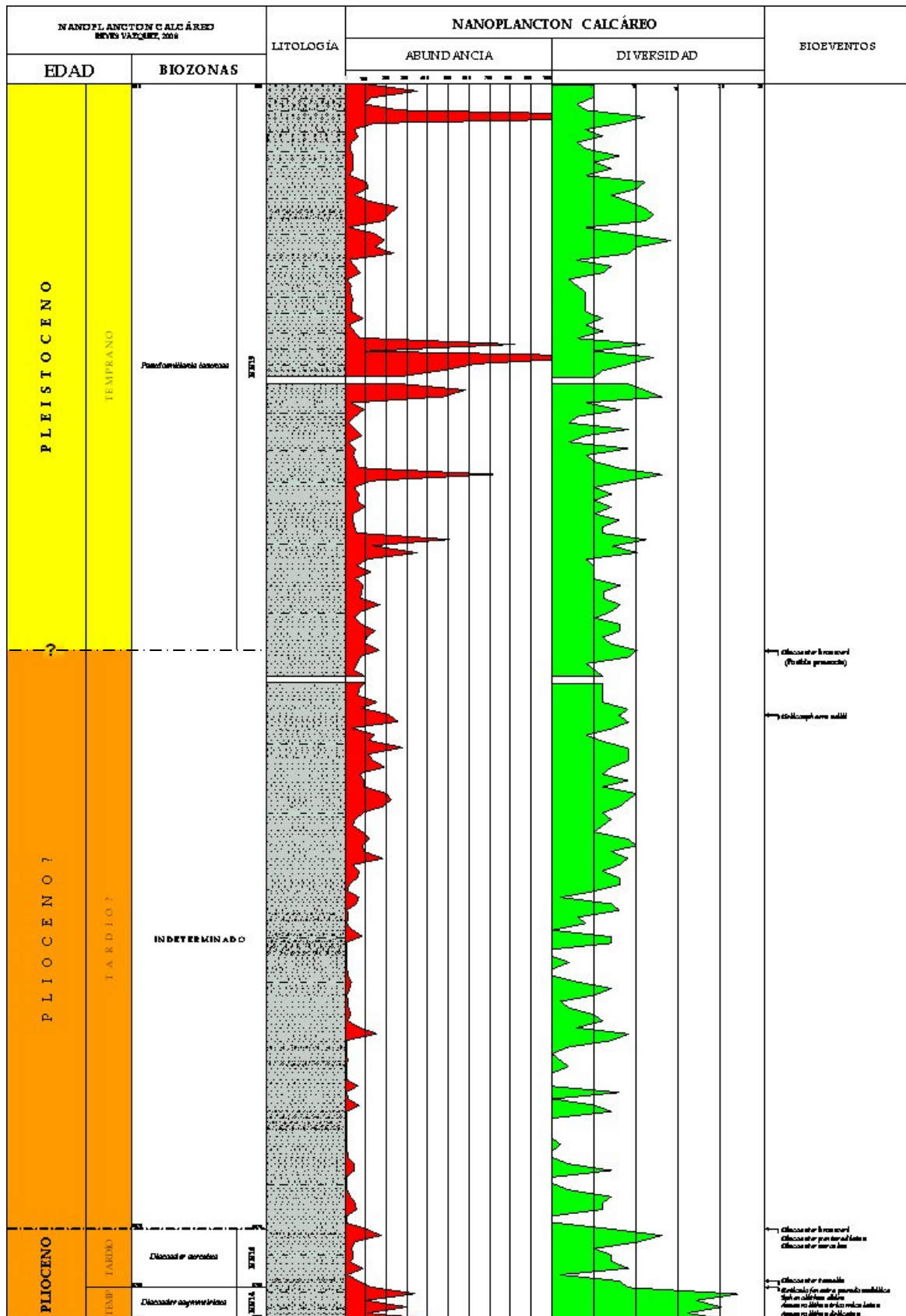


FIGURA 10.- Integración de datos Bioestratigráficos, litológicos, de Abundancia y Diversidad del Nanoplancton Calcáreo del Pozo Ixtal-101.

## 6.5. CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA.

En este capítulo se describe la correlación bioestratigráfica de los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**, situados en la Sonda de Campeche.

La correlación se lleva a cabo utilizando las biozonas como criterio de comparación entre los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**. Cabe mencionar que los sedimentos del Pozo **Tunich-1** comprenden casi toda la columna Terciaria, desde el Paleoceno Tardío hasta el Pleistoceno Temprano; mientras que los sedimentos del Pozo **Ixtal-101** solo abarcan del Plioceno Temprano al Pleistoceno Temprano. Por lo tanto sólo se correlacionaron las biozonas que se encuentran en la parte superior del Neógeno es decir Plioceno y Pleistoceno (Figura 11).

El límite Mioceno/Plioceno en el Pozo **Tunich-1** se estableció por la extinción en sentido evolutivo de *Discoaster quinqueramus* (5.6 Ma) y *Discoaster berggrenii* (5.8 Ma) a los 2275m. La perforación del Pozo **Ixtal-101** no alcanzó este límite.

El Plioceno Temprano se correlaciona por la presencia de la Biozona de *Amaurolithus tricorniculatus* (NN12) y la Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (NN15) en el Pozo **Tunich-1** y la Biozona de *Discoaster asymmetricus* (NN14) en el Pozo **Ixtal-101**. La base del Plioceno Temprano esta bien representada en el Pozo **Tunich-1** por la presencia de *Ceratolithus acutus* (5.05 Ma) a los 2200m. En el Pozo **Ixtal-101** por la presencia de *Amaurolithus tricorniculatus* (4.38 Ma) a los 3770m.

El límite Plioceno Temprano/Plioceno Tardío se determina en los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101** por la extinción en sentido evolutivo de *Sphenolithus abies* (3.47 Ma) a los 2040m. en el Pozo **Tunich-1** y en el Pozo **Ixtal-101** a los 3770m.

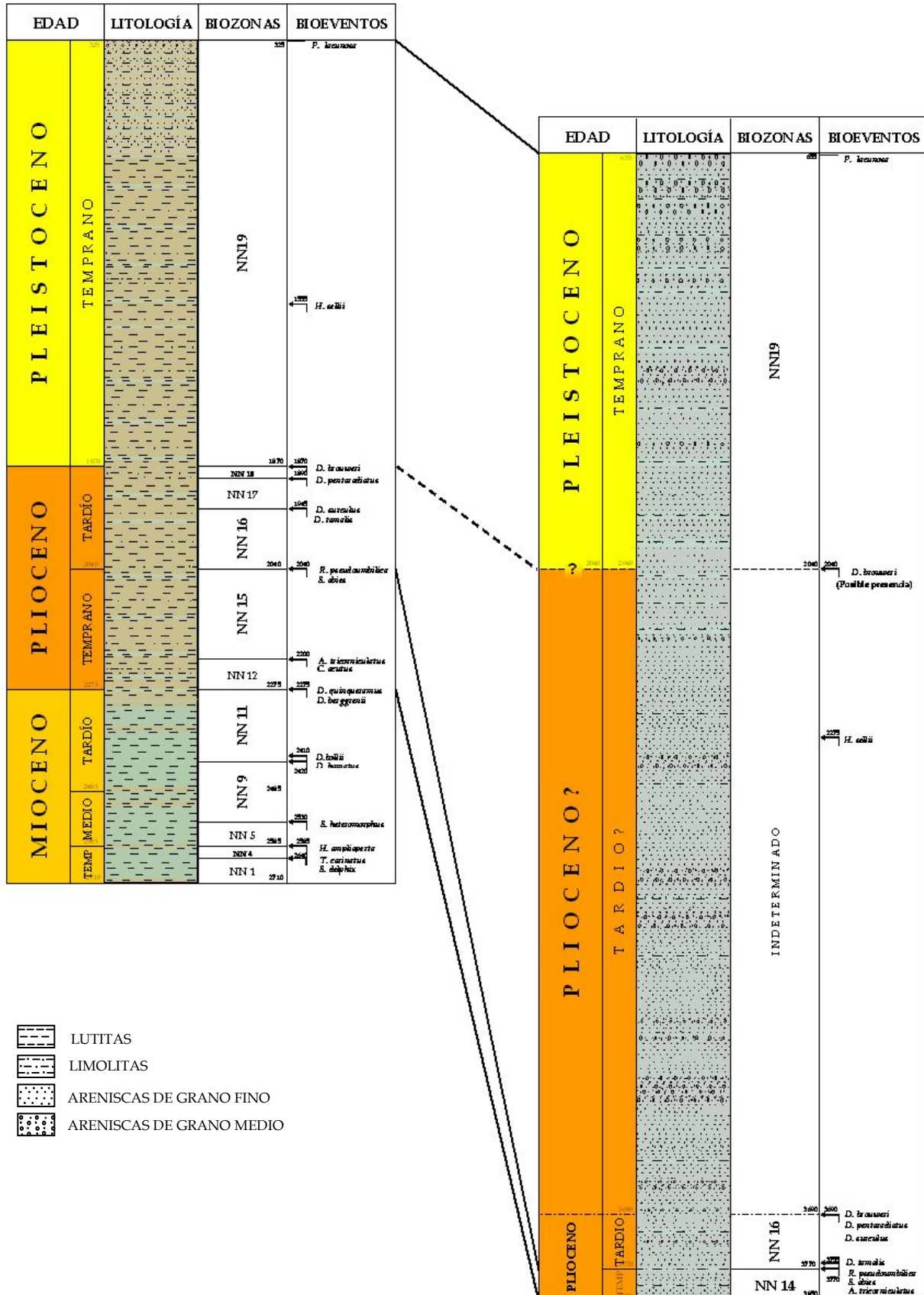


FIGURA 11.- Correlación Bioestratigráfica del Neógeno de los pozos Tunich-1 e Ixtal-101.

En el Plioceno Tardío sólo la Biozona de *Discoaster surculus* (NN16) es probablemente correlacionable entre los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**.

El límite Plioceno/Pleistoceno se estableció con base a la extinción en sentido evolutivo de *Discoaster brouweri* (1.95 Ma). Este es un bioevento que no se pudo correlacionar entre los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**, debido a que, como ya sea mencionado anteriormente a que no se observaron las extinciones de los discoastéridos.

El Pleistoceno Temprano se encuentra representado en los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**. Los sedimentos de esta edad contienen asociaciones de nanoplancton calcáreo característicos de esta edad. *Pseudoemiliana lacunosa*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. omega*, *G. aperta*, *Calcidiscus macintyre*, *C. leptoporus*, *Helicosphaera sellii*, *H. Kamptneri*, *Syracosphaera histrica* y *S. pulchra*.

La biozona de nanoplancton calcáreo característica del Pleistoceno Temprano es la Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19). Ésta Biozona está representada en los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101**, aunque no es posible correlacionarlas de manera puntual.



## VII. CONCLUSIONES.

Los sedimentos estudiados del Pozo **Tunich-1** (3300-325m), tienen una edad de Paleoceno Tardío a Pleistoceno Temprano. Mientras que los sedimentos del Pozo **Ixtal-101** (3850-655m) tienen una edad de Plioceno Temprano a Pleistoceno Temprano.

Un total de 225 especies del Terciario (Neógeno y Paleógeno) se determinaron en los sedimentos del Pozo **Tunich-1** distribuidas en 19 biozonas. En lo que respecta al Pozo **Ixtal-101**, se pudieron observar un total de 91 especies del Terciario (Neógeno) distribuidas en 3 biozonas, de las cuales solo 41 especies pertenecían al Plioceno/Pleistoceno.

En los sedimentos del Pozo **Tunich-1** se establecieron edades del Paleógeno Tardío a Pleistoceno Temprano y 19 biozonas. Biozona de *Discoaster multiradiatus* (NP9), Biozona de *Discoaster sublodoensis* (NP14), Biozona de *Nanotetrina fulgens* (NP15), Biozona de *Chiasmolithus oamaruensis* (NP18), Biozona de *Sphenolithus predistentus* (NP23), Biozona de *Sphenolithus distentus* (NP24), Biozona de *Sphenolithus ciperoensis* (NP25), Biozona de *Triquetrorhabdulus carinatus* (NN1), Biozona de *Helicosphaera ampliapertura* (NN4), Biozona de *Sphenolithus heteromorphus* (NN5), Biozona de *Discoaster kugleri* (NN7), Biozona de *Discoaster hamatus* (NN9), Biozona de *Discoaster quinquerramus* (NN11), Biozona de *Amaurolithus tricorniculatus* (NN12), Biozona de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (NN15), Biozona de *Discoaster surculus* (NN16), Biozona de *Discoaster pentaradiatus* (NN17), Biozona de *Discoaster brouweri* (NN18) y Biozona *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19).

En los sedimentos del Pozo **Ixtal-101**, se establecieron edades de Plioceno Temprano a Pleistoceno Temprano y 3 biozonas. Biozona de *Discoaster asymmetricus* (NN14), Biozona de *Discoaster surculus* (NN16), y Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa* (NN19).

El Pleistoceno Temprano se encuentra representado en los pozos **Tunich-1** e **Ixtal-101** por la Biozona de *Pseudoemiliana lacunosa*, la cual está presente en ambos pozos. Así como la Biozona de *Discoaster surculus* del Plioceno Tardío.

Los microfósiles determinados en el Pozo **Tunich-1** están bien representados y conservados a lo largo de toda la columna además que son abundantes. En tanto los microfósiles del Pozo **Ixtal-101** están bien conservados en la mayoría de las muestras, pero son escasos en la mayor parte de las muestras.

En el Pozo **Ixtal-101**, el límite Plioceno/Pleistoceno no se pudo establecer con nanoplancton calcáreo por lo que se tomaron como límite los datos obtenidos con foraminíferos planctónicos por Salazar M. G. y Gómez P. A.; esto puede deberse a que los sedimentos del pozo son muy someros por lo que el nanoplancton calcáreo no se encuentra ó es muy escaso en este tipo de sedimentos.

Se recomienda ampliar el número de estudios bioestratigráficos que contemplen el uso del nanoplancton calcáreo como grupo fósil, para el estudio de las diferentes cuencas geológicas de México.

Además se deben realizar estudios integrales donde se utilicen varios grupos fósiles (foraminíferos, nanoplancton calcáreo, dinoflagelados, pólen, esporas, etc.) y así obtener una mayor precisión de las edades propuestas en las columnas geológicas.

VIII. ANEXO.

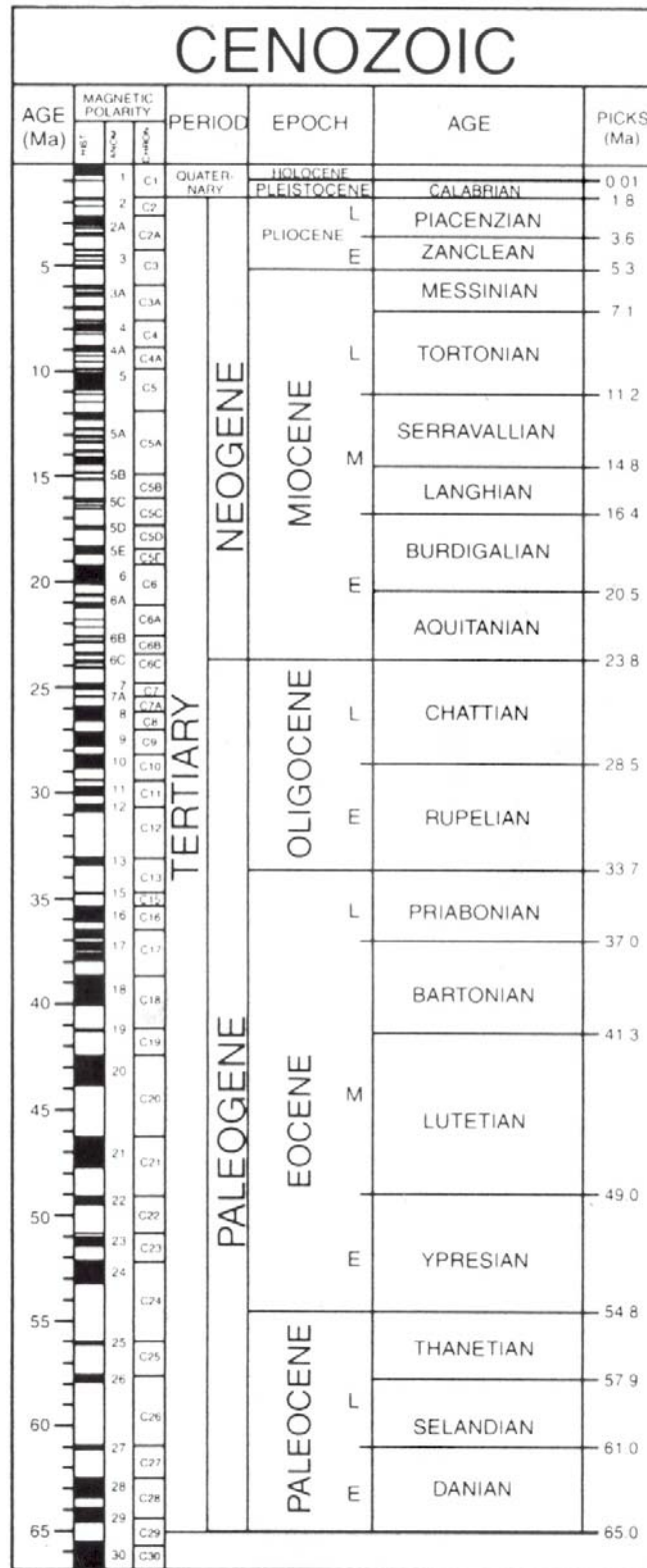


Figura 1.- Columna estratigráfica del Cenozoico (tomada de: The Geological Society of America 1999).

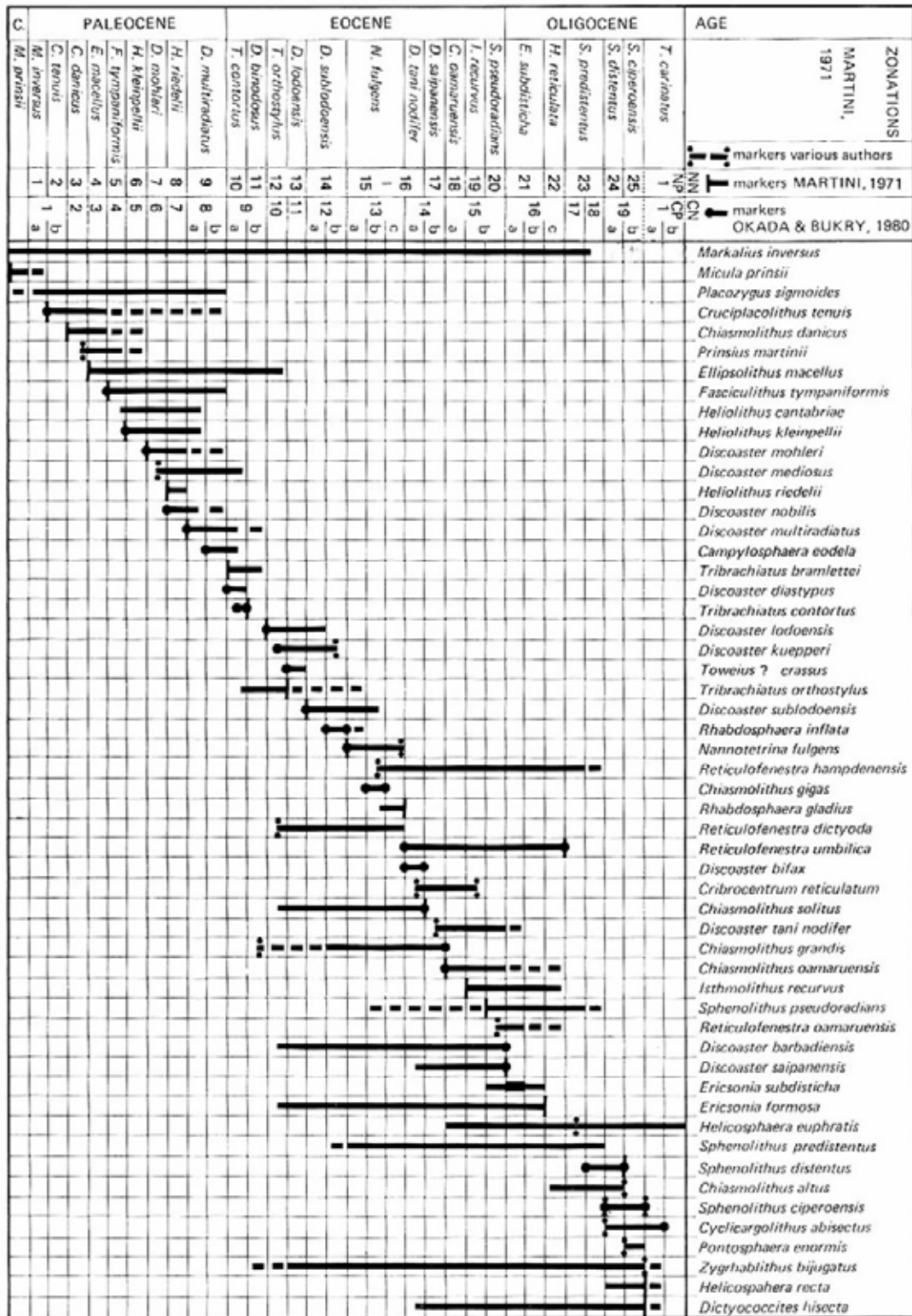


Figura 2.- Distribución de marcadores zonales y otras especies en el Paleógeno (Perch-Nielsen, 1985).

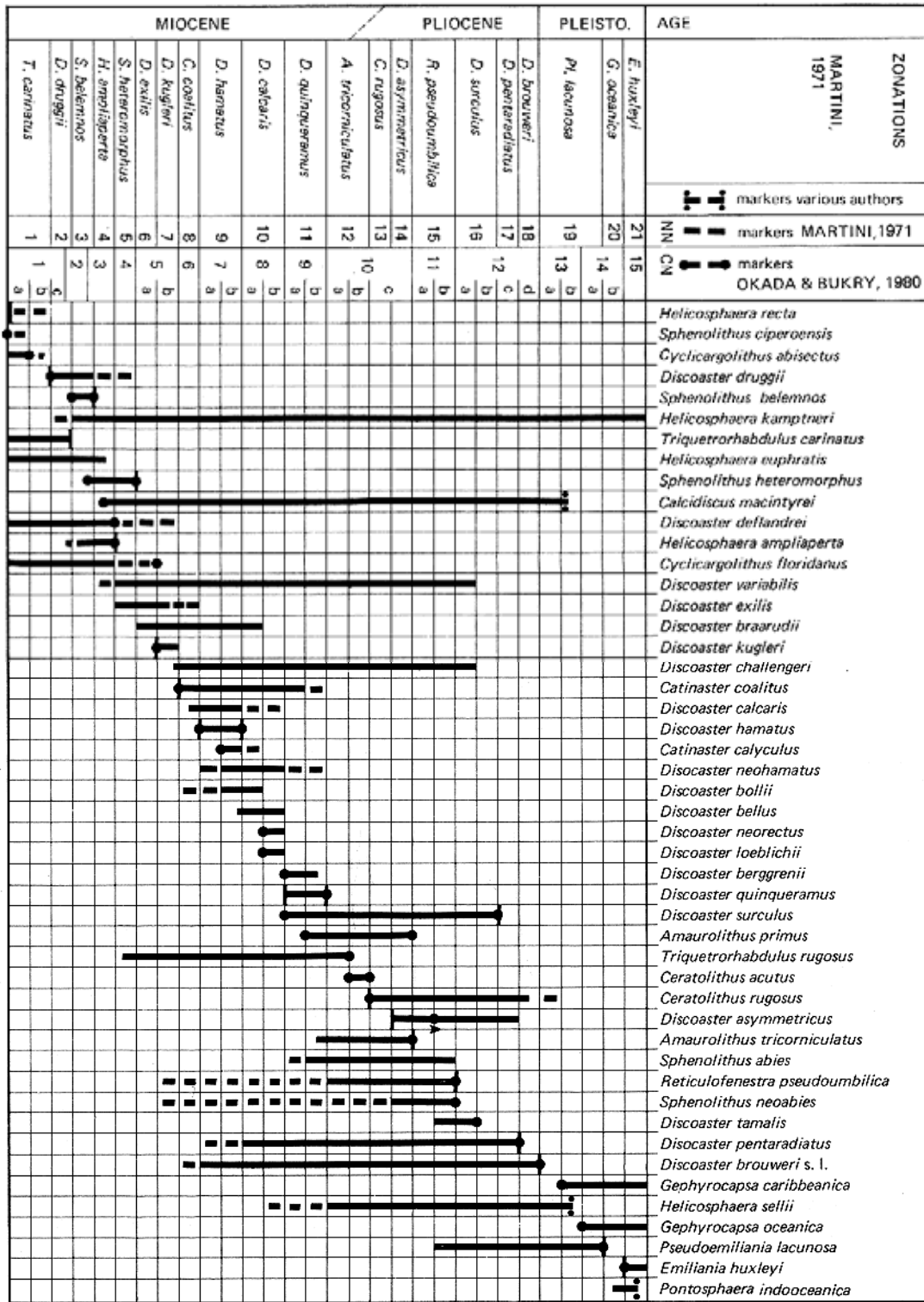


Figura 3.- Distribución de marcadores zonales y otras especies en el Neógeno (Perch-Nielsen, 1985).

## IX. BIBLIOGRAFÍA.

**BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER, C.C. and AUBRY, M-P.1995.** A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy in Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M-P and Handerbol J. *Society for Sedimentary Geology*. Págs. 129-212.

**AUBRY, M.P., 1984-2003.** Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton. *Micropaleontology Handbook Series*. Vols. I, II, III, IV y V.

**BOWN, P.R., 1999.** Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Kluwer Academic Publishers. United Kingdom. 314 p.

**CÁRDENAS, L. C., 1981.** Estudio Bioestratigráfico de Rocas Terciarias de la Sonda de Campeche. Tesis de licenciatura. UNAM-FES Iztacala. Págs. 1-61.

**DEL VALLE, R. A., 2001.** Estratigrafía de Secuencias y Dinoflagelados del Oligoceno-Plioceno de la Sonda de Campeche, México. Tesis de Maestría. CICESE. 165 p.

**FORNACIARI, E. Y RIO D., 1996.** Latest Oligocene to early Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*. Vol. 42, no. 1, Págs. 1-36.

**GARTNER, S. Jr., 1968.** Coccoliths and Related Calcareous Nannofossils from Upper Cretaceous Deposits of Texas and Arkansas. The University of Kansas Paleontological Institute. Págs. 1-56.

**HARDENBOL, J.; THIERRY, J., FARLEY, M. B., JACQUIN, TH., DE GRACIANSKY, P-C., and VAIL, P. R., 1998.** Mesozoic And Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Frameworks of European Basin in De Graciansky P-C., Hardenbol, J., Jacquin, Th., and

Vail, P.R., eds. Mesozoic And Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basin, SEPM Special Publication 60.

**HEDBERG, H. D., 1980.** Guía Estratigráfica Internacional. Editorial Reverté S.A. España. 205 p.

**HERNÁNDEZ, B. P., 2003.** Nanoplancton Calcáreo Fósil y reciente. Gaceta "El Explorador", No. 1, Marzo 2003. 11 p.

**IMP, 2000.** Proyecto P.0113 Análisis de Cuencas Mesozoicas y Cenozoicas "Atlas de Cuencas Petroleras de México". Tomo III Cuencas del Sureste, Cuenca del Golfo de México "Profundo".

**LIPPS, J.H. (Ed.), 1993.** Fossil Prokaryotes and Protists. Blackwell Scientific Publications. USA. Págs. 169-200.

**PEMEX, 1989.** Geología Petrolera de México. Departamento de Paleontología y Petrografía.

**LORD, A.R. (Ed.) 1982.** A Stratigraphical Index of Calcareous Nannofossils. British Micropaleontological Society. Great Britain.

**PADILLA AVILA P., AYALA NIETO, M y ROSALES LOMELÍ J.1997.** Estudio Bioestratigráfico de Nanoplancton Calcáreo, Palinomórfos y Palinofacies del Cenozoico en la sección Uxpanapa, Cuenca Salina del Istmo (reporte inédito). IMP. 110 p.

**PERCH-NIELSEN, K. 1985.** Cenozoic Calcareous Nannofossils *In*: Bolli, H.M. Saunders J.B. & K. Perch-Nielsen. *Plankton Stratigraphy*. Univ. Press New York. Págs. 427-554.

**POSPICHAL J. J., 1993.** Calcareous Nanoplankton Assemblages Across the K/T Boundary, La Lajilla Section. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, A.C.* Vol. 6, No. 2. Pág. 67.

**RIO, D., RAFFI, I. Y VILLA, G., 1990.** Pliocene-Pleistocene Calcareous Nannofossil Distribution Patterns in the West Mediterranean. *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 107. Págs. 513-533.

**ROMERO, I. M. A., MEDRANO, M. L. Y MALDONADO, V. R., 2001.** Subsistemas Generadores del Área Marina de Campeche, México. *Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros*. Vol. XLIX, Num.1-2. Págs. 105-115.

**RUIZ, R. F. H., 1996.** Análisis de la Diversidad y Abundancia del Nanoplankton Calcáreo y sus implicaciones a Través del Límite Cretácico-Terciario en Dos Secciones del Noreste de México. Tesis de Licenciatura. UNAM.-Facultad de Ciencias. 125 p.

**SALAZAR M. G. y GÓMEZ P. A., 1990.** Proyecto C-5023 "Estudio Bioestratigrafía del Terciario en el Área Kambul-Chakay, Campeche" (informe inédito). IMP.

**SANCHEZ-RIOS, MA. A., 1989.** Foraminifères Planctoniques et Nannoplankton calcaire de quelques sites du Crétacé Supérieur Mexicain et Sud-Pyreneen. *Strat*, V. II 1989. 225 p.

**SÁNCHEZ-RIOS, MA. A., 1990.** Bioestratigrafía del Neógeno en la Planicie Costera y Plataforma Continental de Sureste de México (informe inédito). IMP.

**SÁNCHEZ-RIOS, MA. A., GONZÁLEZ, L. J. C., GÓMEZ, P. J. A. Y VIÑAS, F. 1991.** Investigación Taxonómica y Bioestratigráfica del Nanoplankton calcáreo en las Cuencas Neógenas del SE de México (parte 1). (informe inédito). IMP. 106 p.



**SÁNCHEZ-RIOS, MA. A., PADILLA A. P., MARTÍNEZ R. Y JIMÉNEZ T. 1993.** El Nanoplancton Calcáreo y los Foraminíferos Planctónicos del Límite K-T en la Sección El Mulato, Estado de Tamaulipas México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, A.C.* Vol. 6, No. 2. Págs. 43-65.

**SÁNCHEZ-RIOS, MA. A., 1994.** Evidencias del Plio-Pleistoceno con base al Nanoplancton Calcáreo en la Sonda de Campeche. *Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros.* Vol. XLIV, Num. 2, julio-Diciembre, Págs. 1-17.

**SÁNCHEZ-RIOS, M. A., PADILLA, A. P., GONZÁLES, L. J. C., AYALA, N. M., DEL VALLE, R. A., 2000.** Proyecto F.0105 "Bioestratigrafía de alta resolución y su aplicación en la estratigrafía de secuencias en sedimentos del Mioceno-Pleistoceno de la cuenca de Macuspana" (reporte inédito). IMP.

**SÁNCHEZ-RIOS, M. A., PADILLA, A. P. Y GARCÍA U. D., 2003.** Nanoplancton Calcáreo. 50 p.

**SANTIAGO JOSÉ, CARRILLO BRAVO JOSÉ, MARTELL ANDRADE E., 1984.** Geología Petrolera de México. Evaluación de Formaciones en México. Schlumberger, México. Págs. 1-36.

**VIÑAS GÓMEZ F., 1981.** Proyecto C-3041 "Biozonación del Nanoplancton Calcáreo del Terciario en el Área Huimanguillo" (reporte inédito). IMP.

**VIÑAS GÓMEZ, F., 1982.** Proyecto C1125 "Estudio Bioestratigráfico Basado en Nanoplancton Calcáreo del Pozo Extremeño-301" (reporte inédito). IMP.

**VIÑAS GÓMEZ, F., 1985.** Proyecto C3010 "Estudio Bioestratigráfico, Sedimentario y Geofísico del Noreste de la Cuenca de Altar, Sonora" (reporte inédito). IMP.

## **SITIOS WEB.**

### **Nanoplancton Calcáreo.**

[http://www.nhm.ac.uk/hosted\\_sites/ina](http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/ina)

<http://www.soes.soton.ac.uk/staff/tt/eh/cell.html>

## **BASE DE DATOS**

**WISE, W.S., COVINGTON, M., LADNER, C. B. and WUCHANG W., 2002.** Electronic Calcareous Nannofossils. INA, CD-ROM. Ver. 2003.1.2

**ATLAS FOTOGRAFICO  
DEL NANOPLANCTON CALCAREO  
DEL POZO TUNICH-1 E IXTAL-101**

## LAMINA I

1 y 5 *Ceratolithus telesmus* Norris, 1965 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 325m, (2) 360m. LP.

2 *Ceratolithus simplex* Bukry, 1979 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 325m. LP.

3, 4 y 10 *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay en Hay et al, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 325m, (2) 1635m. LP.

8 y 9 *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 325m, (2) 1385m, (3) 1570. LP.

6 y 12 *Pseudoemiliana lacunosa* elíptica (Kamptner, 1963) Gartner, 1969 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 1385m, (2) 1385m LP.

7 *Pseudoemiliana lacunosa* redonda (Kamptner, 1963) Gartner, 1969 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof 1750m. LP.

11 *Helicosphaera sellii* (Bukry & Bramlette, 1969b) Jafar & Martini, 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1710m. LP.

13 *Helicoaphaera kamptneri* Hay & Müller en Hay et al 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1770m. LP.

14 *Ceratolithus cristatus* Kamptner 1950 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1900m. LP.

15 *Syracosphaera histrica* Kamptner 1941 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1980m. LP.

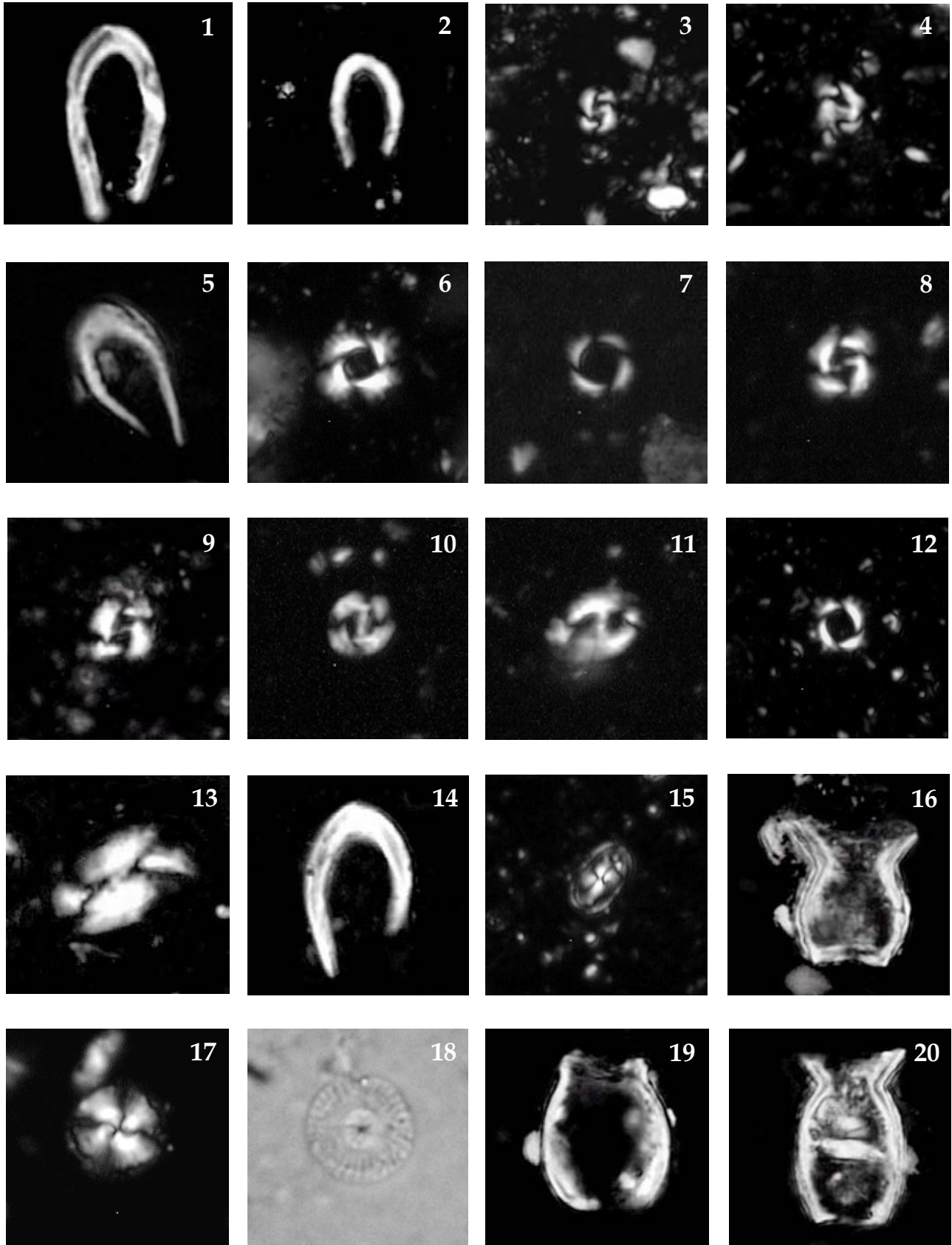
16 y 20 *Scyphosphaera pulcherrima* Deflandre 1942a (1600x) Pozo Tunich-1. Prof. 1910m. LP.

17 y 18 *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman 1898) Loeblich & Tappan (1978). LP y LN.

19 *Scyphosphaera pacifica* Rade 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1910m. LP.

LP.= Luz Polarizada    LN.= Luz Natural

LAMINA I



## LAMINA II

1 y 2 *Discoaster brouweri* Tan emend. Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2420m, (2) 2430m. LN.

3 y 4 *Discoaster pentaradiatus* Bukry & Percial, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2410m, (2) 2585m. LN.

5 *Discoaster triradiatus* Tan, 1927 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2410m. LN.

6 y 7 *Discoaster asymmetricus* Gartner, 1969c (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2170m., (2) 2050m. LN.

8 *Discoaster surculus* Martini & Bukry, 1968 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2440m. LN.

9 y 10 *Discoaster variabilis* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2440m., (2) 2450m. LN.

11 *Discoaster tamalis* Kamptner, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2050m. LN.

12 *Calcidiscus macintyreii* (Bukry & Bramlette, 1969b) Loeblich & Tappan, 1978 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2420m. LP.

13 y 14 *Reticulofenestra pseudoumbilica* (Gartner, 1967) Gartner, 1969 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 1990m., (2) 2120m. LP.

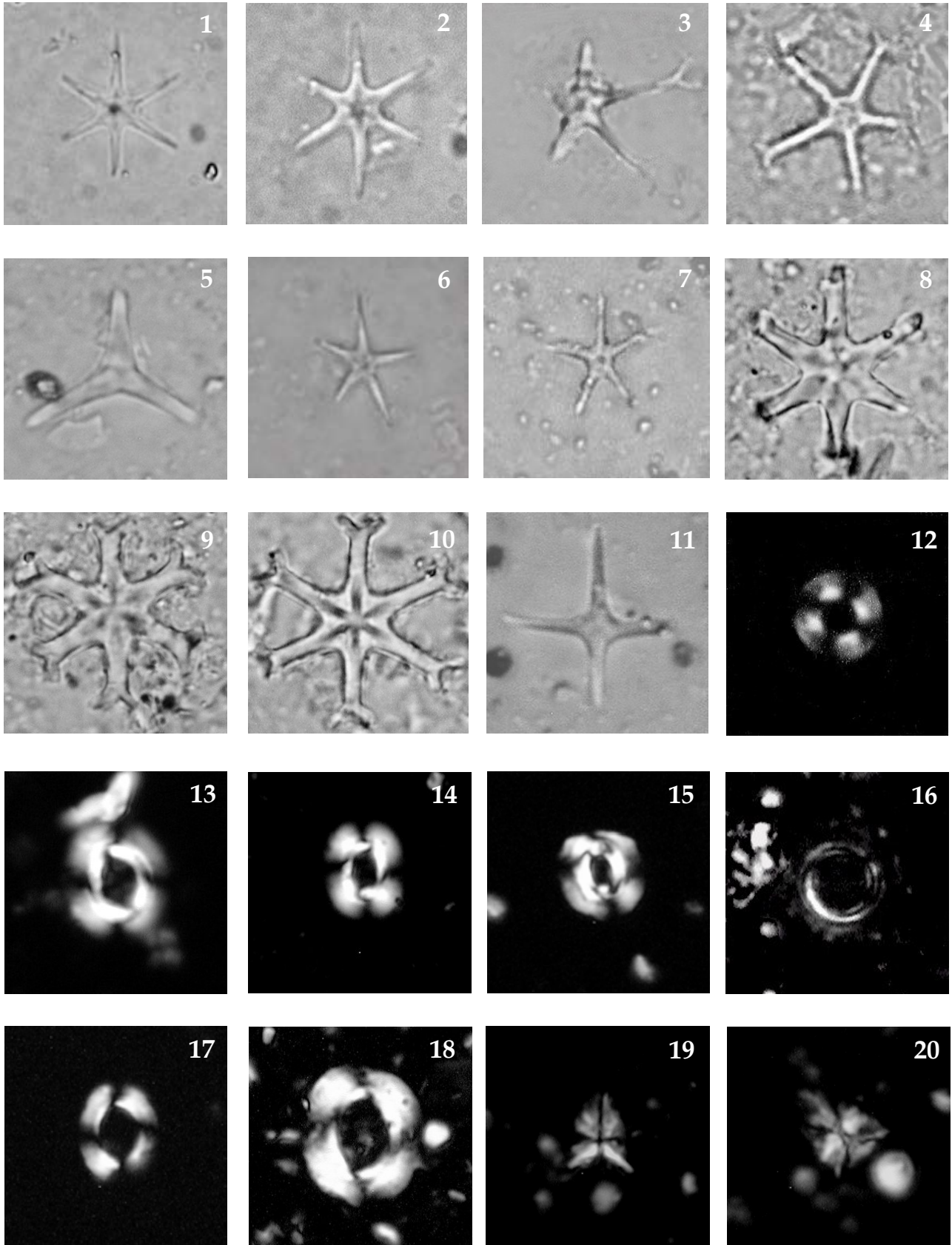
15 *Reticulofenestra gelida* (Geitzenauer, 1972) Backman, 1978 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2430m. LP.

16 *Umbilicosphaera cricota* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2530m. LP.

17 y 18 *Reticulofenestra amplius* (Kamptner, 1955) Jafar, 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2430m., (2) 2440m. LP.

19 y 20 *Sphenolithus abies* Deflandre, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2300m. LP.

LAMINA II



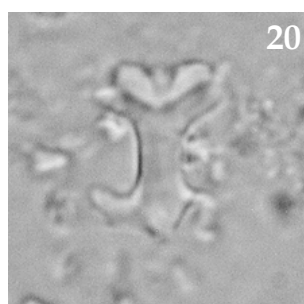
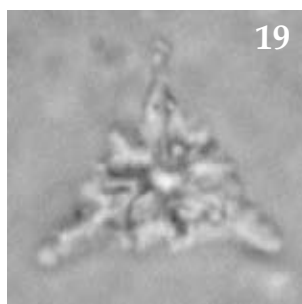
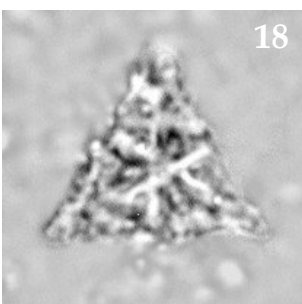
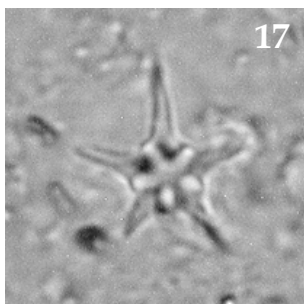
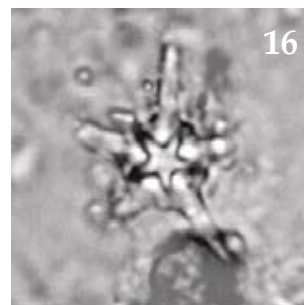
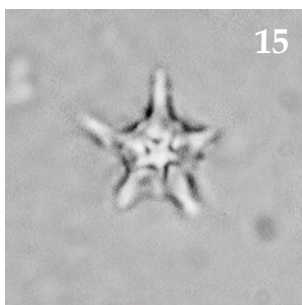
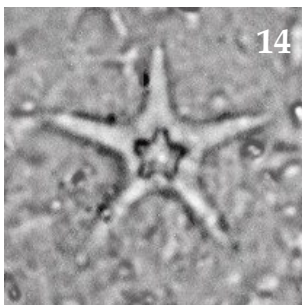
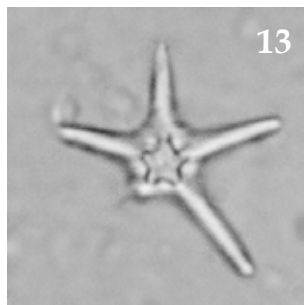
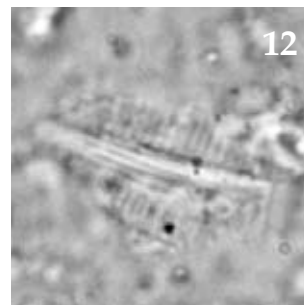
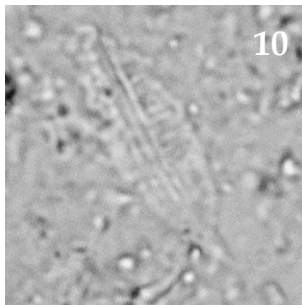
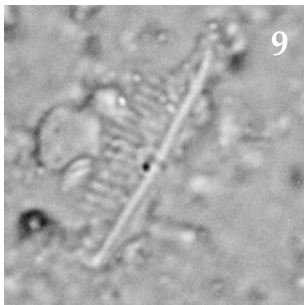
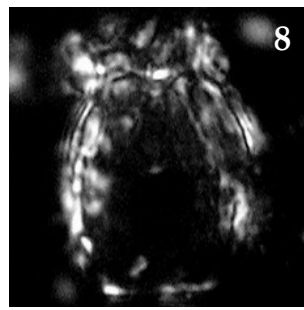
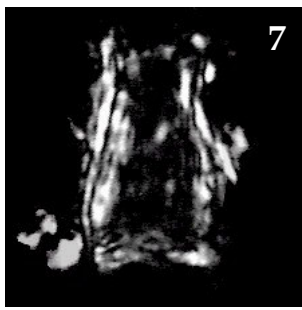
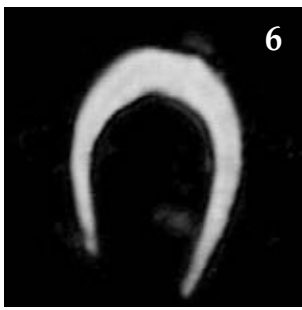
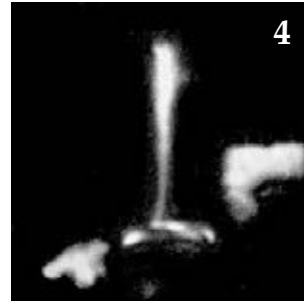
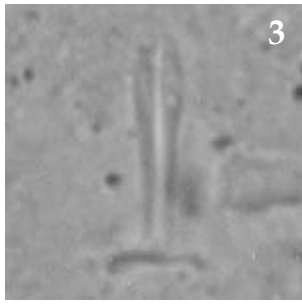
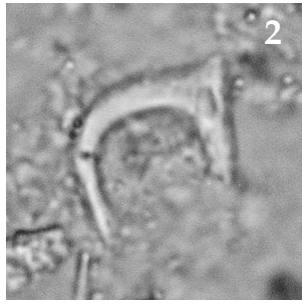
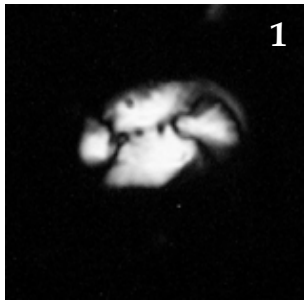
## LAMINA II

## LAMINA III

- 1 *Helicosphaera paleocartieri* Theodoridis, 1984 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2430m. LP.
- 2 *Amaurolithus tricorniculatus* (Gartner) Gartner & Bukry, 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2310m. LN.
- 3 y 4 *Rhabdosphaera clavigera* Murray & Blackman, 1898 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 325m. LN. y LP.
- 5 y 6 *Ceratolithus cristatus* Kamptner, 1950 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 1900m. (1) LN. y (2) LP.
- 7 *Scyphosphaera aequatorialis* Kamptner 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2570m. LP.
- 8 *Scyphosphaera deflandrei* Müller 1974a (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2570m. LP.
- 9-12 *Triquetrorhabdulus rugosus* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2510m., (2) 2460m., (3) 2360m. y (4) 2440m. LN.
- 13 y 14 *Discoaster quinquerramus* Gartner, 1969 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2430m. y (2) 2460m. LN.
- 15 y 16 *Discoaster berggrenii* Bukry, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2400m., (2) 2440m. LN.
- 17 *Discoaster shafferii* Gartner, 19 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2300m. LN.
- 18 *Lithostromation perdurum* Deflandre, 1942b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2320m. LN.
- 19 *Lithostromation triangularis* Gardet, 1955 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2275m- LN.
- 20 *Discoaster icarus* Stradner, 1973 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2510m. LN.



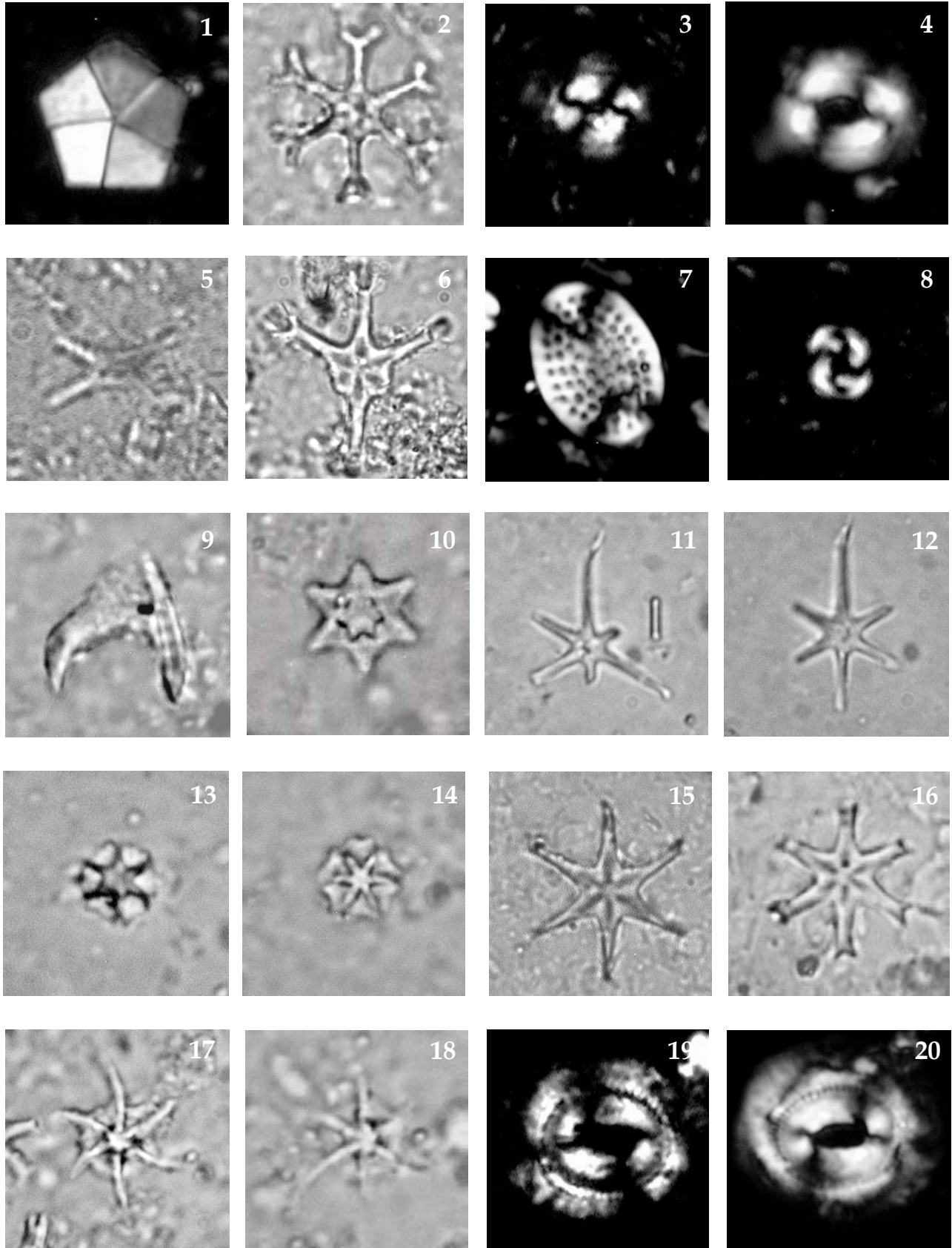
LAMINA III



## LAMINA IV

- 1 *Braarudosphaera bigelowi* (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2040m. LN.
- 2 *Discoaster challengeri* Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2570m. LN.
- 3 y 4 *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2485m., (2) 2030m. LP.
- 5 *Discoaster blackstockae* Bukry, 1973d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2520m. LN.
- 6 *Discoaster pseudovariabilis/surculus* Martini & Worsley, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2570m. LN.
- 7 *Pontosphaera multipora* (Kamptner, 1948) Roth, 1970 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2440m. LP.
- 8 *Pyrocyclus orangensis* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2770m. LP.
- 9 *Amaurolithus amplificus* (Bukry & Percival, 1971) Gartner & Bukry, 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2520m. LN.
- 10 *Discoaster intercalaris* Bukry, 1971a (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2485m. LN.
- 11 y 12 *Discoaster neohamatus* Bukry & Bramlette, 1969b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2420m., (2) 2420m. LN.
- 13 y 14 *Catinaster mexicanus* Bukry, 1971b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2410m., (2) 2300m. LN.
- 15 y 16 *Discoaster calcaris* Gartner, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2595m., (2) 2460m. LN.
- 17 y 18 *Catinaster calyculus* Martini & Bramlette (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2440m., (2) 2485m. LN.
- 19 y 20 *Coccolithus miopelagicus* Bukry, 1971a (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2805m., (2) 2900m. LP.

LAMINA IV



## LAMINA V

1 y 2 *Coronocyclus nitescens* (Kamptner, 1963) Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2460m., (2) 2640m. LP.

3 y 4 *Calcidiscus premacintyreii* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2450m., (2) 2460m. LP.

5-7 *Catinaster coalitus* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2450m., (2) 2440m., (3) 2450m. LN.

8 *Discoaster moorei* Bukry, 1971b (1600x). Pozo T485m. LN.unich-1. Prof. 2

9 y 10 *Discoaster bollii* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2440m., (2) 2485m. LN.

11 y 12 *Discoaster wisei* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2450m., (2) 2420m. LN.

13-16 *Discoaster hamatus* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2440m., (2) 2440m., (3) 2485m., (4) 2460m. LN.

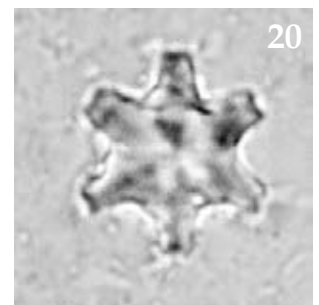
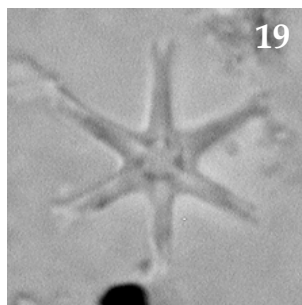
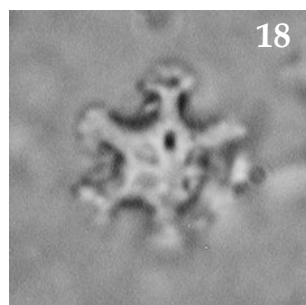
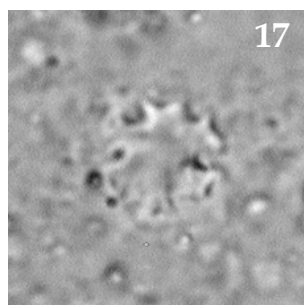
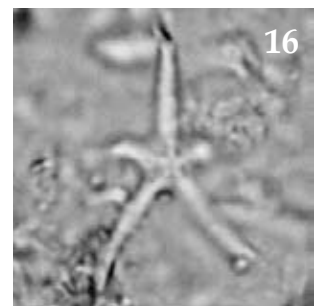
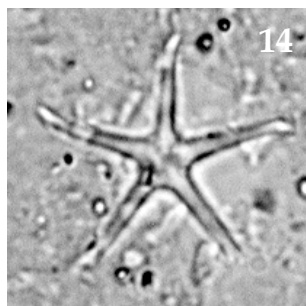
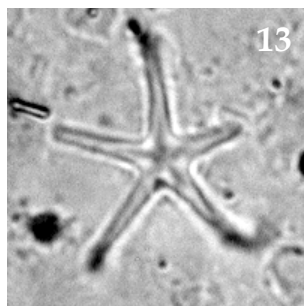
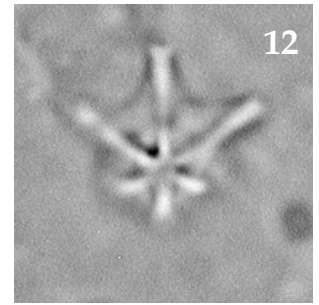
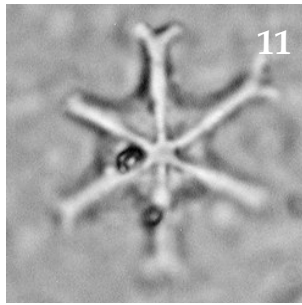
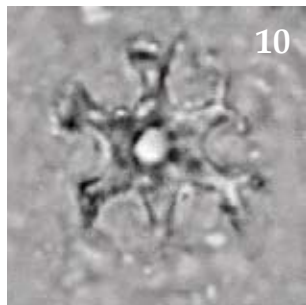
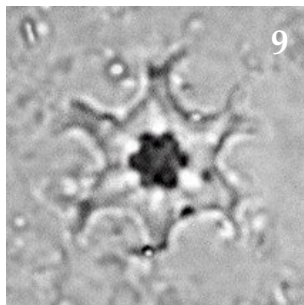
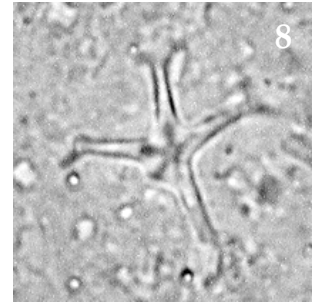
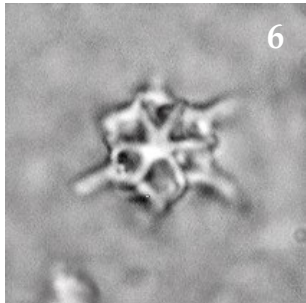
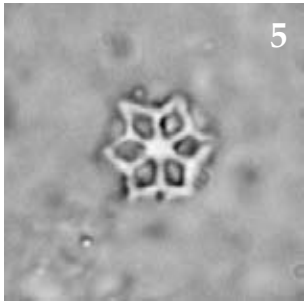
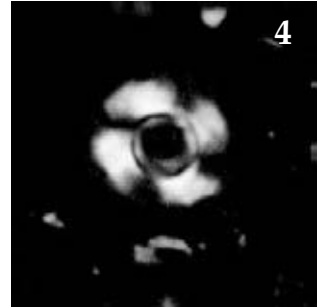
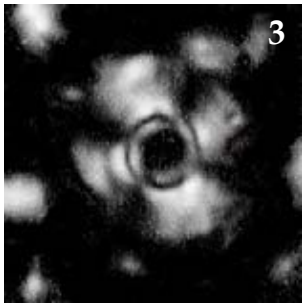
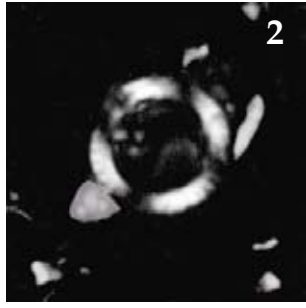
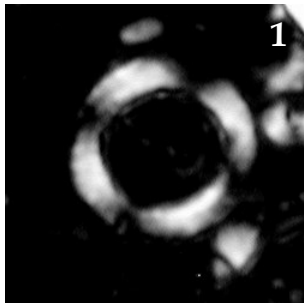
17 *Discoaster micros* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2485m. LN.

18 *Discoaster sanmiguelensis* Bukry, 1981b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2460m. LN.

19 *Discoaster exilis* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2360m. LN.

20 *Discoaster kugleri* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2450m. LN.

LAMINA V



## LAMINA VI

1 y 2 *Helicosphaera stalis* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2460m., (2) 2550m. LP.

3 y 4 *Discoaster drugii* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2650m., (2) 2500m. LN.

5 y 6 *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2650m., (2) 2595m. LN.

7 y 8 *Helicosphaera parallela* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2640m., (2) 2640m. LP.

9-12 *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, 1953 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2530m., (3 y 4) 2640m. LP.

13 y 14 *Helicosphaera ampliaperta* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2710m., (2) 2595m. LP.

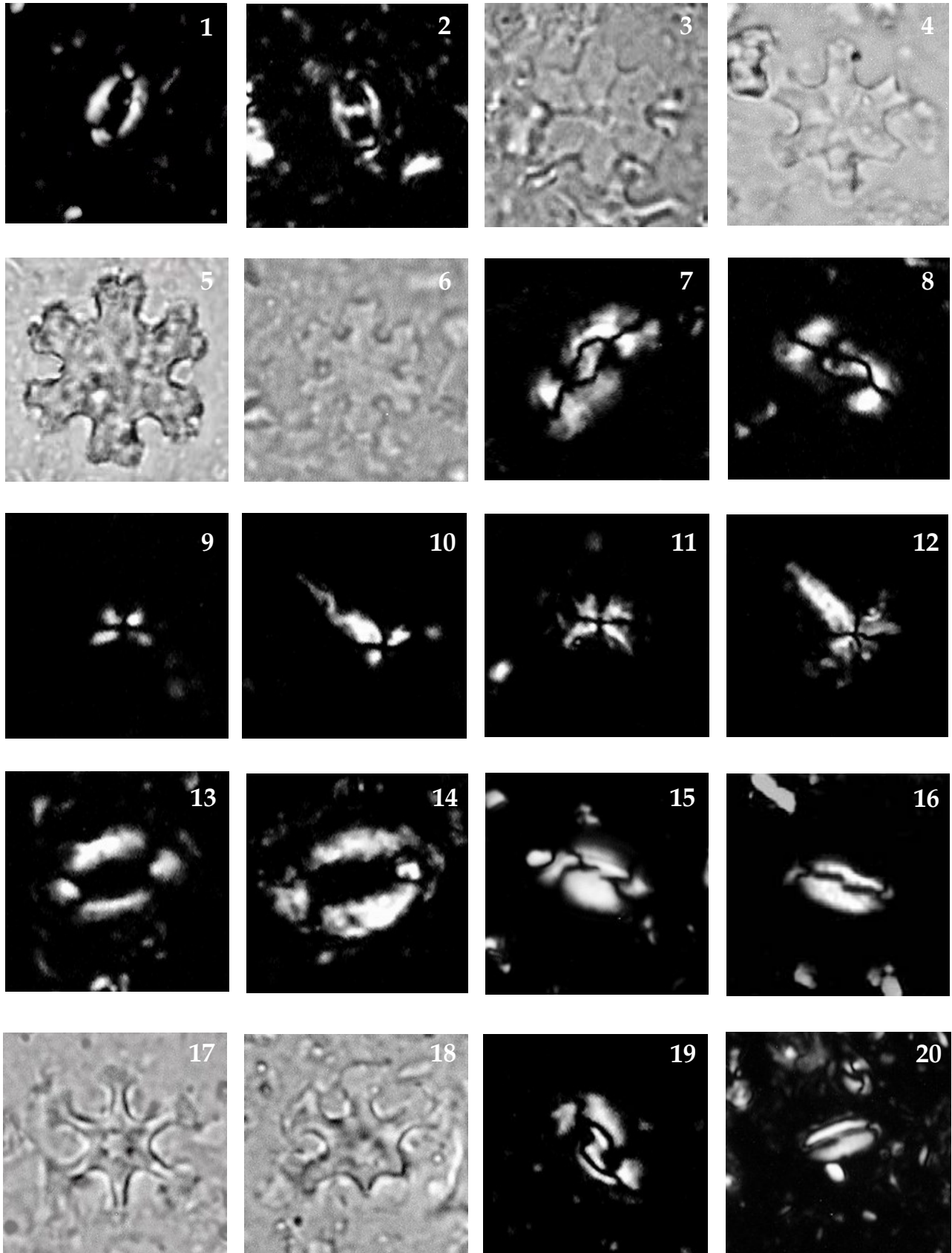
15 y 16 *Helicosphaera obliqua* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2710m., (2) 2640m. LP.

17 y 18 *Discoaster subsurculus* Gartner, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2460m., (2) 2450m. LN.

19 *Helicosphaera intermedia* Martini, 1965 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2880m. LP.

20 *Helicosphaera elongata* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2640m. LP.

LAMINA VI



## LAMINA VII

1 y 2 *Cyclicargolithus floridanus* "A" (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2640m., (2) 2520m. LP.

3 *Cyclicargolithus floridanus* "B" (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2585m. LP.

4 *Cyclicargolithus floridanus* "C" (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2595m. LP.

5 y 6 *Discoaster calculosus* Bukry, 1971b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) m., (2) m. LN:

7 y 8 *Cyclicargolithus abisectus* (Müller, 1970) Wise, 1973 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2595m., (2) 2770m. LP.

9 y 10 *Sphenolithus belemnus* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2640m. LP.

11 y 12 *Sphenolithus capricornutus* Bukry & Percival, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2695m. LP.

13 *Ericsonia obruta* Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2750 m. LP.

14 *Helicosphaera gertae* Bukry, 1981b (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2685m. LP:

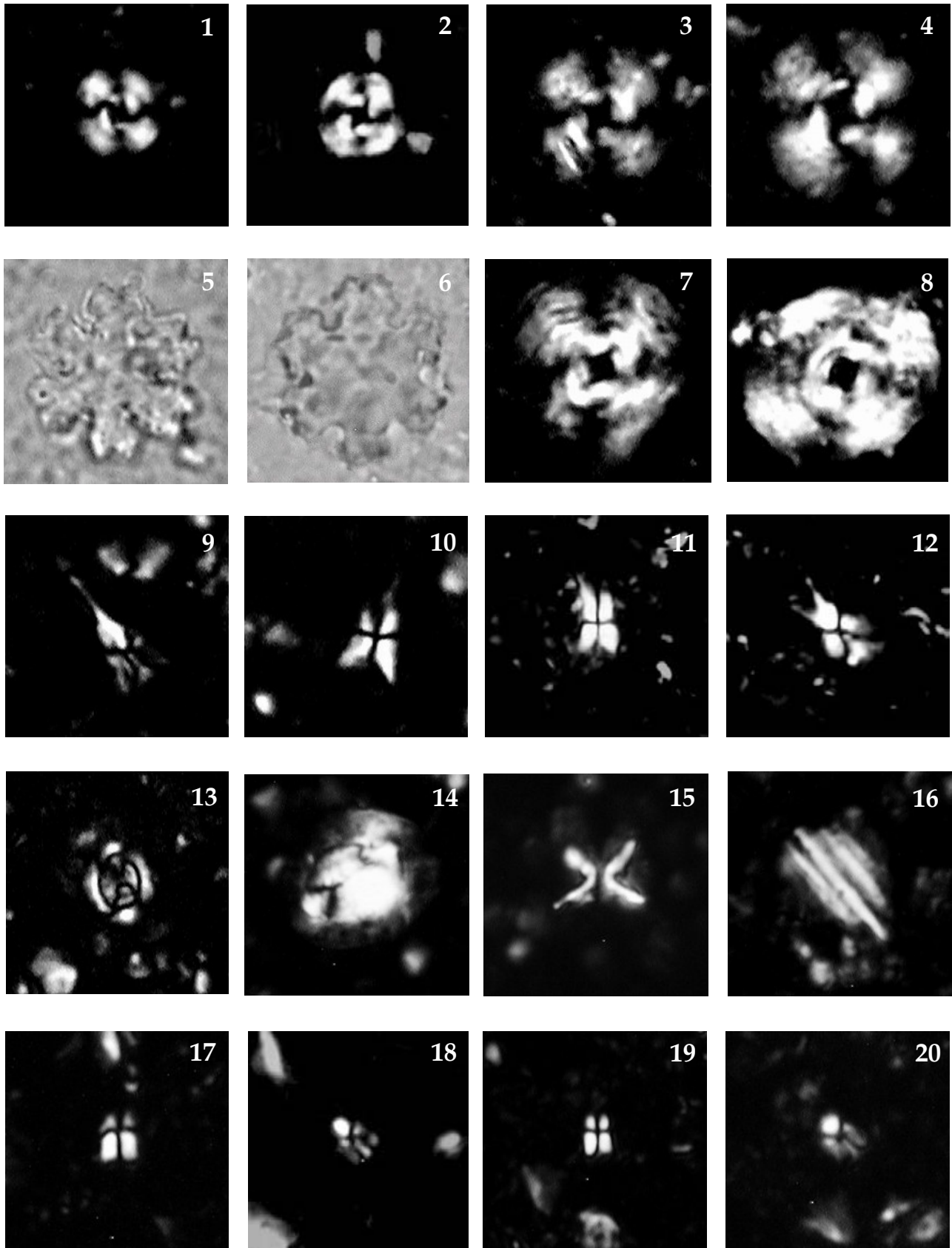
15 *Ilselithina fusa* Roth, 1970 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2710m. LP.

16 *Triquetrorhabdulus challengerii* Perch-Nielsen, 1977 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2710m. LP.

17-20 *Sphenolithus disbelemnus* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2640m., (3 y(4) 2600m. LN.



LAMINA VII



## LAMINA VIII

1 y 2 *Sphenolithus delphix* Bukry, 1973c (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2790m. LP.

3 y 4 *Triquetrorhabdulus carinatus* Martini, 1965 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2710m., (2) 2805m. LP.

5-8 *Helicosphaera recta* (Haq) Jafar & Martini, 1975 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2830m., (3 y 4) 2790m. LN. y LP.

9 y 10 *Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler & Wade, 1966) Bukry & Percival, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2815m., (2) 2815m. LP.

11 y 12 *Sphenolithus ciperoensis* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2750m. LP.

13 y 14 *Sphenolithus distentus* (Martini) Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2790m., (2) 2805m. LP.

15 *Sphenolithus predistentus* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2790m. LP.

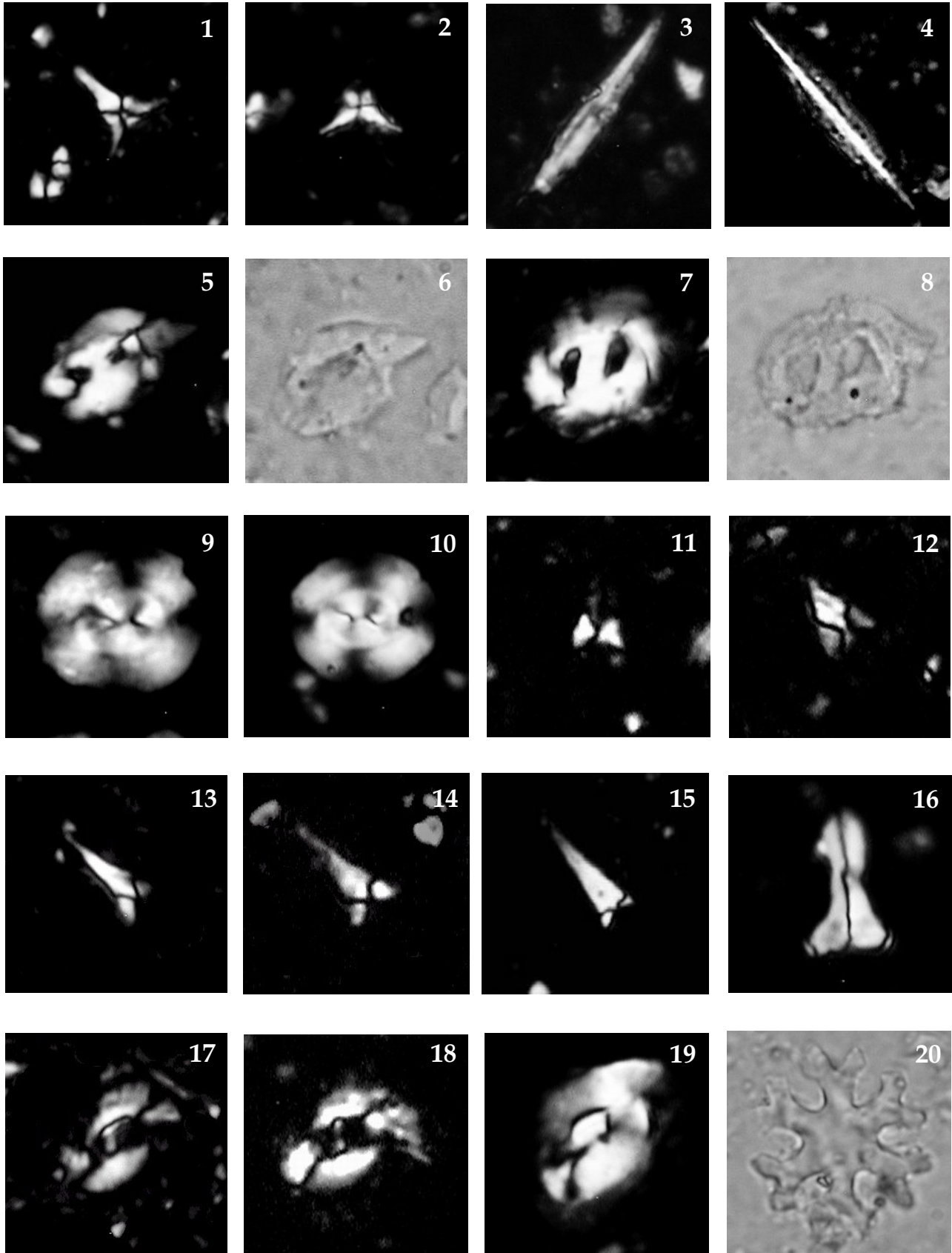
16 *Zygrabllithus bijugatus* (Deflandre *in* Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2815m. LP.

17 y 18 *Helicosphaera wilcoxonii* Gartner 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2805m., (2) 2790m. LP.

19 *Helicosphaera compacta* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x) Pozo Tunich-1. Prof. 2900m. LP.

20 *Discoaster saundersi* (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2830m. LN.

LAMINA VIII



## LAMINA IX

1-4 *Sphenolithus pseudoradians* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2805m., (3 y 4) 2805m. LP.

4 y 6 *Discoaster tanii ornatus* Bramlette & Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2970m., (2) 2970m. LN.

7 y 8 *Discoaster tanii nodifer* Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2830m., (2) 2845m. LN.

9 y 10 *Helicosphaera salebrosa* Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2790m. LN. y LP.

11 y 12 *Sphenolithus tribulosus* Roth, 1970 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2865m. LP.

13 *Helicosphaera reticulata* Bramlette y Wilcoxon, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2640m. LP.

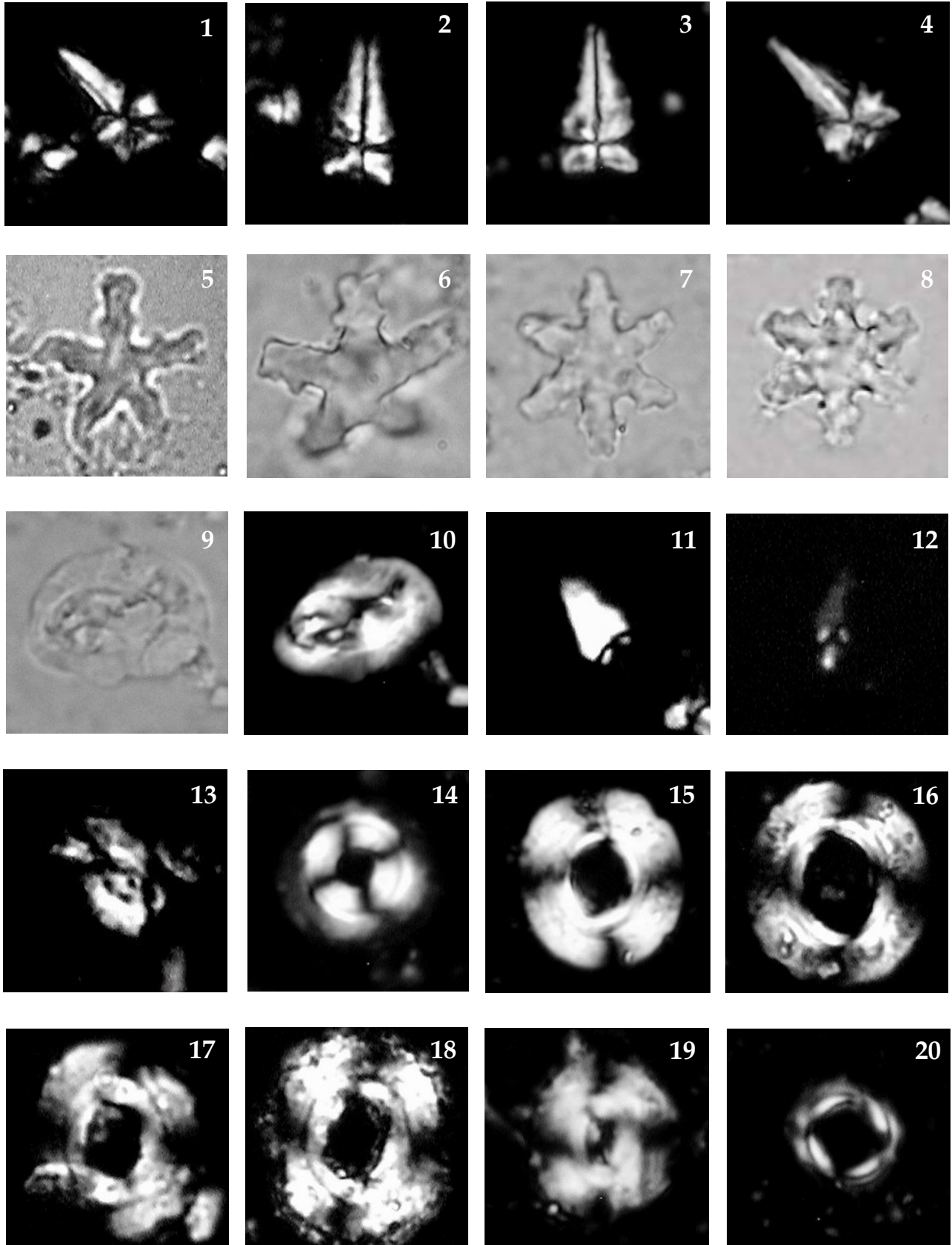
14 *Ericsonia formosa* Haq, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2970m. LP.

15 y 16 *Reticulofenestra umbilica* (LEVIN, 1965) Martini & Ritzkowski, 1968 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2970m., (2) 2970m. LP.

17-19 *Reticulofenestra hillae* Bukry & Percival, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 2970m., (2) 2960m., (3) 2750m. LP.

20 *Calcidiscus protoannulus* (Gartner, 1971) Loeblich & Tapan, 1978 (1600x). Pozo Tunic-1. Prof. 2960m. LP.

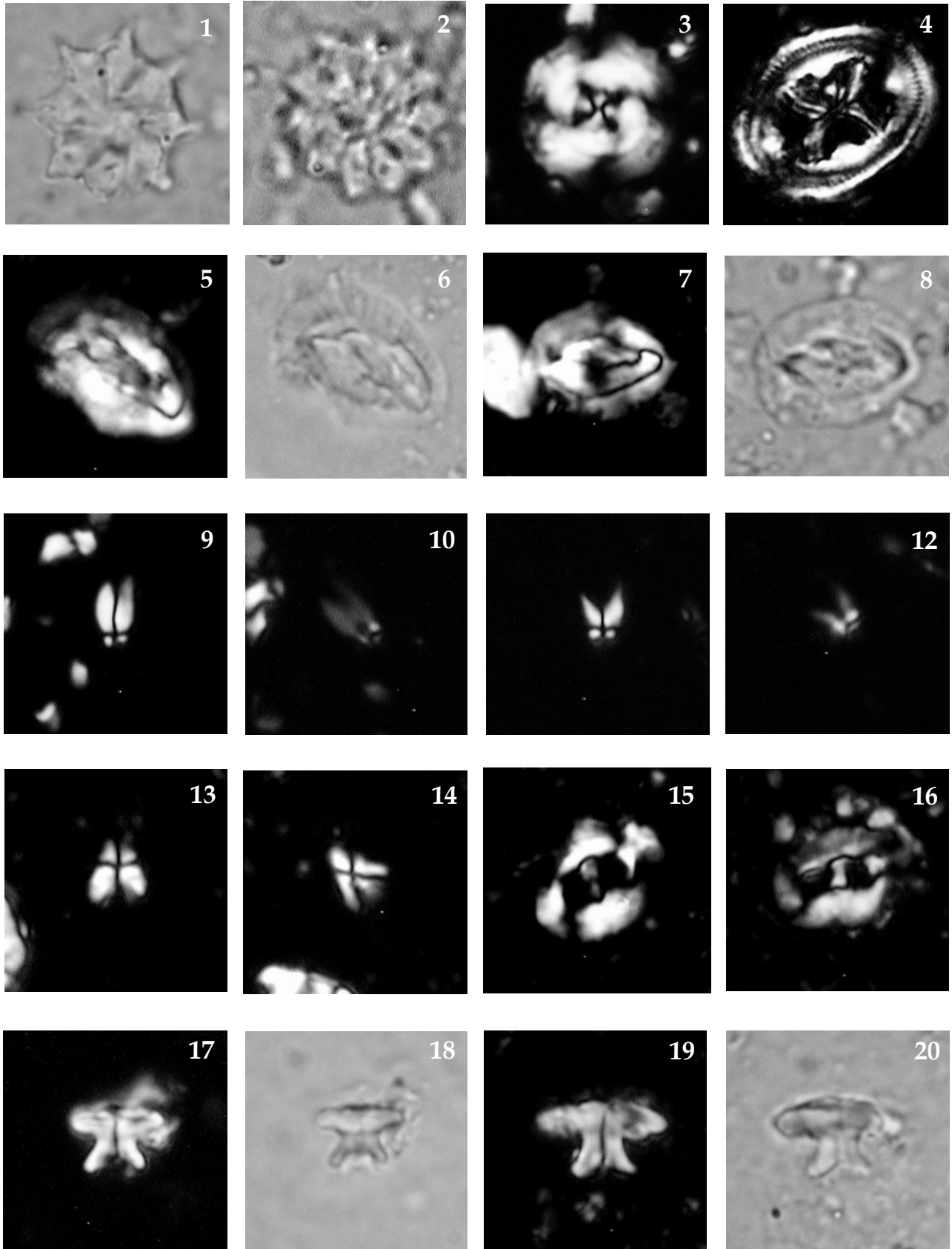
LAMINA IX



## LAMINA X

- 1 *Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LN.
- 2 *Discoaster barbadiensis* Tan, 1927, emend. Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3000m. LN.
- 3 *Cribocentrum reticulatum* (Gartner & Smith, 1967) Roth & Thierstein, 1972 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 4 *Chiasmolithus grandis* (Bramlette & Riedel, 1954) Radomski, 1968 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2970m. LP.
- 5-8 *Helicosphaera heezenii* Bukry, 1971a (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2790m., (3 Y 4) 2970m. LN. y LP.
- 9-12 *Sphenolithus furcatolithoides* Locker, 1967(1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 3000m., (3 y 4) 3080m. LP.
- 13 y 14 *Sphenolithus spiniger* Bukry, 1971). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 2970m. LP.
- 15 y 16 *Helicosphaera seminulum* Bramlette & Sullivan, 1961). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 3105m., (2) 2760 m. LP.
- 17-20 *Discoaster kuepperi* Stradner, 1959). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 3080m., (3 y 4) 3105m. LP. y LN.

LAMINA X

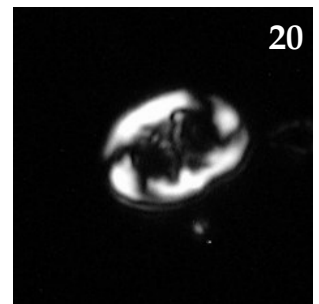
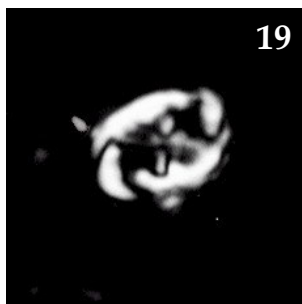
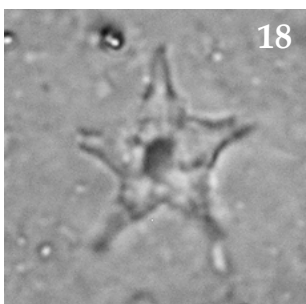
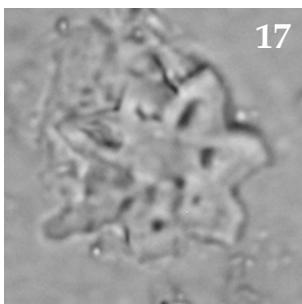
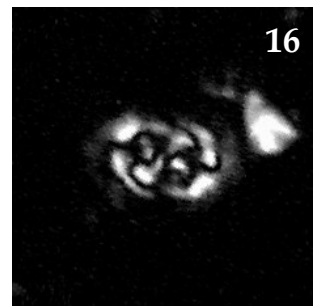
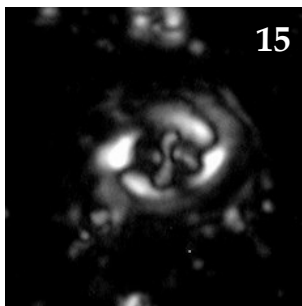
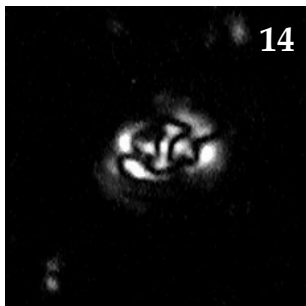
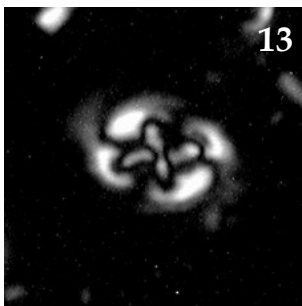
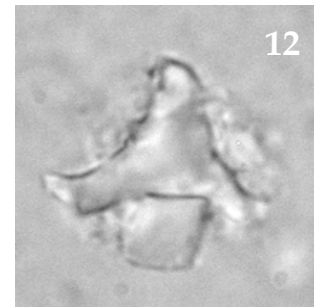
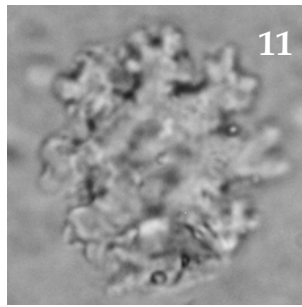
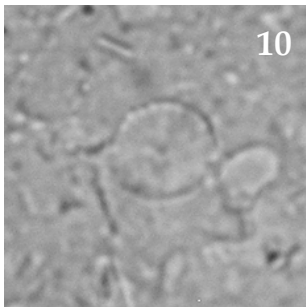
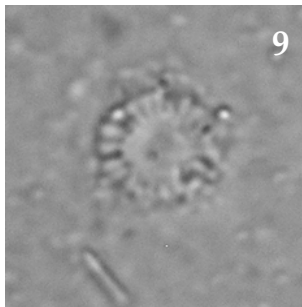
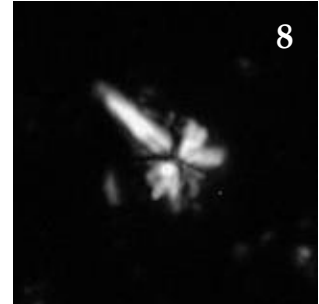
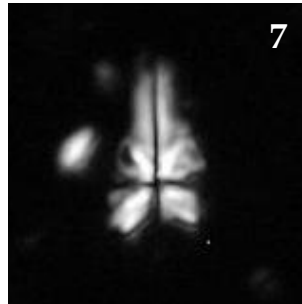
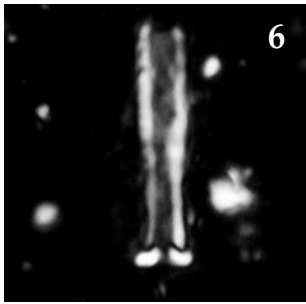
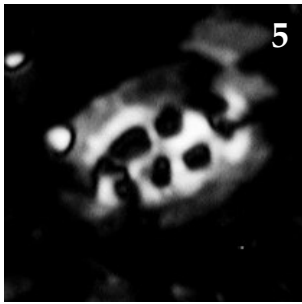
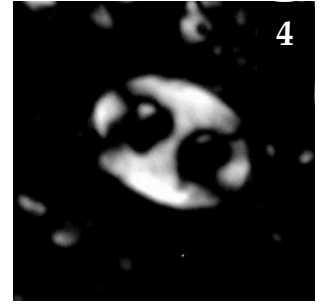
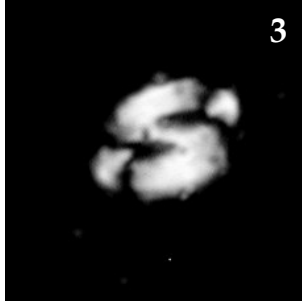
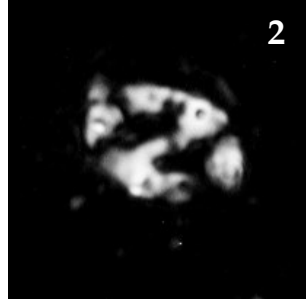
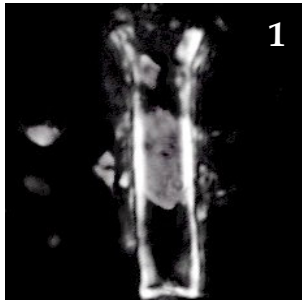


## LAMINA XI

- 1 *Scyphosphaera columella* Stradner, 1969 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LP.
- 2 *Transversopontis pulcheroides* (Sullivan, 1964) Baldi-Beke, 1971 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3105m. LP.
- 3 *Transversopontis obliquipons* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Hay, Moler & Wade, 1966 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3105m. LP.
- 4 *Transversopontis exilis* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3000m. LP.
- 5 *Ellipsolithus distichus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sullivan, 1964 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 6 *Rhabdosphaera solus* Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof.3080 m. LP.
- 7 y 8 *Sphenolithus radians* Deflandre in Grassé, 1952(1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LP.
- 9 *Discoaster bifax* Bukry, 1971a (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3070m. LN.
- 10 *Discoaster wemmelensis* Achuthan & Stradner, 1969(1600x). Pozo Tunich-1. Prof.3000 m. LN.
- 11 *Discoaster mirus* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LN.
- 12 *Tribrachiatus orthostylus* Shamraï, 1963 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof.3165 m. LN.
- 13 *Chiasmolithus consuetus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LP.
- 14 *Chiasmolithus nitidus* Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3000m. LP.
- 15 y 16 *Chiasmolithus titus* Gartner, 1970 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 3150m., (2) 3000m. LP.
- 17 *Discoaster lodoensis* Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LN.
- 18 *Discoaster sublodoensis* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LN.
- 19 y 20 *Neochiastozygus distentus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen 1971c (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) m., (2) m. LP.



LAMINA XI



## LAMINA XII

1 y 2 *Chiasmolithus solitus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1968 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 3205m. LP. y LN.

3 y 4 *Coccolithus eopelagicus* (Bramlette & Riedel, 1954) Bramlette & Sullivan, 1961 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 2900m. LP. y LN.

5 y 6 *Birkelundia staurion* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3250m. LP. y LN.

7 y 8 *Sphenolithus conspicuus* Martini, 1976 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 3205m. LP.

9, 13 y 14 *Chiasmolithus bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1) 3225m., (2 y 3) 3250m. LP. y LN.

10 *Campylosphaera dela* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3080m. LP.

11 *Biantholithus sparsus* Bramlette & Martini, 1964 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.

12 *Markalius inversus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini, 1964 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3300m. LN.

15 y 16 *Toweius eminens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971d (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. (1 y 2) 3275m. LN. y LP.

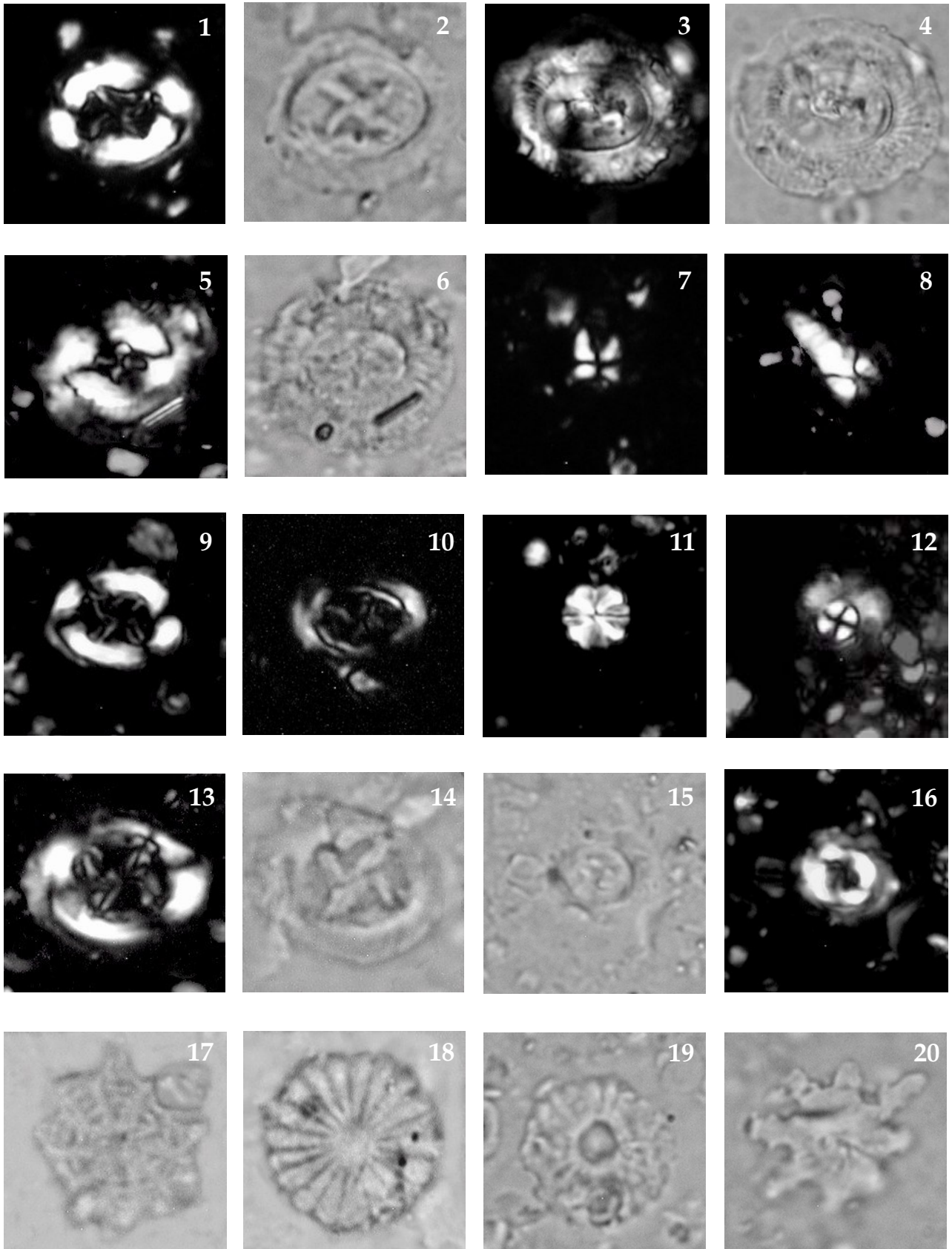
17 *Discoaster elegans* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3225m. LN.

18 *Discoaster multiradiatus* Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3165m. LN.

19 *Discoaster lenticularis* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LN.

20 *Discoaster mediosus* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600x). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LN.

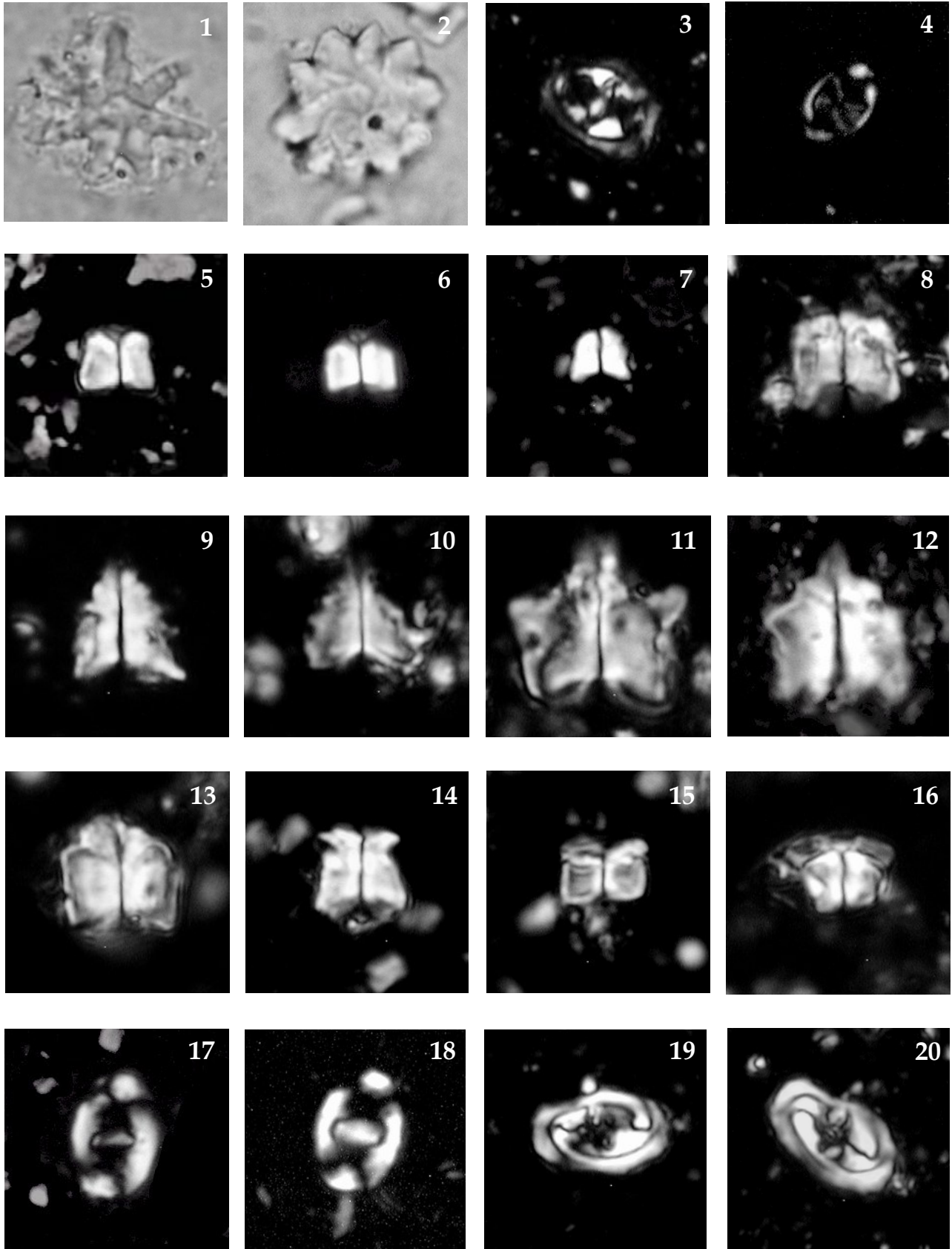
LAMINA XII



## LAMINA XIII

- 1 *Discoaster aranues* Bukry, 1971b (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m LN.
- 2 *Discoaster mohleri* Bukry y Percival, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m LN.
- 3 *Placozygus sigmoides* (Bramlette & Sullivan, 1961) Romein, 1979 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3235m. LP.
- 4 *Noechiastozygus chiatius* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971b (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 5 *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler, 1967 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 6 *Fasciculithus bobii* Perch-Nielsen, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 7 *Fasciculithus clinatus* Bukry, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 8 *Fasciculithus involutus* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 9 *Fasciculithus schaubii* Hay & Mohler, 1967 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 10 *Fasciculithus lillianae* Perch-Nielsen, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 11 y 12 *Fasciculithus richardii* Perch-Nielsen, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.
- 13 *Fasciculithus magnicordis* Bukry y Percival, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LP.
- 14 y 15 *Fasciculithus sp.* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 16 *Fasciculithus bitectus* Romein, 1979 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LP.
- 17 *Zygodiscus plectopons* Bramlette & Sullivan, 1961 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3165m. LP.
- 18 *Zygodiscus herlynii* Sullivan, 1964 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3205m. LP.
- 19 y 20 *Neocrepidolithus cruciatus* (Perch-Nielsen, 1979a) Perch-Nielsen, 1981a (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3300m. LP.

LAMINA XIII



## LAMINA XIV

1-4 *Bomolithus conicus* (Perch-Nielsen, 1971) Perch-Nielsen, 1984a (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3255m. LP.

5 y 9 *Heliolithus kleinpellii* Sullivan, 1964 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.

6 *Heliolithus cantabriae* Perch-Nielsen, 1971c (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3255m. LP.

7 y 8 *Bomolithus elegans* Roth, 1973 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.

10 *Prinsius bisulcus* (Stradner, 1963) Hay & Mohler, 1967 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3225m. LP.

11 *Prinsius martinii* (Perch-Nielsen, 1969) Haq, 1971 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3255m. LP.

12 *Prinsius dimorphosus* (Perch-Nielsen, 1969) Perch-Nielsen, 1977 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3225m. LP.

13 y 14 *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner, 1961) Hay & Mohler, 1967 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.

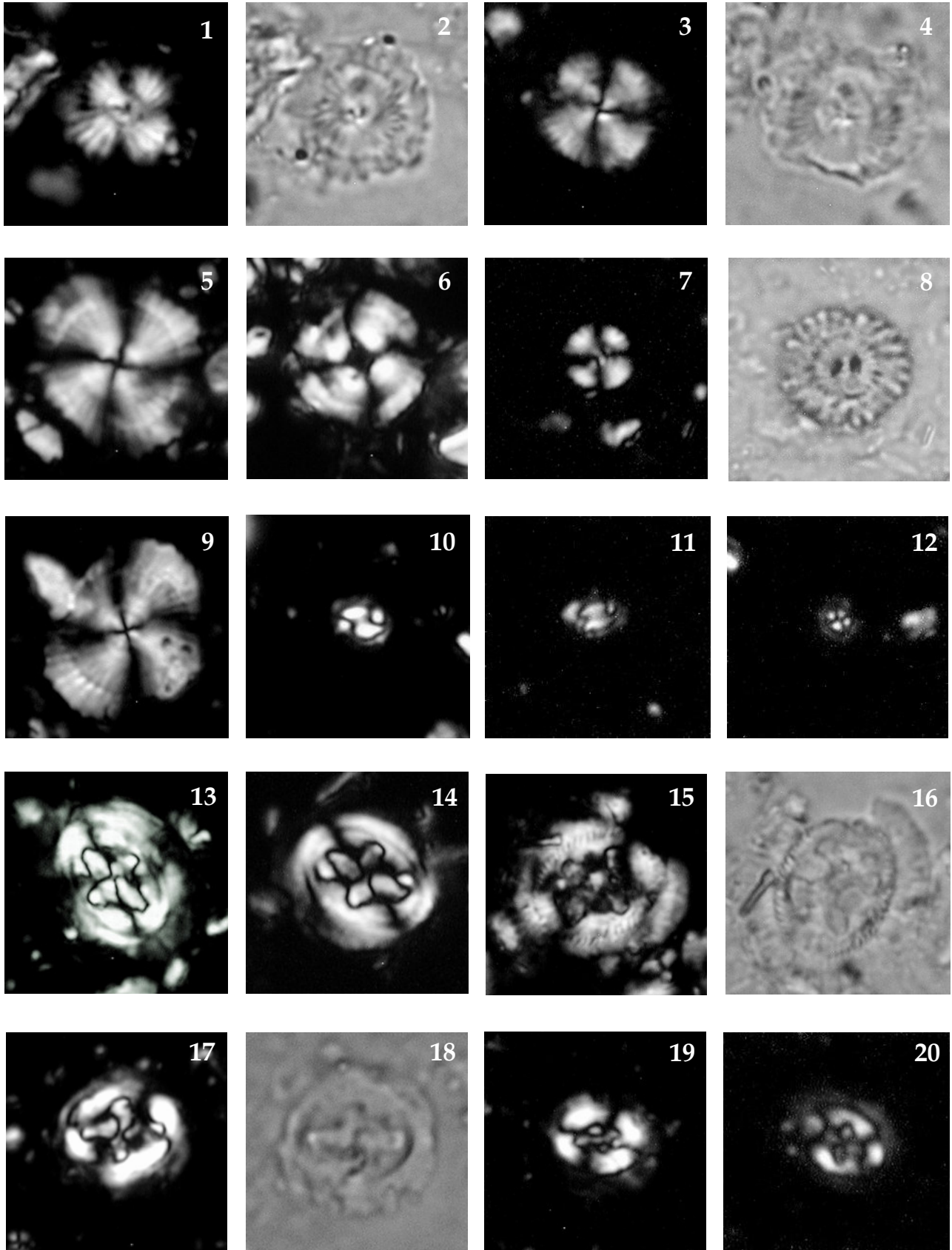
15 y 16 *Cruciplacolithus frequens* (Perch-Nielsen, 1977) Romein, 1979 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3255m. LP.

17 y 18 *Cruciplacolithus edwardsii* Romein, 1979 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LP.

19 *Cruciplacolithus intermedius* van Heck & Prins, 1987(1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3275m. LP.

20 *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen, 1977 (1600X). Pozo Tunich-1. Prof. 3245m. LP.

LAMINA XIV



## LAMINA I

1 y 2 *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 655m, (2) 1385m. LP.

3-5 *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay en Hay et al, 1967 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) m. (2) 1105m. LP.

6 y 7 *Gephyrocapsa omega* Bukry, 1973 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) m, (2) 1045m. LP.

8 *Braarudosphaera bigelowii* (Grand & Braarud,1935) Deflandre 1947 (1600X). Pozo Ixtal-101. Prof. 1055m. LP:

9 y 10 *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman 1898) Loeblich & Tappan 1978 (1600X) Pozo Ixtal-101. Prof. 705m. LN. y LP.

11 *Ceratolithus telesmus* Norris, 1965 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 895m. LP.

12 *Ceratolithus simplex* Bukry, 1979 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 885m. LP.

13-15 *Pseudoemiliana lacunosa* redonda (Kamptner, 1963) Gartner, 1969 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 705m, (2) 1555m, (3) 1875m. LP.

16 *Pontosphaera discopora* Schiller, 1925 emend. Burns, 1973 Pozo Ixtal-101. Prof. 835m. LP.

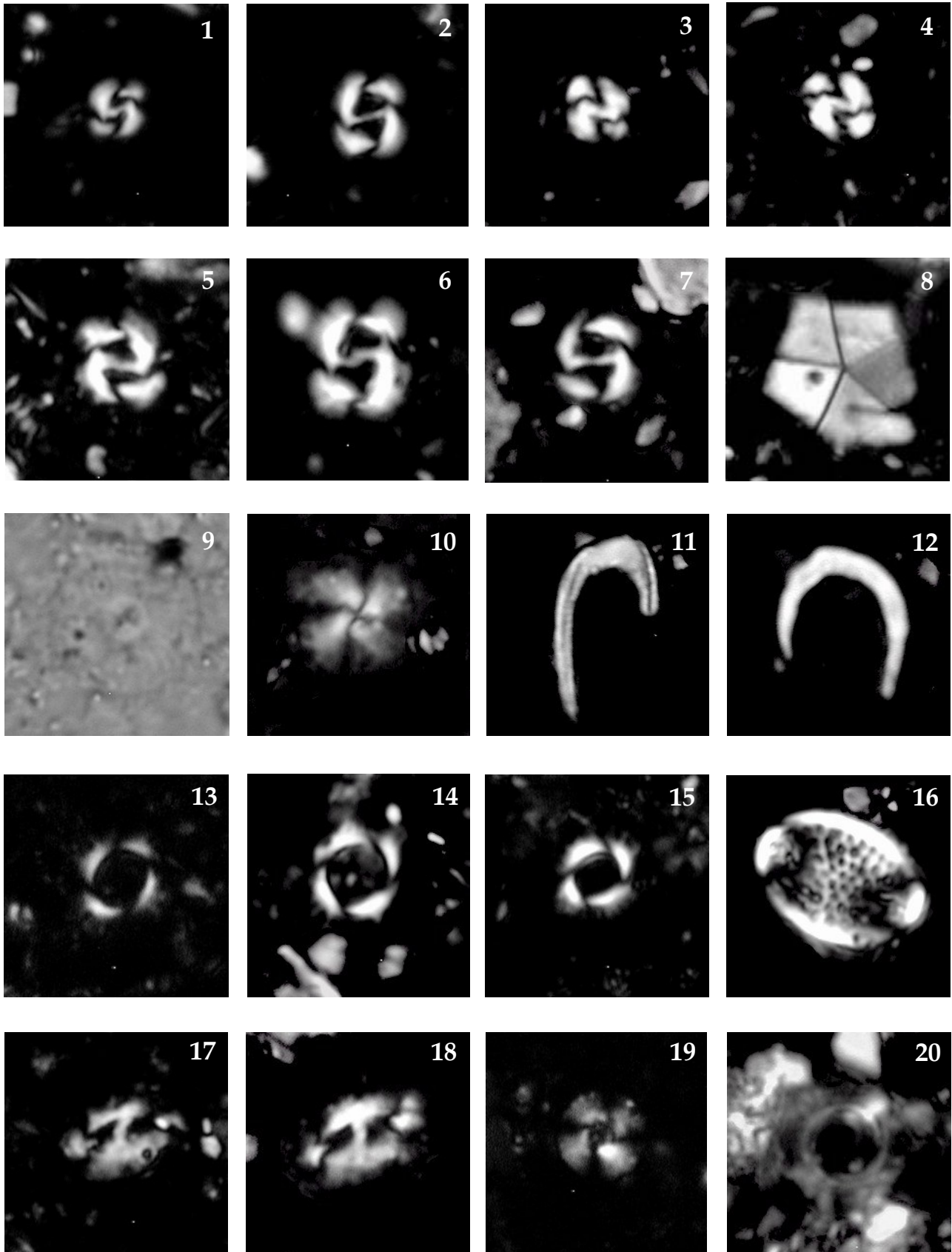
17 y 18 *Helicosphaera sellii* (Bukry & Bramlette, 1969b) Jafar & Martini, 1975 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 2275m., (2) 2495m. LP.

19 *Calcidiscus macintyreii* (Bukry & Bramlette, 1969b) Loeblich & Tappan, 1978 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 855m. LP.

20 *Umbilicosphaera cricota* (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 1055m. LP.



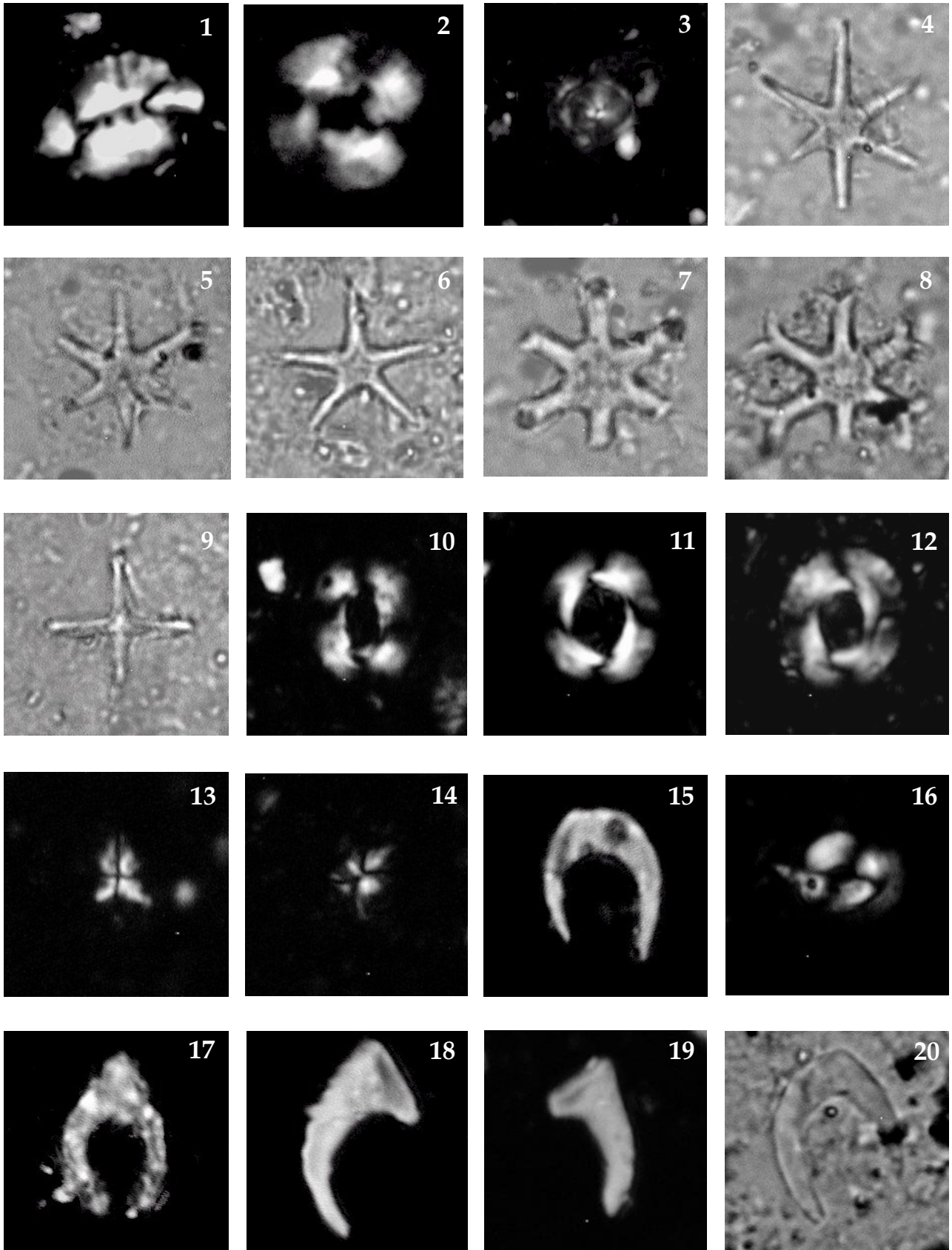
LAMINA I



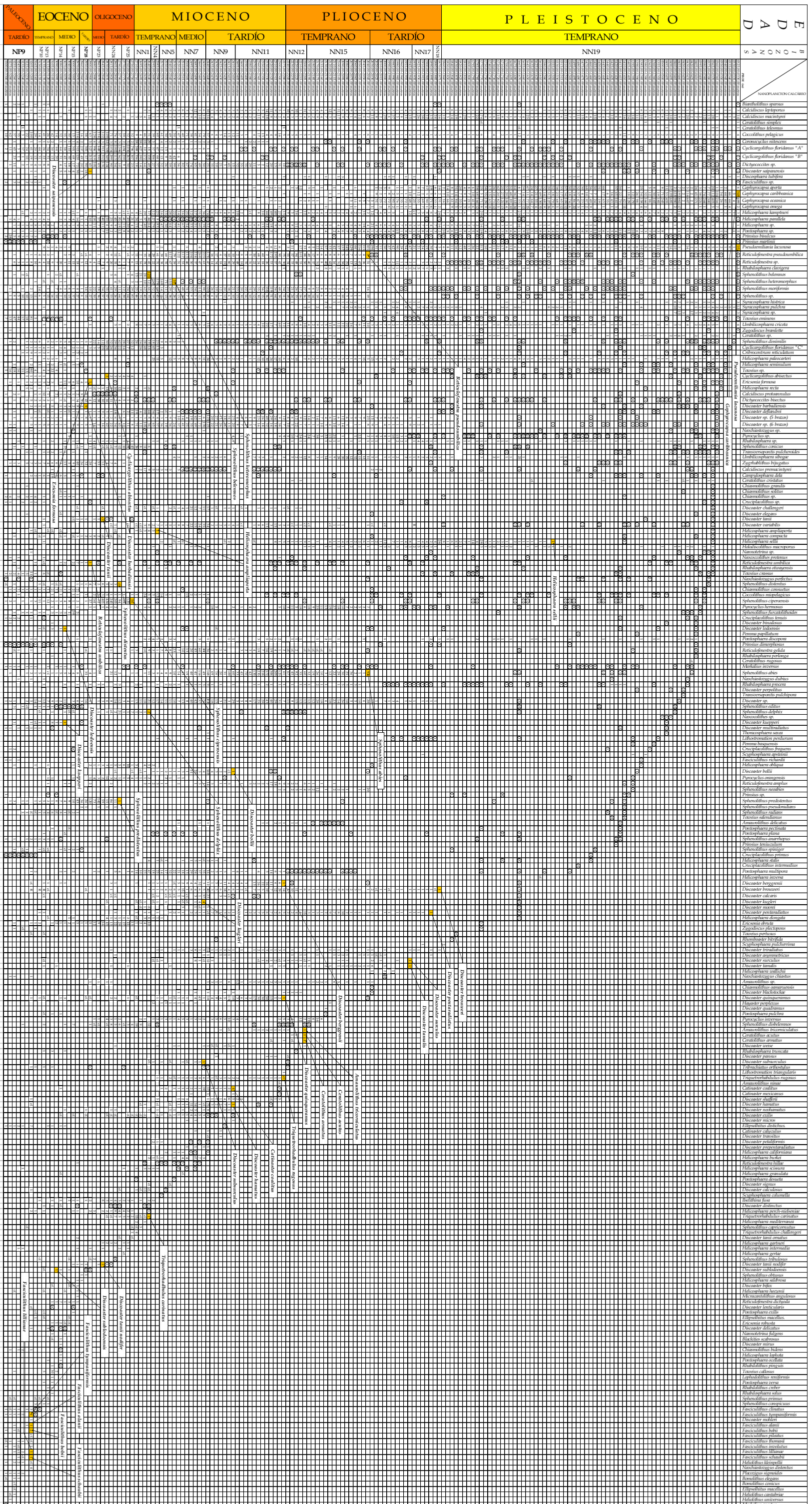
## LAMINA II

- 1 *Helicosphaera paleocartieri* Theodoridis, 1984 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 805m. LP.
- 2 *Calcidiscus macintyreii* (Bukry & Bramlette, 1969b) Loeblich & Tappan, 1978 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 2465m. LP.
- 3 *Syracosphaera histrica* Kamptner 1941 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 1055m. LP.
- 4 y 5 *Discoaster brouweri* Tan emend. Bramlette & Riedel, 1954 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 3690m, (2) 3770m. LN.
- 6 *Discoaster pentaradiatus* Bukry & Percial, 1971 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LN.
- 7 *Discoaster surculus* Martini & Bukry, 1968 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LN.
- 8 *Discoaster variabilis* Martini & Bramlette, 1963 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LN.
- 9 *Discoaster tamalis* Kamptner, 1967 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 3755m. LN.
- 10 *Reticulofenestra pseudoumbilica* (Gartner, 1967) Gartner, 1969 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LP.
- 11 y 12 *Reticulofenestra amplus* (Kamptner, 1955) Jafar, 1975 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 3770m., (2) 3810m. LP.
- 13 y 14 *Sphenolithus abies* Deflandre, 1954 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 2300m. LP.
- 15 *Ceratolithus cristatus* Kamptner, 1950 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. (1) 325m, (2) 360m. LP.
- 16 *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930 (1600x). Pozo Ixtal-101. Prof. 1875m. LP.
- 17 *Ceratolithus sp.* Kamptner, 1950 (1600X) Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LP.
- 18 *Ceratolithus acutus* Gartner & Bukry, 1974 (1600X). Pozo Ixtal-101. Prof. 3755m. LP.
- 19 *Ceratolithus armatus* Müller, 1974 (1600X). Pozo Ixtal-101. Prof. 3755m. LP.
- 20 *Amaurolithus delicatus* Gartner & Bukry, 1975 (1600X). Pozo Ixtal-101. Prof. 3770m. LN.

LAMINA II

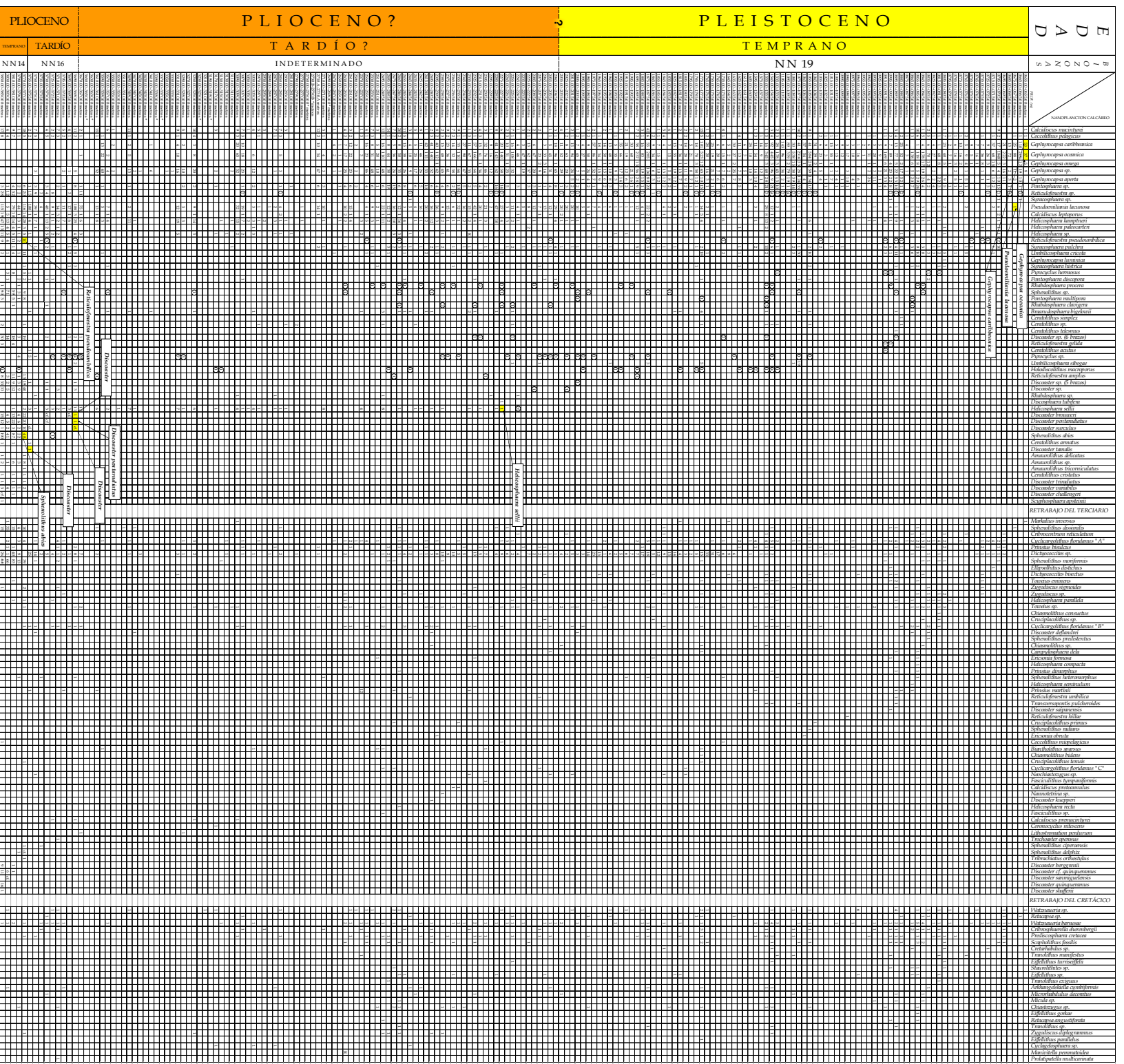


## CUADROS



CUADRO 1- Distribución Estratigráfica y Abundancia del Nanoplankton Calcáreo del Pozo Tunich-1, Sonda de Campeche, Golfo de México.

INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE LA UCAJALANAL  
ANÁLISIS, ANDRÉS BARRERA VÁZQUEZ  
DISEÑO, ANDRÉS BARRERA VÁZQUEZ  
EJECUCIÓN, ANDRÉS BARRERA VÁZQUEZ  
ESTADÍSTICA, ANDRÉS BARRERA VÁZQUEZ  
SERVICIO DE CAMPECHE



**CUADRO 2.-** Distribución Estratigráfica y Abundancia del Nanoplancton Calcáreo del Pozo Ixtal-101, Sonda de Campeche, Golfo de México.