

# Reconstrucción paleoambiental entre el Eoceno tardío y el Mioceno Temprano en el Cinturón Plegado de San Jacinto (Caribe colombiano) a partir de foraminíferos bentónicos



Darwin Mauricio Garzón Oyola  
Tesis de Maestría  
2023



**UNIVERSIDAD DE CALDAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**



**RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL ENTRE EL EOCENO TARDÍO**  
**Y EL MIOCENO TEMPRANO EN EL CINTURÓN PLEGADO**  
**DE SAN JACINTO (CARIBE COLOMBIANO) A PARTIR DE**  
**FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS**

**DARWIN MAURICIO GARZÓN OYOLA**

**Manizales, Colombia**

**Reconstrucción paleoambiental entre el Eoceno tardío y el Mioceno Temprano en el  
Cinturón Plegado de San Jacinto (Caribe colombiano) a partir de  
foraminíferos bentónicos**

**Darwin Mauricio Garzón Oyola**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ciencias de la Tierra**

**Directores:**

Director: Ph.D. (c) Raúl Trejos Tamayo

Codirector: Ph.D. (c) Andrés Salazar Ríos

**Universidad de Caldas**  
**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
**Maestría en Ciencias de la Tierra**  
**Manizales, Colombia**  
**2023**

## ***Dedicatoria***

*Dedico este logro a mis padres Alexander Garzón Cardona y Lulieth Oyola Sánchez por ser mi ejemplo y mi fuerza en este camino, por su esfuerzo y dedicación, por formarme como persona para bien de la sociedad y por estar siempre ahí, por su amor incondicional que me da fuerzas cada día. Son los mejores padres del mundo, son mi orgullo y los amo, infinitas gracias.*

*A mi hermana por su apoyo incondicional, por ser mi mejor amiga, la vida mía, el mejor regalo que la vida nos ha dado a mí y a mis padres, todo mi cariño para ti.*

*A Raul por ser mi maestro, gracias por su paciencia y su apoyo incondicional a lo largo de este proyecto y de mi vida profesional y personal, es mi mejor amigo y mi padre académico, gratitud siempre por estar ahí con sus palabras para levantarme y mostrarme el mejor camino para ser mejor.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias) y Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Caldas por el apoyo financiero para el desarrollo de este trabajo de Maestría a través del proyecto N° FP44842-494-2017.

Mis más sinceros agradecimientos a los investigadores Raúl Trejos Tamayo y Andrés Salazar Ríos, por mostrarme y enseñarme el maravilloso mundo de la micropaleontología, de los foraminíferos bentónicos y brindarme su confianza y su apoyo durante este trabajo, por sus críticas constructivas, por enseñarme a ser una mejor persona, por brindarme todos sus conocimientos, gracias por su tiempo, dedicación, confianza y amistad.

Al profesor Andrés Pardo Trujillo, por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo en el instituto, por brindarme su confianza e impulsarme en la investigación, por darme la oportunidad de ser parte de esta hermosa institución.

Al director de la maestría, profesor Hugo Murcia, por su amistad y comprensión y paciencia a lo largo de este proyecto.

A Dios por darme la familia tan maravillosa que tengo, porque sin su apoyo esto no sería posible, por permitirme seguir adelante.

A mis padres y hermana por su apoyo incondicional porque han estado de principio a fin durante esta etapa de mi vida, por estar siempre apoyándome, por su esfuerzo y dedicación para cumplir esta meta, infinitas gracias.

Especial agradecimiento por el apoyo técnico y logístico, y por ser fundamentales en mi crecimiento personal y profesional a Juan Pablo Betancur, Gustavo Bolaños, María Dolly, Mauricio Reyes y David Céspedes.

A mis amigos/as Mónica Duque Castaño, Lina Constanza Osorio, Paola Bernal, Carlos Ariel Giraldo, Fabían Gallego, Felipe Vallejo, Angelo Plata, Rubén Darío Hernández,

Edwar Osorio y Alejandro Arenas, por su incondicional amistad, por ser ejemplos a seguir, por sus críticas constructivas, por su humildad, los admiro y los respeto.

A todos los profesores del Departamento de Ciencias Geológicas por ser nuestros maestros en esta linda carrera, por trasmitirme sus conocimientos, por enseñarme cada rama de la geología, por su amor por la ciencia.

A todas las personas que integran al Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES) y al Grupo de Investigación en Estratigrafía y Vulcanología (GIEV) - CUMANDAY ya que sin ellos este trabajo no sería posible.

A los jurados que revisaron está tesis ya que con sus revisiones ayudaron a mejorar ampliamente este documento.

***Nota***

*Confía en el tiempo, que suele dar dulces  
salidas a muchas amargas dificultades.*

*Miguel de Cervantes*

## Resumen

Se estudió la distribución de los foraminíferos bentónicos del Eoceno superior al Mioceno Inferior de dos secuencias registradas por dos núcleos (ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X) perforados en la parte central del del Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ), en el Caribe colombiano. El control bioestratigráfico previo con nanofósiles calcáreos y foraminíferos planctónicos de los dos núcleos sirvió como marco temporal para las reconstrucciones paleoambientales y paleobatimétricas a partir del análisis de los foraminíferos bentónicos.

La sistemática fue actualizada para la cuenca tras 67 años desde el primer y único trabajos sistemáticos para los foraminíferos bentónicos de la región. Se identificaron 146 géneros y 288 especies de foraminíferos bentónicos a lo largo de ambos núcleos y se proporcionan imágenes al Microscopio Electrónico de Barrido para todas ellas.

En el Eoceno superior, en la biozona de nanofósiles calcáreos NP19-NP20, los foraminíferos bentónicos, mayoritariamente calcáreos, y con una leve tendencia a poblaciones epifaunales, habitaron el talud, en la zona batial superior. En la parte tardía del Eoceno superior entre la zona NP19-20 y NP21, hasta el límite con el Oligoceno, dominan los foraminíferos bentónicos aglutinados de microhábitats epifaunales, mientras las profundidades parecen ser más someras, tal vez en la zona nerítica y en el quiebre del talud. Entre el Oligoceno y el Mioceno Inferior registrado en el pozo ANH-SAN JACINTO 1, desde la biozona NP21 hasta la NN2, dominan los foraminíferos bentónicos de pared calcárea de microhábitats infaunales, las profundidades son mayores con batimetrías hasta la zona batial media y se relaciona con diversidades altas respecto al Eoceno. En el pozo ANH-COSTA AZUL-1X, que abarca el Oligoceno superior al Mioceno Inferior, entre las zonas de foraminíferos planctónicos O7 a M1-M2, dominan los foraminíferos bentónicos aglutinados, y los microhábitats ligeramente epifaunales en ambientes más someros respecto al mismo periodo en el pozo ANH-SAN JACINTO-1.

Estos resultados coinciden con el incremento de la expansión y la subsidencia en las cuencas del Caribe colombiano desde el Eoceno tardío. Además, una posible influencia de



la transición climática entre el Eoceno y el Oligoceno en el SW del Caribe puede estar relacionado con el comportamiento en la distribución de las diversidades, del tipo de pared y de los nutrientes a través de los microhábitats.

**Palabras clave:** Microhábitats, Oxigenación, Tipo de pared de los foraminíferos bentónicos, Subsistencia, Paleobatimetría, Sistemática, Paleógeno tardío.

## ABSTRACT

The distribution of benthic foraminifera from the Upper Eocene to Lower Miocene of two sequences recorded by two cores (ANH-SAN JACINTO-1 and ANH-COSTA AZUL-1X) drilled in the central part of the San Jacinto Folded Belt (SJFB), in the Colombian Caribbean was studied. Previous biostratigraphic control with calcareous nannofossils and planktonic foraminifers from the two cores served as a time frame for paleoenvironmental and paleobathymetric reconstructions based on the analysis of benthic foraminifers.

The systematics were updated, 146 genera and 288 species of benthic foraminifera were identified along both cores, and Scanning Electron Microscope photographs were provided for all of them.

In the upper Eocene, in the calcareous nannofossil biozone NP19-NP20, benthic foraminifers, mostly calcareous, and with a slight tendency to epifaunal populations, inhabited the slope, in the upper bathyal zone. In the late upper Eocene between the NP19-20 and NP21 zone, up to the Oligocene boundary, benthic foraminifers dominated by agglutinated epifaunal microhabitats, while the depths appear to be shallower, perhaps in the neritic zone and in the slope break. Between the Oligocene and Lower Miocene recorded in well ANH-SAN JACINTO 1, from biozone NP21 to NN2, calcareous-walled benthic foraminifera from infaunal microhabitats dominate, depths are deeper with bathymetries up to the middle bathyal zone and are related to high diversities concerning the Eocene. In the ANH-COSTA AZUL-1X well, which spans the Upper Oligocene to Lower Miocene, between the planktonic foraminiferal zones O7 to M1-M2, agglutinated benthic foraminifers dominate, and slightly epifaunal microhabitats in shallower environments with respect to the same period in the ANH-SAN JACINTO-1 well.

These results are consistent with increased expansion and subsidence in the Colombian Caribbean basins since the late Eocene. It is also possible that the shift in climate from Eocene to Oligocene in the southwest Caribbean has affected the distribution of diversity, wall type, and nutrients in different microhabitats.

**Keywords:** Microhabitats, Oxygenation, Benthic foraminifera wall type, Subsidence, Paleobathymetry, Systematics, Late Paleogene.

## Tabla de contenido

Resumen

Abstract

<b>1. Introducción .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>20</b>
2.1 Objetivo general .....	20
2.1.1 Objetivos específicos .....	20
<b>3. Marco geológico .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Marco conceptual (foraminíferos bentónicos) .....</b>	<b>24</b>
4.1 Biología de los foraminíferos bentónicos .....	24
4.2 Ecología de los foraminíferos bentónicos .....	25
4.3 Características morfológicas de los foraminíferos bentónicos .....	29
4.3.1 Estructura de la pared de la concha .....	29
4.3.2 Descripción de las cámaras .....	31
4.3.3 Apertura, enrollamiento y disposición de las cámaras. ....	32
<b>5. Metodología .....</b>	<b>35</b>
5.1 Revisión litológica .....	35
5.1.1 Muestreo de los niveles de interés .....	35
5.1.2 Técnicas y preparación de muestras para foraminíferos .....	35
5.1.3 Selección y clasificación de foraminíferos .....	36
5.1.4 Análisis y clasificación de microfósiles en lupa binocular .....	37
5.1.5 Adquisición de fotografías (MEB) .....	38
5.2 Análisis de foraminíferos bentónicos .....	38
5.2.1 Condiciones paleoecológicas de los foraminíferos bentónicos .....	38

5.2.2 Índice de diversidad de Shannon H <sub>1948</sub> .....	38
5.2.3 Oxígeno relativo y grupos faunales .....	38
5.2.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos .....	39
5.2.5 Paleobatimetría .....	39
5.2.6 Interpretación y discusión de los resultados .....	40
5.2.7 Elaboración del manuscrito final .....	40
<b>6. Resultados .....</b>	<b>41</b>
6.1 Sistemática micropaleontológica .....	41
6.1.1 Guía de la sistemática micropaleontológica de los foraminíferos bentónicos descritos en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 (SJ) y ANH-COSTA AZUL-1X (CA).....	41
6.1.2 Sistemática micropaleontológica de los foraminíferos bentónicos descritos en los pozos: ANH-SAN JACINTO-1 (SJ) Y ANH-COSTA AZUL-1X (CA) .....	45
6.1.3 Planchas micropaleontológicas para las especies descritas en la sistemática...103	
6.2 Pozo ANH-San Jacinto-1 .....	127
6.2.1 Edad .....	127
6.2.2 Parámetros paleoecológicos .....	131
6.2.3 Índice de diversidad de Shannon <sub>H</sub> 1948 .....	134
6.2.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos .....	1385
6.2.5 Condiciones cualitativas de oxigenación y grupos faunales .....	1358
6.2.6 Asociaciones de paleobatimetría .....	141
6.3 Pozo ANH-Costa Azul-1X .....	144
6.3.1 Edad .....	144
6.3.2 Parámetros paleoecológicos .....	146
6.3.3 Índice de diversidad de Shannon <sub>H</sub> 1948 .....	148

6.3.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos .....	149
6.3.5 Condiciones cualitativas de oxigenación y grupos faunales.....	150
6.3.6 Asociaciones paleobatimétricas .....	151
<b>7. Discusiones .....</b>	<b>12755</b>
7.1 Sistemática y taxonomía .....	155
<b>7.2 Paleoambientes según los foraminíferos bentónicos presentes en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X .....</b>	<b>155</b>
7.2.1 Eoceno superior .....	155
7.2.2 Oligoceno .....	158
7.2.3 Oligoceno superior/Mioceno Inferior .....	161
7.3 Correlación con otros trabajos en la parte central del CPSSJ.....	163
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>167</b>
<b>9. Referencias .....</b>	<b>169</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Localización de los pozos y mapa geológico del área de estudio.....	19
<b>Figura 2.</b> Cronoestratigrafía del Eoceno superior al Mioceno Inferior en la CPSJ.....	23
<b>Figura 3.</b> Modelo TROX.....	28
<b>Figura 4.</b> Foraminífero bentónico de pared aglutinada.....	29
<b>Figura 5.</b> Foraminífero bentónico de pared hialina.....	30
<b>Figura 6.</b> Foraminífero bentónico de pared porcelanada.....	31
<b>Figura 7.</b> Foraminífero aglutinado con cámaras no lamelares.....	31
<b>Figura 8.</b> Foraminífero hialino.....	32
<b>Figura 9.</b> Posición de la apertura umbilical de los foraminíferos bentónicos.....	33
<b>Figura 10.</b> Enrollamiento planoespiral evolutivo y planoespiral involutivo.....	33
<b>Figura 11. A.</b> Enrollamiento trocoespiral evolutivo y trocoespiral involutivo.....	34
<b>Figura 12.</b> Modelo paleobatimétrico ideal para una cuenca oceánica.....	40
<b>Figura 13.</b> Columna estratigráfica del Pozo ANH-SAN JACINTO-1.....	130
<b>Figura 14.</b> Foraminíferos bentónicos y su tipo de pared (ANH-SAN JACINTO-1).....	133
<b>Figura 15.</b> Índice de diversidad de Shannon_H 1948 (ANH-SAN JACINTO-1).....	134
<b>Figura 16.</b> Microhábitats infaunales e epifaunales (ANH-SAN JACINTO-1).....	137
<b>Figura 17.</b> Condiciones cualitativas de oxigenación (ANH-SAN JACINTO-1).....	139
<b>Figura 18.</b> Provincias ecológicas paleobatimétricas (ANH-SAN JACINTO-1).....	142

<b>Figura 19.</b> Columna estratigráfica del Pozo ANH-COSTA AZUL-1X.....	145
<b>Figura 20.</b> Foraminíferos bentónicos y su tipo de pared (ANH-COSTA AZUL-1X).....	147
<b>Figura 21.</b> Índice de diversidad de Shannon_H 1948 (ANH-COSTA AZUL-1X).....	148
<b>Figura 22.</b> Microhábitats infaunales e epifaunales (ANH-COSTA AZUL-1X) .....	149
<b>Figura 23.</b> Condiciones cualitativas de oxigenación (ANH-COSTA AZUL-1X).....	151
<b>Figura 24.</b> Provincias ecológicas paleobatimétricas (ANH-COSTA AZUL-1X).....	153
<b>Figura 25.</b> Modelo de distribución batimétrica de los pozos estudiados.....	157
<b>Figura 26.</b> Comparación paleoecológica y paleoambiental con otros trabajos.....	164



## Lista de tablas

**Tabla 1.** Oxígeno relativo y grupos faunales asociados.....26

**Tabla 2.** Características morfológicas en relación a su microhábitat.....27

## 1. Introducción

Los foraminíferos bentónicos presentes en las secuencias geológicas del Eoceno superior al Mioceno inferior del Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) en el Caribe colombiano (Figura 1), representan una valiosa oportunidad para llevar a cabo estudios paleoambientales detallados en la margen activa del NW de Colombia. La configuración tectónica desde el Paleógeno superior en la CPSJ ha sido de antearco relacionada a una subducción plana, lo que produjo extensión y subsidencia en la región, facilitando el desarrollo de una cuenca con influencia oceánica. Los ambientes registrados por las unidades del Eoceno superior al Mioceno Inferior en la CPSJ comprenden desde ambientes marinos poco profundos, a ambientes pelágicos de aguas profundas, relacionado posiblemente con el incremento en la subsidencia (Mora et al., 2018; 2020). Algunos estudios con foraminíferos han servido para la datación bioestratigráfica de estos depósitos (Petters y Sarmiento, 1956; Duque Caro, 1967, 1968, 1971a, 1971b, 1975, 1979, 1984, 2006; Rincón et al., 2007; Torres et al., 2022), sin embargo, muy pocos estudios se han centrado en detallar los ambientes marinos, y básicamente se centra en las interpretaciones de Petters y Sarmiento (1956) y Fiorini y Jaramillo (2007).

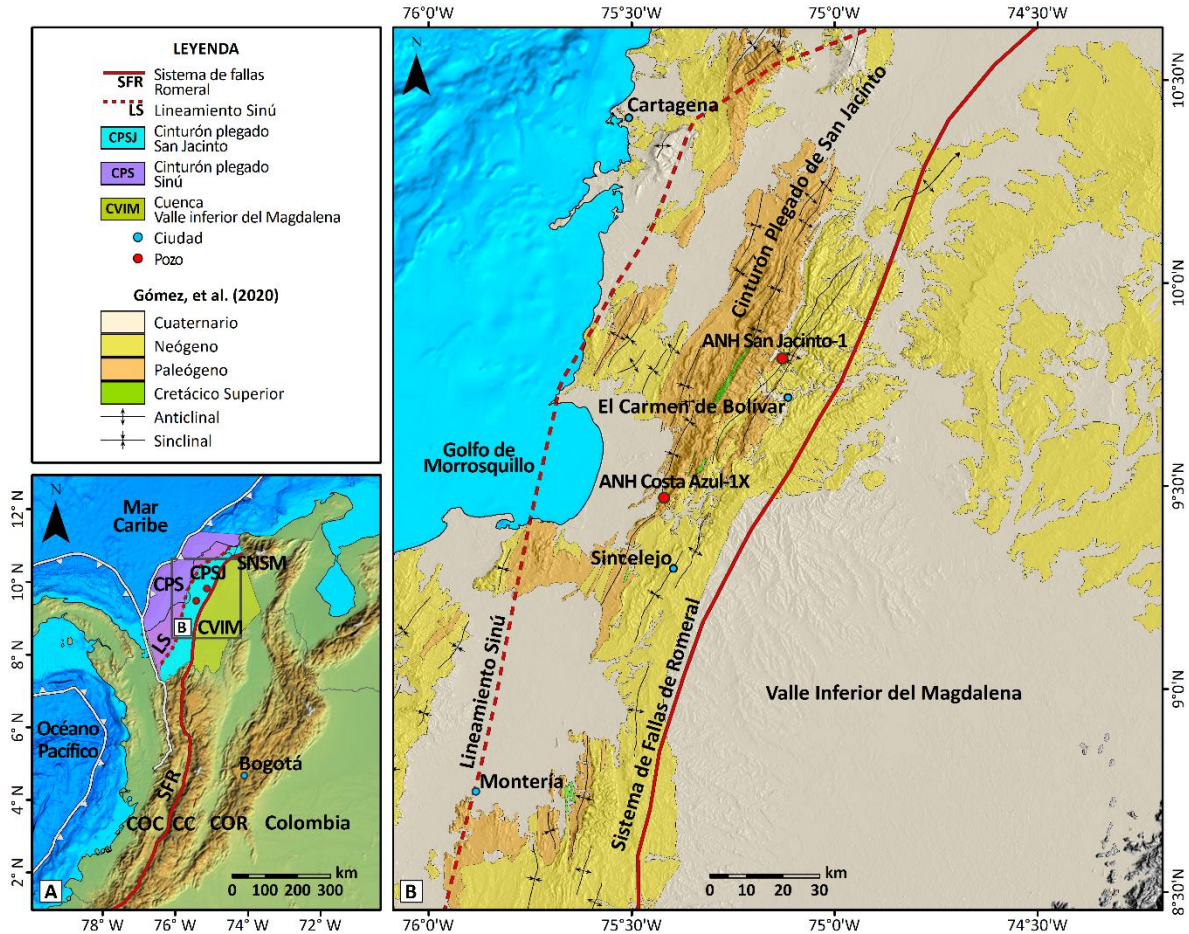
Petters y Sarmiento (1956), estudiaron los foraminíferos en las secuencias de carretera cercanas al municipio de Carmen de Bolívar (**Figura 1**). Aunque el objetivo de su trabajo fue la zonificación bioestratigráfica, ellos hicieron una breve reconstrucción de la batimetría asociada a las diferentes biozonas. Para ellos el Eoceno superior se relaciona con aguas someras que se van haciendo más profundas en el Oligoceno y Mioceno inferior hasta la zona batial. Más tarde, Fiorini y Jaramillo (2007), estudiaron los foraminíferos bentónicos de una secuencia Oligoceno – Mioceno Inferior aflorante cerca del Municipio de Carmen de Bolívar (secuencia de Arroyo Alférez). Ellos, encuentran una asociación compuesta en su mayoría por foraminíferos aglutinados infaunales, o que desarrollan su ciclo al interior del sedimento, diagnóstica de ambientes de talud en condiciones pobres en oxígeno, con algunos episodios más oxigenados relacionados a turbiditas. Este trabajo,

carece de un marco bioestratigráfico detallado que permita puntualizar en qué edad ocurren los principales procesos. Por último, cabe destacar, los trabajos cartográficos y bioestratigráficos de Duque Caro (1967, 1968) y Duque Caro et al. (1996), que brevemente describe los ambientes profundos del Oligoceno y Mioceno Inferior con la ayuda de foraminíferos bentónicos en la parte central del CPSJ, como pertenecientes a una cuenca restringida, con batimetrías máximas en la zona batial media y condiciones pobres en oxígeno y altas en materia orgánica.

El presente estudio, se enfoca en la caracterización paleoambiental a través de foraminíferos bentónicos de las secuencias marinas del Eoceno superior al Mioceno Inferior registradas por dos pozos localizados en la parte central del CPSJ, los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X (Figura 1). El único estudio taxonómico previo de los foraminíferos bentónicos de este intervalo en la CPSJ se hizo en los años 50's (Petters y Sarmiento, 1956), en una sección de superficie y muchos de los nombres utilizados en aquel entonces están en desuso. Aquí presentamos un análisis taxonómico de estos foraminíferos con el apoyo de micrografías electrónicas de barrido de todas las especies presentes en ambos pozos. Además, aprovechando el valioso marco bioestratigráfico que se ha construido para ambos pozos (Arias et al., 2023 y ANH-UniCaldas, 2020), una reconstrucción de las variaciones a través del tiempo de los paleoambientes en la cuenca sirve para relacionarlos con los procesos geológicos regionales (e.g., inicio de la subsidencia en la cuenca). Además, este estudio deja abierta la posibilidad de que la señal climática global afectó las comunidades bentónicas en el SW del Caribe. Basado en la distribución de los foraminíferos en ambos pozos, y al compararlo con la de estudios previos, propongo que la cuenca no fue homogénea en el comportamiento de las aguas, sino que tuvo un dinamismo que explica el variado comportamiento de la diversidad, oxigenación y los nutrientes, especialmente en el Oligoceno superior al Mioceno Inferior.

Los datos paleoecológicos de secuencias cercanas (e.g. Petters y Sarmiento, 1956; Collins et al., 1993) y ecológicos de la plataforma reciente del Caribe colombiano (e.g., Fiorini, 2015), se han utilizado para estimar los microhábitats, en términos de oxigenación,

nutrientes y la paleobatimetría. Hasta el momento, este es el primer trabajo paleoambiental con pozos corazonados en el CPSJ, que utiliza un marco temporal resolutorio para explicar la evolución paleoambiental en la cuenca.



**Figura 1.** Localización de los pozos de estudio en **A**. Los pozos estudiados en el contexto de las principales cuencas geológicas del Caribe colombiano. **B**. Mapa geológico del área de estudio basado en Gómez et al. (2020). Batimetría tomada de GEBCO *Compilation Group* (2023). Elevación tomada de NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems, and U.S./Japan ASTER Science Team (2018). CPS: Cinturón Plegado del Sinú. CPSJ: Cinturón Plegado de San Jacinto. CVIM: Cuenca del Valle Inferior del Magdalena. SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta. COC: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. COR: Cordillera Oriental. SFR: Sistema de Fallas de Romeral.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Reconstruir las condiciones paleoceanográficas profundas (condiciones oceánicas de fondo) durante el Eoceno tardío al Mioceno temprano a partir de foraminíferos bentónicos en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X en la cuenca Sinú-San Jacinto (Caribe colombiano).

#### **2.1.1 Objetivos específicos**

- Identificar taxonómicamente las especies de foraminíferos bentónicos los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X.
- Evaluar el comportamiento paleoecológico durante el Eoceno superior al Mioceno Inferior en la CPSJ según los índices de biodiversidad, la oxigenación y el aporte de nutrientes en relación con los microhábitats.
- Establecer la paleobatimétricas según las asociaciones de foraminíferos bentónicos presentes en cada pozo.

### 3. Marco geológico

El noroccidente colombiano está localizado en la zona de convergencia entre las placas de Suramérica y Caribe (Totto y Kellogg, 1992; Flinch 2003). El Cinturón Plegado de Sinú San Jacinto es una cuenca antearco de rumbo N20°E desarrollada sobre un basamento oceánico del Cretácico Superior (**Figura 2**), sobre el que se acumularon rocas sedimentarias marinas, costeras y continentales desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario (Duque Caro, 1979; Duque Caro et al., 1996; Guzmán et al., 2004; Guzmán, 2007; Barrero et al., 2007; Cardona et al., 2011; Silva et al., 2016; Mora-Bohórquez et al., 2017, 2018). La convergencia de estas placas durante el Cenozoico dio lugar a la formación de dos provincias geológicas conocidas como Cinturón Plegado de Sinú y Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) (Duque-Caro, 1979; Flinch, 2003), limitadas entre sí por el lineamiento de Sinú (**Figura 1**). Al occidente el límite entre el CPSJ con la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena, acumulada sobre basamento continental, se hace a través del Sistema de Fallas de Romeral (**Figura 1**). Al sur, está en contacto con el basamento oceánico del norte de la Cordillera Occidental (Duque Caro et al., 1979; Guzmán et al., 2004; Barrero et al., 2007 y Mora-Bohórquez et al., 2017; 2018).

Según Mora-Bohórquez et al. (2017; 2018; 2020), desde el Cretácico superior al Eoceno inferior, la sedimentación en la CPSJ se dio bajo un régimen de cuenca de antearco influenciada por magmatismo ocasionado por la subducción oblicua entre Suramérica y la Placa del Caribe. En este contexto, las Formación Cansona del Cretácico superior (Angulo-Pardo et al., 2023) se sedimentó en ambientes marinos pelágicos profundos influenciados turbiditas y vulcanismo (Juliao-Lemus et al., 2016; Giraldo-Villegas et al., 2023); mientras que, la Formación San Cayetano del Paleoceno superior-Eoceno inferior-medio (Duque Caro et al., 1996), se depositó en ambientes de abanicos submarinos y turbiditas profundas (Duque Caro et al., 1996; Guzmán, 2007; Mora-Bohórquez et al., 2017). En contraste, desde el Eoceno Superior al Reciente, la sedimentación se dio bajo

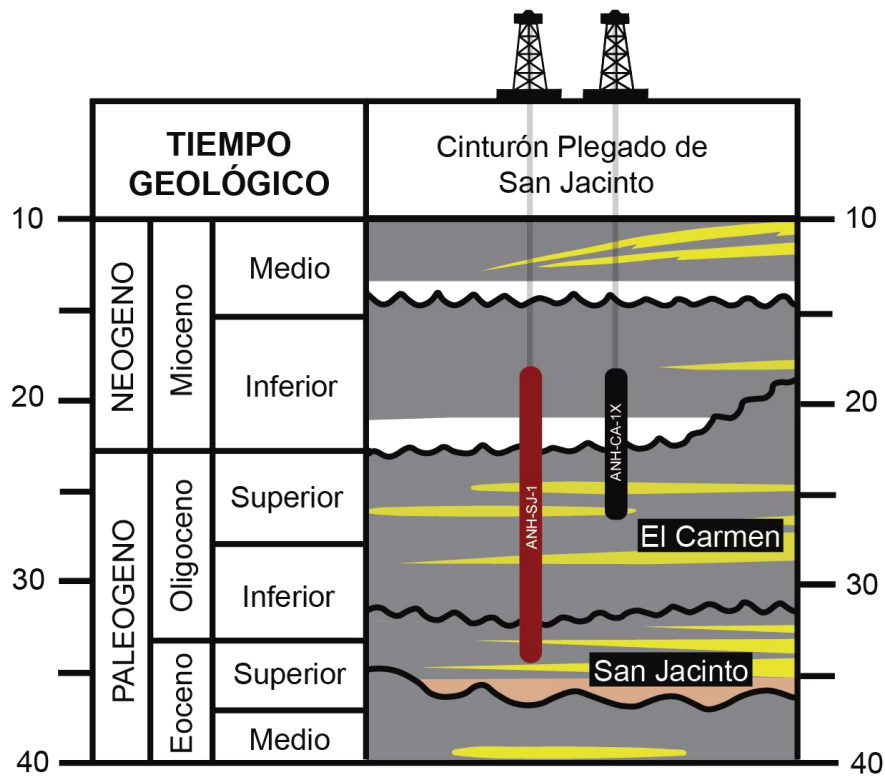
control de una cuenca de antearco sin magmatismo relacionada con un proceso de subducción plana (Mora-Bohórquez et al., 2017). Las unidades amagmáticas del Eoceno superior al Mioceno inferior se sedimentaron en ambientes marinos desde someros hasta profundos, mayoritariamente pelágicos, relacionados con un periodo de relativa estabilidad tectónica, en una cuenca subsidente, y con tasas de sedimentación relativas bajas (Mora-Bohórquez et al., 2018).

En el centro del CPSJ, en los alrededores del municipio de Carmen de Bolívar (**Figuras 1 y 2**), el Eoceno superior a Oligoceno inferior está representado por la Formación San Jacinto, una unidad siliciclástica compuesta por arenitas, conglomerados y lodolitas, con abundantes foraminíferos bentónicos representados por *Hanzawaia cushmani*, *Bulimina jacksonensis*, *Uvigerina cocoaensis*, *Uvigerina yazooensis*, *Bulimina impedens*, *Bolivina alazanensis*, *Valvulineria jacksonensis* que indican sedimentación en abanicos deltaicos próximos o que pueden llegar hasta el quiebre del talud. Temporalmente, esta unidad se correlaciona con la biozona de *Bulimina jacksonensis* de Petters y Sarmiento (1956) y Duque Caro (1967), asociada aguas someras.

Para Duque Caro et al. (1996), el Oligoceno inferior al Mioceno Inferior, en la región central de la cuenca, se relaciona con la Formación Carmen, compuesta, casi en su totalidad, por arcillolitas grises y negras, sedimentadas en una cuenca marginal, restringida y relativamente anóxica. Según esos autores, la fauna bentónica típica se relaciona con *Bulimina corrugata*, *Gyroidina multcostata*, *Cibicides floridans*, *Siphogenerina multcostata*, *Melonis pompilioides* y *Gyroidina soldani* que indican profundidades en la zona batial media, con un importante aporte de materia orgánica.

Los estudios más detallados sobre los paleoambientes de estas unidades se relacionan con Petters y Sarmiento (1956), en las litologías en cercanas a Carmen de Bolívar quienes asocian el Oligoceno y Mioceno Inferior a las biozonas *Cibicides perlucidus* y *Globigerina dissimilies*. Para estos autores los foraminíferos bentónicos *Anomalinoidea alazanensis*, *Cibicides granulatus*, *Cibicides hattneri*, *Cibicides mexicanus*, *Guttulina jarvisis*,

*Eponides scheibei*, *Gyroidina multicosata*, *Plectofrondicularia jarvisi*, *Robulus occidentalis*, *Schenckiella pallida*, *Sigmoilina tenuis*, *Uvigerina chirana* y *Uvigerina mexicana* son propios de aguas tropicales de profundidades batiales, entre batial medio a superior. Más recientemente, Fiorini y Jaramillo (2007), estudiaron los sedimentos de la Formación Carmen, en cercanías al municipio de Carmen de Bolívar, en la sección Arroyo Alférez. Sus análisis indican condiciones disóxicas y altos valores de carbono orgánico en profundidades entre la zona batial medio a superior, con influencia de corrientes de turbidez, o corrientes de fondo.



**Figura 2.** Cronoestratigrafía del Eoceno superior al Mioceno Inferior en la CPSJ y la posición estratigráfica de los pozos ANH-SAN JACINTO-1 (ANH-SJ-1) y ANH-COSTA AZUL-1X.



## **4. Marco conceptual (foraminíferos bentónicos)**

Los foraminíferos bentónicos son comúnmente usados en micropaleontología para establecer condiciones paleoecológicas, paleobatimétricas y paleoceanográficas de las masas de aguas profundas (Kuhnt, 2012; Murray, 2006; Holbourn y Henderson, 2001; Jorissen, 1999; Jorissen, 1995; Kuhnt et al., 1990; Kaminski et al., 1988 y Cushman y Renz, 1946). A continuación, se presentan algunas de las características más sobresalientes sobre este grupo:

### **4.1 Biología de los foraminíferos bentónicos**

Los foraminíferos bentónicos son microorganismos que forman parte del ecosistema marino, habitando desde regiones intermareales en aguas poco profundas hasta la llanura abisal. Son protozoos rizópodos con un registro fósil importante, que abarca desde el Cámbrico hasta el Presente (Adl et al., 2005; Goldstein, 1999; Goldstein y Corliss, 1994 y Anderson y Lee, 1991). Una de las características más distintivas de los foraminíferos bentónicos es que su única célula está encerrada en una concha calcárea o aglutinada con un alto potencial de conservación a lo largo del tiempo. Desde el interior de la célula al exterior de la concha una red reticulada de pseudópodos ramificados o reticulopodios desempeñan un papel muy importante en la mayoría de los procesos vitales del organismo, como la adquisición de alimento, digestión, construcción de cámaras, locomoción y el anclaje a sustratos duros (Murray, 2006 y Travis y Bouser, 1991).

Los foraminíferos bentónicos son muy sensibles a los cambios de los medios marinos del fondo, como la temperatura, la salinidad, pH, oxígeno disuelto, disponibilidad de alimento (Saraswat et al., 2015). Estos factores controlan en mayor medida la distribución de los foraminíferos bentónicos en los océanos (Jorissen, 1999). Su respuesta a los cambios ante las diferentes variables se ve manifestado en las conchas y sus morfologías y en el comportamiento de la población en términos de su abundancia, diversidad y asociaciones (Saraswat et al., 2015). De estas variaciones, es posible reconstruir cambios en la

dinámica oceanográfica del pasado asociados por ejemplo al nivel del mar, a la circulación oceánica, cambio climático y evolución geológica de las cuencas.

#### 4.2 Ecología de los foraminíferos bentónicos

La ecología de los foraminíferos bentónicos permite entender las condiciones del medio y extrapolarlas al pasado. Por ejemplo, los factores ecológicos reflejan su posición de vida en la interfase agua-sedimento, ya que representan sus hábitats (microhábitats) a través de asociaciones faunísticas que reflejan las condiciones ambientales en las que las comunidades de foraminíferos se desarrollaron, y que dependen de factores como el tipo de sedimento, la profundidad del agua y el flujo de agua (Altenbach y Sarnthein, 1989; Jones y Charnock, 1985 y Corliss, 1985).

Como microhábitat se entiende que es la parte más pequeña de un ecosistema el cual contiene una fauna y una flora distintiva que es controlada por diversos factores físicos, químicos y biológicos (oxígeno, nutrientes, sustancias tóxicas e interacciones biológicas), en el caso de los foraminíferos bentónicos estos microhábitats están relacionados a la oxigenación y a la disponibilidad de alimento en el medio y estos se ven reflejados en el modelo TROX (TROX: TROPHIC OXYGEN, Jorissen et al., 2007 y 1995). Este modelo indica que un microhábitat sea habitable para algunos taxones, pero inhabitable para otros, por ejemplo, los microhábitats poco oxigenados están controlados por la disponibilidad de alimento y son comunes en sistemas eutróficos a diferencia de microhábitats bien oxigenados que se ven favorecidos en sistemas oligotróficos (Jorissen et al., 1995). La abundancia de los foraminíferos bentónicos varía y depende del contenido de oxígeno en el medio (Sen Gupta, 2003 y Kaiho, 1991, 1994 y Fontanier et al., 2001). Kaiho (1994) y Sen Gupta (2003) proponen algunos géneros para las condiciones oxigenación los cuales se observan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Oxígeno relativo y grupos faunales asociados (Sen Gupta, 2003), donde se presentan las condiciones de oxigenación y los géneros que comprenden cada grupo faunal.

Oxigenación	Grupos faunales asociados
Óxico	<i>Cibicidoides</i> spp., <i>Globocassidulina</i> spp., <i>Hoeglundina</i> spp., <i>Pullenia</i> spp. y <i>Quinqueloculina</i> spp.
Subóxico	<i>Dentalina</i> spp., <i>Gyroidina</i> spp., <i>Lenticulina</i> spp., <i>Nodosaria</i> spp., <i>Pleurostomella</i> spp., <i>Rectuvigerina</i> spp. y <i>Stilostomella</i> spp.
Disóxico	<i>Bolivina</i> spp., <i>Bulimina</i> spp., <i>Cassidulina</i> spp., <i>Chilostomella</i> spp., <i>Melonis</i> spp. y <i>Uvigerina</i> spp.

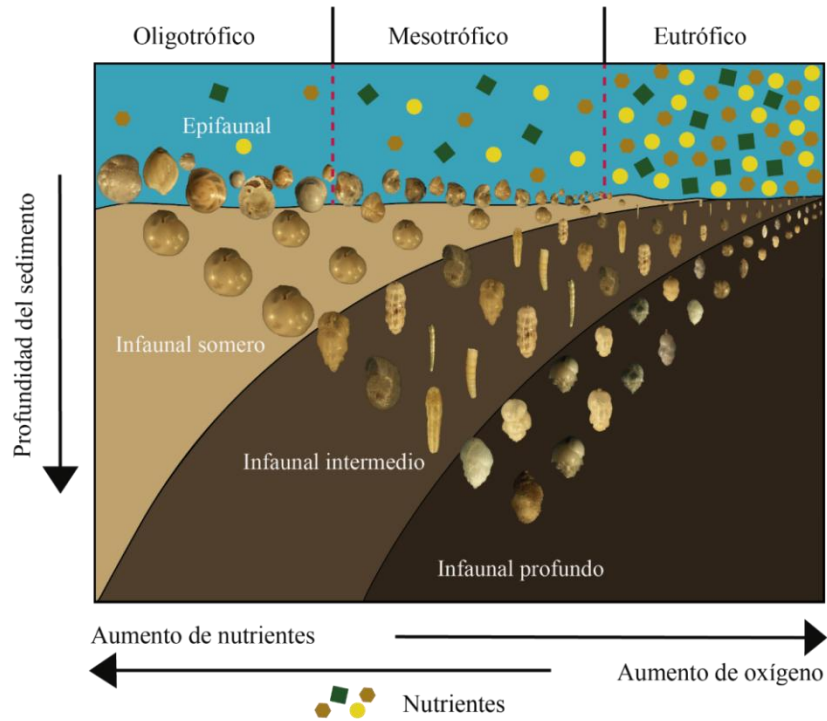
Las reconstrucciones de las condiciones ambientales a partir de foraminíferos bentónicos pueden contribuir a dar un mejor concepto de cómo ha evolucionado la circulación oceánica y como se han desarrollado estos organismos marinos a través del tiempo, basados en una serie de parámetros que evalúan la intensidad de la bioturbación del sedimento (Savrda y Bottjer, 1986), la relación carbono orgánico-azufre (Berner y Raiswell, 1983), isotopos de azufre (Kajiwara y Kaiho, 1992), concentraciones de elementos raros en fondos marinos (Anderson et al., 1989) y morfología de los foraminíferos (Kaiho et al., 1993 a, b; Kaiho, 1992, 1991 y Bernhard, 1986). Así, estudios en los años 60 describieron que los foraminíferos vivían solamente en la interfaz sedimento-agua (Myers y Cole, 1957). Sin embargo, Corliss (1985), describe una sucesión vertical de taxones que habitan en está interfaz, descritos como organismos epifaunales y taxones que vivían enterrados en el sedimento descritos como organismos infaunales. Estos taxones se agrupan morfológicamente (Corliss y Chen, 1988). Los organismos epifaunales son trocoespiral planoconvexos y biconvexos con grandes poros en un lado y ausentes en el otro y los miliolidos son de pared porcelanada e imperforados (**Tabla 2**). Los organismos infaunales son planoespirales-redondeados, esféricos o aplastados y tienden a tener poros en todo el armazón (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Características morfológicas que presentan los foraminíferos bentónicos en relación con su microhábitat (epifaunal e infaunal).

Microhabitats	Características morfológicas
Epifaunal	Trocoespiral, plano-convexo, biconvexos y Miliolidos
Infaunal	Planoespiral-redondeado, esféricos y aplanados

Algunos estudios han propuesto que algunos foraminíferos tienen facultades anaeróbicas para habitar ambientes con niveles muy bajos de oxígeno (Bernhard y Alve, 1996) teniendo en cuenta factores importantes como la bioturbación, ya que puede influir en los microhábitats mediante la creación de microambientes óxicos en sedimentos profundos (Meyers et al., 1988, 1987; Aller y Aller, 1986), e igualmente a través de este proceso transportar foraminíferos a sedimentos más profundos, lo que ocasiona la aparición accidental de taxones que aparecen en la superficie del sedimento.

El modelo TROX (**Figura 3**) explica que la profundidad del microhábitat de los foraminíferos bentónicos en los ecosistemas oligotróficos es limitada por la disponibilidad de alimento dentro del sedimento, mientras que en los sistemas eutróficos la disponibilidad de oxígeno limita hasta que profundidad en el sedimento las especies pueden vivir. Aunque algunos autores proponen que la concentración de oxígeno no es un limitante para muchos taxones, donde la competencia y la depredación pueden inferir (e.g. Rathburn y Corliss, 1994 y Buzas, et al., 1989 y 1993). Por su parte, Carney (2005), sugiere que el modelo TROX es importante para explicar la distribución macrofaunal por lo tanto los microhábitats son mucho más variables de lo que se pensaba, con diferentes especies que habitan una amplia gama de microhábitats.



**Figura 3.** Modelo TROX. Tomado y modificado de Jorissen et al. (1995). En la figura se muestra los límites del modelo de profundidad de los microhábitats de los foraminíferos bentónicos, en el cual se evalúa la disponibilidad de oxígeno y la disponibilidad de alimento en el medio.

Las investigaciones ecológicas modernas han revelado que la oxigenación y la disponibilidad de alimento, generalmente disminuye con el aumento de la profundidad del agua (Jorissen et al., 1995, 2007; Van der Zwaan et al., 1999; Gooday, 1988; Murray, 2001), posiblemente controlando como la distribución batimétrica de los foraminíferos bentónicos, más que la profundidad por sí misma (Jorissen et al., 1995, 2007). Tradicionalmente los foraminíferos bentónicos han sido catalogados como indicadores paleobatimétricos (Bandy, 1953; Van Morkhoven et al., 1986; Jones, 1994; Holbourn et al., 2013). Las interpretaciones paleobiométricas por lo regular se basan en conjuntos de especies que pudieron coexistir en rangos batimétricos particulares (Van der Zwaan et al., 1999). El principio paleobatimétrico se basa en la distribución batimétrica de las especies actuales (Sarawasti, 2021). Lo que permite extrapolar hacia el pasado con aquellas especies que han evolucionaron a lo largo del Cenozoico, especialmente en el Paleógeno tardío y Neógeno donde está la raíz de las especies modernas.

### 4.3 Características morfológicas de los foraminíferos bentónicos

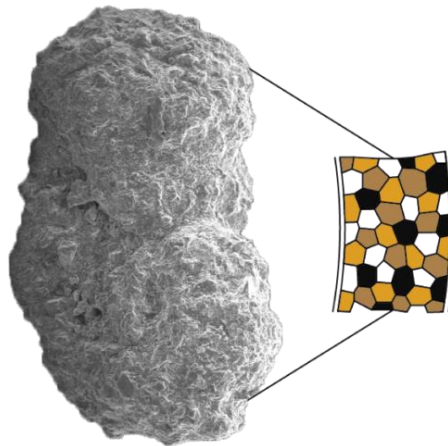
Los esquemas de clasificación de los foraminíferos bentónicos establecen tres parámetros morfológicos principales: **1.** Estructura de la pared del foraminífero (aglutinada, hialina y porcelanada). **2.** Descripción de las cámaras. **3.** Apertura umbilical, enrollamiento y disposición de las cámaras. Una descripción completa de las características morfológicas que se utiliza para la clasificación de foraminíferos basada en Hottinger (2006), se explica brevemente a continuación:

#### 4.3.1 Estructura de la pared de la concha

Los foraminíferos bentónicos se clasifican por la estructura que representa la pared de su concha en: aglutinados, hialinos y porcelanados.

##### 4.3.1.1 Foraminíferos de pared aglutinada

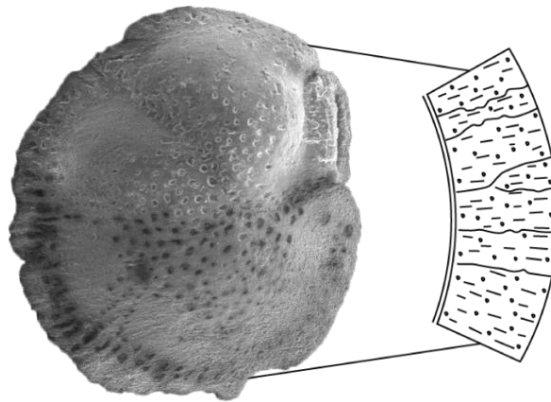
Los foraminíferos de pared aglutinada son aquellos que adhieren partículas finas del fondo oceánico a su estructura, siendo éstas unidas por cemento orgánico, silíceo, calcáreo o ferruginoso secretado por el mismo organismo, además en algunas ocasiones solo aglutina partículas de cuarzo (pared arenosa), pero dependiendo de las especies pueden aglutinar cualquier tipo de material orgánico o inorgánico (**Figura 4**).



**Figura 4.** Foraminífero bentónico de pared aglutinada (*Ammobaculites agglutinans*) con composición siliciclástica de la pared (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

#### 4.3.1.2 Foraminíferos de pared hialina

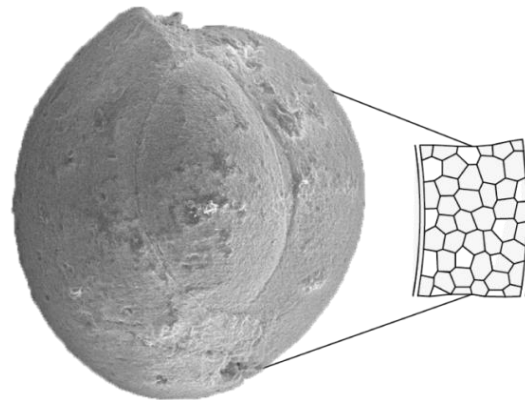
Los foraminíferos de pared hialina se forman por microcristales de calcita siempre formadas por el organismo y se observan conchas de aspecto transparente o vítreo, indicando una pared fina o tonos blancos translucidos que indican una pared gruesa. Los cristales se distribuyen acicularmente perpendiculares a la superficie de la concha y se distingue perforaciones fácilmente (**Figura 5**).



**Figura 5.** Foraminífero bentónico de pared hialina (*Siphonina reticulata*), en la pared se observándose poros (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

#### 4.3.1.3 Foraminíferos de pared porcelanada

Los foraminíferos de pared porcelanada se forman por microcristales de calcita de tamaños muy pequeños entre 0 – 1.2  $\mu\text{m}$  producidas por el organismo; sus tonos son blancos por reflexión y negras en transparencia, externamente tienen un aspecto porcelanado y es imperforada (**Figura 6**).



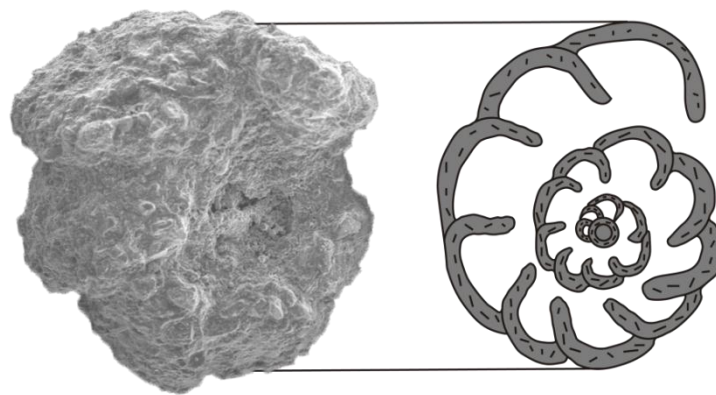
**Figura 6.** Foraminífero bentónico de pared porcelanada (*Quinqueloculina seminulum*), se observa en detalle la pared imperforada (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

### 4.3.2 Descripción de las cámaras

Una de las clasificaciones de los foraminíferos bentónicos es a través del número de cámaras de la concha y de su morfología, distinguiéndose dos tipos: conchas no lamelares y conchas lamelares.

#### 4.3.2.1 Cámaras no lamelares

El crecimiento de la concha es discontinuo y la formación de cada nueva cámara tiene una pared propia, donde la sucesión de las cámaras es yuxtapuesta una con otra, son conchas típicas de foraminíferos aglutinados y porcelanados (**Figura 7**).

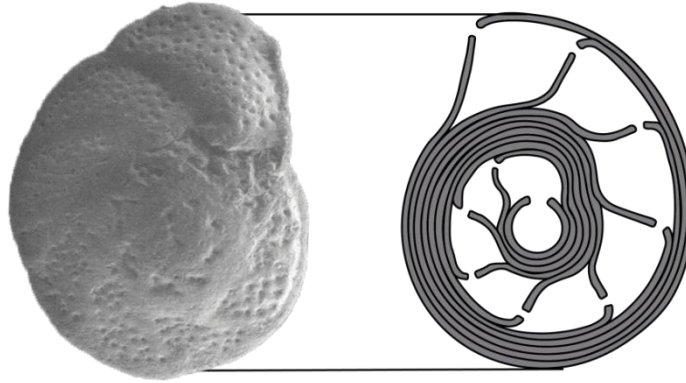


**Figura 7.** Foraminífero aglutinado con cámaras no lamelares (*Budashevaella multicamerata*) (Tomado de Loeblich y Tappan, 1964).



#### 4.3.2.2 Cámaras lamelares

Al crecimiento de cada nueva cámara, el foraminífero recubre con una capa de calcita la superficie libre de todas las cámaras ya formadas, las paredes pueden llegar a ser muy gruesas en el caso de paredes multi-lamelares y las conchas lamelares son típicas de foraminíferos de pared hialina (**Figura 8**)



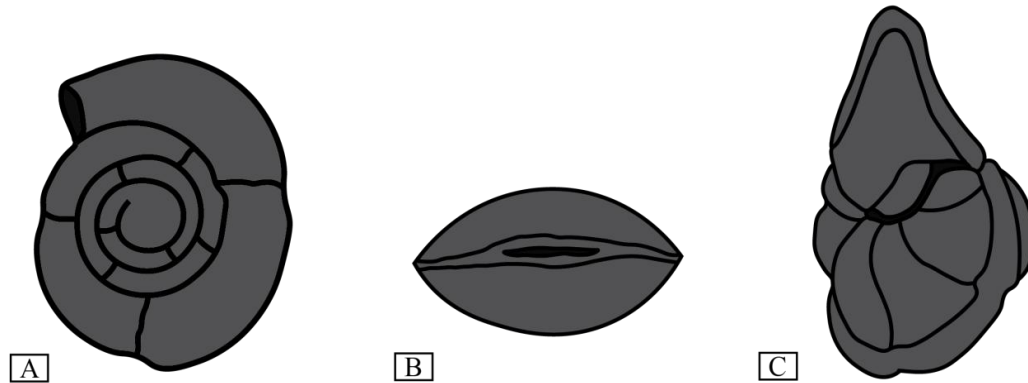
**Figura 8.** Foraminífero hialino (*Cibicidoides mundulus*) con cámaras lamelares. (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

#### 4.3.3 Apertura, enrollamiento y disposición de las cámaras

La clasificación de foraminíferos bentónicos incluye una sumatoria de características únicas de cada especie, por lo que después del reconocimiento del tipo de pared y la descripción de la cámara, se describe la apertura umbilical y su enrollamiento que se asocia a la disposición de las cámaras.

##### 4.3.3.1 Apertura

Los foraminíferos bentónicos poseen una apertura por la cual el citoplasma está en contacto con el exterior y cuando se produce una nueva cámara por esta apertura se comunican dos cámaras contiguas, esta puede estar en posición ecuatorial, terminal o umbilical (**Figura 9 A, B y C**). En ocasiones esta apertura puede estar modificada por estructuras que no llegan a taponar la apertura como lo son labios y dientes y pueden tener a su vez aperturas suplementarias areales, sutúrales o infralaminares. (Loeblich y Tappan, 1964).

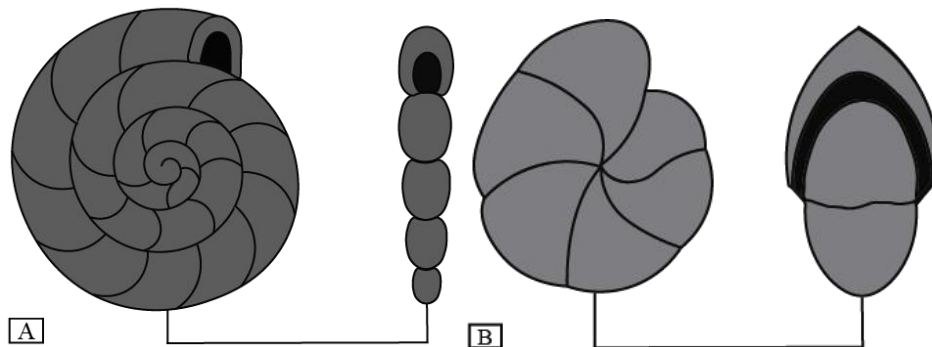


**Figura 9.** Las imágenes observadas representan la posición de la apertura umbilical de los foraminíferos. **A.** Posición ecuatorial. **B** Posición terminal. **C.** Posición umbilical.

#### 4.3.3.2 Enrollamiento y disposición de las cámaras

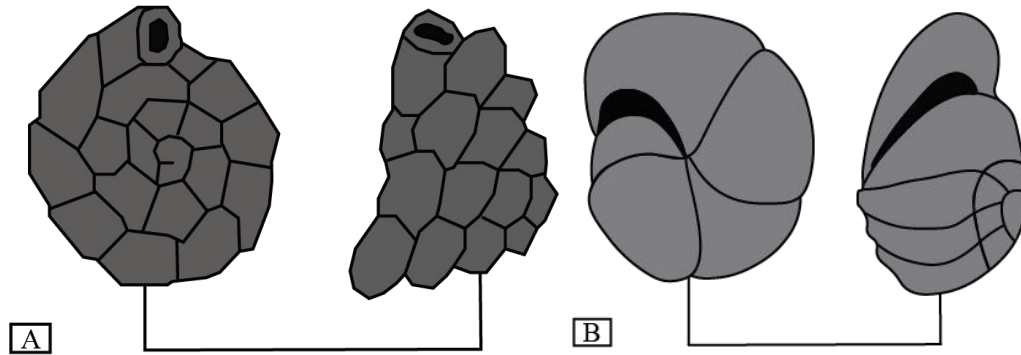
El enrollamiento de los foraminíferos bentónicos es muy importante y es de gran interés paleoecológico debido a que esta marca una relación directa con el estilo de vida del organismo. Su enrollamiento se da de tres modos y están asociados a la disposición de las cámaras formadas por él organismo.

**Planoespiral:** las cámaras se enrollan en un eje paralelo al enrollamiento formando una concha simétrica, la posición de la abertura es ecuatorial y se dividen en dos grupos; planoespiral evolutivo, cuando las cámaras de la última vuelta de la espiral no abrazan a las vueltas de la espiral anterior y planoespiral involutivo, cuando las cámaras de la última vuelta de la espiral abrazan a las vueltas de la espiral anterior (**Figuras 10 A y B**).



**Figura 10.** **A.** Representa un enrollamiento planoespiral evolutivo y **B.** representa un enrollamiento involutivo. (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

**Trocoespiral:** Las cámaras se enrollan oblicuamente al eje del enrollamiento, el eje de crecimiento no se encuentra en un plano, sino que su desarrollo es helicoidal, observándose en el lado dorsal todas las cámaras y el lado ventral o umbilical se observa en la última vuelta (**Figura 11 A y B**).



**Figura 11.** A. Representa un enrollamiento trocoespiral evolutivo y B un enrollamiento trocoespiral involutivo. (Tomado y modificado de Loeblich y Tappan, 1964).

**Estreptoespiral:** Las cámaras no presentan un patrón definido en su crecimiento.

## **5. Metodología**

Para desarrollar este trabajo se llevó a cabo la siguiente metodología:

### **5.1 Revisión litológica**

Los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X fueron desplegados, descritos pie a pie y muestreados para micropaleontología por ANH-UniCaldas (2020).

#### **5.1.1 Muestreo de los niveles de interés**

Las muestras utilizadas en este estudio fueron facilitadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y corresponden a muestras de núcleo. En total se utilizaron un total de 89 muestras de las cuales 60 al pozo ANH-SAN JACINTO-1 y 29 corresponden al pozo ANH-COSTA AZUL-1X. El primero, que consta de 1728,5 pies fue estudiado en su totalidad, con muestras esparcidas desde la base al techo, desde el eoceno superior al Mioceno Inferior. El segundo, aunque consta de 956,1 pies solamente se estudió el intervalo superior donde se observa el tránsito desde el Oligoceno superior al Mioceno Inferior con el fin de comparar el comportamiento de los foraminíferos en el mismo periodo de tiempo en ambos pozos. El muestreo se hizo de manera sistemática, aproximadamente entre 8 a 10 metros, en una litología homogénea compuesta de intercalaciones de limolitas, limolitas calcáreas, lodolitas, lodolitas arcillosas, lodolitas calcáreas y arenitas bioturbadas.

#### **5.1.2 Técnicas y preparación de muestras para foraminíferos**

La preparación de las muestras se desarrolló mediante una adaptación al método de Thomas y Murney (1985), para rocas de tamaño de grano fino y una dureza relativamente baja. Dicho procedimiento consistió en:

- Para cada muestra se usaron 50 g de roca, los cuales fueron disgregados en un mortero de ágata, reduciendo el material a tamaños milimétricos (~7-8 mm). Teniendo cuidado de no destruir posibles fósiles de esos tamaños o más grandes.

- Se utilizó una solución compuesta por peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) al 5% y 250 ml y ~2 g de tripolifosfato de sodio ( $Na_3P_3O_{10}$ ) durante 48 horas, con el fin de romper los enlaces de materia orgánica y eliminar las arcillas.
- Después de 48 horas la muestra en remojo fue lavadas en un tamiz con abertura de malla de 63  $\mu m$ , en donde las fracciones inferiores fueron eliminadas. La eliminación de impurezas, que pudieran alterar la concha de los foraminíferos, se hizo a través de un jabón con un pH neutro.
- Para evitar la contaminación de las muestras, entre el lavado de muestra y muestra, el tamiz fue sumergido en un ultrasonido durante 5 minutos para eliminar cualquier indicio de contaminación.
- Posteriormente, el sedimento resultante se depositó en recipientes refractarios para luego ser ingresados a un horno durante 12 horas a una temperatura de 60° para evaporar el agua ganada durante el proceso anterior.
- El sedimento seco fue pesado para establecer el valor de este y posteriormente tamizado por vía seca mediante el uso de tamizes de 63 $\mu m$ , 125 $\mu m$ , 250 $\mu m$  y 425 $\mu m$ . Cada fracción fue pesada y almacenada en recipientes plásticos previamente rotulados.

### 5.1.3 Selección y clasificación de foraminíferos

En este estudio se utilizaron las fracciones >125  $\mu m$  de donde se extrajo la totalidad de foraminíferos para su respectivo análisis. Los foraminíferos de fracciones inferiores (>63  $\mu m$ ) fueron excluidas ya que suelen ser desplazadas por el retrabajamiento (Lohmann, 1978; Lutze y Coulbourn, 1984), para el periodo estudiado algunas propuestas han planteado retrabajamiento en la CPSJ (Bürgl, 1965; Vallejo-Hincapié et al., 2023). Además, esta fracción conduce a más inseguridades en la identificación taxonómica (Schröder et al., 1987, 2012; Alve et al., 2010; Kurbjewit et al., 2000; Heiz et al., 2008; Weinkauff y Milker, 2018).

Cada muestra fue esparcida homogéneamente en una bandeja de apique para la selección y extracción de los microfósiles. Posteriormente, estos fueron ordenados y dispuestos en microplacas cuadrículadas y después, se realizó el reconocimiento de cada individuo hasta llegar a género y especie o género cuando era posible.

#### 5.1.4 Análisis y clasificación de microfósiles en lupa binocular

Para el análisis e identificación de foraminíferos bentónicos se tuvieron en cuenta los parámetros morfológicos ya mencionados en el capítulo “*Características morfológicas de los foraminíferos bentónicos*”. Cada microfósil fue observado en tres posiciones en el momento de ser analizado: frontal, umbilical y de perfil si es planoespiral y espiral, umbilical y de perfil si es trocoespiral.

La clasificación de estos microfósiles se intentó llevar hasta la descripción de especie, pero en muchas ocasiones debido al fracturamiento, dilución, o sobrecrecimiento de la concha llevó a clasificarlos solo hasta nivel genérico; de esta manera se evitaron errores taxonómicos e interpretaciones paleoecológicas erróneas. La clasificación taxonómica se realizó a partir de artículos especializados y libros sobre foraminíferos bentónicos en el Caribe colombiano y otras cuencas alrededor del mundo, en las que se incluyen diferentes atlas como Holbourn et al., 2013; Kaminski and Gradstein, 2005; Bolli et al., 1994; Jones, 1994 y van Morkhoven et al., 1986, entre otros y atlas online como <https://foraminifera.eu/> y <https://www.marinespecies.org/>.

Las especies consideradas retrabajadas del Cretácico y Paleógeno temprano fueron excluidas de los análisis realizados.

Las tablas de conteos de los foraminíferos se presentan como anexos, Anexo 1 conteos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 y Anexo 2 conteos pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

### **5.1.5 Adquisición de fotografías (MEB)**

Se obtuvieron imágenes en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) para la clasificación de algunos de los individuos, además para la construcción de las planchas presentes en este trabajo.

## **5.2 Análisis de foraminíferos bentónicos**

La información proporcionada por los foraminíferos bentónicos fue integrada de acuerdo con diferentes parámetros:

### **5.2.1 Condiciones paleoecológicas de los foraminíferos bentónicos**

Con el fin de observar la distribución de los foraminíferos bentónicos a lo largo de cada pozo, se comparó entre tipo de pared (aglutinada, hialina y calcárea), condiciones cualitativas de oxigenación (óxico, subóxico y disóxico), microhábitats (epifaunal o infaunal) y paleobatimetría (nerítico, batial y abisal). Los anexos 1 y 2 contienen la información relacionada de cada especie.

### **5.2.2 Índice de diversidad Shannon $H_{1948}$**

La diversidad de especies se evaluó a través del índice de Shannon  $H_{1948}$ , considerando el número de individuos y el de taxones por medio del software PAST versión 4.12 (Hammer et al. 2022). Se usó la fórmula  $H = - \sum_i \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$  donde  $n_i$ , número de individuos;  $n$ , número de total individuos.

### **5.2.3 Oxígeno relativo y grupos faunales**

Para la evaluación de las condiciones cualitativas de oxígeno se toman algunos géneros de foraminíferos bentónicos y se agrupan en tres niveles de oxigenación: óxico, subóxico y disóxico, permitiendo la evaluación relativa de los niveles de oxigenación (ventilación) de los fondos oceánicos (Sen Gupta, 2003 y Kaiho, 1994).

Se utilizaron los géneros *Cibicidoides* spp, *Globocassidulina* spp, *Hoeglundina* spp., *Pullenia* spp. y *Quinqueloculina* spp., para condiciones subóxicas: *Dentalina* spp., *Gyroidina* spp., *Lenticulina* spp., *Pleurostomella* spp., *Rectuvigerina* spp. y *Stillostomella* spp., y para condiciones disóxicas: *Bolivina* spp., *Bulimina* spp., *Chilostomella* spp., *Melonis* spp. y *Uvigerina* spp. (**Tabla 1**)

#### 5.2.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos

Se utilizó las abundancias relativas de las especies epifaunales e infaunales (**Anexos 1 y 2**) según el criterio propuesto por Corliss y Chen (1988) resumido en la **Tabla 2**. Las distribuciones de ambos grupos en cada pozo sirvieron para la esquematización de los ambientes en función de la disponibilidad de oxígeno y de nutrientes en los fondos marinos de acuerdo con el modelo TROX de Jorissen et al. (1995).

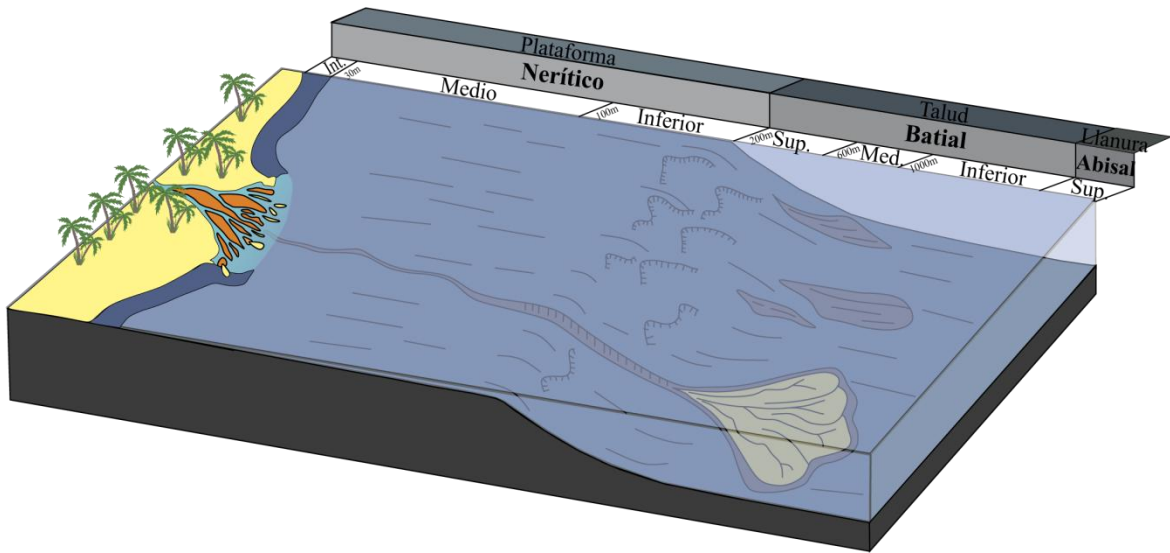
#### 5.2.5 Paleobatimetría

La paleobatimetría se estudió a través de la identificación de taxones cosmopolitas, en donde sus límites superiores de profundidad se conocen bien (**Figura 12**). Se tuvieron en cuenta los rangos batimétricos de la mayoría de las especies presentes en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X según los rangos propuestos en Holbourn et al. (2013), Kaminski & Gradstein (2005); Jones (1994), Bolli (1994), Van Morkhoven et al. (1986). También se utilizaron algunas especies de trabajos realizados en regiones cercanas (Petters y Sarmiento, 1956; Collins et al., 1995), y trabajos con foraminíferos recientes de la plataforma continental colombiana (Parada-Ruffinatti, 1996 y Fiorini, 2015). Las zonas batimétricas consideradas se basan en Van Morkhoven et al. (1986) que considera los ambientes neríticos entre 0 a 200 metros bajo el nivel del mar-mbnm, las zonas batiales superior entre 200 a 600 mbnm, batial medio entre 600 y 1000 mbnm, batial inferior entre 1000 y 2000 mbnm y la zona abisal mayor a 2000 mbnm

En este trabajo, por efectos prácticos y debido al poco conocimiento batimétrico de la región durante el Paleógeno tardío y Neógeno Temprano, se considera asociaciones someras como las representativas profundidades neríticas y batial superiores entre la plataforma y el talud superior, involucrando el quiebre del talud. Asociaciones intermedias



aquellas asociaciones de foraminíferos bentónicos que se distribuyen entre la zona batial medio, hasta batial inferior, y las asociaciones profundas aquellas que se distribuyen desde el límite batial inferior hasta a abisal superior a 3000 mbnm.



**Figura 12.** Modelo paleobatimétrico ideal para una cuenca oceánica en una margen activa, desde la plataforma hasta la llanura abisal.

### 5.2.6 Interpretación y discusión de los resultados

En esta parte se hace la recopilación de todos los resultados obtenidos con el fin de entender el modelo paleoceanográfico de los fondos oceánicos desde el Eoceno superior al Mioceno temprano en la parte central de la CSSJ.

### 5.2.7 Elaboración del manuscrito final

Se presenta a través de este documento, el cual recoge los principales resultados de esta investigación y discute sus alcances y repercusiones a un nivel regional en la Cuenca Sinú San Jacinto.

## 6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de los foraminíferos bentónicos de los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X.

La primera parte de estos resultados hace referencia a la sistemática taxonómica. Esta sistemática incluye todos los foraminíferos bentónicos que fueron clasificados en ambos pozos y viene acompañada de imágenes de cada uno de ellos al Microscopio Electrónico. Esta sistemática junto con el compilado de imágenes es el primero para al Cinturón Plegado de Sinú San Jacinto desde los años 50's con el trabajo de Petters y Sarmiento (1956), y es el compilado de imágenes más completo hasta la fecha. Este capítulo sigue las pautas del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, lo componen 23 planchas con imágenes de cada una de las especies según el orden de la sistemática.

La segunda parte incluye los resultados paleoecológicos según la distribución de los foraminíferos bentónicos a lo largo de los dos pozos.

### 6.1 Sistemática micropaleontológica

#### 6.1.1 Guía de la sistemática micropaleontológica de los foraminíferos bentónicos descritos en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 (SJ) y ANH-COSTA AZUL-1X (CA).

**Orden ASTRORHIZIDA** Lankester, 1885

**Suborden ASTRORHIZINA** Lankester, 1885

**Familia RHABDAMMINIDAE** Brady, 1884

**Suborden HIPPOCREPININA** Saidova, 1981

**Familia BOTELLINIDAE** Chapman y Parr, 1936

**Suborden KOMOKIOIDEA** Tendal y Hessler, 1977

**Familia RHIZAMMINIDAE** Wiesner, 1931

**Suborden SACCAMMININA** Lankester, 1885

---

**Familia PSAMMOSPHAERIDAE** Haeckel, 1894

**Orden LITUOLIDA** Lankester, 1885

**Suborden LITUOLINA** Lankester, 1885

**Familia AMMOSPHAEROIDINIDAE** Cushman, 1927

**Familia DISCAMMINIDAE** Mikhalevich, 1980

**Familia HAPLOPHRAGMOIDIDAE** Maync, 1952

**Familia LITUOLIDAE** Blainville, 1827

**Familia LITUOTUBIDAE** Loeblich y Tapan, 1984

**Familia TROCHAMMINOIDAE** Loeblich y Tapan, 1984

**Suborden RZEHAKININA** Saidova, 1981

**Familia RZEHAKINIDAE** Cushman, 1933

**Suborden SPIROPLECTAMMININA** Mikhalevich, 1992

**Familia SPIROPLECTAMMINIDAE** Cushman, 1927

**Suborden TROCHAMMININA** Saidova, 1981

**Familia TROCHAMMINIDAE** Schwager, 1877

**Suborden VERNEUILININA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Familia CONOTROCHAMMINIDAE** Saidova, 1981

**Familia PROLIXOPLECTIDAE** Loeblich y Tappan, 1985

**Familia TRITAXIIDAE** Plotnikova, 1979

**Orden LOFTUSIIDA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Suborden LOFTUSIINA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Familia CYCLAMMINIDAE** Marie, 1941

**Suborden ATAXOPHRAGMIINA** Fursenko, 1958

**Familia GLOBOTEXTULARIIDAE** Cushman, 1927

**Familia TEXTULARIELLIDAE** Grönhagen y Luterbacher, 1966

**Orden MILIOLIDA** Delage y Hérouard, 1896

**Suborden MILIOLINA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia HAUERINIDAE** Schwager, 1876

**Familia MILIAMMINIDAE** Saidova, 1981

**Familia SPIROLOCULINIDAE** Wiesner, 1920

**Orden NODOSARIIDA** Calkins, 1926

**Suborden NODOSARIINA** Calkins, 1926

**Familia CHRYSALOGONIIDAE** Mikhalevich, 1933

**Familia GLANDULONODOSARIIDAE** Silvestri, 1901

**Familia LAGENIDAE** Reuss, 1862

**Familia NODOSARIIDAE** Ehrenberg, 1838

**Familia STILOSTOMELLIDAE** Finlay, 1947

**Orden POLYMORPHINIDA** Mikhalevich, 1980

**Suborden PLEUROSTOMELLINA** Reuss, 1860

**Familia ELLIPSOIDINIDAE** Silvestri, 1923

**Familia PLEUROSTOMELLIDAE** Reuss, 1860

**Suborden POLYMORPHININA** Mikhalevich, 1980

**Familia ELLIPSOLAGENIDAE** Silvestri, 1923

**Familia GLANDULINIDAE** Reuss, 1860

**Familia PLECTOFRONDICULARIIDAE** Cushman, 1927

**Familia POLYMORPHINIDAE** d'Orbigny, 1839

**Orden ROBERTINIDA** Loeblich y Tappan, 1984

**Suborden ROBERTININA** Loeblich y Tappan, 1984

**Familia CERATOBULIMINIDAE** Cushman, 1927

**Familia EPISTOMINIDAE** Wedekind, 1937

**Orden ROTALIIDA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia ALABAMINIDAE** Hofker, 1951

**Familia AMPHISTEGINIDAE** Cushman, 1927

**Familia ANOMALINIDAE** Cushman, 1927

**Familia BOLIVINITIDAE** Cushman, 1927

- Familia BULIMINIDAE** Jones, 1875
- Familia CANCRISIDAE** Chapman, Parr y Collins, 1934
- Familia CASSIDULINIDAE** d'Orbigny, 1839
- Familia CHILOSTOMELLIDAE** Brady, 1881
- Familia CIBICIDIDAE** Cushman, 1927
- Familia DISCORBINELLIDAE** Sigal, 1952
- Familia EPISTOMARIIDAE** Hofker, 1954
- Familia GAVELINELLIDAE** Hofker, 1956
- Familia GLOBOBULIMINIDAE** Hofker, 1956
- Familia HELICOSTEGINIDAE** Mitchell, Robinson y Özcan en Mitchell et a., 2022
- Familia MELONIDAE** Holzmann y Pawlowski, 2017
- Familia NONIONIDAE** Schultze, 1854
- Familia NOTOROTALIIDAE** Hornibrook, 1961
- Familia NUMMULITIDAE** Blainville, 1827
- Familia PLANULINIDAE** Bermúdez, 1952
- Familia PSEUDOPARRELLIDAE** Voloshinova, 1952
- Familia PULLENIIDAE** Schwager, 1877
- Familia SIPHOGENERINOIDIDAE** Saidova, 1981
- Familia SIPHONINIDAE** Cushman, 1927
- Familia SPHAEROIDINIDAE** Cushman, 1927
- Familia UVIGERINIDAE** Haeckel, 1894

**Orden SPIRILLINIDA** Hohenegger y Piller, 1975

**Suborden AMMODISCINA** Mikhalevich, 1980

**Familia AMMODISCIDAE** Reuss, 1862

**Orden TEXTULARIIDA** Lankester, 1885

**Suborden TEXTULARIINA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia EGGERELLIDAE** Cushman, 1937

**Familia TEXTULARIIDAE** Ehrenberg, 1838

**Familia VALVULINIDAE** Berthelin, 1880

**Orden VAGINULINIDA** Mikhalevich, 1993

**Familia VAGINULINIDAE** Reuss, 1860

**Suborden HORMOSININA** Haeckel, 1894

**Familia HORMOSINIDAE** Haeckel, 1894

**Familia REOPHACIDAE** Cushman, 1927

**Familia HORMOSINELLIDAE** Rauzer-Chernousova y Reitlinger, 1986

**6.1.2 Sistemática micropaleontológica de los foraminíferos bentónicos descritos en los pozos: ANH-SAN JACINTO-1 (SJ) y ANH-COSTA AZUL-1X (CA).**

**Orden ASTRORHIZIDA** Lankester, 1885

**Suborden ASTRORHIZINA** Lankester, 1885

**Familia RHABDAMMINIDAE** Brady, 1884

**Género *Bathysiphon*** Sars, 1872

***Bathysiphon microrhaphidus*** Samuel, 1977

Plancha 1, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1150,5').

***Bathysiphon* sp.**

Plancha 1, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (900,8' y 1599,5').

**Género *Nothia*** Pflaumann, 1964

***Nothia excelsa*** Grzybowski, 1898

Plancha 1, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 500,8', 774,6', 1150,5', 1200,5', 1275,5', 1375,5', 1650,5' y 1728,5').

*Nothia robusta* Grzybowski, 1898

Plancha 1, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 150,3', 174,5', 250,6', 299,3', 350,2', 375,2', 399,5', 475,4', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 651,5', 699,8', 750,5', 774,6', 802,8', 875,2', 900,8', 925,5', 950,5', 974,8', 1006,5', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1150,5', 1200,5', 1375,5', 1475,2', 1547,6' y 1599,5'). CA (117,8', 127,2', 137,5', 146,1', 156,5', 167,5', 177,3', 197,3', 208,5', 216,5', 226,8', 237,2', 247,3', 267,7', 278,2', 286,5', 317,8', 327,5', 337,5', 347,5' y 357,7').

*Nothia* sp.

Plancha 1, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 550,5', 900,8' y 1375,5').

Género *Psammosiphonella* Avnimelech, 1952

*Psammosiphonella cylindrica* Glaessner, 1937

Plancha 1, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (174,5', 375,2', 399,5', 475,4', 550,5', 600,5', 651,5', 699,8', 725,5', 825,8', 850,0', 900,8', 950,5', 1006,5', 1053,5', 1100,8', 1150,5', 1175,5', 1200,5', 1275,5', 1425,5', 1475,2', 1650,5' y 1728,5'). CA (337,5', 347,5' y 357,7').

*Psammosiphonella discreta* Brady, 1881

Plancha 1, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 174,5', 222,8', 299,3', 475,4', 500,8', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 651,5', 725,5', 750,5', 802,8', 850,0', 900,8', 1006,5', 1053,5', 1100,8', 1125,8', 1175,5', 1200,5' y 1375,5'). CA (146,1', 177,3', 216,5', 237,2', 257,8', 278,2', 286,5', 297,5', 337,5', 347,5' y 357,7').

*Psammosiphonella* sp.

Plancha 1, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (651,5', 950,5', 1006,5' y 1150,5'). CA (167,5').

**Género** *Rhabdammina* Sars en Carpenter, 1869

*Rhabdammina linearis* Brady, 1879

Plancha 1, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 150,3', 325,6', 399,5', 475,4', 651,5', 875,2', 1100,8' y 1375,5').

*Rhabdammina* sp.

Plancha 1, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 651,5', 1375,5', 1425,5).

**Suborden HIPPOCREPININA** Saidova, 1981

**Familia BOTELLINIDAE** Chapman y Parr, 1936

**Género** *Botellina* Carpenter, Jeffreys y Thompson, 1870

*Botellina labyrinthica* Brady, 1881

Plancha 1, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (350,2' y 399,5').

**Suborden KOMOKIOIDEA** Tendal y Hessler, 1977

**Familia RHIZAMMINIDAE** Wiesner, 1931

**Género** *Rhizammina* Brady, 1879

*Rhizammina* sp.

Plancha 1, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (950,5').

**Suborden SACCAMMININA** Lankester, 1885

**Familia PSAMMOSPHAERIDAE** Haeckel, 1894

**Género** *Psammosphaera* Schulze, 1875

*Psammosphaera irregularis* Grzybowski, 1896

Plancha 1, imagen 13.



**Ocurrencia:** SJ (1025,2', 1075,5', 1125,8', 1225,6').

**Orden LITUOLIDA** Lankester, 1885

**Suborden LITUOLINA** Lankester, 1885

**Familia AMMOSPHAEROIDINIDAE** Cushman, 1927

**Género *Ammosphaeroidina*** Cushman, 1910

*Ammosphaeroidina pseudopauciloculata* Myatliuk, 1966

Plancha 1, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (275,8', 774,6', 1025,2', 1275,5', 1425,5' y 1475,2').

**Género *Budashevaella*** Loeblich y Tappan, 1964

*Budashevaella multicamerata* Voloshinova y Budasheva, 1961

Plancha 1, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 100,5', 121,1', 299,3', 425,1', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 699,8', 725,5', 750,5', 774,6', 875,2', 900,8', 925,5', 950,5', 1006,5', 1025,2', 1075,5', 1125,8', 1150,5', 1275,5', 1425,5' y 1475,2'). CA (187,4', 257,8' y 267,7').

*Budashevaella* sp.

Plancha 1, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').

*Budashevaella trinitatensis* Cushman y Renz, 1946

Plancha 2, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1025,2' y 1125,8').

**Género *Cribrostomoides*** Cushman, 1910

*Cribrostomoides* sp.

Plancha 2, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (425,1', 774,6' y 1728,5').

*Cribrostomoides subglobosus* Cushman, 1910

Plancha 2, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (100,5').

**Género *Recurvoidella*** Uchio, 1960

***Recurvoidella lamella*** Grzybowski, 1898

Plancha 2, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (1053,5').

**Género *Recurvoides*** Earland, 1934

***Recurvoides* sp.**

Plancha 2, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (174,5', 399,5', 525,5', 651,5', 802,8', 1075,5', 1125,8', 1150,5' y 1225,6'). CA (117,8' y 247,3').

**Familia DISCAMMINIDAE** Mikhalevich, 1980

**Género *Ammoscalaria*** Höglund, 1947

***Ammoscalaria pseudospiralis* (?)** Williamson, 1858

Plancha 2, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (574,6').

**Familia HAPLOPHRAGMOIDIDAE** Maync, 1952

**Género *Haplophragmoides*** Cushman, 1910

***Haplophragmoides emaciatia*** Brady, 1884

Plancha 2, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (150,3' y 198,7').

***Haplophragmoides excavatus*** Cushman y Waters, 1927

Plancha 2, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 299,3', 325,6', 350,2', 699,8' y 1100,8').

***Haplophragmoides kirki*** Wickenden, 1932

Plancha 2, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (1200,5').

*Haplophragmoides* sp.

Plancha 2, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 375,2', 425,1', 525,5', 550,5', 600,5', 900,8', 1200,5', 1275,5', 1375,5' y 1547,6'). CA (146,1' y 226,8').

*Haplophragmoides stomatus* Grzybowski, 1898

Plancha 2, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (1200,5', 1275,5', 1425,5' y 1475,2').

*Haplophragmoides suborbicularis* Grzybowski, 1896

Plancha 2, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (1100,8').

*Haplophragmoides walteri* Grzybowski, 1898

Plancha 2, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (1025,2', 1075,5', 1125,8', 1150,5' y 1200,5').

Familia LITUOLIDAE Blainville, 1827

Género *Ammobaculites* Cushman, 1910

*Ammobaculites agglutinans* d'Orbigny, 1846

Plancha 2, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 174,5', 600,5', 1006,5', 1150,5' y 1375,'). CA (357,7').

*Ammobaculites calcareous* (?) Brady, 1884

Plancha 2, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (574,6').

*Ammobaculites cubensis* Cushman y Bermudez, 1937

Plancha 2, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 250,6', 750,5', 802,8', 850,0', 875,2', 950,5', 1025,2', 1053,5' y 1100,8').

*Ammobaculites* sp.

Plancha 3, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 600,5', 651,5' y 802,8'). CA (327,5' y 337,5')

**Género** *Ammomarginulina* Wiesner, 1931

*Ammomarginulina aubertae* Gradstein y Kaminski, 1989

Plancha 3, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (52,8').

**Familia** LITUOTUBIDAE Loeblich y Tapan, 1984

**Género** *Lituotuba* Rhumbler, 1895

*Lituotuba lituiformis* Brady, 1879

Plancha 3, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (1150,3').

**Género** *Paratrochamminoides* Soliman, 1972

*Paratrochamminoides* sp.

Plancha 3, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (121,1').

**Familia** TROCHAMMINOIDAE Loeblich y Tapan, 1984

**Género** *Trochamminoides* Cushman, 1910

*Trochamminoides* sp.

Plancha 3, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (250,6' y 1053,5'). CA (167,5').

*Trochamminoides variolarius* Grzybowski, 1898

Plancha 3, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (150,3' y 1275,5').

**Suborden RZEHAKININA** Saidova, 1981

**Familia RZEHAKINIDAE** Cushman, 1933

**Género *Rzehakina*** Cushman, 1927

***Rzehakina* sp.**

Plancha 3, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (1325,1').

**Suborden SPIROPLECTAMMININA** Mikhalevich, 1992

**Familia SPIROPLECTAMMINIDAE** Cushman, 1927

**Género *Spiroplectammina*** Cushman, 1927

***Spiroplectammina navarroana*** Cushman, 1932

Plancha 3, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 299,3', 375,2', 725,5', 750,5' y 1200,5').

***Spiroplectammina* sp.**

Plancha 3, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (121,1', 150,3', 198,7', 275,8', 299,3', 699,8', 850,0' y 1275,5').

***Spiroplectammina spectabilis*** Grzybowski, 1898

Plancha 3, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (750,5').

**Género *Spiroplectinella*** Kisel'man, 1972

***Spiroplectinella* sp.**

Plancha 3, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (875,2'). CA (117,3' y 226,8').

***Spiroplectinella subhaeringensis*** Grzybowski, 1896

Plancha 3, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 222,8', 299,3', 325,6', 350,2', 375,2', 425,1', 475,4', 525,5', 600,5', 624,8', 651,5', 699,8', 725,5', 750,5', 774,6', 802,8', 850,0', 950,5', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1125,8', 1225,6' y 1599,5').

**Género *Vulvulina*** d'Orbigny, 1826

***Vulvulina pennatula*** Batsch, 1791

Plancha 3, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 299,3', 802,8', 900,8', 925,5', 950,5', 1150,5' y 1650,5'). CA (137,5', 156,5' y 317,8').

***Vulvulina spinosa*** Cushman, 1927

Plancha 3, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 350,2', 425,1', 574,6', 750,5', 1100,8' y 1200,5').

**Suborden TROCHAMMININA** Saidova, 1981

**Familia TROCHAMMINIDAE** Schwager, 1877

**Género *Tritaxis*** Schubert, 1921

***Tritaxis conica*** Parker y Jones, 1865

Plancha 3, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (1650,5').

**Género *Trochammina* sp.** Parker y Jones, 1859

***Trochammina* sp.**

Plancha 3, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (121,1', 150,3', 174,5', 399,5', 425,1', 651,5', 750,5', 950,5', 1006,5', 1125,8', 1150,5', 1200,5' y 1225,6'). CA (197,3' y 317,8').

**Género *Trochamminopsis*** Brönnimann, 1976

***Trochamminopsis altiformis*** Cushman y Renz, 1946

Plancha 4, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (121,1', 150,3', 174,5', 399,5', 500,8', 574,6', 600,5', 624,8', 900,8', 950,5' y 1150,5').

*Trochamminopsis parvus* Brönnimann y Whittaker, 1988

Plancha 4, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (399,5').

**Suborden VERNEUILININA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Familia CONOTROCHAMMINIDAE** Saidova, 1981

**Género *Conotrochammina*** Finlay, 1940

*Conotrochammina voeringensis* Grandstein y Kaminski, 1997

Plancha 4, imagen 3.

**Ocurrencia: SJ** (50,3' y 500,8').

**Familia PROLIXOPLECTIDAE** Loeblich y Tappan, 1985

**Género *Karrerulina*** Finlay, 1940

*Karrerulina conversa* Grzybowski, 1901

Plancha 4, imagen 4.

**Ocurrencia: SJ** (275,8' y 974,8').

*Karrerulina horrida* Myatlyuk, 1970

Plancha 4, imagen 5.

**Ocurrencia: SJ** (950,5').

**Familia TRITAXIIDAE** Plotnikova, 1979

**Género *Tritaxia*** Reuss, 1860

*Tritaxia barakai* Said y Kenawy, 1956

Plancha 4, imagen 6.

**Ocurrencia: SJ** (1100,8').

*Tritaxia pyramidata* Reuss, 1863

Plancha 4, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 100,5', 174,5', 222,8', 250,6', 1100,8', 1475,2' y 1650,5').

***Tritaxia* sp.**

Plancha 4, imagen 8.

**Ocurrencia:** CA (137,5' y 146,1').

**Orden LOFTUSIIDA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Suborden LOFTUSIINA** Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

**Familia CYCLAMMINIDAE** Marie, 1941

**Género *Cyclammina*** Brady, 1879

***Cyclammina cancellata*** Brady, 1879

Plancha 4, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (802,8', 900,8', 1006,5' y 1150,5'). CA (357,7').

**Género *Reticulophragmium*** Maync, 1955

***Reticulophragmium acutidorsatum*** Hantken, 1868

Plancha 4, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (275,8', 299,3', 425,1', 574,6', 624,8' y 750,5'). CA (137,5' y 208,5').

***Reticulophragmium rotundidorsatum*** Hantken, 1875

Plancha 4, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (1100,8')

***Reticulophragmium* sp.**

Plancha 4, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (750,5', 1006,5', 1150,5' y 1728,5'). CA (167,5', 177,3', 197,3', 208,5' y 226,8').

**Suborden ATAXOPHRAGMIINA** Fursenko, 1958

**Familia GLOBOTEXTULARIIDAE** Cushman, 1927



**Género *Remesella*** Vašíček, 1947

***Remesella* sp.**

Plancha 4, imagen 13.

**Ocurrencia:** CA (216,5' y 267,7').

**Familia TEXTULARIELLIDAE** Grönhagen y Luterbacher, 1966

**Género *Textulariella*** Cushman, 1927

***Textulariella simplex*** Cushman, 1936

Plancha 4, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (1225,6').

**Orden MILIOLIDA** Delage y Hérouard, 1896

**Suborden MILIOLINA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia HAUERINIDAE** Schwager, 1876

**Género *Miliolinella*** Wiesner, 1931

***Miliolinella subrotunda*** Montagu, 1803

Plancha 4, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (699,8').

**Género *Pyrgo*** Defrance, 1824

***Pyrgo* sp.**

Plancha 4, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (651,5' y 1053,5').

**Género *Quinqueloculina*** d'Orbigny, 1826

***Quinqueloculina laevigata*** d'Orbigny, 1839

Plancha 5, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5').

***Quinqueloculina lamarckiana*** d'Orbigny, 1839

Plancha 5, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (121,1' y 651,5').

***Quinqueloculina seminulum*** Linnaeus, 1758

Plancha 5, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (651,5', 774,6', 1025,2', 1075,5', 1225,6', 1525,5', 1699,4' y 1728,5').  
CA (127,2').

***Quinqueloculina* sp.**

Plancha 5, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (600,5', 651,5', 802,8', 1006,5', 1525,5', 1599,5', 1650,5' y 1699,4').

***Quinqueloculina striata*** Guérin-Méneville, 1832

Plancha 5, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (100,5').

**Género *Spirosigmoina*** Parr, 1942

***Spirosigmoina tenuis*** Czjžek, 1848

Plancha 5, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 299,3', 774,6' y 1699,4').

**Género *Triloculinella*** Riccio, 1950

***Triloculinella obliquinodus*** Riccio, 1950

Plancha 5, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (500,8' y 600,5').

**Familia MILIAMMINIDAE** Saidova, 1981

**Género *Spirosigmoinella*** Matsunaga, 1955

***Spirosigmoinella compressa*** Matsunaga, 1955

Plancha 5, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 250,6', 275,8', 299,3', 399,5', 425,1', 500,8', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 651,5', 699,8', 750,5', 802,8', 900,8',

925,5', 950,5', 974,8', 1100,8', 1150,5', 1125,6' y 1275,5'). CA (117,8', 137,5', 146,1', 167,5', 197,3', 208,5', 226,8', 247,3', 307,3', 327,5', 337,5', 347,5' y 357,7').

***Spirosigmoilinella* sp.**

Plancha 5, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (299,3').

**Familia SPIROLOCULINIDAE** Wiesner, 1920

**Género *Spiroloculina*** d'Orbigny, 1826

***Spiroloculina communis*** Cushman y Todd, 1944

Plancha 5, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (350,2').

***Spiroloculina excavata*** d'Orbigny, 1846

Plancha 5, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (75,9').

***Spiroloculina tenuiseptata*** Brady, 1884

Plancha 5, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (550,5' y 651,5').

**Orden NODOSARIIDA** Calkins, 1926

**Suborden NODOSARIINA** Calkins, 1926

**Familia CHRYSALOGONIIDAE** Mikhalevich, 1933

**Género *Anastamosa*** Hayward, 2012

***Anastamosa nuttalli*** Hedberg, 1937

Plancha 5, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (399,5').

**Género *Lotostomoides*** Hayward y Kawagata, 2012

***Lotostomoides calomorpha*** Reuss, 1866

Plancha 5, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (325,6' y 574,6').

**Género** *Scallopstoma* Hayward y Kawagata, 2012

*Scallopstoma asperum* Reuss, 1845

Plancha 5, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (299,3').

**Familia** GLANDULONODOSARIIDAE Silvestri, 1901

**Género** *Neugeborina* Popescu en Cicha et al., 1998

*Neugeborina longiscata* d'Orbigny, 1846

Plancha 5, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 250,6', 275,8', 299,3', 325,6', 350,2', 375,2', 399,5', 425,1', 525,5', 550,5', 600,5', 624,8', 651,5', 675,5', 699,8', 725,5', 750,5', 802,8', 825,8', 850,0', 875,2', 900,8', 925,5', 950,5', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1100,8' y 1225,6'). CA (137,5', 156,5' y 267,7').

**Género** *Orthomorphina* Stainforth, 1952

*Orthomorphina* sp.

Plancha 6, imagen 1.

**Ocurrencia:** CA (156,5').

**Familia** LAGENIDAE Reuss, 1862

**Género** *Hyalinonetrion* Patterson y Richardson, 1988

*Hyalinonetrion clavatum* d'Orbigny, 1846

Plancha 6, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (425,1', 750,5' y 974,8'). CA (156,5').

*Hyalinonetrion gracillimum* Seguenza, 1862

Plancha 6, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 75,9', 100,5', 222,8', 375,2', 802,8', 1125,8' y 1175,5'). CA (257,8' y 357,7').

**Género *Lagena*** Walker y Jacob, 1798***Lagena aspera*** Reuss, 1862

Plancha 6, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 222,8', 802,8', 825,8' y 1125,8').

***Lagena denticulifera*** Buchner, 1940

Plancha 6, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (1100,8').

***Lagena hispida*** Reuss, 1863

Plancha 6, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (550,5').

***Lagena fallax*** Buchner, 1940

Plancha 6, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (500,8').

***Lagena hispidula*** Cushman, 1913

Plancha 6, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (375,2', 802,8' y 950,5').

***Lagena* sp.**

Plancha 6, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 250,6', 299,3', 399,5', 425,1', 550,5', 600,5', 624,8', 651,5', 699,8', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 900,8', 950,5', 974,8', 1006,5', 1025,2', 1053,5' y 1075,5'). CA (156,5', 226,8' y 347,5').

***Lagena striata* var. *basisenta*** Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 6, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').

***Lagena sulcata*** Walker y Jacob, 1798

Plancha 6, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (198,7', 425,1' y 802,8').

**Género *Procerolagena*** Puri, 1954

***Procerolagena* sp.**

Plancha 6, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (299,3', 425,1', 699,8', 750,5', 875,2', 974,8' y 1125,8').

**Género *Reusoolina*** Colom, 1956

***Reusoolina apiculata*** Reusssss, 1851

Plancha 6, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (52,8').

***Reusoolina laevis*** Montagu, 1803

Plancha 6, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (550,5', 624,8', 651,5' y 825,8').

***Reusoolina simplex*** Reuss, 1851

Plancha 6, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (325,6').

**Familia NODOSARIIDAE** Ehrenberg, 1838

**Género *Dentalina*** Risso, 1826

***Dentalina albatrossi*** Cushman, 1923

Plancha 6, imagen 16.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 75,9' y 198,7').

***Dentalina globigera*** Reuss, 1856

Plancha 7, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (198,7').

*Dentalina mutabilis* Costa, 1855

Plancha 7, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (550,5')

*Dentalina* sp.

Plancha 7, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 150,3', 299,3', 350,2', 425,1', 475,4', 750,5', 825,8', 850,0', 1375,5' y 1547,6'). CA (216,5' y 337,5').

*Dentalina sulcata* Nilsson, 1826

Plancha 7, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (75,9').

Género *Frondicularia* d'Orbigny, 1826

*Frondicularia* sp.

Plancha 7, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (198,7').

Género *Grigelis* Mikhalevich, 1981

*Grigelis pyrula* d'Orbigny, 1826

Plancha 7, imagen 6.

**Ocurrencia:** CA (197,3').

*Grigelis semirugosus* d'Orbigny, 1846

Plancha 7, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (1100,8').

*Grigelis* sp.

Plancha 7, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (675,5' y 950,5').

**Género *Laevidentalina*** Loeblich y Tappan, 1986***Laevidentalina aphelis*** Loeblich y Tappan, 1986

Plancha 7, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (150,3' y 198,7').

***Laevidentalina elegans*** d'Orbigny, 1846

Plancha 7, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').

***Laevidentalina haueri*** Neugeboren, 1856

Plancha 7, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (250,6').

***Laevidentalina* sp.**

Plancha 7, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (100,5').

**Género *Nodosaria*** Lamarck, 1816***Nodosaria schlichti*** Reuss, 1870

Plancha 7, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (121,1' y 974,8').

***Nodosaria* sp.**

Plancha 7, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 1125,8', 1599,5' y 1650,5'). CA (137,5')

**Género *Pseudonodosaria*** Boomgaard, 1949***Pseudonodosaria* sp.**

Plancha 7, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (275,8' y 1599,5').



**Género *Pyramidulina*** Fornasini, 1894

***Pyramidulina raphanistrum*** Linnaeus, 1758

***Pyramidulina raphanistrum subsp. caribbeana*** Hedberg, 1937

Plancha 7, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (174,5').

***Pyramidulina* sp.**

Plancha 8, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (174,5', 1650,5' y 1699,4').

**Familia STILOSTOMELLIDAE** Finlay, 1947

**Género *Siphonodosaria*** Silvestri, 1924

***Siphonodosaria consobrina*** d'Orbigny, 1846

Plancha 8, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 250,6' y 699,8').

***Siphonodosaria curvatura*** Cushman, 1939

Plancha 8, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (222,8' y 275,8').

***Siphonodosaria jackonensis*** Cushman y Applin, 1926

Plancha 8, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 100,5', 150,3', 198,7', 222,8', 250,6', 275,8', 399,5', 475,4', 550,5', 802,8', 1025,2', 1053,5' y 1225,6'). CA (156,5').

***Siphonodosaria lepidula*** Schwager, 1866

Plancha 8, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 121,1', 222,8', 250,6', 875,2' y 925,5').

***Siphonodosaria longispina*** Egger, 1990

Plancha 8, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 75,9', 100,5', 150,3', 350,2', 525,5', 550,5', 600,5', 774,6', 802,8', 1025,2' y 1100,8').

*Siphonodosaria paucistriata* Galloway y Morrey, 1929

Plancha 8, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 150,3', 222,8', 699,8', 750,5' y 950,5').

*Siphonodosaria* sp.

Plancha 8, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 100,5', 150,3', 174,5', 198,7', 250,6', 275,8', 375,2', 475,4', 500,8', 550,5', 600,5', 675,5', 699,8', 725,5', 750,5', 802,8', 850,0', 950,5', 1006,5', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1125,8', 1225,6' y 1375,5'). CA (127,2', 167,5' y 187,4').

*Siphonodosaria subspinosa* Cushman, 1943

Plancha 8, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').

Género *Stilostomella* Guppy, 1894

*Stilostomella fistuca* Schwager, 1866

Plancha 8, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (850,0').

*Stilostomella* sp.

Plancha 8, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (750,5').

Género *Strictocostella* Patterson, 1987

*Strictocostella* sp.

Plancha 8, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (121,1').

**Orden POLYMORPHINIDA** Mikhalevich, 1980**Suborden PLEUROSATOMELLINA** Mikhalevich, 1993**Familia ELLIPSOIDINIDAE** Silvestri, 1923**Género *Ellipsoglandulina*** Silvestri, 1900***Ellipsoglandulina chilostoma*** Rzehak, 1895

Plancha 8, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (198,7').

**Familia PLEUROSATOMELLIDAE** Reuss, 1860**Género *Pleurostomella*** Reuss, 1860***Pleurostomella acuminata*** Cushman, 1922

Plancha 8, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (198,7' y 222,8').

***Pleurostomella* sp.**

Plancha 8, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (250,6' y 624,8'). CA (278,2')

***Pleurostomella tenuis*** Hantken, 1883

Plancha 8, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (250,6').

**Suborden POLYMORPHININA** Mikhalevich, 1980**Familia ELLIPSOLAGENIDAE** Silvestri, 1923**Género *Favulina*** Patterson y Richardson, 1988***Favulina hexagona*** Williamson, 1848

Plancha 9, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (425,1').

**Género *Fissurina*** Reuss, 1850***Fissurina annectens*** Burrows y Holland, 1895

Plancha 9, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (198,7').

*Fissurina cucullata* Silvestri, 1902

Plancha 9, imagen 3.

**Ocurrencia: SJ** (500,8').

*Fissurina furcillifera* Buchner, 1940

Plancha 9, imagen 4.

**Ocurrencia: SJ** (525,5', 550,5' y 651,5').

*Fissurina laevigata* Reuss, 1850

Plancha 9, imagen 5.

**Ocurrencia: SJ** (198,7', 250,6', 550,5' y 600,5').

*Fissurina orbignyana* Seguenza, 1862

Plancha 9, imagen 6.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 75,9', 150,3', 198,7', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 974,8' y 1125,8').

*Fissurina pseudoorbignyana* Buchner, 1940

Plancha 9, imagen 7.

**Ocurrencia: SJ** (375,2').

*Fissurina* sp.

Plancha 9, imagen 8.

**Ocurrencia: SJ** (100,5', 121,1', 150,3', 198,7', 299,3', 350,2', 550,5', 600,5', 750,5', 802,8', 950,5' y 1006,5'). **CA** (156,5').

Género *Geminiella* Popescu, 1998

*Geminiella gibbera* Buchner, 1940

Plancha 9, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (52,8' y 150,3').

**Género *Lagenosolenia*** McCulloch, 1977

***Lagenosolenia incomposita*** Patterson y Pettis, 1986

Plancha 9, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (121,1').

**Género *Oolina*** d'Orbigny, 1839

***Oolina globosa*** Montagu, 1803

Plancha 9, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (222,8', 275,8', 600,5', 774,6', 1125,8' y 1650,5'). **CA** (146,1' y 257,8').

***Oolina setosa*** Earland, 1934

Plancha 9, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 121,1', 150,3', 275,8', 350,2', 399,5', 850,0' y 950,5').

***Oolina* sp.**

Plancha 9, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (75,9', 325,6' y 1375,5').

***Oolina stelligera*** Brady, 1881

Plancha 9, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (350,2').

**Género *Parafissurina*** Parr, 1947

***Parafissurina botelliformis*** Brady, 1881

Plancha 9, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (399,5').

***Parafissurina decipiens*** McCulloch, 1977

Plancha 9, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (875,2').

**Familia GLANDULINIDAE** Reuss, 1860

**Género *Glandulina*** d'Orbigny, 1839

***Glandulina ovula*** d'Orbigny, 1846

Plancha 10, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 350,2', 699,8', 774,6', 1100,8', 1125,8' y 1699,4').

***Glandulina* sp.**

Plancha 10, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 100,5', 250,6' y 974,8').

**Familia PLECTOFRONDICULARIIDAE** Cushman, 1927

**Género *Plectofrondicularia*** Liebus, 1902

***Plectofrondicularia* sp.**

Plancha 10, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (950,5').

**Género *Mucronina*** Ehrenberg, 1839

***Mucronina compressa*** Costa, 1855

Plancha 10, imagen 4.

**Ocurrencia:** CA (267,7').

***Mucronina striata*** d'Orbigny, 1826

Plancha 10, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (121,1').

***Mucronina vaughani*** Cushman, 1927

Plancha 10, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (350,2', 425,1', 500,8', 974,8', 1006,5' y 1100,8').

**Familia POLYMORPHINIDAE** d'Orbigny, 1839**Género *Guttulina*** d'Orbigny, 1839***Guttulina communis*** d'Orbigny, 1826

Plancha 10, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 100,5', 150,3', 198,7', 250,6', 325,6', 350,2', 399,5', 525,5', 550,5', 600,5', 624,8', 675,5', 699,8', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 1006,5' y 1375,5').  
CA (247,3').

***Guttulina irregularis*** d'Orbigny, 1846

Plancha 10, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 325,6', 525,5', 550,5', 725,5', 750,5' y 802,8').

***Guttulina jarvisi*** Cushman y Ozawa, 1930

Plancha 10, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (574,6', 802,8' y 900,8').

***Guttulina* sp.**

Plancha 10, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 525,5', 600,5', 699,8', 750,5', 802,8', 1006,5').

**Género *Pyrulina*** d'Orbigny, 1839***Pyrulina gutta*** d'Orbigny, 1826

Plancha 10, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (425,1' y 574,6').

**Género *Sigmoidella*** Cushman y Ozawa, 1928***Sigmoidella elegantissima*** Parker y Jones, 1870

Plancha 10, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 222,8', 250,6', 275,8', 299,3', 325,6', 350,2', 399,5', 425,1', 500,8', 525,5', 550,5', 600,5', 624,8', 675,5',

699,8', 725,5', 750,5', 802,8', 825,8', 850,0', 875,2', 900,8', 925,5', 950,5', 974,8', 1025,2', 1053,5' y 1100,8'). CA (127,2', 156,5', 187,4', 226,8' y 267,7').

***Sigmoidella seguenzana*** Brady, 1884

Plancha 10, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (50,3').

***Sigmoidella* sp.**

Plancha 10, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (100,5' y 299,3'). CA (216,5').

**Orden ROBERTINIDA** Loeblich y Tappan, 1984

**Suborden ROBERTININA** Loeblich y Tappan, 1984

**Familia CERATOBULIMINIDAE** Cushman, 1927

**Género *Ceratobulimina*** Toula, 1915

***Ceratobulimina joneasiana*** Brady, 1881

Plancha 10, imagen 15.

**Ocurrencia:** CA (237,2').

**Familia EPISTOMINIDAE** Wedekind, 1937

**Género *Hoeglundina*** Brotzen, 1948

***Hoeglundina elegans*** d'Orbigny, 1826

Plancha 10, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (500,8', 651,5', 802,8', 875,2', 900,8', 1006,5', 1075,5', 1100,8', 1225,6', 1375,5', 1525,5' y 1650,5').

**Orden ROTALIIDA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia ALABAMINIDAE** Hofker, 1951

**Género *Oridorsalis*** Andersen, 1961

***Oridorsalis* sp.**

Plancha 11, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (100,5').



*Oridorsalis ecuadorensis* Galloway y Morrey, 1929

Plancha 11, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 100,5', 121,1', 198,7', 325,6', 350,2', 399,5', 699,8', 974,8' y 1699,4').

*Oridorsalis umbonatus* Reuss, 1851

Plancha 11, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 100,5', 121,1', 150,3', 250,6', 275,8', 299,3', 350,2', 375,2', 475,4', 500,8', 550,5', 574,6', 600,5', 651,5', 750,5', 825,8', 875,2' y 974,8').

Género *Osangularia* Brotzen, 1940

*Osangularia bengalensis* Schwager, 1866

Plancha 11, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (399,5', 500,8', 525,5', 550,5', 600,5' y 651,5').

*Osangularia plummerae* Brotzen, 1940

Plancha 11, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (825,8').

Familia AMPHISTEGINIDAE Cushman, 1927

Género *Amphistegina* d'Orbigny, 1826

*Amphistegina californica* Cushman y Hanna, 1927

Plancha 11, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5', 1599,5' y 1699,4').

*Amphistegina haueriana* d'Orbigny, 1846

Plancha 11, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

*Amphistegina lessonii* Deshayes, 1830

Plancha 11, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (1599,5' y 1699,4').

***Amphistegina* sp.**

Plancha 2, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (1547,6', 1599,5', 1650,5', 1699,4' y 1728,5').

**Familia ANOMALINIDAE** Cushman, 1927**Género *Anomalinoides*** Brotzen, 1942***Anomalinoides alazanensis*** Nutall, 1932

Plancha 11, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (150,3', 250,6', 350,2', 375,2', 399,5', 651,5', 725,5' y 802,8').

***Anomalinoides globulosus*** Chapman y Parr, 1937

Plancha 11, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (250,6', 325,6', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1125,8' y 1225,6' ).

***Anomalinoides pompillioides*** Galloway y Heminway, 1941

Plancha 11, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (198,7' y 875,2').

***Anomalinoides semicribratus*** Beckmann, 1954

Plancha 11, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (450,5' y 974,8').

***Anomalinoides spissiformis*** Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 11, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (250,6').

***Anomalinoides trinitatensis*** Nuttall, 1928

Plancha 11, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (750,5').

**Familia BOLIVINITIDAE** Cushman, 1927

**Género *Bolivina*** d'Orbigny, 1839***Bolivina antiqua*** d'Orbigny, 1846

Plancha 11, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (250,6' y 1525,5').

***Bolivina marginata*** Cushman, 1918

Plancha 12, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (198,7').

***Bolivina marginata var. multicosata*** Cushman, 1937

Plancha 12, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 150,3', 250,6', 325,6', 350,2', 375,2', 425,1', 500,8', 624,8', 651,5', 699,8', 725,5', 750,5', 774,6', 950,5' y 1225,6').

***Bolivina ordinaria*** Pleger y Parker, 1952

Plancha 12, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (299,3').

***Bolivina* sp.**

Plancha 12, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (121,1', 250,6', 1375,5', 1650,5' y 1699,4').

***Bolivina striatula*** Cushman, 1922

Plancha 12, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (250,6').

**Género *Fursenkoina*** Loeblich y Tappan, 1961***Fursenkoina complanata*** Egger, 1893

Plancha 12, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (651,5').

***Fursenkoina* sp.**

Plancha 12, imagen 7.

**Ocurrencia: SJ** (198,7' y 825,8').

*Fursenkoina subacuta* d'Orbigny, 1852

Plancha 12, imagen 8.

**Ocurrencia: SJ** (198,7').

**Familia BULIMINIDAE** Jones, 1875

**Género *Bulimina*** d'Orbigny, 1826

*Bulimina alligata* Cushman y Laiming, 1931

Plancha 12, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (425,1', 651,5' y 825,8').

*Bulimina bleeckeri* Hedberg, 1937

Plancha 12, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (325,6' y 974,8').

*Bulimina falconensis* Renz, 1948

Plancha 12, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (1547,6').

*Bulimina illingi* Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 12, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (900,8').

*Bulimina inflata* Seguenza, 1862

Plancha 12, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 52,8' y 974,8').

*Bulimina jacksonensis* Cushman, 1925

Plancha 12, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5', 1599,5', 1650,5' y 1728,5').

*Bulimina macilenta* Cushman y Parker, 1939

Plancha 12, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 825,8', 875,2', 900,8', 950,5' y 974,8').

*Bulimina sculptilis* Cushman, 1923

Plancha 12, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (950,5').

*Bulimina* sp.

Plancha 13, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 675,5', 950,5', 974,8', 1125,8', 1375,5', 1525,5', 1547,6', 1599,5' y 1699,4').

*Bulimina striata* Guérin-Méneville, 1832

Plancha 13, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 100,5', 150,3', 198,7', 275,8', 375,2', 425,1', 550,5', 600,5', 624,8', 651,5', 750,5', 802,8', 1006,5', 1025,2', 1125,8', 1225,6', 1525,5' y 1599,5').

*Bulimina truncana* Gümbel, 1870

Plancha 13, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 325,6', 375,2', 399,5', 425,1', 600,5', 651,5', 699,8', 750,5', 774,6', 875,2', 974,8', 1547,6', 1699,4' y 1728,5').

*Bulimina tuxpamensis* Cole, 1928

Plancha 13, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (1375,5').

Género *Praeglobobulimina* Hofker, 1951

*Praeglobobulimina* sp.

Plancha 13, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 774,6', 825,8', 1075,5', 1100,8' y 1150,5').

**Género** *Protoglobobulimina* Hofker, 1951

*Protoglobobulimina pupoides* d'Orbigny, 1846

Plancha 13, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 425,1', 500,8', 651,5', 750,5', 825,8', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1150,5', 1375,5' y 1547,6'). CA (267,7').

**Familia** CANCRISIDAE Chapman, Parr y Collins, 1934

**Género** *Cibicorbis* Hadley, 1934

*Cibicorbis herricki* Hadley, 1934

Plancha 13, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

*Cibicorbis* sp.

Plancha 13, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (1547,6').

**Género** *Gyroidinoides* Brotzen, 1942

*Gyroidinoides altispira* Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 13, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (121,1', 1525,5', 1650,5' y 1728,5').

*Gyroidinoides dissimilis* Cushman y Renz, 1947

Plancha 13, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (399,5' y 500,8').

*Gyroidinoides girardana* Reuss, 1851

Plancha 13, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

***Gyroidinoides octocameratus*** Cushman y Hanna, 1927

Plancha 13, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 100,5', 121,1', 150,3', 198,7', 222,8', 250,6', 275,8', 299,3', 500,8', 550,5', 600,5', 651,5', 699,8' y 900,8').

***Gyroidinoides parva*** Cushman y Renz, 1941

Plancha 13, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 1547,6' y 1699,4').

***Gyroidinoides perampla*** Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 13, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 150,3', 198,7', 250,6', 275,8', 299,3', 399,5' y 974,8'). CA (127,2').

***Gyroidinoides planulata*** Cushman y Renz, 1941

Plancha 13, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').

***Gyroidinoides* sp.**

Plancha 13, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 75,9', 198,7', 250,6', 600,5', 750,5', 774,6', 1025,2' y 1699,4'). CA (226,8').

**Género *Valvulineria*** Cushman, 1926

***Valvulineria inflata*** d'Orbigny, 1839

Plancha 14, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5').

***Valvulineria venezuelana*** Hedberg, 1937

Plancha 14, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (1547,6').

**Familia CASSIDULINIDAE** d'Orbigny, 1839**Género** *Cassidulina* d'Orbigny, 1826*Cassidulina carapitana* Hedberg, 1937

Plancha 14, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').**Género** *Evolvocassidulina* Eade, 1967*Evolvocassidulina bradyi* Norman, 1881

Plancha 14, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (150,3').**Género** *Globocassidulina* Voloshinova, 1960*Globocassidulina punctata* Berggren y Miller, 1986

Plancha 14, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 299,3', 425,1' y 600,5').*Globocassidulina* sp.

Plancha 14, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (425,1' y 1699,4'). CA (226,8').*Globocassidulina subglobosa* Brady, 1881

Plancha 14, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 150,3', 222,8', 275,8', 299,3', 425,1', 450,5', 550,5', 600,5', 624,8', 651,5', 699,8', 725,5', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1525,5', 1599,5', 1650,5' y 1728,5'). CA (127,2' y 156,5').**Familia CHILOSTOMELLIDAE** Brady, 1881**Género** *Chilostomella* Reuss en Cžjžek, 1849*Chilostomella oolina* Schwager, 1878

Plancha 14, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 121,1' y 1150,5').



***Chilostomella* sp.**

Plancha 14, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

**Familia CIBICIDIDAE** Cushman, 1927**Género *Cibicides*** Montfort, 1808***Cibicides pachyderma*** Rzehak, 1886

Plancha 14, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (222,8', 325,6', 399,5', 525,5', 550,5', 651,5', 750,5', 774,6', 925,5', 1225,6', 1375,5', 1547,6', 1599,5' y 1699,4'). CA (156,5').

***Cibicides refulgens*** Montfort, 1808

Plancha 14, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (222,8', 250,6', 325,6', 350,2', 375,2', 450,5', 500,8', 600,5', 651,5', 725,5', 750,5', 774,6', 825,8', 1025,2', 1225,6', 1375,5', 1547,6' y 1699,4').

***Cibicides* sp.**

Plancha 14, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (375,2', 500,8', 550,5', 624,8', 651,5', 675,5', 725,5', 774,6', 802,8', 850,0', 1100,8', 1125,8', 1547,6', 1599,5' y 1699,4').

***Cibicides tenuimargo*** Brady, 1884

Plancha 14, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (802,8').

**Género *Cibicidina*** Bandy, 1949***Cibicidina cushmani*** Nuttall, 1930

Plancha 14, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (850,0').

**Género *Cibicoides*** Thalmann, 1939

*Cibicoides barnetti* Bermúdez, 1949

Plancha 14, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (350,2').

*Cibicoides cicatricosus* Schwager, 1866

Plancha 14, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (350,2', 399,5' y 1006,5').

*Cibicoides crebbisi* Hedberg, 1937

Plancha 15, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (198,7' y 1650,5').

*Cibicoides guazumalensis* Bermúdez, 1949

Plancha 15, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (550,5'). CA (127,2').

*Cibicoides matanzaensis* Hadley, 1934

Plancha 15, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (121,1').

*Cibicoides mexicanus* Nuttall, 1932

Plancha 15, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 600,5', 624,8', 651,5', 699,8', 774,6', 1075,5', 1100,8').

*Cibicoides mundulus* Brady, Parker and Jones, 1888

Plancha 15, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 100,5', 150,3', 174,5', 198,7', 250,6', 275,8', 299,3', 325,6', 350,2', 375,2', 399,5', 425,1', 500,8', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 651,5', 675,5', 699,8', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 875,2', 900,8', 950,5', 974,8', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1125,8', 1225,6', 1375,5', 1547,6' y 1699,4'). CA (127,2', 156,5', 187,4', 226,8' y 267,7').

*Cibicoides robertsonianus* Brady, 1881

Plancha 15, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (75,9' y 651,5').

*Cibicoides* sp.

Plancha 15, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 121,1', 198,7', 222,8', 250,6', 275,8', 375,2', 425,1', 475,4', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 651,5', 675,5', 699,8', 750,5', 774,6', 875,2', 974,8', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1150,5', 1375,5', 1547,6' y 1699,4'). CA (127,2', 156,5', 226,8', 257,8' y 317,8').

*Cibicoides subhaindingeri* Parr, 1950

Plancha 15, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (50,3').

*Cibicoides wuellerstorfi* Schwager, 1866

Plancha 15, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 150,3', 375,2', 399,5', 651,5', 699,8', 1053,5', 1650,5' y 1699,4').

Género *Falsoplanulina* Bermúdez, 1979

*Falsoplanulina ammophila* Gümbel, 1870

Plancha 15, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5', 1599,5' y 1650,5').

Género *Heterolepa* Franzenau, 1884

*Heterolepa bradyi* Trauth, 1918

Plancha 15, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 250,6', 299,3', 375,2', 399,5', 425,1', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 699,8', 725,5', 750,5', 1025,2', 1075,5' y 1100,8').

*Heterolepa dutemplei* d'Orbigny, 1846

Plancha 15, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (1650,5' y 1728,5').

*Heterolepa eocaena* Gumbel, 1870

Plancha 15, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (121,1').

**Género *Lobatula*** Fleming, 1828

*Lobatula lobatula* Walker y Jacob, 1798

Plancha 15, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (299,3', 325,6', 350,2', 399,5', 425,1', 475,4', 500,8', 525,5', 574,6', 600,5', 651,5', 699,8', 750,5', 802,8', 900,8', 1053,5', 1100,8' y 1728,5'). **CA** (156,5' y 226,8')

**Familia DISCORBINELLIDAE** Sigal, 1952

**Género *Hanzawaia*** Asano, 1944

*Hanzawaia americana* Cushman, 1818

Plancha 15, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (250,6' y 950,5').

*Hanzawaia concentrica* Cushman, 1918

Plancha 15, imagen 16.

**Ocurrencia: SJ** (1375,5', 1599,5' y 1728,5').

*Hanzawaia isidroensis* Cushman y Renz, 1941

Plancha 16, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (1547,6').

*Hanzawaia mississippiensis* Cushman, 1922

Plancha 16, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (198,7').

**Familia EPISTOMARIIDAE** Hofker, 1954**Género** *Nuttallides* Finlay, 1939*Nuttallides umbonifer* Cushman, 1933

Plancha 16, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (425,1').**Familia GAVELINELLIDAE** Hofker, 1956**Género** *Gyroidina* d'Orbigny, 1826*Gyroidina altiformis* Stewart y Stewart, 1930

Plancha 16, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 174,5', 275,8', 350,2', 375,2', 425,1', 600,5', 624,8', 651,5', 675,5', 802,8', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1225,6', 1375,5', 1599,5' y 1699,4').**Género** *Gyroidina* d'Orbigny, 1826*Hansenisca soldanii* d'Orbigny, 1826

Plancha 16, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 375,2', 399,5', 550,5', 750,5', 774,6', 802,8', 950,5', 1006,5', 1025,2', 1075,5', 1375,5', 1547,6', 1599,5', 1699,4' y 1728,5'). CA (156,5', 226,8' y 267,7').**Familia GLOBOBULIMINIDAE** Hofker, 1956**Género** *Globobulimina* Cushman, 1927*Globobulimina pacifica* Cushman, 1927

Plancha 16, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 222,8', 350,2', 500,8', 699,8', 750,5', 950,5', 974,8', 1025,2', 1053,5', 1125,8' y 1150,5'). CA (278,2').*Globobulimina* sp.

Plancha 16, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (174,5', 275,8', 299,3', 375,2', 725,5', 750,5', 802,8', 1075,5', 1100,8' y 1125,8'). CA (226,8')

**Familia HELICOSTEGINIDAE** Mitchell, Robinson y Özcan en Mitchell et al., 2022

**Género *Helicostegina*** Barker y Grimsdale, 1936

***Helicostegina* sp.**

Plancha 16, imagen 8.

**Ocurrencia: SJ** (1525,5', 1599,5', 1650,5', 1699,4' y 1728,5').

**Familia MELONIDAE** Holzmann y Pawlowski, 2017

**Género *Melonis*** Montfort, 1808

***Melonis affinis*** Reuss, 1851

Plancha 16, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 75,9', 121,1', 850,0' y 1699,4').

***Melonis pompilioides*** Fichtel y Moll, 1798

Plancha 16, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 275,8', 299,3', 325,6', 350,2', 375,2', 399,5', 425,1', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 651,5', 675,5', 699,8', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 850,0', 950,5', 974,8', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1100,8', 1125,8' y 1225,6').

***Melonis* sp.**

Plancha 16, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 100,8', 275,8' y 1547,6').

***Melonis sphaeroides*** Voloshinova, 1958

Plancha 16, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (50,3' y 52,8').

**Familia NONIONIDAE** Schultze, 1854

**Género *Nonion*** Montfort, 1808

***Nonion umbilicatum*** Walker y Jacob, 1798

Plancha 16, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (1525,5').

**Familia NOTOROTALIIDAE** Hornibrook, 1961

**Género *Buccella*** Andersen, 1952

***Buccella vicksburgensis*** Andersen, 1952

Plancha 16, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (399,5', 525,5', 600,5', 699,8', 825,8', 875,2', 950,5' y 1053,5').

**Familia NUMMULITIDAE** Blainville, 1827

**Género *Operculina* sp.** d'Orbigny, 1826

***Operculina* sp.**

Plancha 16, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (1650,5').

**Familia PLANULINIDAE** Bermúdez, 1952

**Género *Planulina*** d'Orbigny, 1826

***Planulina ariminensis*** d'Orbigny, 1826

Plancha 16, imagen 16.

**Ocurrencia: SJ** (150,3' y 1650,5').

***Planulina renzi*** Cushman y Stainforth, 1945

Plancha 17, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (1525,5').

***Planulina* sp.**

Plancha 17, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (1650,5' y 1728,5').

**Familia PSEUDOPARRELLIDAE** Voloshinova, 1952

**Género *Epistominella*** Husezima y Maruhasi, 1944

*Epistominella pulchella* Husezima y Maruhasi, 1944

Plancha 17, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

**Familia PULLENIIDAE** Schwager, 1877

**Género** *Pullenia* Carpenter et al., 1862

*Pullenia bulloides* d'Orbigny, 1846

Plancha 17, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (52,8', 75,9', 150,3', 198,7', 250,6', 275,8', 299,3', 350,2', 375,2', 425,1', 475,4', 500,8', 550,5', 600,5', 651,5', 750,5', 825,8' y 974,8').

*Pullenia quinqueloba* Reuss, 1851

Plancha 17, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 1125,8' y 1525,5').

**Familia SIPHOGENERINOIDIDAE** Saidova, 1981

**Género** *Siphogenerina* Milne-Edwards, 1882

*Siphogenerina* sp.

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

**Género** *Siphogenerinoides* Cushman, 1927

*Siphogenerinoides brevispinosa* Cushman, 1939

Plancha 17, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (500,8').

**Género** *Transversigerina* Matthews, 1945

*Transversigerina transversa* Cushman, 1918

**Ocurrencia:** SJ (1699,4').

**Familia SIPHONINIDAE** Cushman, 1927

**Género** *Siphonina* Reuss, 1850



*Siphonina bradyana* Cushman, 1927

Plancha 17, imagen 7.

**Ocurrencia:** CA (156,5').

*Siphonina reticulata* Cžjžek, 1848

Plancha 17, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 100,5', 174,5' y 275,8'). CA (156,5').

*Siphonina* sp.

Plancha 17, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (75,9'). CA (156,5' y 267,7').

**Familia SPHAEROIDINIDAE** Cushman, 1927

**Género** *Sphaeroidina* d'Orbigny, 1826

*Sphaeroidina bulloides* Deshayes, 1832

Plancha 17, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 350,2' y 500,8'). CA (127,2').

*Sphaeroidina variabilis* Reuss, 1851

Plancha 17, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5').

**Familia UVIGERINIDAE** Haeckel, 1894

**Género** *Siphouvigerina* Parr, 1950

*Siphouvigerina hispida* Schwager, 1866

Plancha 17, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (825,8').

*Siphouvigerina proboscidea* Schwager, 1866

Plancha 17, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (375,2').

**Género *Uvigerina* d'Orbigny, 1826*****Uvigerina acuminata* Hosiuss, 1895**

Plancha 17, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (1375,5').

***Uvigerina adelinensis* Palmer y Bermúdez, 1949**

Plancha 17, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 1547,6' y 1699,4').

***Uvigerina auberiana* d'Orbigny, 1839**

Plancha 17, imagen 16.

**Ocurrencia: SJ** (52,8', 174,5', 250,6', 299,3', 325,6', 375,2', 525,5', 574,6', 624,8', 699,8', 750,5', 925,5', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1125,8', 1225,6', 1650,5' y 1728,5'). **CA** (156,5').

***Uvigerina auberiana var. attenuata* Cushman y Renz, 1941**

Plancha 18, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 52,8', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 222,8', 250,6', 375,2', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 651,5', 825,8', 850,0', 875,2', 900,8', 950,5', 974,8' y 1375,5').

***Uvigerina basicordata* Cushman y Renz, 1941**

Plancha 18, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (75,9', 100,5', 198,7', 250,6', 275,8', 299,3', 325,6', 399,5', 425,1' y 825,8').

***Uvigerina beccarri* Fornasini, 1897**

Plancha 18, imagen 3.

**Ocurrencia: SJ** (75,9').

***Uvigerina capayana* Hedberg, 1937**

Plancha 18, imagen 4.

**Ocurrencia: SJ** (1699,4').

*Uvigerina carapitana* Hedberg, 1937

Plancha 18, imagen 5.

**Ocurrencia: SJ** (75,9', 275,8', 1547,6', 1650,5' y 1699,4'). **CA** (137,5' y 267,7').

*Uvigerina curta* Cushman y Jarvis, 1929

Plancha 18, imagen 6.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 52,8', 121,1', 299,3', 475,4', 925,5' y 950,5').

*Uvigerina gallowayi* Cushman, 1929

Plancha 18, imagen 7.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 52,8', 75,9', 198,7', 22,8', 250,6', 275,8', 299,3', 325,6', 350,2', 375,2', 399,5', 425,1', 475,4', 500,8', 550,5', 574,6', 600,5', 624,8', 651,5', 675,5', 699,8', 725,5', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 850,0', 875,2', 925,5', 950,5', 974,8', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1075,5', 1100,8', 1125,8', 1375,5', 1547,6' y 1699,4'). **CA** (156,5').

*Uvigerina havanensis* Cushman y Bermudez, 1936

Plancha 18, imagen 8.

**Ocurrencia: SJ** (675,5' y 750,5').

*Uvigerina hootsi* Rankin, 1934

Plancha 18, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (1525,5' y 1728,5').

*Uvigerina mantaensis* Cushman y Edwards, 1938

Plancha 18, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 52,8', 198,7', 750,5', 850,0', 875,2', 950,5', 1025,2' y 1225,6').

*Uvigerina mexicana* Nuttall, 1932

Plancha 18, imagen 11..

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 222,8', 250,6', 299,3', 375,2', 525,5', 574,6', 600,5', 624,8', 699,8', 725,5', 750,5', 802,8', 825,8', 850,0', 1006,5', 1025,2', 1053,5', 1225,6', 1525,5', 1599,5. 1650,5' y 1728,5'). CA (156,5', 226,8' y 267,7').

*Uvigerina nuttalli* Cushman y Edwards, 1938

Plancha 18, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (925,5' y 1547,6').

*Uvigerina peregrina* Cushman, 1923

Plancha 18, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (651,5', 774,6', 1525,5', 1547,6', 1599,5', 1650,5', 1699,4' y 1728,5').

*Uvigerina rustica* Cushman y Edwards, 1938

Plancha 18, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 525,5', 550,5', 574,6', 600,5', 825,8', 850,0', 875,2', 950,5', 974,8', 1006,5' y 1699,4').

*Uvigerina semiornata* d'Orbigny, 1846

Plancha 18, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (52,8').

*Uvigerina seriata* Cushman y Jarvis, 1929

Plancha 18, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (375,2' y 750,5').

*Uvigerina* sp.

Plancha 19, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 52,8', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 198,7', 222,8', 275,8', 375,2', 399,5', 425,1', 475,4', 500,8', 525,5', 600,5', 699,8', 725,5', 774,6', 825,8', 850,0',

875,2', 900,8', 1053,5', 1100,8', 1125,8', 1225,6', 1375,5', 1547,6', 1599,5' y 1699,4').  
CA (127,2', 137,5', 156,5', 167,5', 187,4', 226,8', 257,8', 297,5' y 317,8').

***Uvigerina spinicostata*** Cushman y Jarvis, 1929

Plancha 19, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (525,5', 574,6', 600,5', 624,8', 651,5', 1006,5' y 1053,5').

***Uvigerina tenuistriata*** Reuss, 1870

Plancha 19, imagen 3.

**Ocurrencia: SJ** (198,7').

**Orden SPIRILLINIDA** Hohenegger y Piller, 1975

**Suborden AMMODISCINA** Mikhalevich, 1980

**Familia AMMODISCIDAE** Reuss, 1862

**Género *Ammodiscus*** Reus, 1862

***Ammodiscus latus*** Grzybowski, 1898

Plancha 19, imagen 4.

**Ocurrencia: SJ** (150,3', 600,5', 624,8' y 1650,5').

**Género *Ammodiscus*** Reuss, 1862

***Ammodiscus* sp.**

Plancha 19, imagen 5.

**Ocurrencia: SJ** (651,5').

**Género *Glomospira*** Rzehak, 1885

***Glomospira charoides*** Jones y Parker, 1860

Plancha 19, imagen 6.

**Ocurrencia: SJ** (624,8').

***Glomospira* sp.**

Plancha 19, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (399,5').

**Orden TEXTULARIIDA** Lankester, 1885

**Suborden TEXTULARIINA** Delage y Hérouard, 1896

**Familia EGGERELLIDAE** Cushman, 1937

**Género *Dorothia*** Plummer, 1931

***Dorothia goesi*** Cushman, 1911

Plancha 19, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (222,8' y 1075,5').

**Género *Eggerella*** Cushman, 1933

***Eggerella bradyi*** Cushman, 1911

Plancha 19, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 350,2', 399,5', 550,5', 624,8', 651,5', 774,6', 825,8' y 900,8').

CA (156,5' y 267,7').

**Género *Karrieriella*** Cushman, 1933

***Karrieriella bradyi*** Cushman, 1911

Plancha 19, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (198,7', 250,6', 350,2', 550,5', 600,5', 1053,5', 1075,5', 1125,8' y 1375,5'). CA (156,5' y 278,2').

***Karrieriella novangliae*** Cushman, 1922

Plancha 19, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (250,6' y 802,8').

***Karrieriella siphonella*** Reuss, 1851

Plancha 19, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (375,2').

**Género *Martinotiella*** Cushman, 1933

***Martinottiella* sp.**

Plancha 19, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 825,8' y 950,5').

***Martinottiella communis* d'Orbigny, 1846**

Plancha 19, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (75,9', 100,5', 121,1', 150,3' y 174,5'). CA (127,2', 137,5', 146,1', 167,5', 177,3', 197,3', 208,5', 216,5', 247,3', 278,2', 297,5', 327,5', 347,5' y 357,7').

**Género *Multifidella* Loeblich y Tappan, 1961*****Multifidella nodulosa* Cushman, 1922**

Plancha 19, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (52,8' y 121,1').

**Familia TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838****Género *Bigenerina* d'Orbigny, 1826*****Bigenerina nodosaria* d'Orbigny, 1826**

Plancha 19, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (425,1'). CA (137,5').

**Género *Karrerotextularia* Le Calvez, de Klasz y Brun, 1974*****Karrerotextularia crassisepta* Cushman, 1911**

Plancha 20, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1375,5').

**Género *Sahulia* Loeblich y Tappan, 1985*****Sahulia conica* d'Orbigny, 1839**

**Ocurrencia:** SJ (350,2', 600,5', 725,5', 802,8', 974,8', 1075,5', 1100,8', 1125,8' y 1325,1').

**Género *Siphotextularia* Finlay, 1939*****Siphotextularia rolshauseni* Phleger y Parker, 1951**

Plancha 20, imagen 2.

**Ocurrencia:** CA (167,5').

**Género** *Textularia* Dfrance, 1824

*Textularia agglutinans* d'Orbigny, 1839

Plancha 20, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (52,8').

*Textularia isidroensis* Cushman y Renz, 1941

Plancha 20, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (1375,5').

*Textularia* sp.

Plancha 20, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (1375,5'). CA (167,5', 347,5' y 357,7')

**Familia** VALVULINIDAE Berthelin, 1880

**Género** *Clavulina* d'Orbigny, 1826

*Clavulina* sp.

Plancha 20, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (50,3').

**Género** *Goesella* Cushman, 1933

*Goesella cylindrica* Cushman, 1922

Plancha 20, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (500,8' y 525,5').

**Orden** VAGINULINIDA Mikhalevich, 1993

**Familia** VAGINULINIDAE Reuss, 1860

**Género** *Amphicoryna* Schlumberger en Milne-Edwards, 1881

*Amphycorina badenensis* d'Orbigny, 1846



Plancha 20, imagen 8.

**Ocurrencia: SJ** (150,3').

*Amphicoryna sublineata* Brady, 1884

**Ocurrencia: SJ** (222,8').

**Género *Astacolus*** Montfort, 1808

*Astacolus arcuatus* Philippi, 1843

Plancha 20, imagen 9.

**Ocurrencia: SJ** (1547,6').

*Astacolus crepidula* Fichtel y Moll, 1798

Plancha 20, imagen 10.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 375,2' y 425,1').

*Astacolus gladius* Philippi, 1843

Plancha 20, imagen 11.

**Ocurrencia: SJ** (350,2', 500,8', 550,5', 624,8', 750,5', 802,8' y 1100,8').

*Astacolus* sp.

Plancha 20, imagen 12.

**Ocurrencia: SJ** (750,5', 774,6', 802,8' y 1547,6').

**Género *Lenticulina*** Lamarck, 1804

*Lenticulina americana* Cushman, 1918

Plancha 20, imagen 13.

**Ocurrencia: SJ** (100,5', 150,3', 174,5', 275,8', 325,6', 350,2', 425,1', 550,5', 574,6', 624,8', 774,6', 1006,5', 1025,2', 1100,8', 1225,6', 1375,5', 1525,5', 1547,6' y 1728,5').  
**CA** (226,8').

*Lenticulina americana subsp. grandis* Cushman, 1920

Plancha 20, imagen 14.

**Ocurrencia: SJ** (150,3', 350,2', 500,8', 550,5', 750,5', 802,8', 825,8', 1375,5' y 1547,6').

*Lenticulina calcar* Linnaeus, 1758

Plancha 20, imagen 15.

**Ocurrencia: SJ** (1547,6' y 1650,5').

*Lenticulina convergens* Bornemann, 1855

Plancha 20, imagen 16.

**Ocurrencia: SJ** (198,7', 325,6' y 950,5').

*Lenticulina cultrata* Montfort, 1808

Plancha 21, imagen 1.

**Ocurrencia: SJ** (222,8', 500,8', 825,8', 1547,6' y 1599,5').

*Lenticulina denticulifera* Cushman, 1913

Plancha 21, imagen 2.

**Ocurrencia: SJ** (399,5').

*Lenticulina discus* Erhenberg, 1854

Plancha 21, imagen 3.

**Ocurrencia: SJ** (500,5').

*Lenticulina formosa* Cushman, 1923

Plancha 21, imagen 4.

**Ocurrencia: SJ** (950,5').

*Lenticulina gibba* d'Orbigny, 1839

Plancha 21, imagen 5.

**Ocurrencia: SJ** (50,3', 100,5', 198,7', 425,1' y 774,6').

*Lenticulina inornata* d'Orbigny, 1846

Plancha 21, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 325,6', 600,5', 624,8', 750,5', 774,6', 1547,6' y 1699,4'). CA (226,8').

*Lenticulina iota* Cushman, 1923

Plancha 21, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (250,6', 350,2', 425,1', 550,5', 600,5', 651,5', 750,5', 774,6', 1006,5', 1125,8', 1225,6' y 1525,5').

*Lenticulina melvilli* Cushman y Renz, 1941

Plancha 21, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 275,8', 325,6', 399,5', 500,8', 600,5' y 750,5').

*Lenticulina multicamerata rotunda* Francke, 1912

Plancha 21, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (325,6').

*Lenticulina orbicularis* d'Orbigny, 1826

**Ocurrencia:** SJ (750,5', 1525,5' y 1728,5').

*Lenticulina pliocaena* Silvestri, 1898

Plancha 21, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (399,5', 500,8' y 651,5').

*Lenticulina rotulata* Lamarck, 1804

Plancha 21, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (100,5', 250,6', 350,2', 375,2', 550,5', 900,8', 925,5' y 1699,4').

*Lenticulina* sp.

Plancha 21, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (50,3', 75,9', 100,5', 121,1', 150,3', 174,5', 198,7', 222,8', 275,8', 299,3', 350,2', 375,2', 399,5', 475,4', 525,5', 550,5', 600,5', 651,5', 675,5', 699,8', 725,5', 750,5', 774,6', 802,8', 825,8', 850,0', 875,2', 925,5', 950,5', 1006,5', 1025,2', 1100,8', 1150,5', 1175,5', 1225,6', 1375,5', 1525,5', 1547,6', 1599,5', 1650,5', 1699,4' y 1728,5'). CA (127,2', 156,5', 187,4', 216,5', 226,8', 257,8', 267,7' y 297,5').

*Lenticulina submamilligera* Cushman, 1917

Plancha 21, imagen 13.

**Ocurrencia:** SJ (1599,5').

*Lenticulina suborbicularis* Parr, 1950

Plancha 21, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (350,2').

*Lenticulina thalmanni* Hessland, 1943

Plancha 21, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (1525,5'). CA (156,5')

*Lenticulina torrida* Cushman, 1923

Plancha 21, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (550,5' y 750,5').

Género *Marginulina* d'Orbigny, 1826

*Marginulina hirsuta* d'Orbigny, 1826

**Ocurrencia:** SJ (1650,5').

*Marginulina nodosaria* d'Orbigny, 1846

Plancha 22, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (1650,5').

*Marginulina obesa* Cushman, 1923

Plancha 22, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (150,3' y 250,6'). CA (156,5').

*Marginulina sp.*

**Ocurrencia:** SJ (550,5' y 1650,5').

*Marginulina striatula* Cushman, 1913

Plancha 22, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (222,8').

**Género** *Neolenticulina* McCulloch, 1977

*Neolenticulina variabilis* Reus, 1850

Plancha 22, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (350,2').

**Género** *Planularia* Defrance, 1826

*Planularia sp.*

Plancha 22, imagen 5.

**Ocurrencia:** SJ (525,5' y 1525,5').

**Género** *Saracenaria* Defrance, 1824

*Saracenaria latifrons* Brady, 1884

Plancha 22, imagen 6.

**Ocurrencia:** SJ (1006,5' y 1525,5').

**Género** *Spincterules* Montfort, 1808

*Spincterules anaglyptus* Loeblich & Tappan, 1987

Plancha 2, imagen 7.

**Ocurrencia:** SJ (350,2' y 651,5').

**Género** *Vaginulinopsis* Silvestri, 1904

*Vaginulinopsis decoratus* Reuss, 1855

Plancha 22, imagen 8.

**Ocurrencia:** SJ (1599,5').

*Vaginulinopsis gladius* Philippi, 1843

Plancha 22, imagen 9.

**Ocurrencia:** SJ (250,6').

*Vaginulinopsis haueriana* d'Orbigny, 1846

Plancha 22, imagen 10.

**Ocurrencia:** SJ (250,6').

*Vaginulinopsis* sp.

Plancha 22, imagen 11.

**Ocurrencia:** SJ (900,8' y 1699,4').

**Suborden HORMOSININA** Haeckel, 1894

**Familia HORMOSINIDAE** Haeckel, 1894

**Género *Hormosina*** Brady, 1879

*Hormosina velascoensis* Cushman, 1926

Plancha 22, imagen 12.

**Ocurrencia:** SJ (550,5').

**Género *Loeblichopsis*** Hofker, 1969

*Loeblichopsis cylindrica* Brady, 1884

Plancha 22, imagen 13.

**Ocurrencia:** CA (257,8').

**Género *Nodosinum*** Hofker, 1930

*Nodosinum gaussicum* Rhumbler, 1913

Plancha 22, imagen 14.

**Ocurrencia:** SJ (550,5').

**Género *Pseudonodosinella*** Saidova, 1970***Pseudonodosinella nodulosa*** Brady, 1879

Plancha 22, imagen 15.

**Ocurrencia:** SJ (275,8').

**Familia REOPHACIDAE** Cushman, 1927**Género *Reophax*** Montfort, 1808***Reophax duplex*** Grzybowski, 1896

Plancha 22, imagen 16.

**Ocurrencia:** SJ (574,6', 600,5', 624,8', 825,8' y 974,8'). CA (197,3')

***Reophax pilulifer*** Brady, 1884

Plancha 23, imagen 1.

**Ocurrencia:** SJ (500,8', 802,8' y 1006,5').

***Reophax sp.***

Plancha 23, imagen 2.

**Ocurrencia:** SJ (174,5').

***Reophax subfusiformis*** Earland, 1933

Plancha 23, imagen 3.

**Ocurrencia:** SJ (399,5').

**Familia HORMOSINELLIDAE** Rauzer-Chernousova y Reitlinger, 1986**Género *Subreophax*** Saidova, 1975***Subreophax scalaris*** Grzybowski, 1896

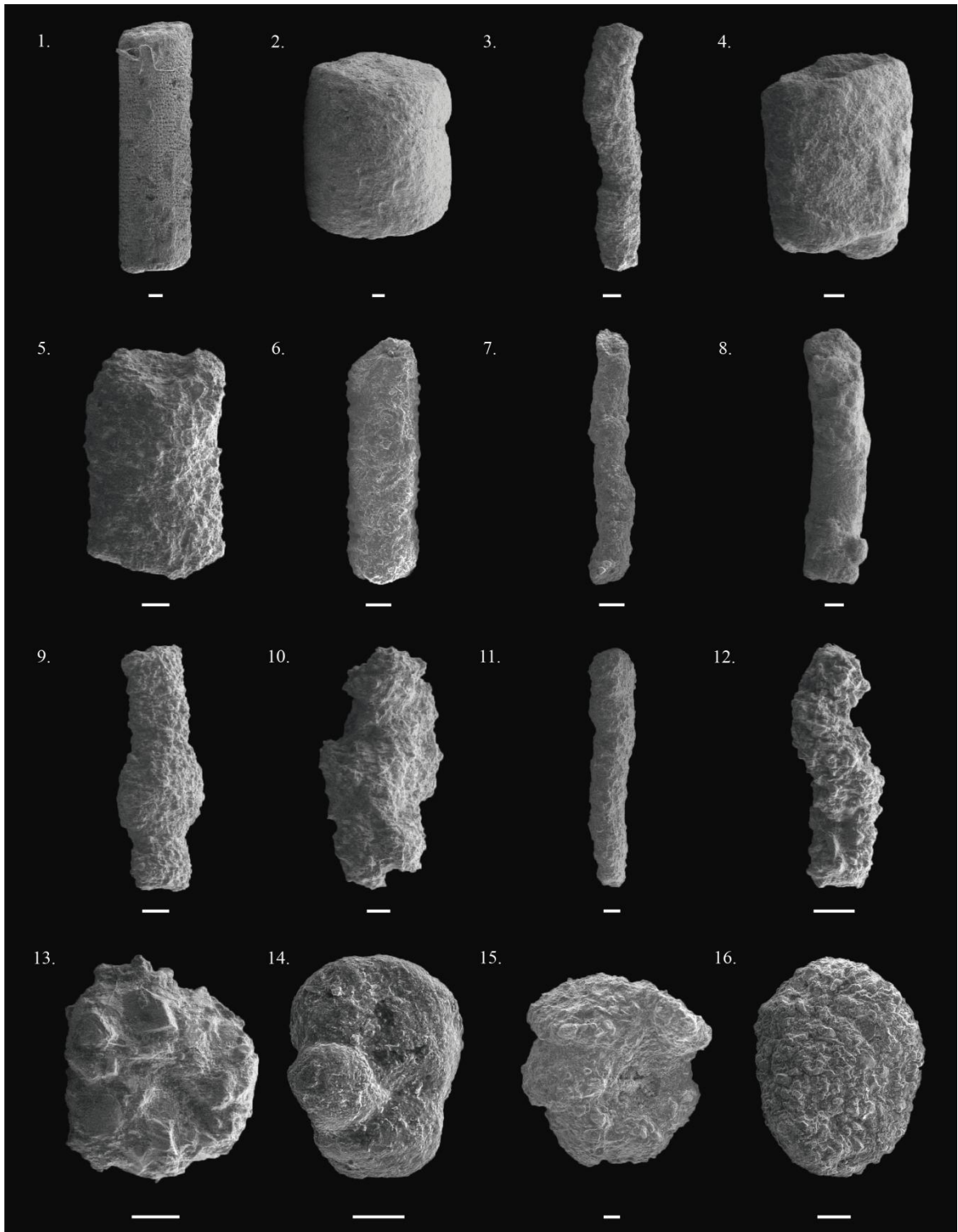
Plancha 23, imagen 4.

**Ocurrencia:** SJ (150,3', 950,5', 1006,5' y 1100,8').

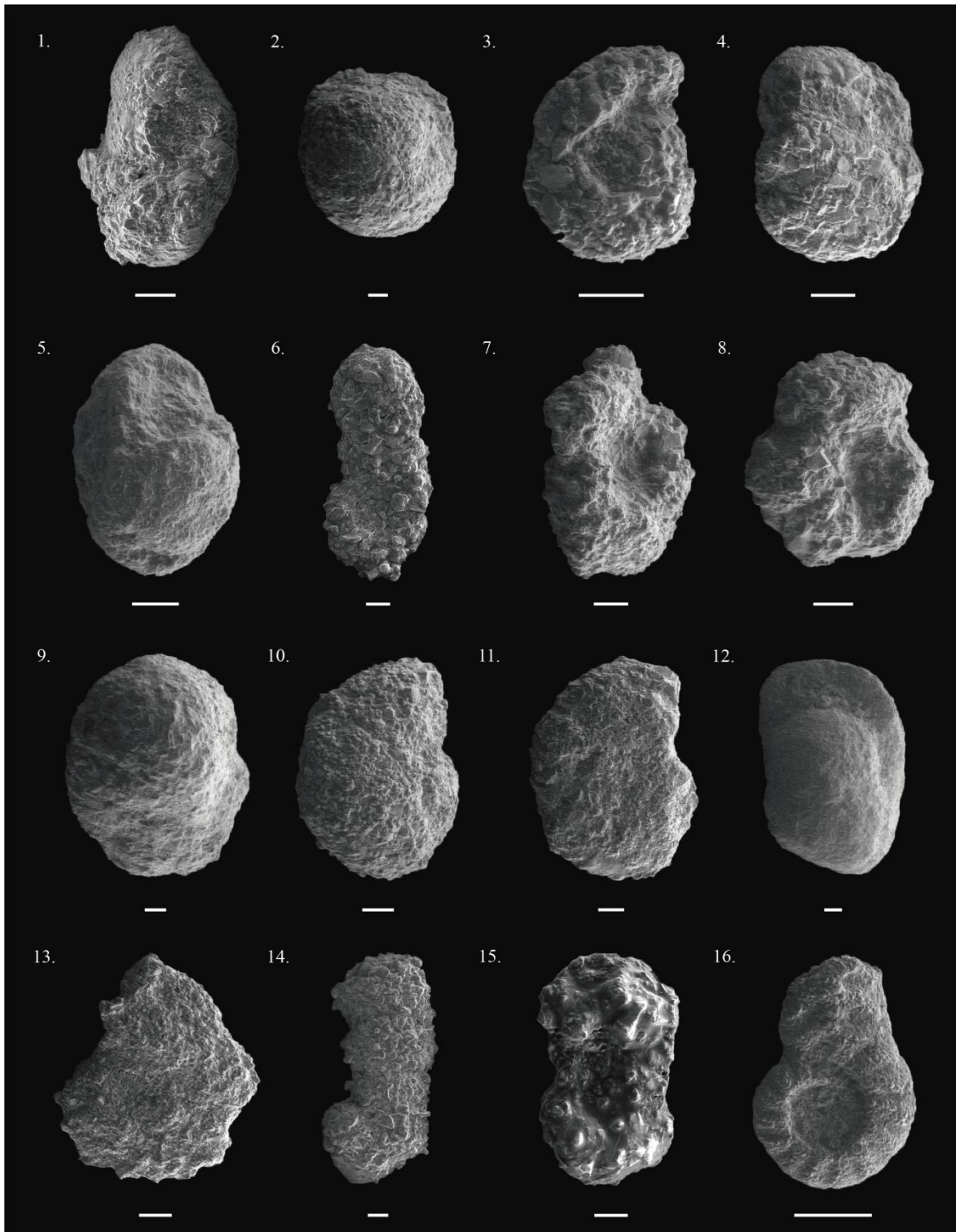
**6.1.3 Planchas micropaleontológicas para las especies descritas en la sistemática.**



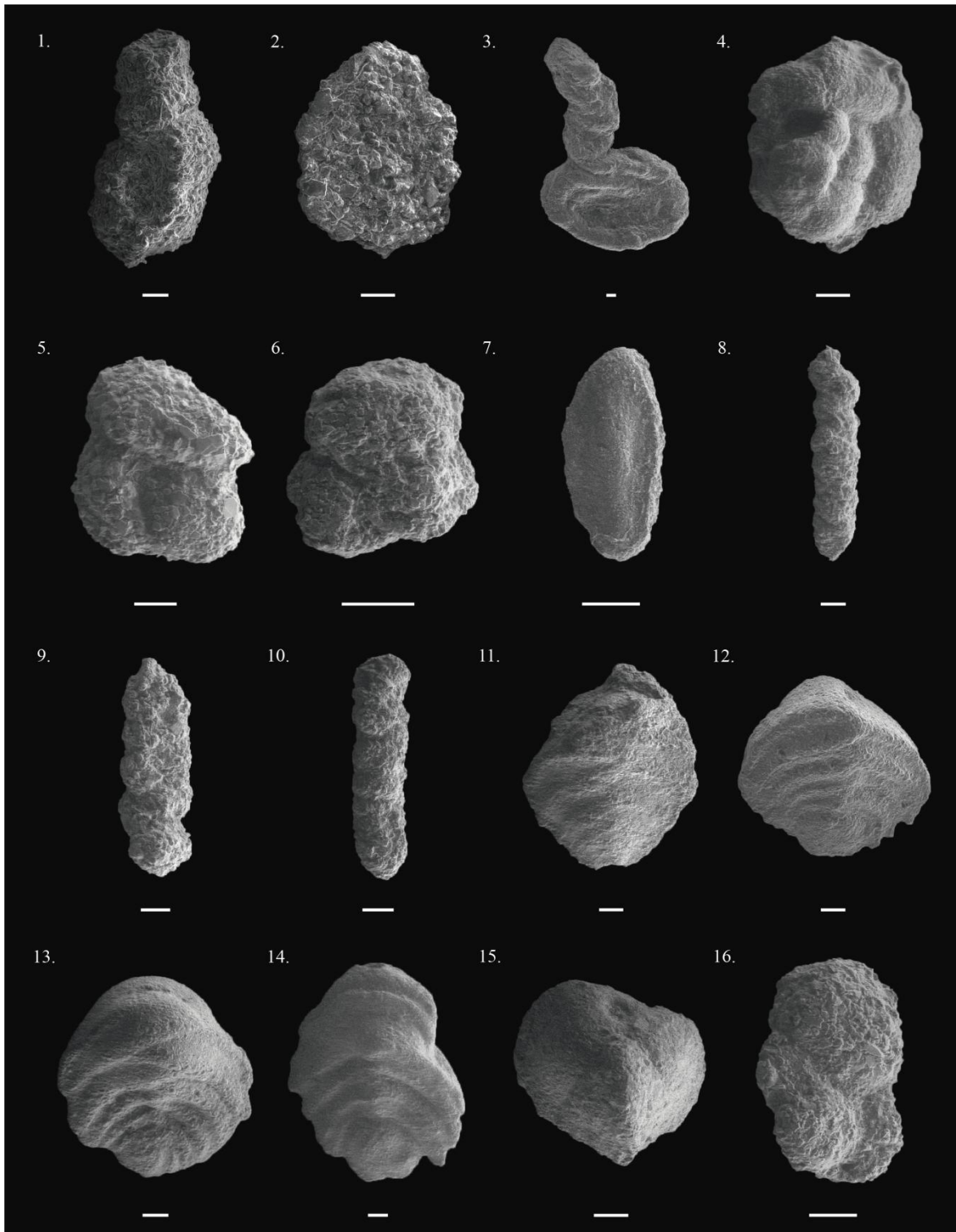
PLANCHA I



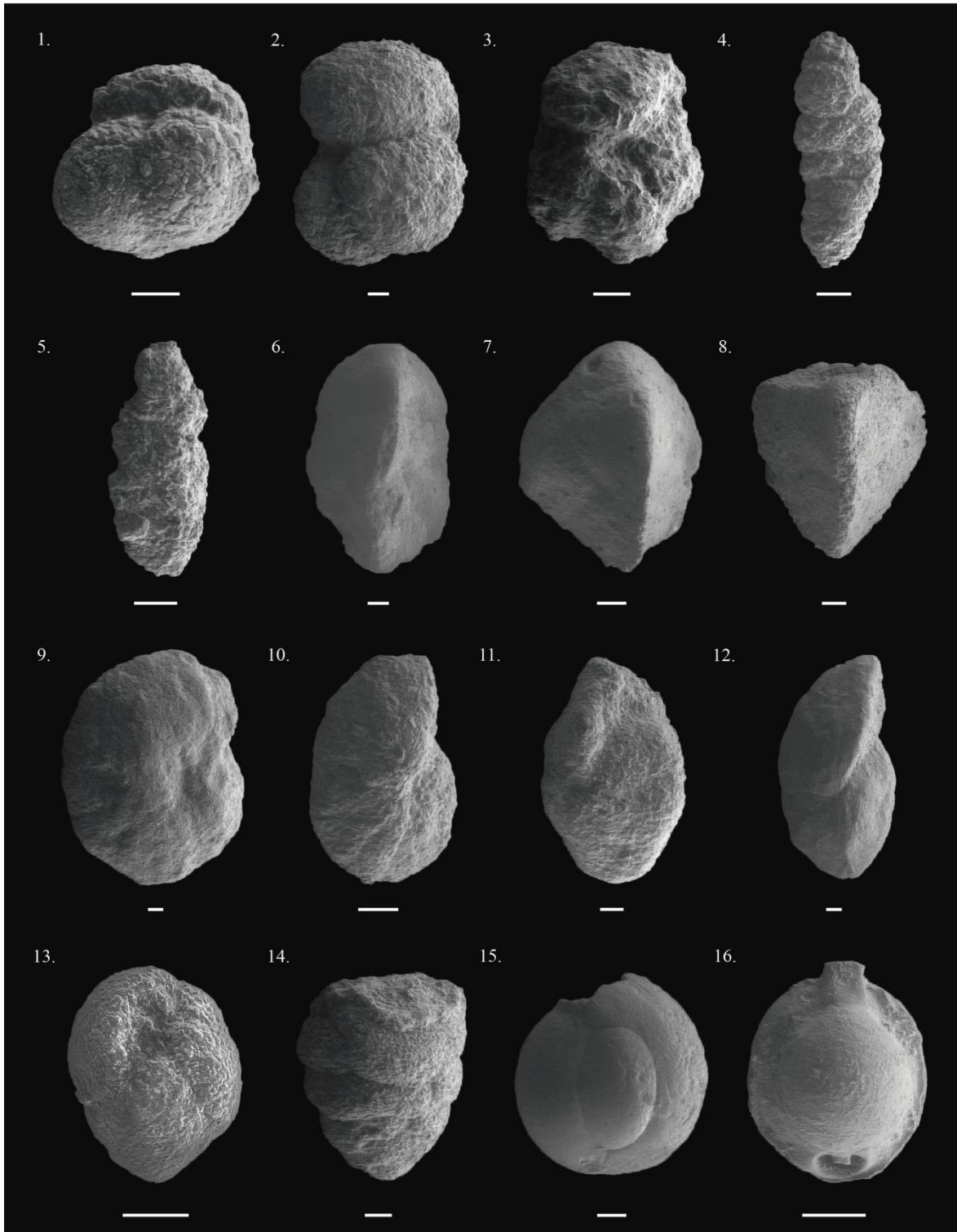
PLANCHA 2



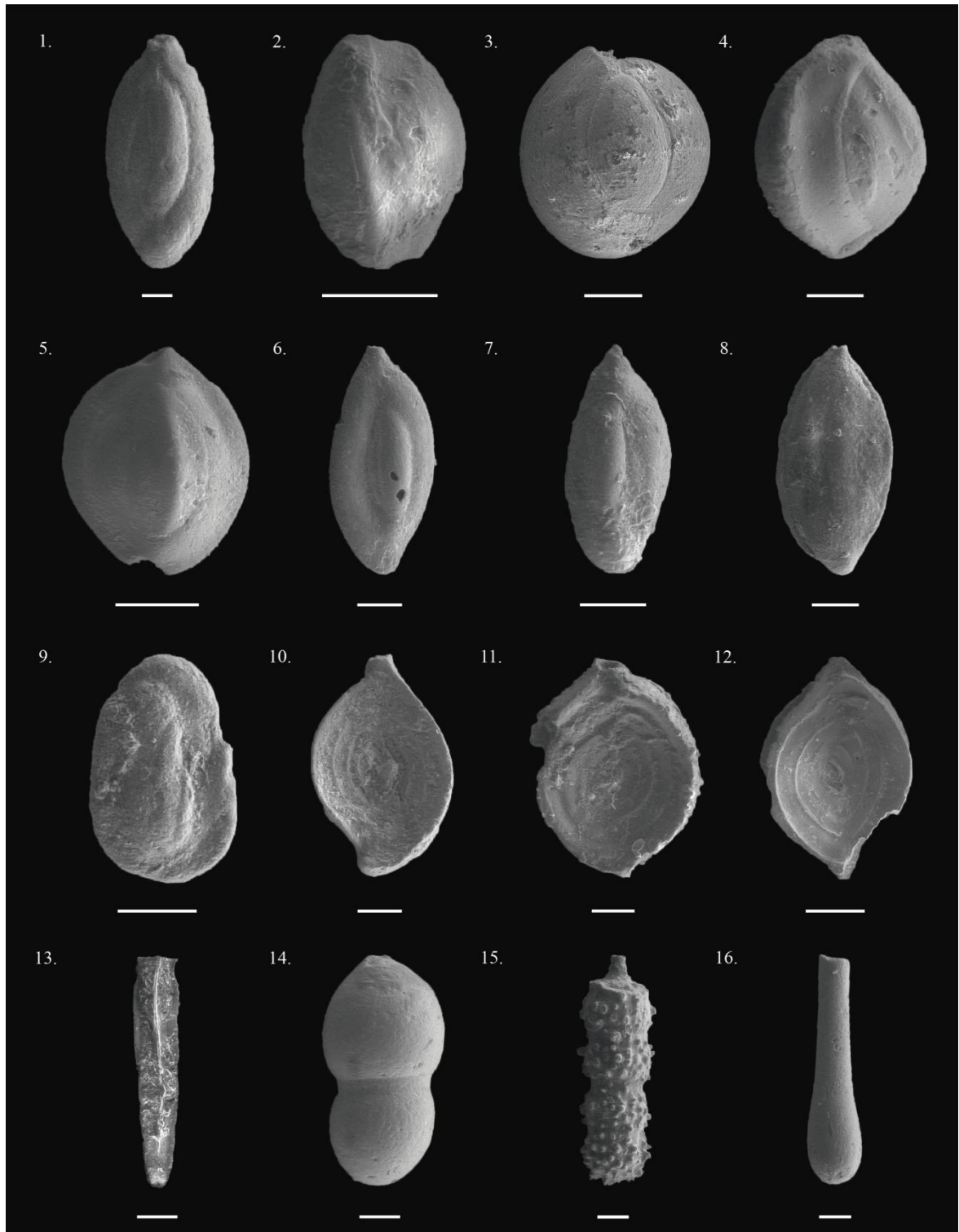
PLANCHA 3



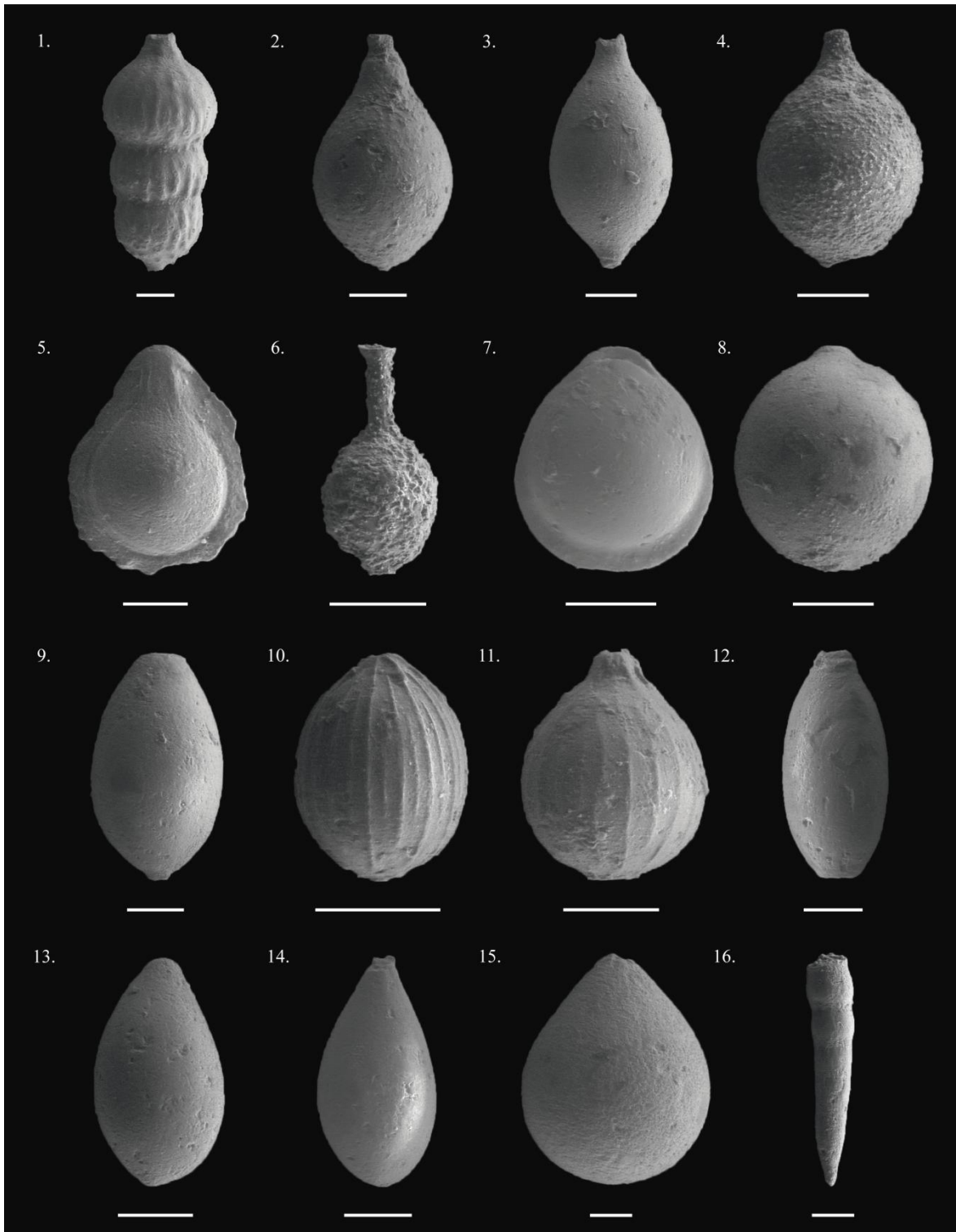
PLANCHA 4



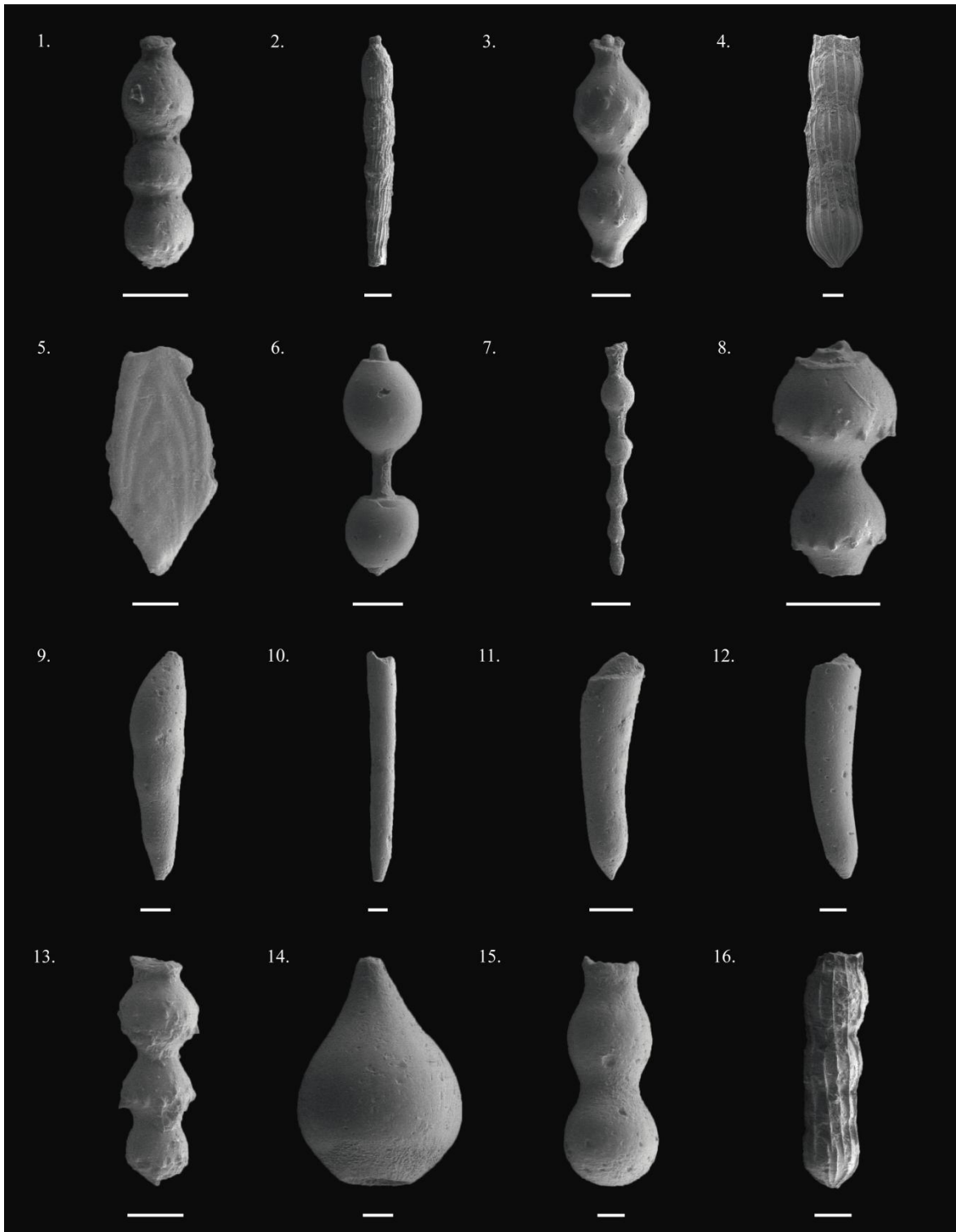
PLANCHA 5



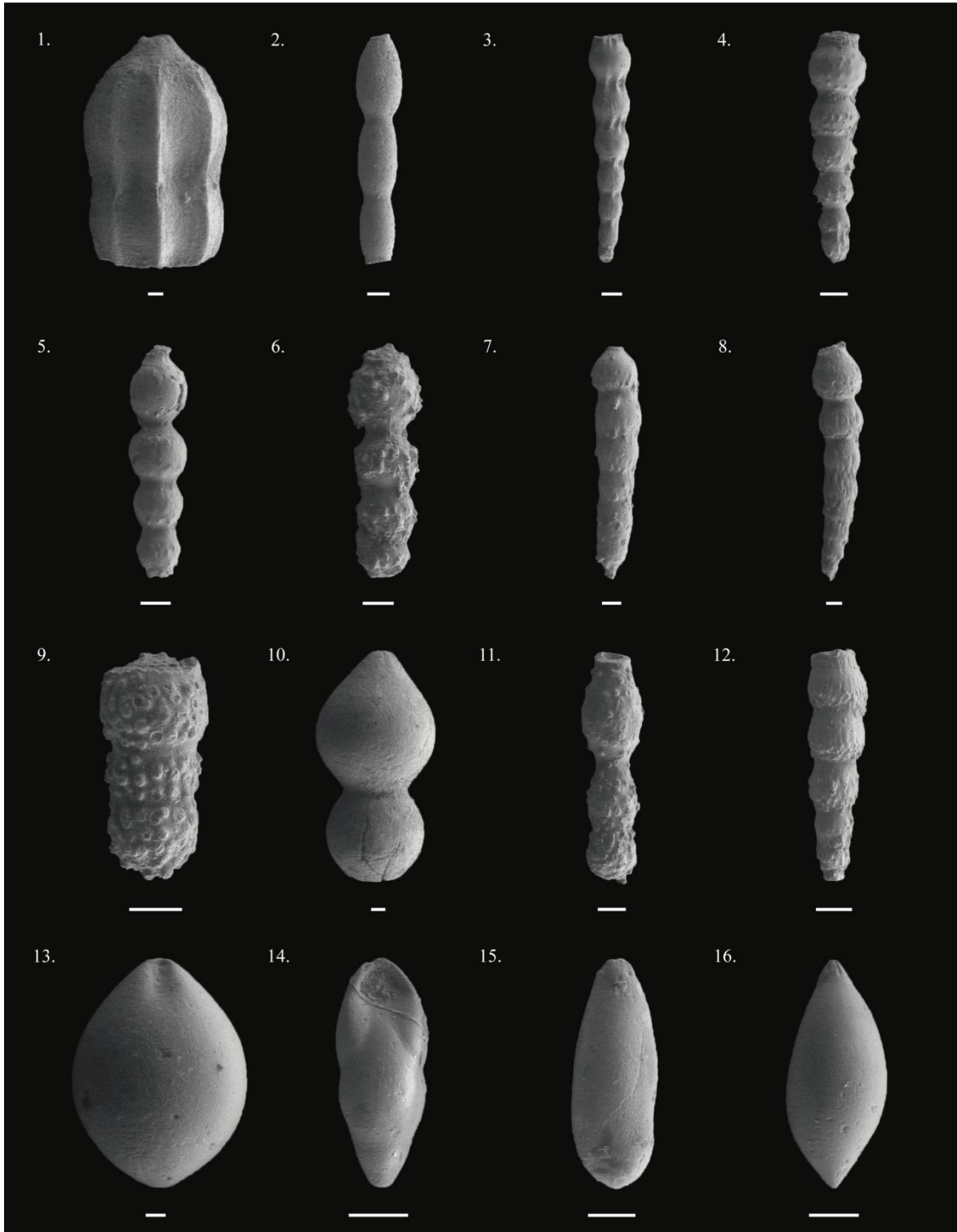
PLANCHA 6



PLANCHA 7

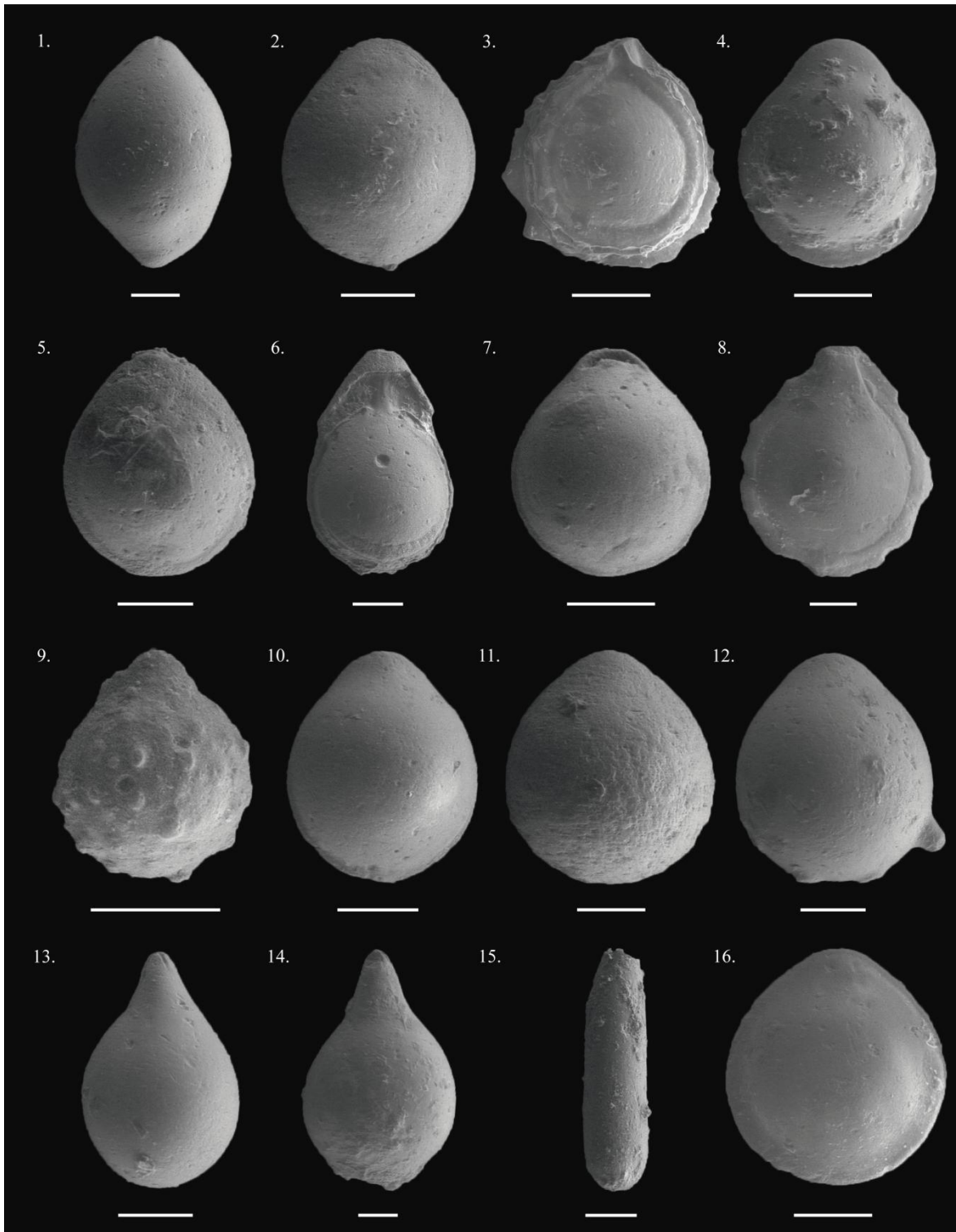


PLANCHA 8

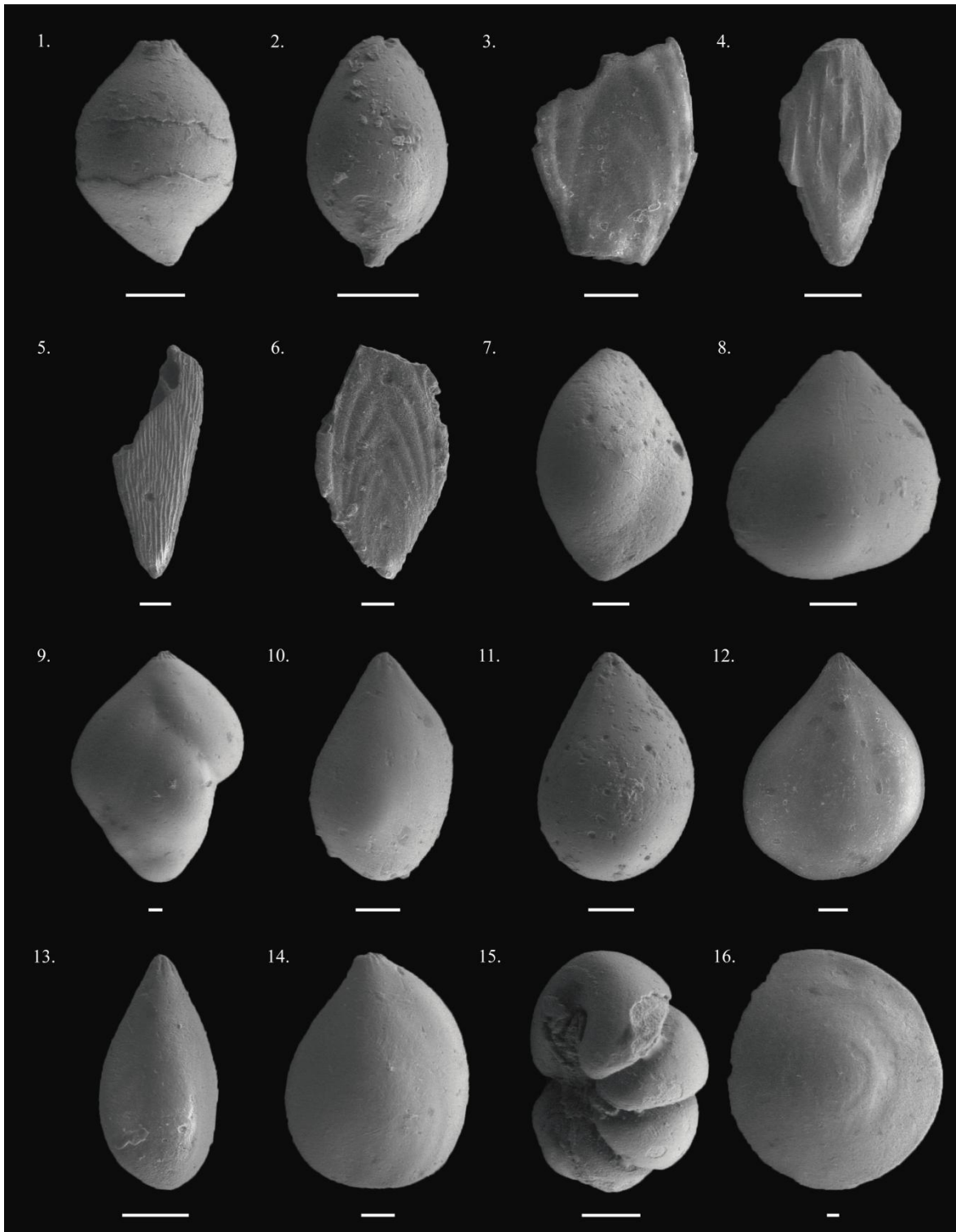




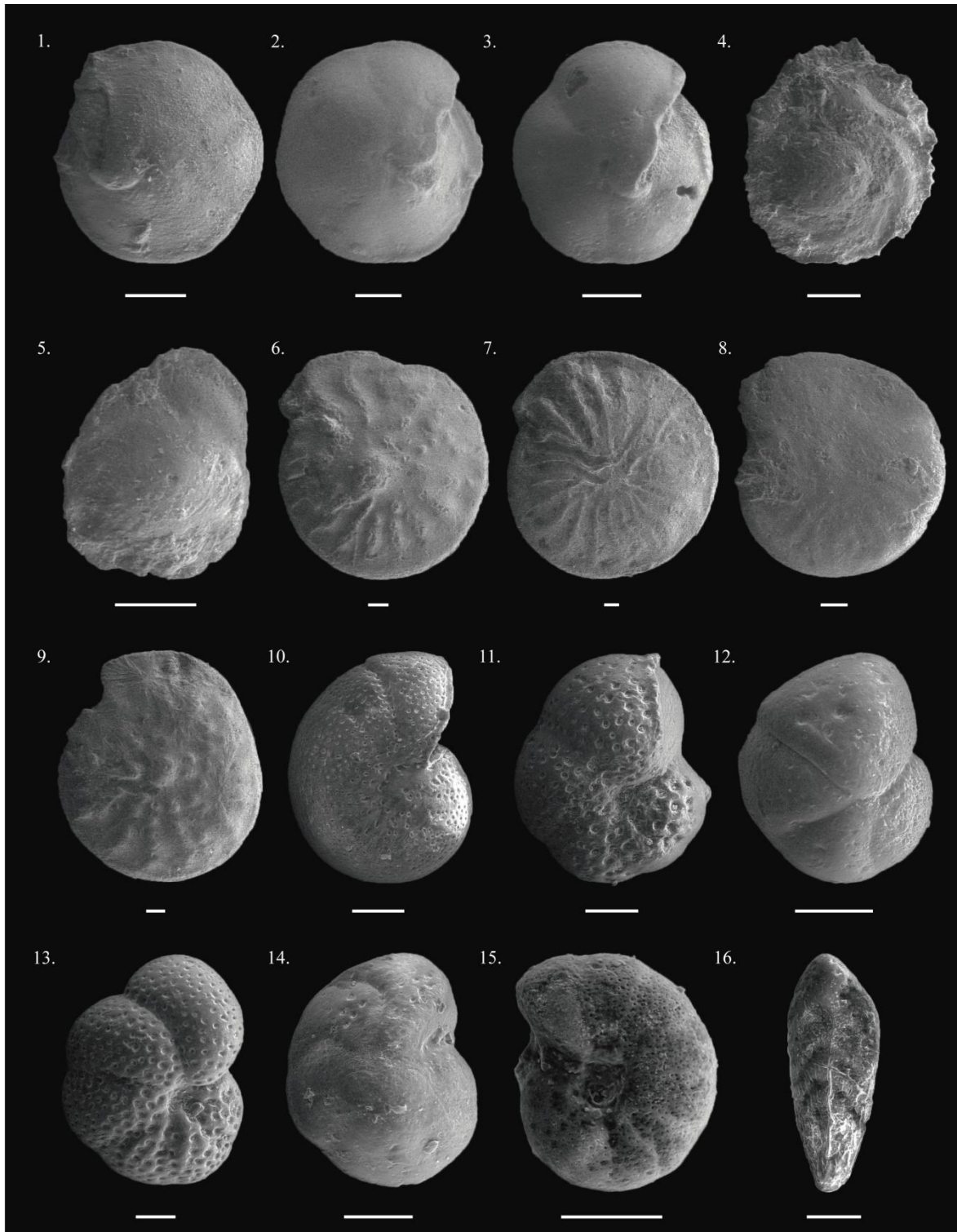
PLANCHA 9



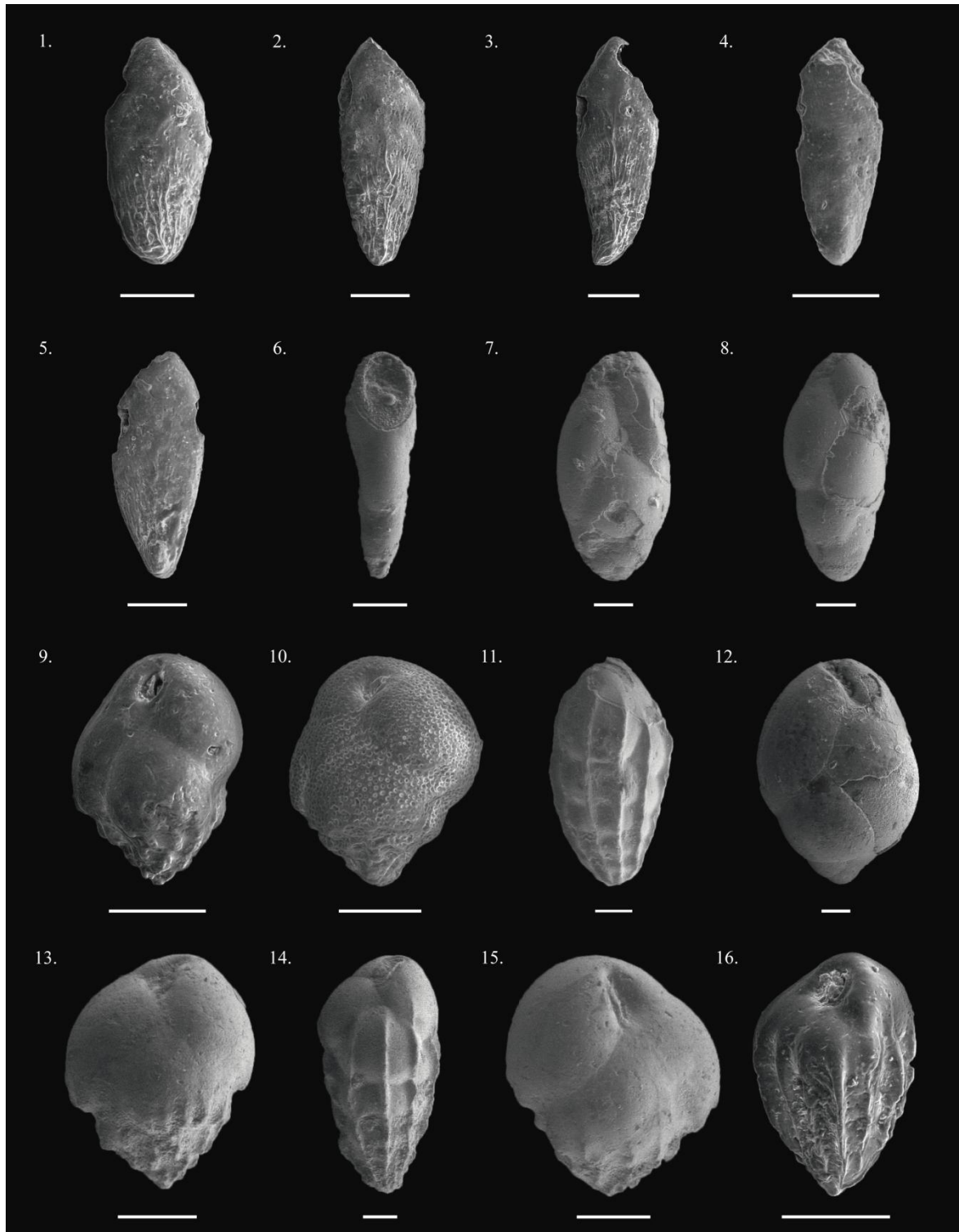
PLANCHA 10



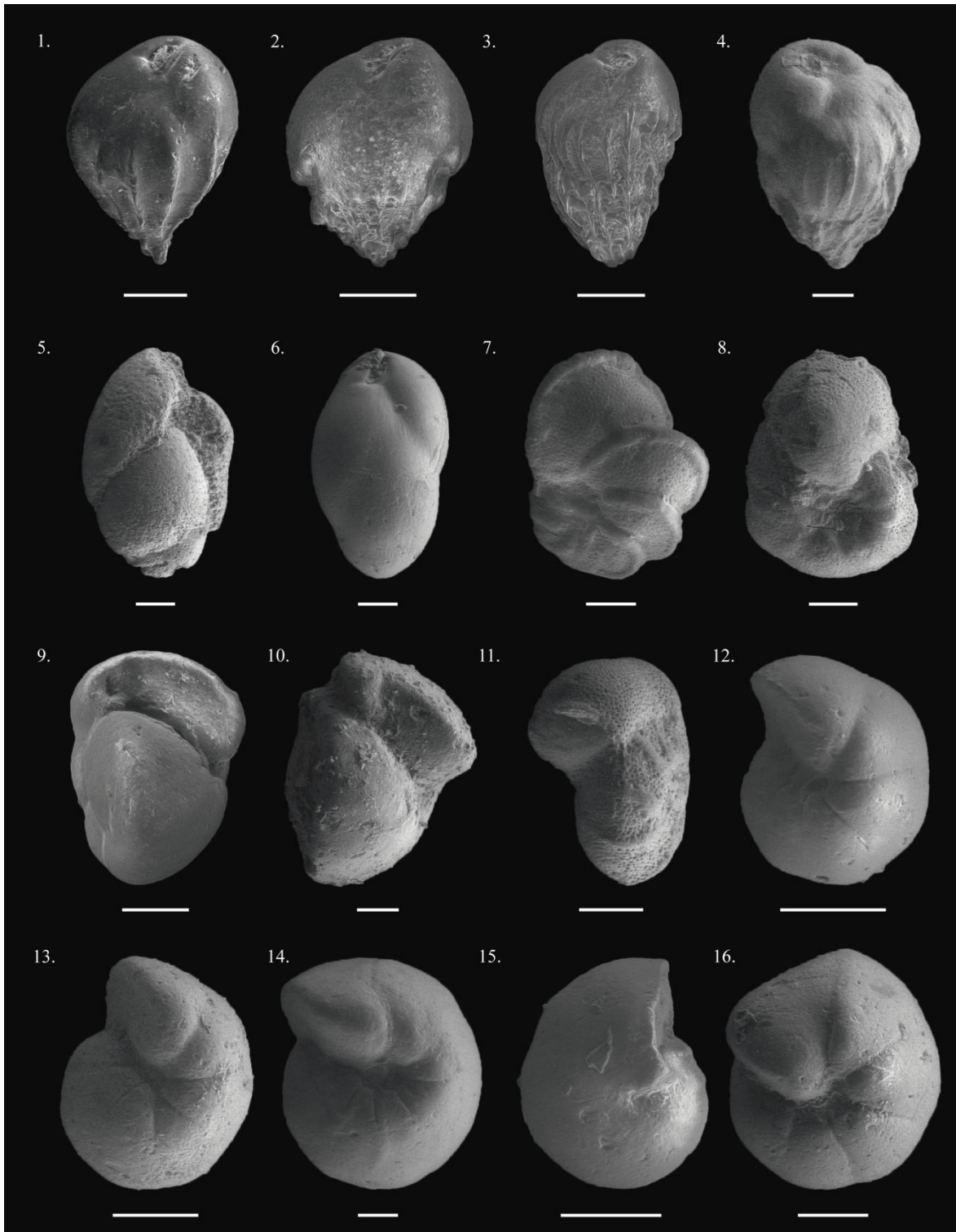
PLANCHA 11



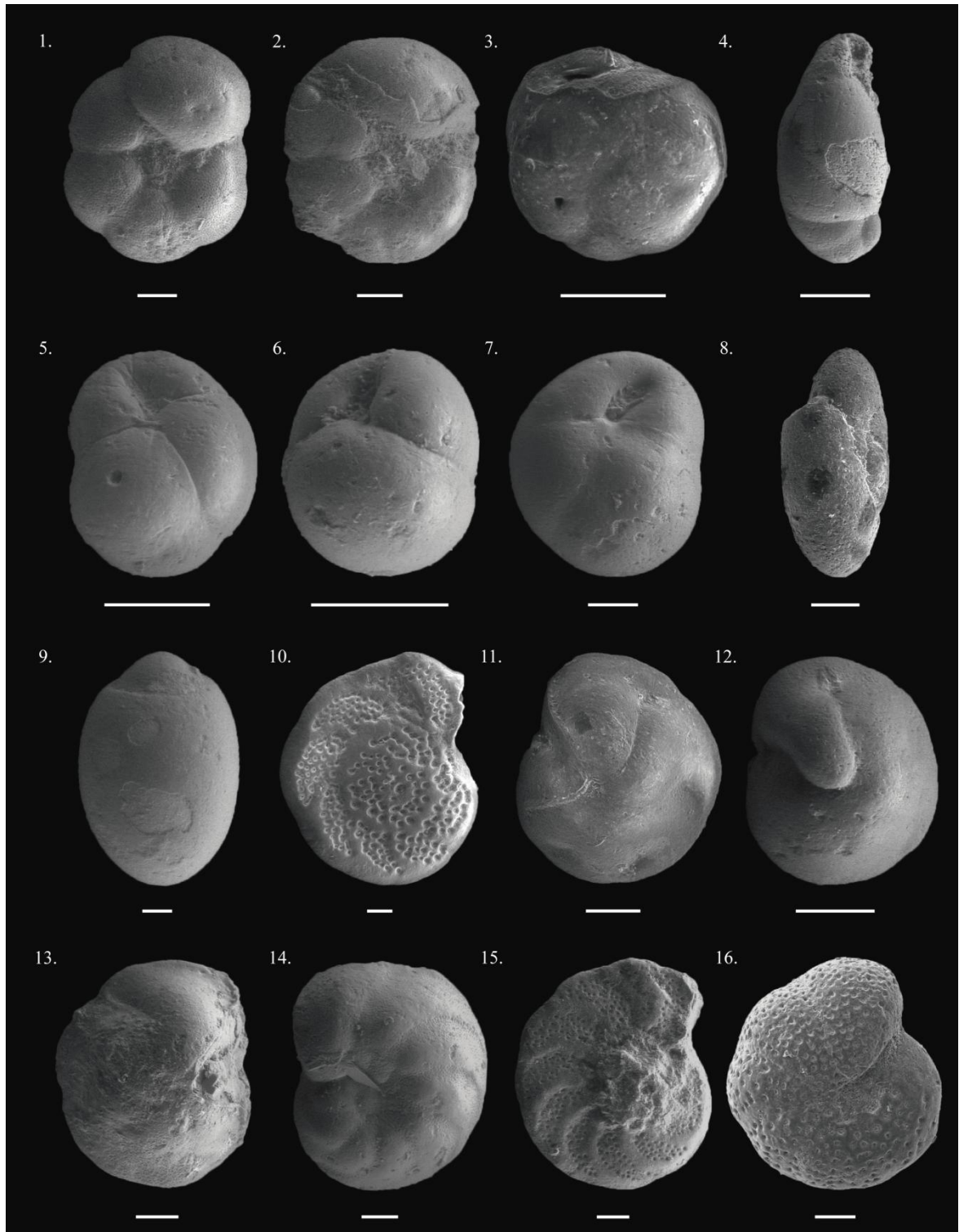
PLANCHA 12



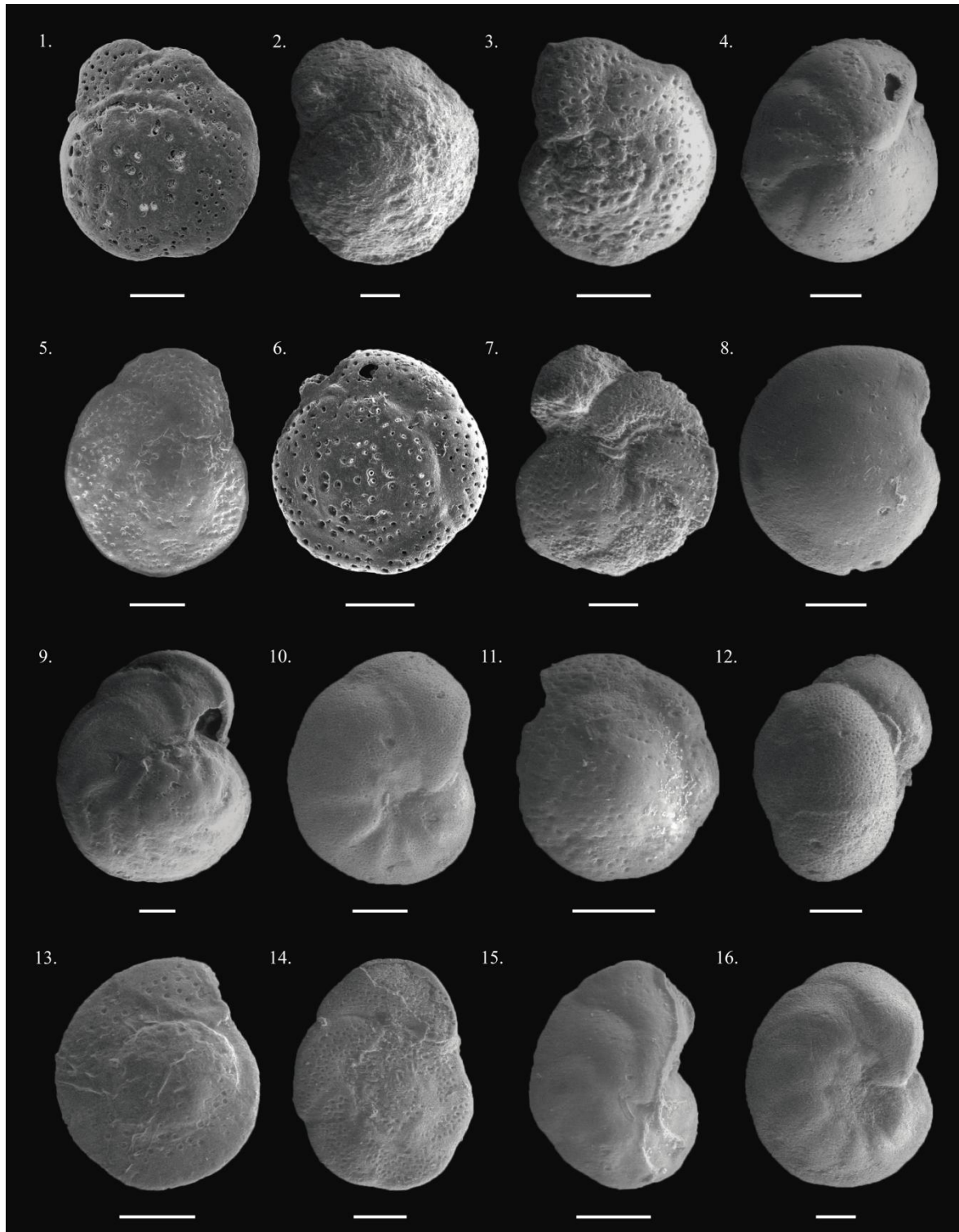
PLANCHA 13



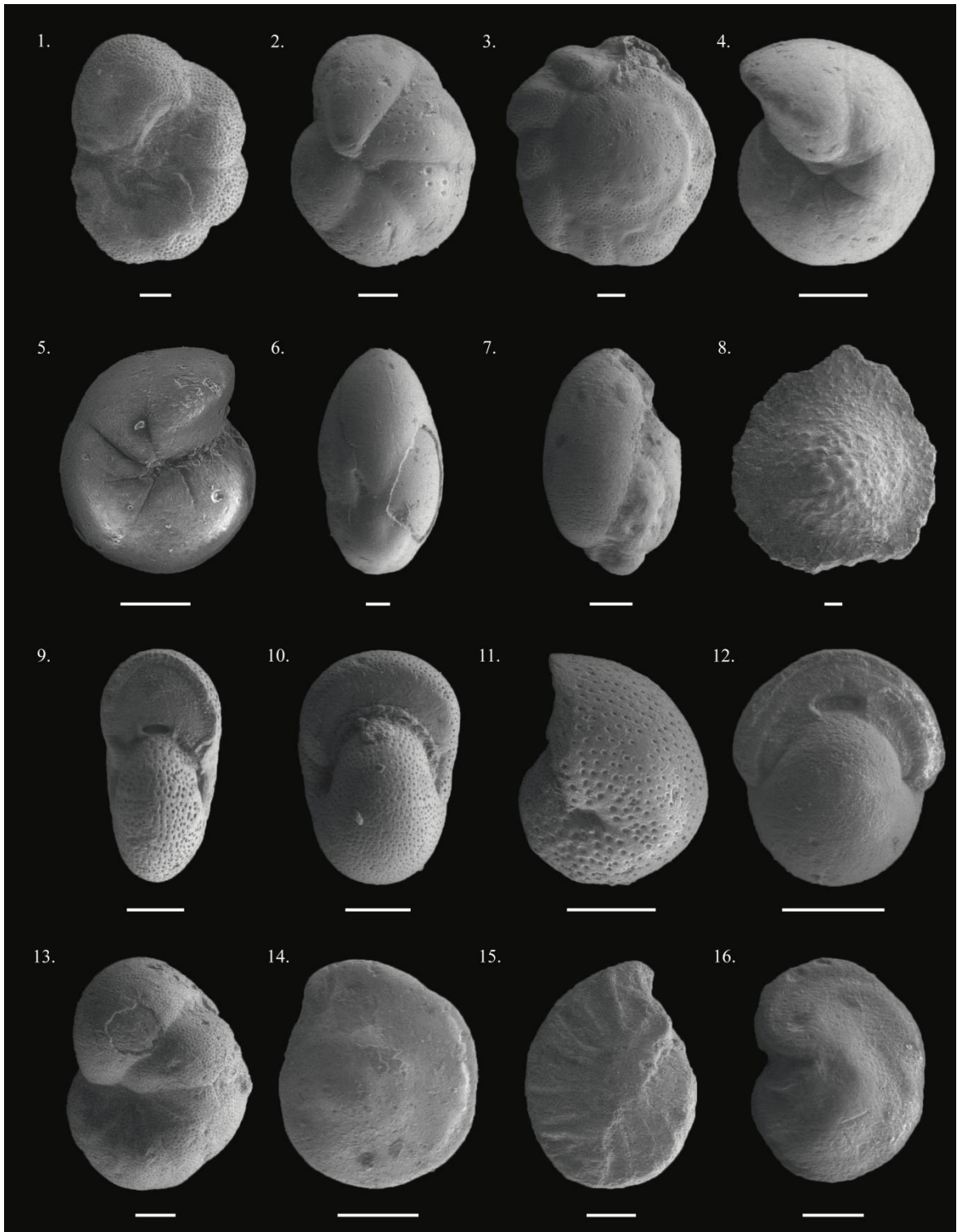
PLANCHA 14



PLANCHA 15

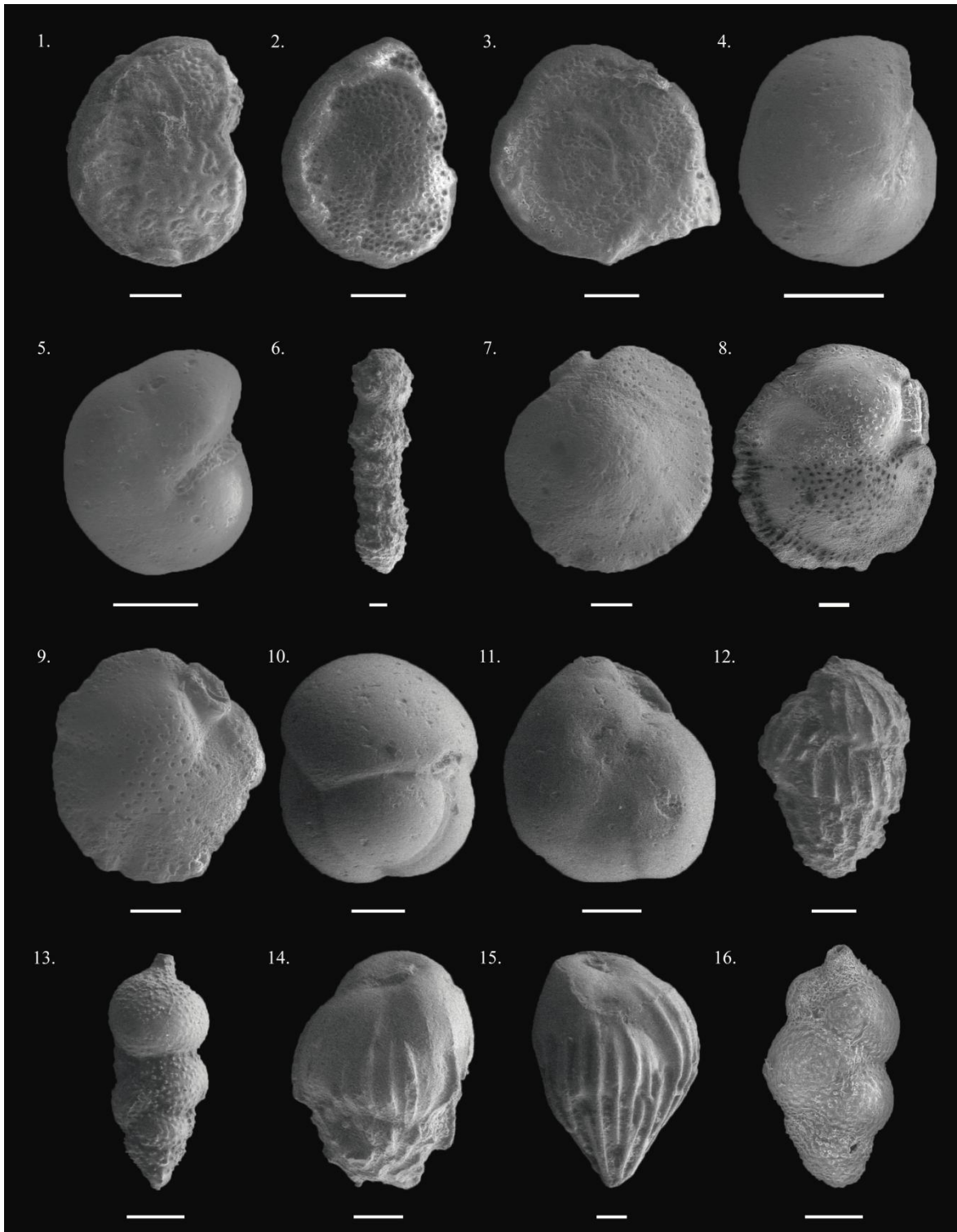


PLANCHA 16

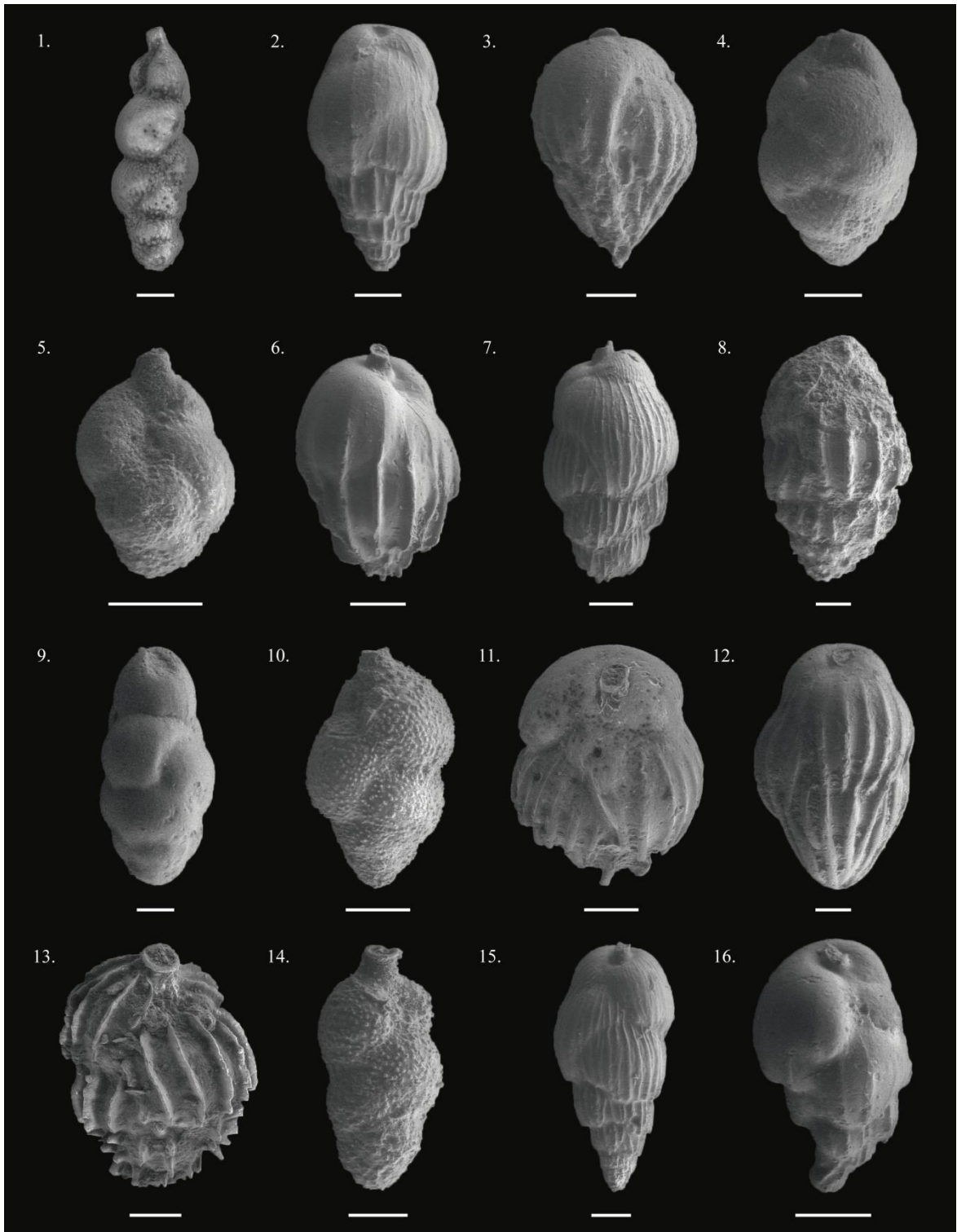




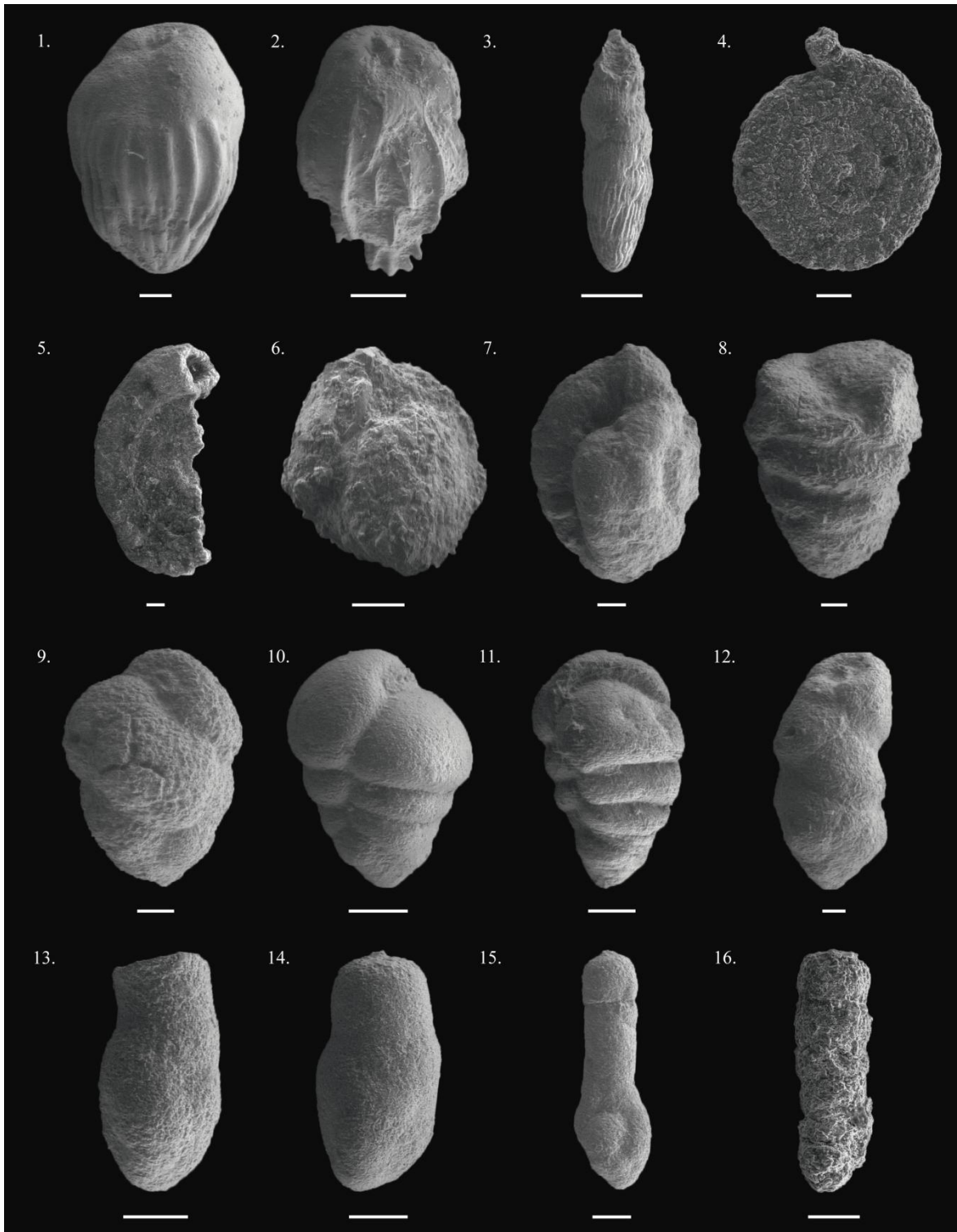
PLANCHA 17



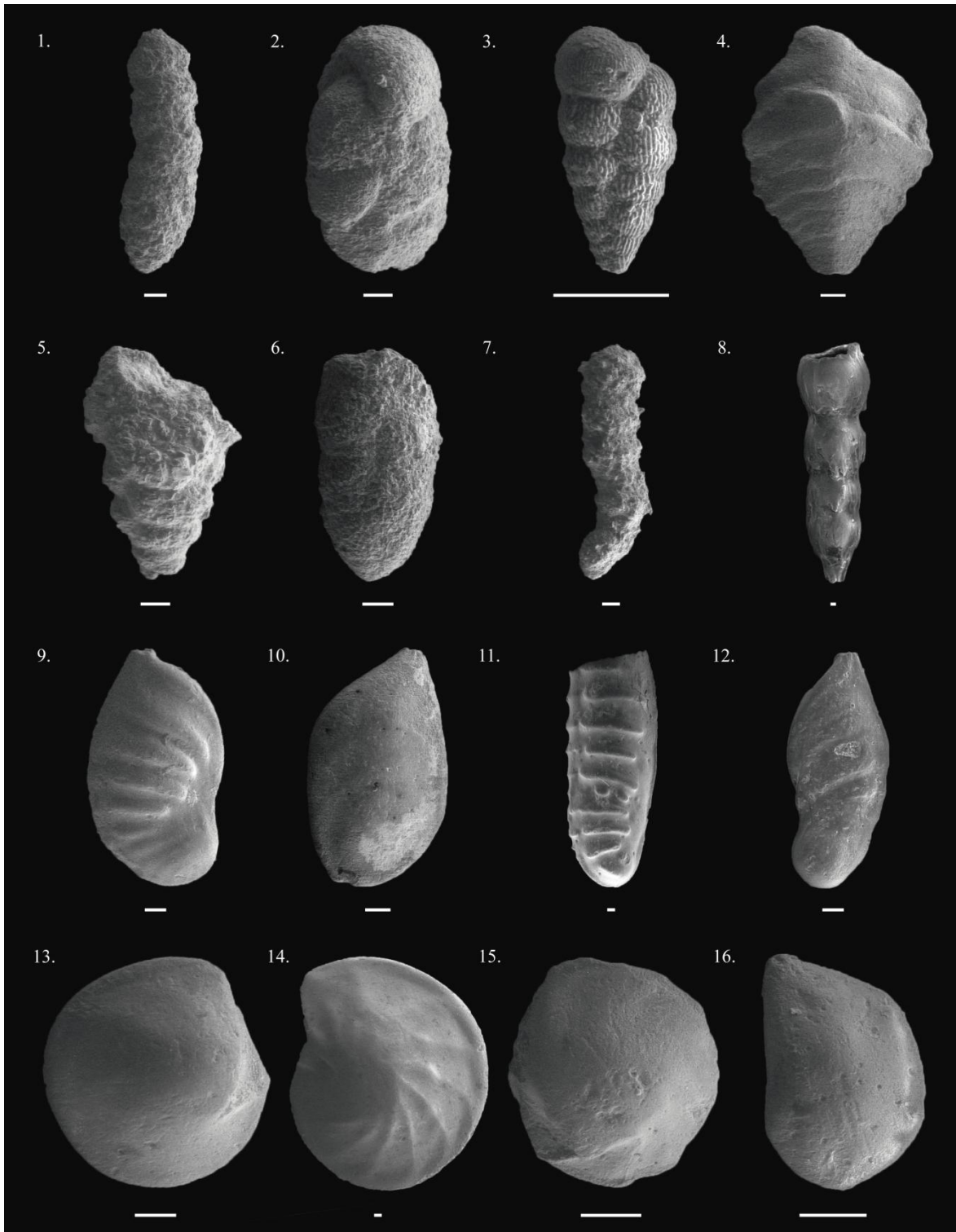
PLANCHA 18



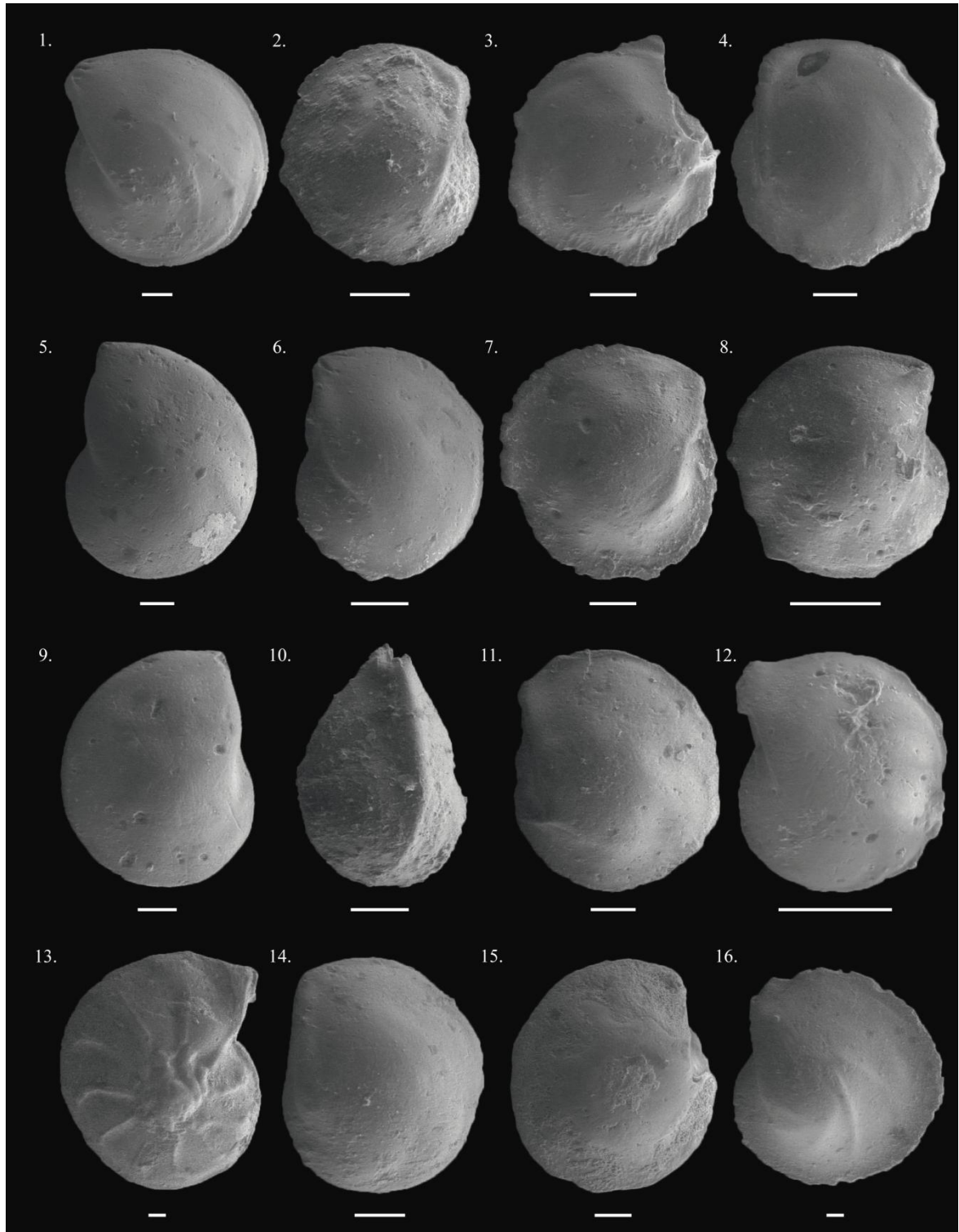
PLANCHA 19



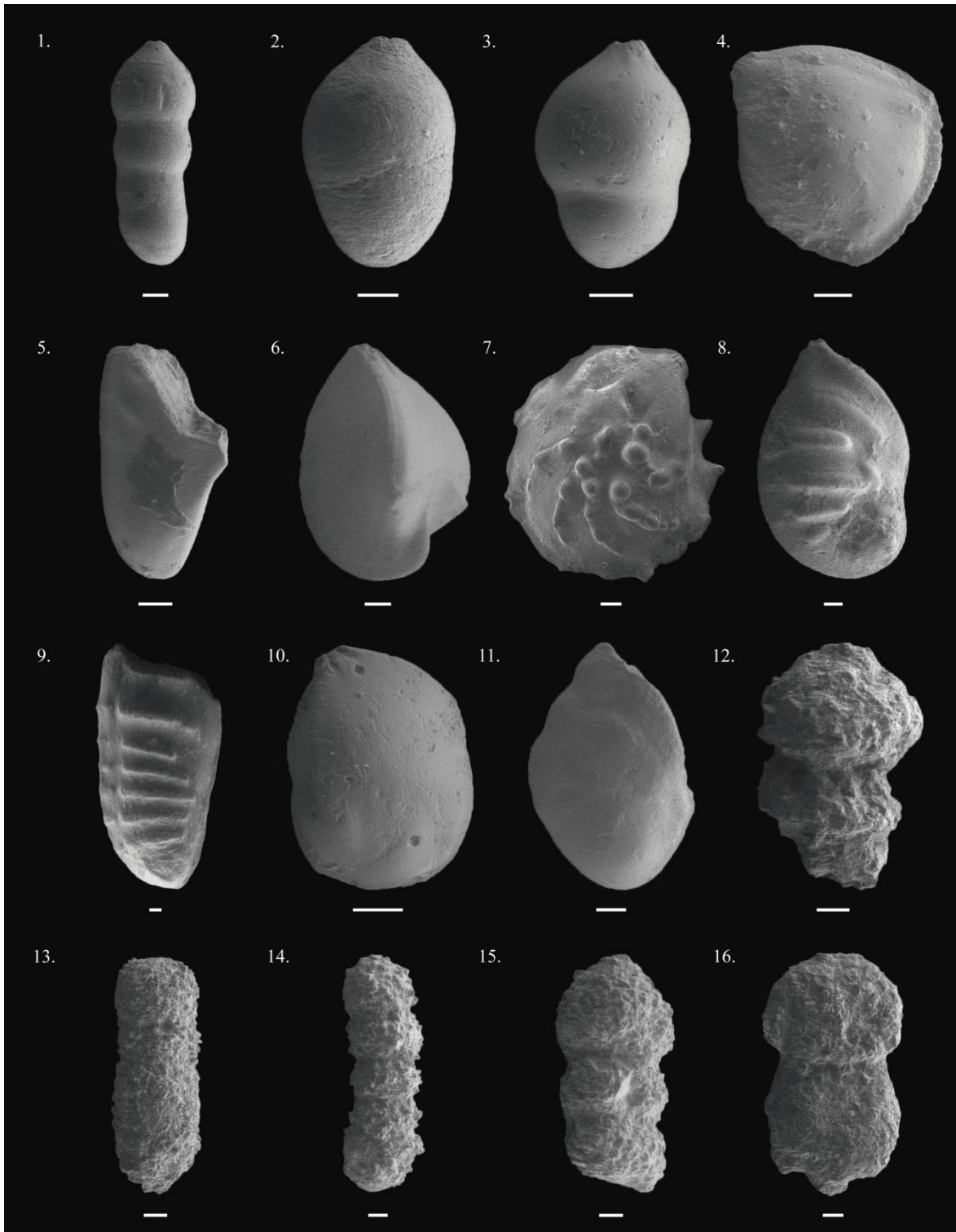
PLANCHA 20



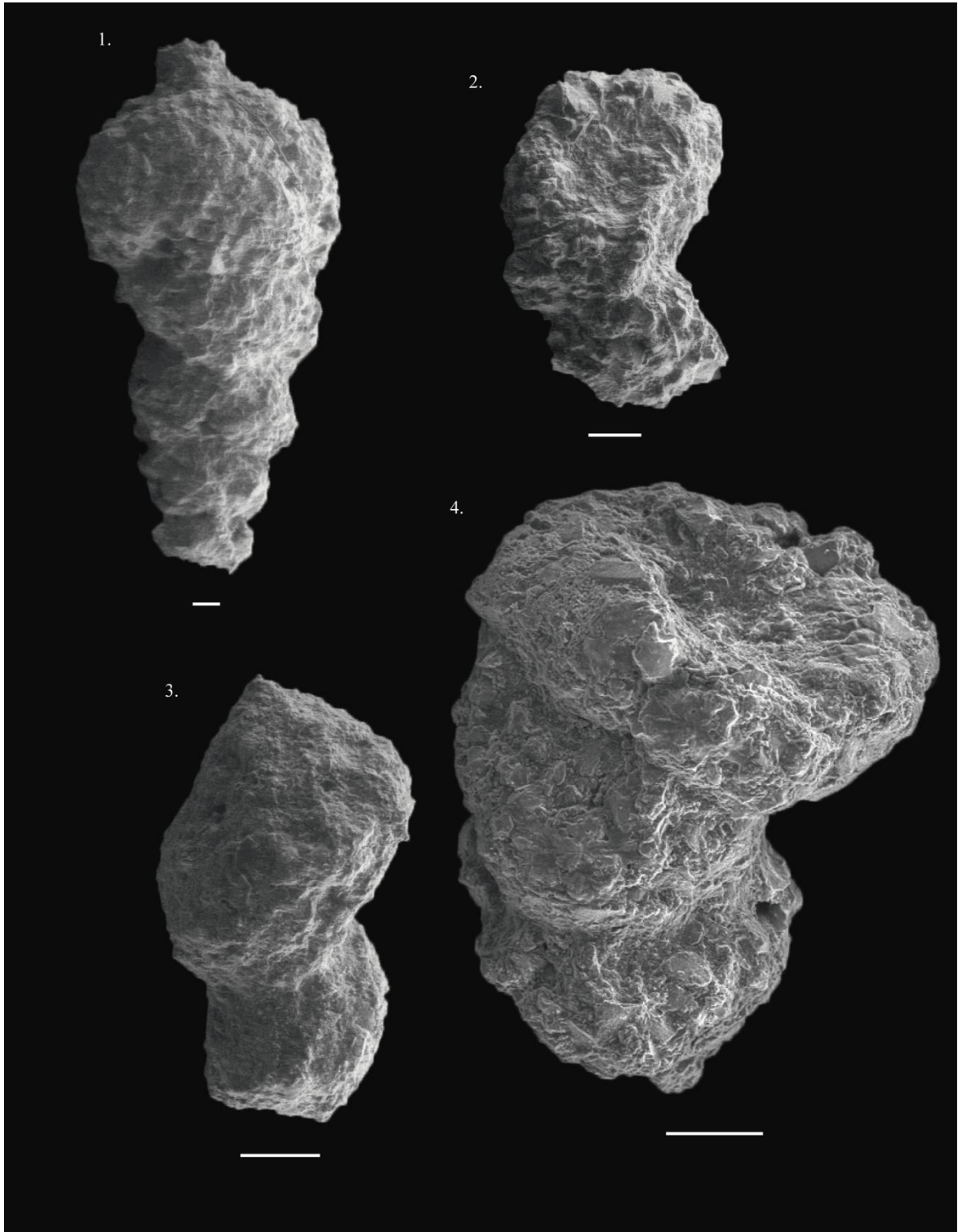
PLANCHA 21



PLANCHA 22



PLANCHA 23



## 6.2 Pozo ANH-SAN JACINTO-1

El pozo ANH-SAN JACINTO-1 tiene un espesor de 1728,5'. Es una sucesión compuesta principalmente de lodolitas negras bioclásticas y/o calcáreas y en menor medida calizas. Mediante los datos obtenidos a partir del análisis taxonómico de los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 y datos bioestratigráficos de nanoplancton calcáreo paralelos (Arias et al., 2023), se presentan los siguientes resultados:

### 6.2.1 Edad

Según la bioestratigrafía de nanofósiles calcáreos (Arias et al., 2023), la edad del pozo ANH-SAN JACINTO-1 entre las profundidades 1728,5' a 64,3', abarca desde las zonas NP19-20 (CNE19) a NN2 (CNM1), desde el Eoceno tardío (Priaboniano) hasta el Mioceno Temprano (Aquitaniense), entre 35,2 Ma a 22,5 Ma.

Según Arias et al. (2023), a la base del núcleo entre las profundidades 1728,5' a 1375,5' la presencia de *Coccolithus formosus*, *Helicosphaera compacta*, *Helicosphaeroides clarissima*, *H. reticulata*, *Isthmolithus recurvus*, *Reticulofenestra bisecta*, *R. erbae* y *R. reticulata* indican las zonas NP19-20 de Martini (1971) y CNE19 de Backman et. (2012) y Agnini et al. (2014) del Eoceno superior (Priaboniense) (**Figura 13**). La parte superior de la Zona CNE19, correlacionada con la parte superior de la Zona NP19-20 de Martini (1971), es definida por la ocurrencia más alta de *R. reticulata* a los 1225,6' (**Figura 13**).

El Oligoceno inferior entre las profundidades 1188' a 974,8' (**Figura 13**), se define en el pozo, según Arias et al. (2023), por la ocurrencia común más baja de *Clausicoccus subdistichus* en la profundidad 1188' dando inicio de la Zona CNO1 (parcialmente equivalente a la Zona NP21 de Martini, 1971). Este intervalo está representado por la ocurrencia más baja de *Sphenolithus akropodus* a 1113,3' de *Sphenolithus peartiae* a 1053,5' y de *S. predistentus* a 1075,5' (Arias et al., 2023).

El límite zonal NP21/NP22 (CNO1/CNO2) en el Oligoceno inferior está definido por las ocurrencias más altas de *C. formosus* a 962,6' y *I. recurvus* a 938' (Arias et al., 2023). La parte superior de la Zona NP22 (CNO2) está definida por la ocurrencia más alta de *R. umbilicus* a 850'.



El Oligoceno superior, se marca con el límite inferior de la zona NP24 definido en el pozo por la ocurrencia más baja de *Sphenolithus ciperoensis* a 121,1' (**Figura 13**) (Arias et al., 2023). La parte superior de la Zona NP24 está definida por la ocurrencia más alta de *S. distentus* mientras que la parte superior de la Zona CNO4 está marcada por la ocurrencia más alta de *S. predistentus*. Los eventos de ocurrencia más alta de ambos taxones se encuentran a 64,3 pies (Arias et al., 2023).

El Mioceno Inferior en la parte superior del núcleo, registra las ocurrencias más bajas de *Discoaster druggii* a 64,3' y *Sphenolithus dissimilis* a 50,3' indicando la Zona NN2 de (Martini 1971; Backman et al., 2012; Aubry, 2014).

De acuerdo con el modelo de edad de Arias et al. (2023) el pozo ANH-SAN JACINTO-1 presenta algunas discordancias.

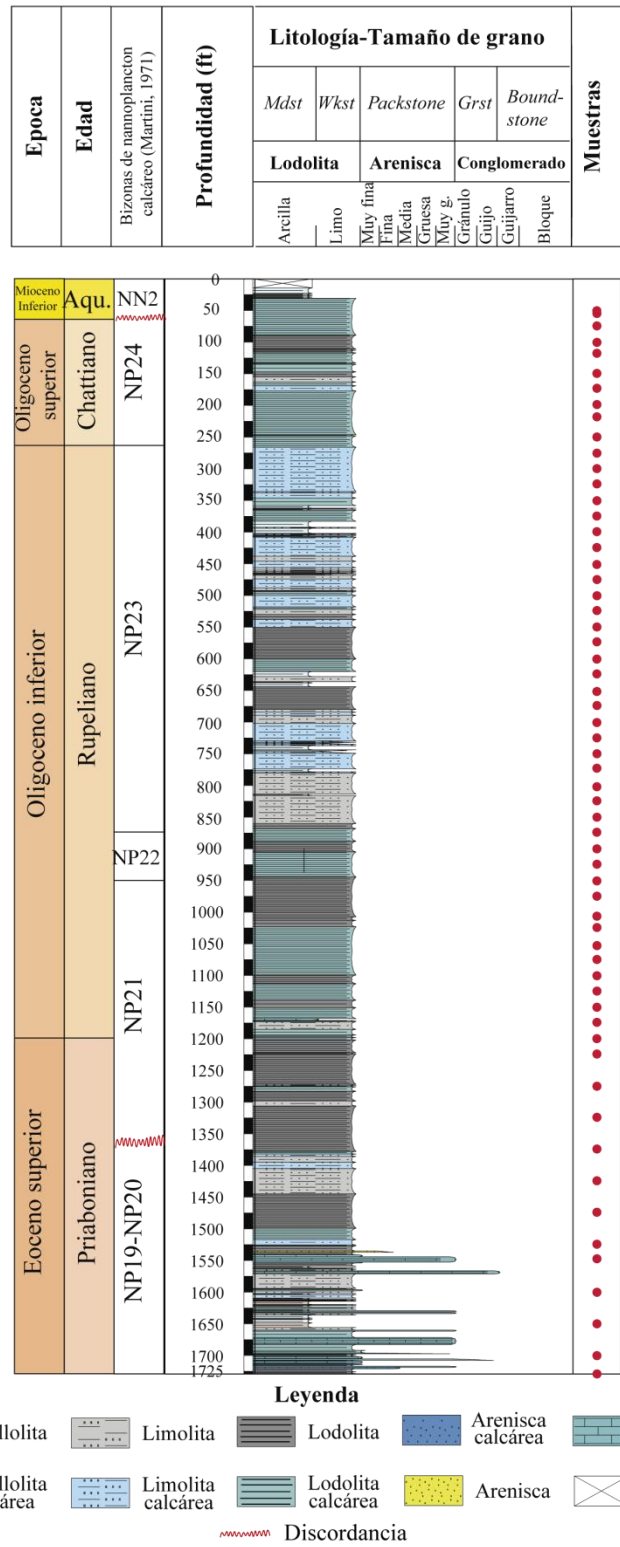
En el Eoceno superior, la posición de la ocurrencia más alta de *R. reticulata* con una calibración de 35.2 Ma (Agnini et al., 2014; Backman, 1987) a 870,3', por encima de la ocurrencia más alta de *D. saipanensis* calibrada a 34.4 Ma (Agnini et al., 2014; Blaj et al., 2009) en la profundidad 886,7' sugiere un hiato de ~0,8 Myr entre 870,3' y 886,7'.

En el Oligoceno temprano, la ausencia de la biozona CNO3 y un cambio en las tasas de sedimentación entre la ocurrencia más bajad de *C. formosus* datado a 32,9 Ma (Agnini et al., 2014; Blaj et al., 2009) en la profundidad 626,1' y la ocurrencia más baja de *R. umbilicus* de 32 Ma (Agnini et al., 2014; Backman, 1987) a 577,6' son interpretadas como una discordancia de aproximadamente 2 Ma en la profundidad 577,6'. No obstante, Osorio-Tabares et al. (2023), utilizando una calibración astrobiocronológica en la porción Oligoceno temprano del pozo ANH-SAN JACINTO-1, plantea la reducción de la tasa de sedimentación a valores de ~1 cm/kyr y no una discordancia en esta profundidad. Según estos autores, la reducción en la tasa de sedimentación condicionó la preservación de ciclos astronómicos de 100 y 400kyr desde 32 a 28 Ma, preservando también estas biozonas de foraminíferos planctónicos y sus asociaciones.

Una última discontinuidad es reconocida en el trabajo de Arias et al. (2023) en la parte superior del núcleo entre el Oligoceno superior-Mioceno Inferior. Las ocurrencias más

---

altas de *S. predistentus* y *S. distentus* del Oligoceno superior ocurren simultáneamente a 41,8' con la ocurrencia más baja de *D. druggii* datada de 22,5 Ma (Palike et al., 2006; Backman et al., 2012). Además, no se registraron las biozonas NP25 y NN1 de nanofósiles relacionadas al Oligoceno superior y la base del Mioceno. Esta discordancia tuvo una duración de ~4,4 Myr.



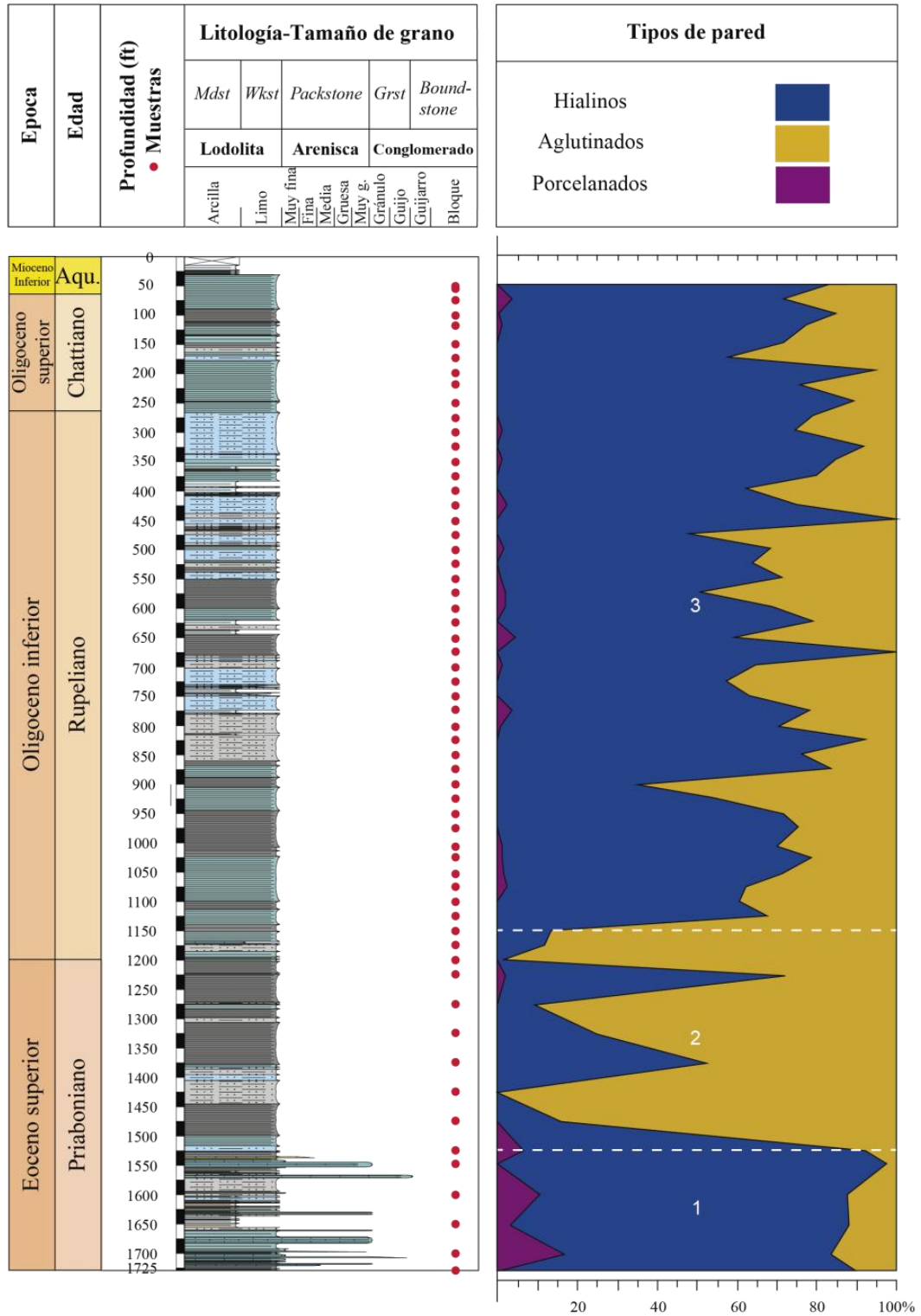
**Figura 13.** Columna estratigráfica del Pozo ANH-SAN JACINTO-1. Tomada y modificada de ANH-UniCaldas (2020). Las biozonas de nanofósiles calcáreos es tomada de Arias et al. (2023).

### 6.2.2 Parámetros paleoecológicos

Para el pozo ANH-SAN JACINTO-1 se analizaron 60 muestras en las cuales se reconocieron 6075 individuos de foraminíferos bentónicos. Para los análisis en este capítulo se excluyeron los foraminíferos bentónicos considerados retrabajados del Cretácico y Paleógeno inferior, representados por las especies *Nothia latissima*, *Recurvoides nucleolus*, *Recurvoides setosus*, *Remesella varians*, *Reophax globosus*, *Reticulophragmium garcilassoii*, *Reticulophragmium intermedium*, *Reticulophragmium pauperum*, *Rzehakina fissiostomata*, y *Tritaxia tricarinata*. También, se excluyeron los foraminíferos indeterminados, o sea, los que por su preservación no fue posible asignarlos a un grupo taxonómico (553 individuos). Del total, 5359 especímenes fueron clasificados taxonómicamente y agrupados en 140 géneros y 288 especies. En términos generales la preservación a lo largo del pozo es buena, y los especímenes no tienen rastros de deformación o recristalización avanzada.

Según el tipo de pared, se reconocen tres segmentos (**Figura 14**). A la base del pozo entre 1728,5' y 1525,5' en el Eoceno superior (**Segmento 1**), predominan los foraminíferos bentónicos de pared hialina hasta con el 97,6% del total de las abundancias relativas en la profundidad 1547,6' (**Figura 14**), con especies como *Lenticulina* spp. (6,4%), *Uvigerina peregrina* (18,4%), *Uvigerina gallawayi* (8,8%), *Hansenisca soldanii* (4,0%) y *Hanzawaia isidroensis* (4,0%). En este primer intervalo, los foraminíferos bentónicos de pared aglutinada alcanzan valores máximos del 9,5% a los 1728,5', con especies como *Psammosiphonella cilíndrica* (7,14%) y *Nothia excelsa* (21,4%) mientras que las especies porcelandas logran un máximo de 16,5% a los 1699,4' (**Figura 14**), y lo representan las especies *Quinqueloculina* spp. (82,1%), *Quinqueloculina seminulum* (14,3%) y *Spirosigmoilina tenuis* (3,57%). Entre las profundidades 1525,5' y 1150,5', en la parte más tardía del Eoceno superior y el Oligoceno más temprano (**Segmento 2**), predominan los foraminíferos bentónicos de pared aglutinada a los 1275,5', con valores superiores al 90% (**Figura 14**), con especies como *Haplophragmoides stomatus* (5,0%), *Nothia excelsa* (5,0%), *Psammosiphonella cylíndrica* (15,0%) y *Trochamminoides variolarius* (10%). Los foraminíferos de pared hialina logran valores máximos del 72% en la profundidad 1225,6', con especie como *Bolivina marginata* var. *Multicostata* (5,56%), *Bulimina striata* (16,7%),

*Cibicides refulgens* (8,33%), *Neugeborina longiscata* (11,1%) y *Uvigerina auberiana* y *Uvigerina mexicana* (5,56%), mientras los porcelanados están casi ausentes en esta porción del pozo (**Figura 14**). Durante el resto del Oligoceno y hasta el Mioceno Inferior (**Segmento 3**), fluctúan las proporciones entre foraminíferos de pared hialina y aglutinada, sin embargo, a manera general dominan los hialinos con porcentajes que van del 35 al 100% (**Figura 14**), con especies como *Uvigerina auberiana* var. *atenuata* en 1100,5' (61,4%), *Melonis pompilioides* en el pie 774,6' (6,38%), *Neugeborina longiscata* en 425,1' (16,9%), *Uvigerina gallowayi* en 299,3' (10,6%) y *Cibicidoides mundulus* en 150,3' (13,6%), en el Oligoceno. Predominan *Siphonina reticulata* (8,66%) y *Neugeborina longiscata* (11,8%) en a los 52,8', y *Uvigerina mantaensis* (11,7%) y *Sigmoidella elegantissima* (2,34%) a los 50,3', en el Mioceno Inferior. Por su parte los aglutinados más abundantes en el Oligoceno oscilan entre el 5 y el 65% con especies como *Spirosigmoilinella compressa* en 500,8' (34,8%), *Psammosiphonella discreta* (20,8%) en 475,4' y *Nothia robusta* a los 150,3' (6,56%) y especies como *Spiroplectinella subhaeringensis* a los 52,8' (19,2%) y *Martinotiella comunis* a los 50,3 con un (22,2%) lo hacen para Mioceno Inferior. En el Oligoceno los porcelanados logran valores máximos de 4.3% en la profundidad 651,5' (**Figura 14**), con especies como *Quinqueloculina lamarckiana* (16,7%), *Quinqueloculina seminulum* (33,3%) y *Spiroloculina tenuiseptata* (16,7%) y *Triloculinella obliquinodus* en 600,5' con un (75,0%) y para el Mioceno Inferior hay ausencia de estos.



**Figura 14.** Distribución de los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 en relación con su tipo de pared.

### 6.2.3 Índice de diversidad de Shannon\_H 1948

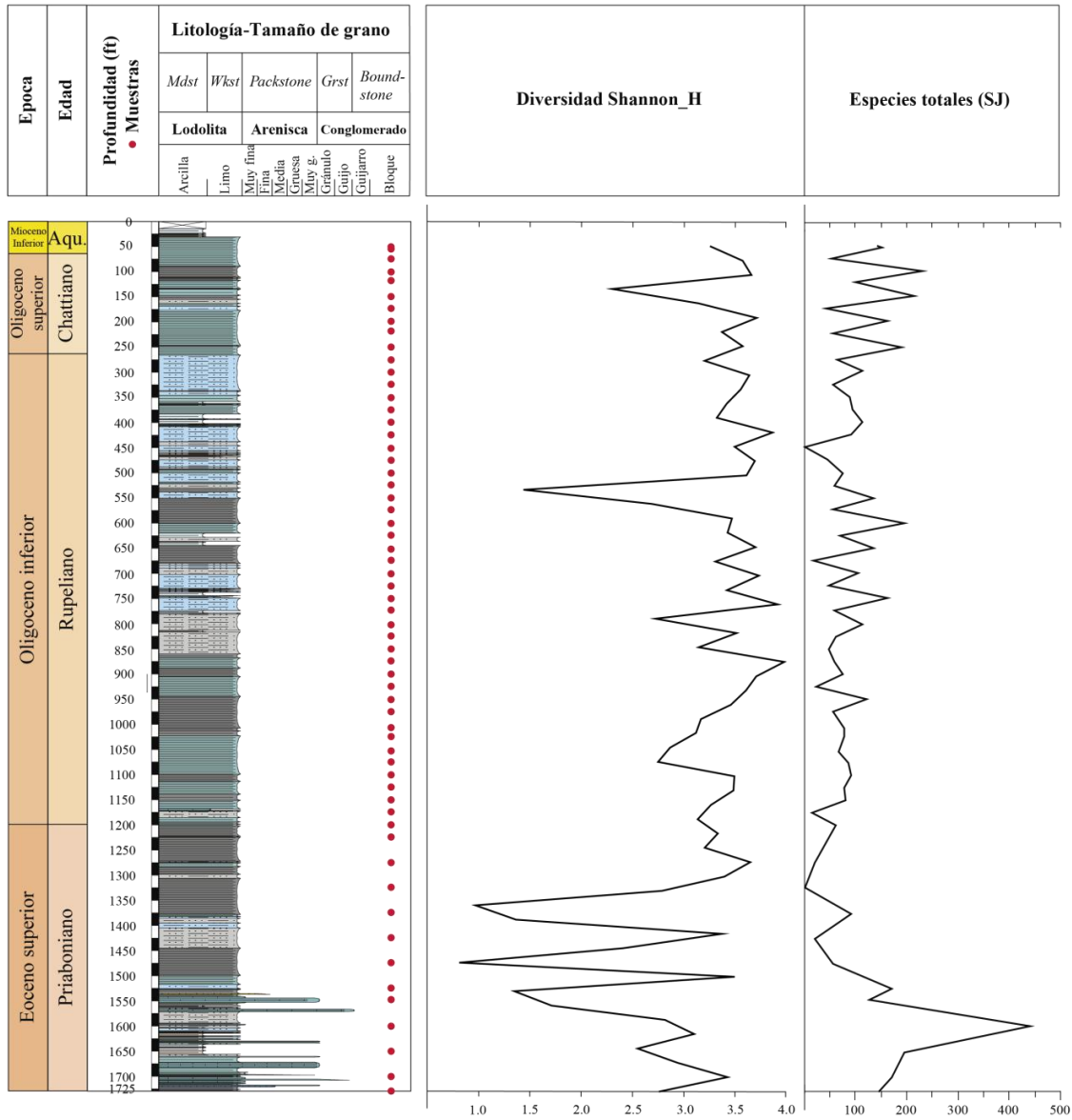


Figura 15. Índice de diversidad de Shannon\_H 1948 calculado para el pozo ANH-SAN JACINTO-1

En el pozo ANH-SAN JACINTO-1 se muestran dos tendencias importantes. Hacia la parte basal del pozo durante el Eoceno superior entre las profundidades 1728,5' a 1350, el índice arroja valores oscilantes entre 1 y 3,5 (Figura 15). En este intervalo se logran las máximas abundancias (Figura 15). En estas profundidades se presentan las máximas abundancias de los foraminíferos bentónicos a lo largo del pozo. En la parte más tardía del Eoceno

superior (aproximadamente en los 1300') hasta el inicio del Oligoceno temprano (hasta la profundidad 1200'), el índice arroja valores desde 1 hasta valores entre 3 a 3,5. Durante la mayor parte del Oligoceno y hasta el Mioceno Inferior, hasta 50,3, predominan las diversidades superiores a 2,5, con máximos valores de 4,0. En este intervalo la muestra de la profundidad 526,5' presenta valores del índice bajos (**Figura 15**).

#### 6.2.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos

La **Figura 15** muestra la sumatoria de las asociaciones de foraminíferos bentónicos infaunales vs. epifaunales a lo largo del pozo ANH-SAN JACINTO-1. Cuatro segmentos de base a techo fueron identificados según la dominancia de estos grupos en la secuencia:

**Segmento 1.** En este segmento desde la base del pozo en el Eoceno superior hasta la base del Oligoceno inferior predominan los microhábitats epifaunales sobre los infaunales con porcentajes superiores al 40% en la mayoría de las muestras (**Figura 16**). Los picos más pronunciados de los microhábitats infaunales son observados en la profundidad 1325,1', 1225,6' y 1175,5' (**Figura 16**). Dentro del grupo de epifaunales destacan por sus abundancias las especies *Cibicides pachyderma* (4,35%), *Hansenisca soldanii* (10,9%), *Hanzawaia isidroensis* (10,9%) y *Lenticulina* spp. (17,4%), *Anomalinoidea globulosus* (5,56%), *Cibicides pachyderma* (5,56%), *Cibicides refulgens* (16,7%), *Psammosiphonella cylindrica* (81,8%) y *Psammosiphonella discreta* (9,09%). y *Gyroidina altiformis* (11,1%). Mientras que en el grupo infaunal se aprecia *Bulimina jackonensis* (10,3%), *Globocassidulina subglobosa* (17,2%), *Uvigerina mexicana* (17,2%) y *Uvigerina peregrina* (28,7%), *Bolivina marginata* var. *multicostata* (7,69%), *Bulimina striata* (23,1%), *Neugeborina longiscata* (15,4%), *Siphonodosaria jackonensis* (7,69%), *Uvigerina auberiana* y *Uvigerina mexicana* (7,69) (**Anexo 1**).

**Segmento 2.** Este segmento, relacionado con Oligoceno inferior, es levemente dominado por las asociaciones infaunales desde la profundidad 1125,8' con valores superiores al 55% (**Figura 16**) y con especies como *Bulimina* spp. (9,43%), *Globobulimina pacifica* (5,6%) y *Spiroplectinella subhaeringensis* (5,6%), *Uvigerina gallowayi* (16,2%),



*Uvigerina mantaensis* (8,1%), *Uvigerina mexicana* (10,8%) y *Uvigerina rustica* (5,4%) (Anexo 1).

Algunos picos epifaunales, por ejemplo, en la profundidad 900,8' (**Figura 16**), contiene especies como *Gyroidinoides octocameratus* (5,88%), *Hoeglundina elegans* (5,88%), *Nothia robusta* (5,88%), *Psammosiphonella cylindrica* (9,8%) y *Psammosiphonella discreta* (43,1%).

**Segmento 3.** Este comprende el Oligoceno superior y el Mioceno Inferior. En el Oligoceno superior las asociaciones infaunales dominan con valores máximos de 78% en las profundidades 121,1' y 100,5' (**Figura 16**) y con especies como *Neugeborina longiscata* (9,0%), *Sigmoidella elegantissima* (5,0%) y *Uvigerina auberiana* var. *attenuata* (27,9%) (**Anexo 1**). Los valores más altos de las comunidades epifaunales se logran en las profundidades 222,8' (43,9%), 174,5' (46,5%) y 150,3' (39,2%) con especies representativas como *Cibicidoides mundulus* (28,0%), *Nothia robusta* (5,33%) y *Spirosigmoilinella compressa* (10,7%) (**Anexo 1**).

En la porción Mioceno, siguen dominando las asociaciones infaunales con valores del 80% en la profundidad 50,3' con las especies *Martinottiella communis* (5,26%), *Neugeborina longiscata* (3,95%), *Sigmoidella elegantissima* (3,95%), *Uvigerina auberiana* var. *Attenuata* (6,58%) y *Uvigerina mantaensis* (19,7%), mientras que las especies epifaunales son *Cibicidoides mundulus* (5,17%), *Hansenisca soldanii* (5,17%), *Oridorsalis ecuadorensis* (8,62%) y *Siphonina reticulata* (56,9%).

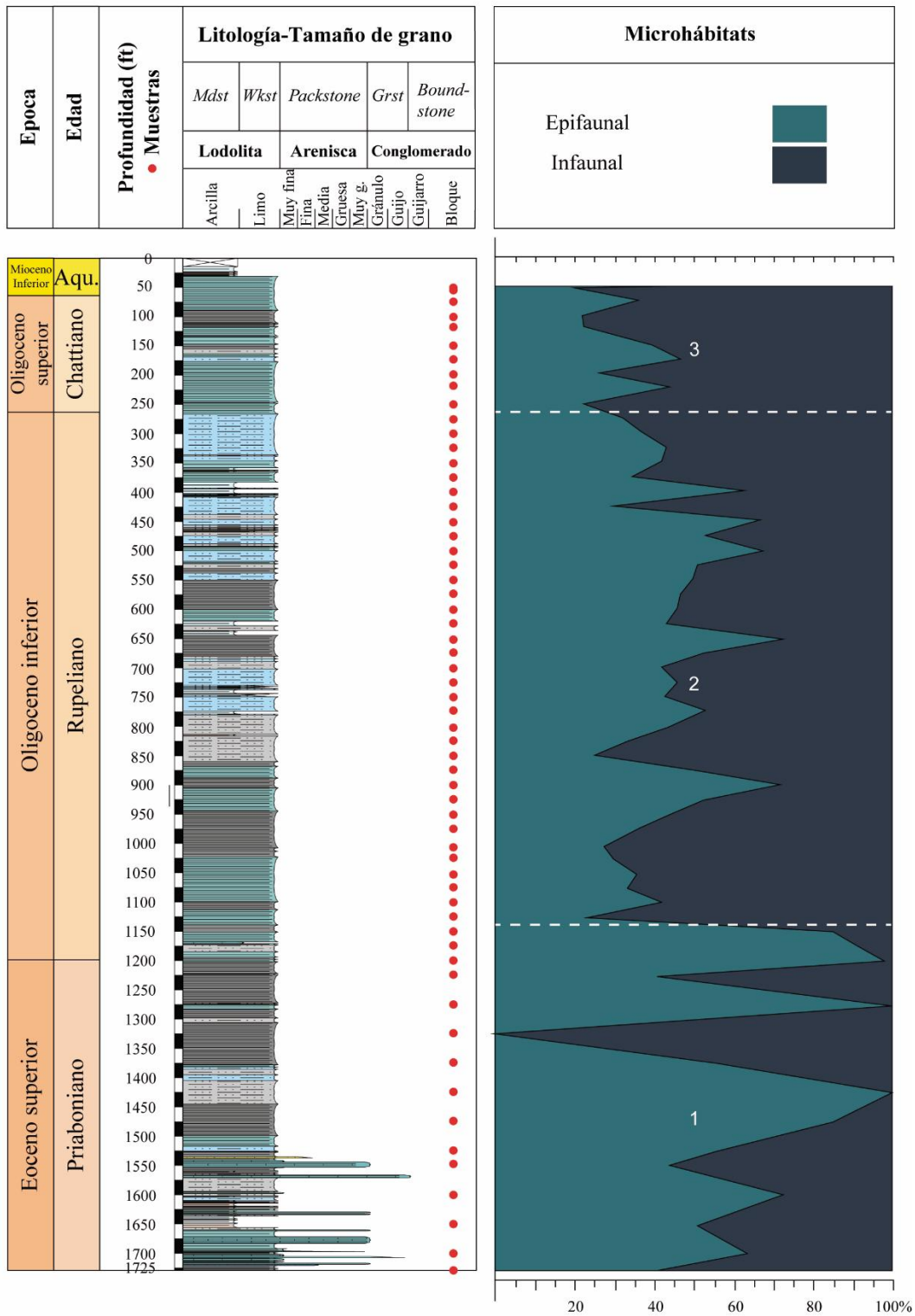
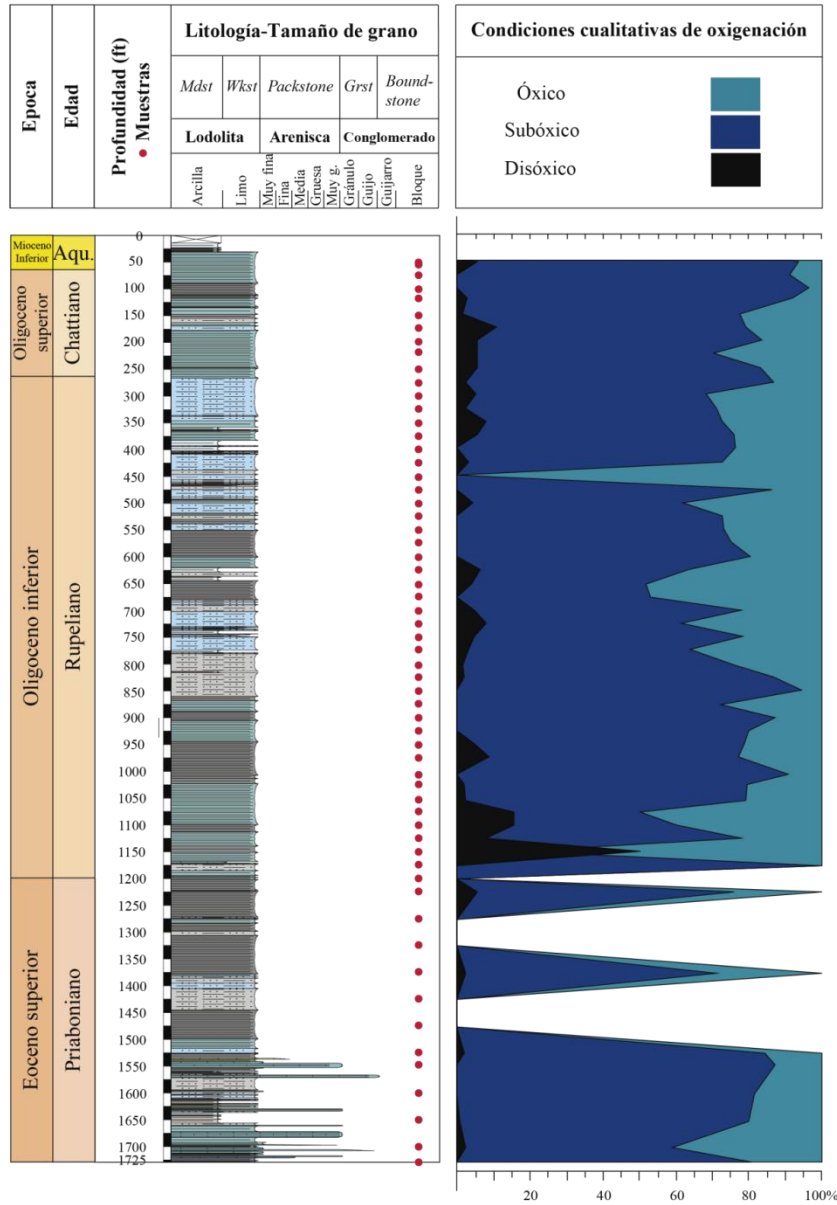


Figura 16. Microhábitats de foraminíferos bentónicos según las asociaciones infaunales e epifaunales presentes en el pozo ANH-SAN JACINTO-1.

### 6.2.5 Condiciones cualitativas de oxigenación y grupos faunales

En la evaluación de las condiciones cualitativas de oxigenación se tuvieron en cuenta tres grupos faunales presentes a lo largo del pozo ANH-SAN JACINTO-1 que sumados equivalen al 100%:

- **Grupos faunales óxicos:** *Anomalinoidea* spp., *Cibicides* spp., *Cibicidina* spp., *Cibicidoides* spp., *Globocassidulina* spp., *Hanzawaia* spp., *Heterolepa* spp., *Lobatula* spp., *Miliolinella* spp., *Nutallides* spp., *Pyrgo* spp., *Quinqueloculina* spp., *Spiroloculina* spp., *Spirosigmoilina* spp y *Triculinella* spp., entre otros géneros (**Anexo 1**).
  
- **Grupos faunales subóxicos:** *Amphycorina* spp., *Astacolus* spp., *Bulimina* spp., *Cassidulina* spp., *Dentalina* spp., *Ellipsoglandulina* spp., *Eponides* spp., *Falsoplanulina* spp., *Fissurina* spp., *Geminiella* spp., *Grigelis* spp., *Gyroidina* spp., *Gyroidinoides* spp., *Hansenisca* spp., *Hoeglundina* spp., *Laevidentalina* spp., *Lagena* spp., *Lagenosolenia* spp., *Lenticulina* spp., *Melonis* spp., *Neolenticulina* spp., *Neugeborina* spp., *Nododaria* spp., *Oridorsalis* spp., *Planulina* spp., *Procerolagena* spp., *Pseudonodosaria* spp., *Pullenia* spp., *Siphonina* spp., *Siphonodosaria* spp., *Siphouvigerina* spp., *Sphaeroidina* spp., *Spincterules* spp., *Stilostomella* spp., *Strictocostella* spp y *Uvigerina* spp., entre otros géneros (**Anexo 1**).
  
- **Grupos faunales disóxicos:** *Bolivina* spp., *Chilostomella* spp., *Fursenkoina* spp y *Globobulimina* spp., entre otros géneros (**Anexo 1**).



**Figura 17.** Condiciones cualitativas de oxigenación del intervalo de estudio para el pozo ANH-SAN JACINTO-1 y distribuidos en tres grupos faunales asociados.

Los grupos faunales subóxicos son los más abundantes a lo largo del pozo ANH-SAN JACINTO-1 (**Figura 17**). En el Eoceno superior, entre las profundidades 1728,5' y 1525,5', los grupos subóxicos oscilan entre 59 y 87%, mientras que los óxicos lo hacen entre el 14 y el 38%. Los foraminíferos comunes a ambientes disóxicos alcanzan valores máximos de 2,3% en la profundidad 1699,4' (**Figura 17**).

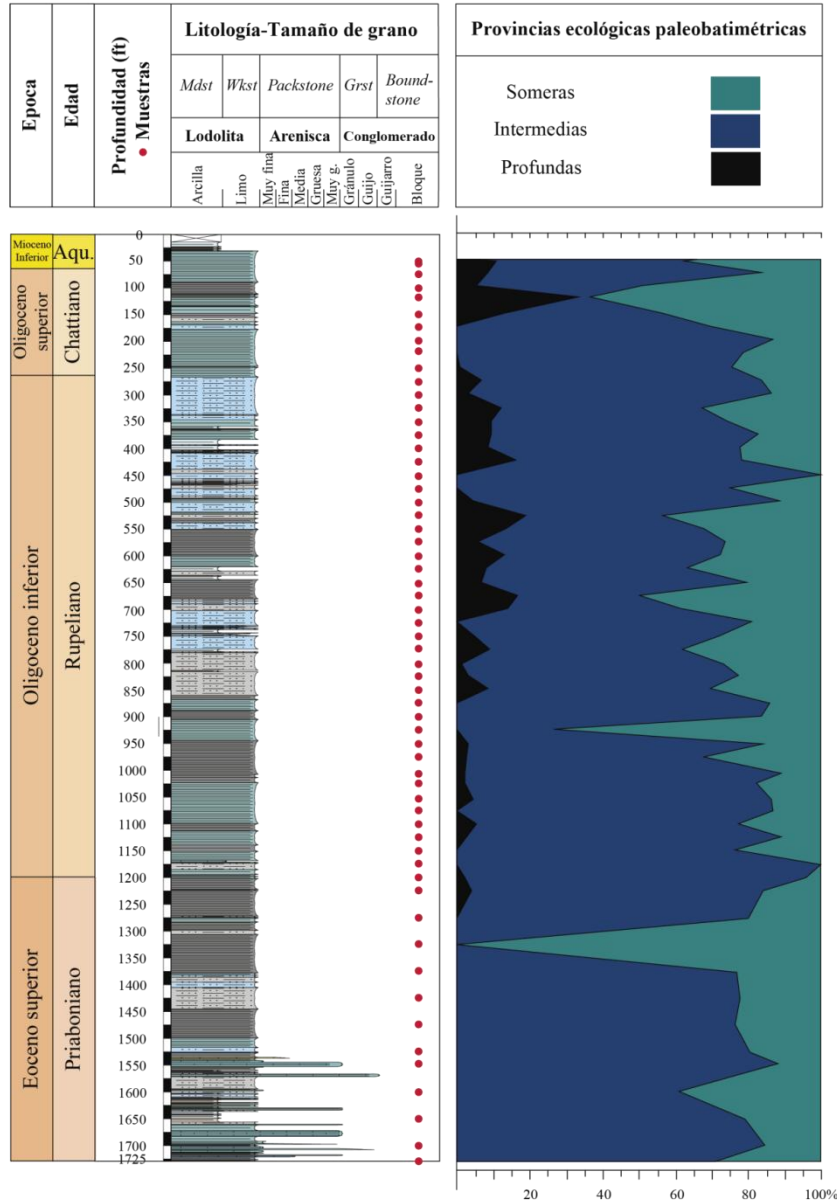
Entre los pies 1475,2' y 1175,5', las especies diagnósticas de condiciones cualitativas de oxígeno son pocas, sin embargo, en las profundidades 1375,5', 1225,6' y 1175,5' dominan las especies subóxicas con valores superiores al 70%. Las especies óxicas en esas profundidades llegan a valores de hasta el 27% y las disóxicas del 5,4%. En la profundidad 1150,5' cerca del límite Eoceno/Oligoceno las especies disóxicas son más abundantes llegando a un 50%, mientras que las subóxicas logran 16,7% y las óxicas un 33,3% (**Figura 17**).

Desde comienzos del Oligoceno en la profundidad 1150,5' y hasta el tope del pozo en el Mioceno Inferior, predominan las asociaciones subóxicas con valores superiores al 50% y dominantes hasta valores del 96% en la profundidad 100,5'. Las asociaciones subóxicas tiene valores relativos altos desde la profundidad 1125,8' hasta 150,3' con valores entre 5,6% a 47%. En la profundidad 450,5' la asociación óxica alcanza un 100%. Desde 121,1' hasta el tope a 6,8', las asociaciones óxicas son bajas con valores entre 0,9% a 8,8% (**Figura 17**). En el Oligoceno temprano, los máximos valores de las asociaciones disóxicas se alcanzan en las profundidades 1100,8' y 1175,5', con valores del 15%. Las especies disóxicas alcanzan valores entre 1,4% y 10,5% entre el Oligoceno y el Mioceno Inferior (**Figura 17**).

### 6.2.6 Asociaciones de paleobatimetría

Los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 se agruparon en tres asociaciones paleobatimétricas (**Figura 18**):

- **Asociaciones someras (Figura 18):** compuestas principalmente por: *Budashevaella multicamerata*; *Cibicidoides guazumalensis*; *Cibicides pachyderma*; *Globobulimina pacifica*; *Lenticulina inornata*; *Lobatula lobatula*; *Nothia robusta*; *Sigmoidella elegantissima*; *Uvigerina mexicana* y *Vulvulina pennatula*, entre otras especies (**Anexo 1**).
  
- **Asociaciones intermedias (Figura 18).** compuesta principalmente por: *Ammobaculites agglutinans*; *Cibicidoides mundulus*; *Globocassidulina subglobosa*; *Hansenisca soldanii*; *Quinqueloculina seminulum*; *Sphaeroidina bulloides*; *Spirosigmoilinella compressa*; *Uvigerina auberiana*; *Uvigerina carapitana* y *Uvigerina gallowayi*, entre otras especies (**Anexo 1**).
  
- **Asociaciones profundas (Figura 18).** se refiere a *Melonis pompilioides*; *Nodosinum gaussicum* y *Oolina setosa*, entre otras especies (**Anexo 1**).



**Figura 18.** Provincias ecológicas paleobatimétricas a partir de asociaciones de foraminíferos bentónicos para el pozo ANH-SAN JACINTO-1.

A lo largo del pozo predominan las asociaciones de profundidades intermedias indicando profundidades desde batial medio a nerítico interno. A lo largo del pozo las especies más representativas de estas asociaciones intermedias son *Bulimina striata* (2,49%), *Bulimina truncana* (2,36%) *Cibicidoides mundulus* (8,12%), *Globocassidulina subglobosa* (3,71%), *Gyroidina altiformis* (2,88%), *Gyroidinoides altispira* (2,79%), *Hansenisca soldanii*

(1,96%), *Psammosiphonella cylindrica* (3,88%), *Psammosiphonella discreta* (5,5%), *Uvigerina auberiana* (2,31%), *Uvigerina gallowayi* (10,7%) y *Uvigerina peregrina* (4,5%).

Durante el Eoceno superior y hasta el límite Eoceno/Oligoceno este tipo de fauna es dominante con valores que oscilan entre el 61 y el 100% por ejemplo en la profundidad 1175,5'. Durante el Oligoceno y hasta el Mioceno Inferior los taxones de aguas intermedias tienen valores promedios de 71% y un máximo en la profundidad 450,5' (**Figura 18**).

Las asociaciones someras, entre nerítico y batial superior, tienen valores promedios del 21% (**Figura 18**). Las especies más representativas de esta asociación son *Budashevaella multicamerata* (7,23%), (*Bulimina jackonensis* (6,75%), en el Eoceno superior y *Guttulina communis* (7,23%), *Nothia robusta* (13,7%), *Sigmoidella elegantissima* (16,6%) y *Uvigerina mexicana* (26,8%) en el resto de la secuencia. En las profundidades 1325,1' en el Eoceno superior y 925,5' en el Oligoceno y 100,5' cerca del límite Oligoceno/Mioceno alcanzan valores del 100%, 73% y 43% respectivamente como los máximos porcentajes para estas asociaciones en todo el pozo (**Figura 18**).

Las asociaciones profundas están ausentes durante el Eoceno superior (**Figura 18**). Estas asociaciones comienzan a aparecer cerca del límite Eoceno/Oligoceno con valores muy discretos. Las especies más abundantes de esta asociación son *Melonis pompilioides* (70,5%), *Oolina setosa* (8,22%), *Osangularia bengalensis* (10,3%) y *Vulvulina spinosa* (5,48%). Durante el Oligoceno inferior, este grupo tiene máximos del 9% en las profundidades 850' y 774,6'. Hacia el Oligoceno superior, sus abundancias incrementan y pueden tener máximos de abundancia entre el 5% y el 18%, con toques en la parte más tardía del Oligoceno superior, en cercanías del Mioceno Inferior del 33% en la profundidad 121,1' (**Figura 18**). En el perfil batimétrico estas no son muy significativas debido al dominio que presentan las asociaciones intermedias y someras y pueden reflejarse en menos abundancia por procesos en la mezcla de sedimentos en los fondos marinos (**Figura 18**).



### 6.3 Pozo ANH-COSTA AZUL-1X

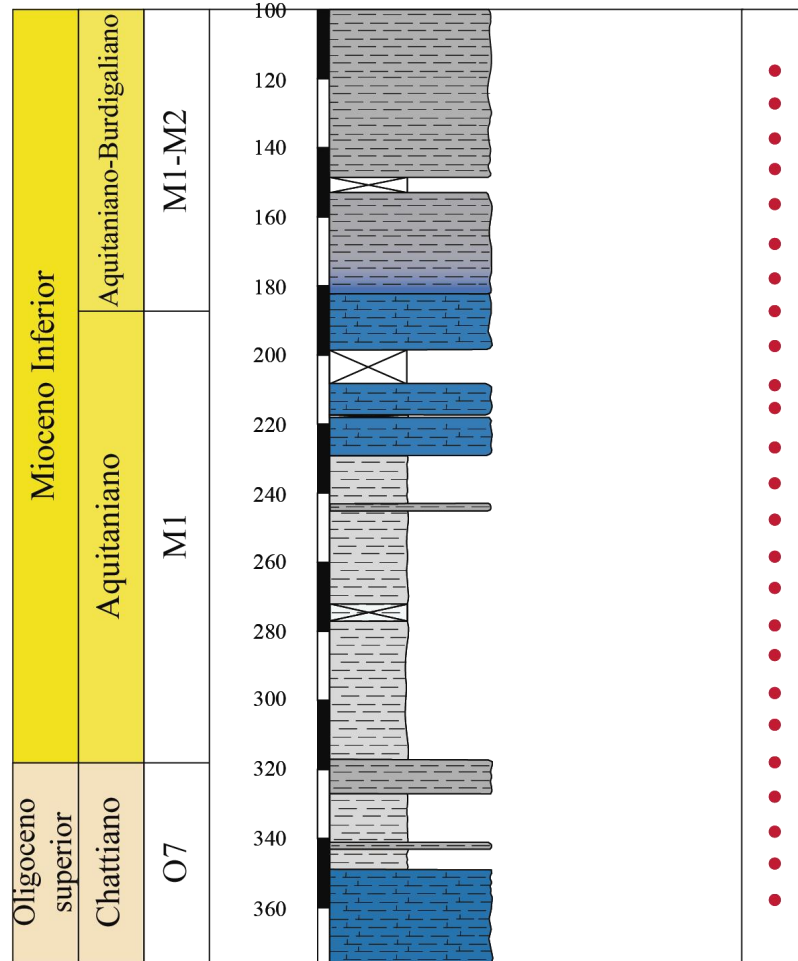
El Pozo ANH-COSTA AZUL-1 comprende 956,1' de espesor. Está constituido por una sucesión de lodolitas limosas y lodolitas arcillosas en algunas ocasiones ligeramente calcáreas de color negro (**Figura 19**). A través del análisis taxonómico de los foraminíferos bentónicos del intervalo Oligoceno superior al Mioceno Inferior entre aproximadamente 357,7' a 117,8' y los datos bioestratigráficos de foraminíferos planctónicos de reportes internos consignados en ANH-UniCaldas (2020) se presentan los siguientes resultados:

#### 6.3.1 Edad

El reporte interno de ANH-UniCaldas (2020), propone una edad para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X desde el Oligoceno superior hasta el Mioceno Inferior según dataciones micropaleontológicas. En foraminíferos, este pozo se extiende desde la biozona O6 hasta las biozonas M1-M2 de Wade et al. (2011).

El intervalo de interés en el presente trabajo incluye la biozona de foraminíferos O7 de Wade et al. (2011) de edad Chatiano (**Figura 19**), que se extiende desde la profundidad 707' a aproximadamente 320' y está relacionado con la primera aparición de *Paragloborotalia mayeri* y la última aparición de *Dentoglobigerina globularis* y *Subbotina gortanii*. El Mioceno Temprano, de edad Aquitaniano, se relaciona con las primeras apariciones de *Paragloborotalia continua*, *Trilobatus immaturus*, *Globoquadrina dehiscens*, y *Globigerinoides obliquus*, y la última aparición de *Globoturborotalita ouachitaensis*, quienes indican la biozona de foraminíferos planctónicos M1 entre las profundidades 320' a 226,8' (**Figura 19**). Entre 187,4' a 78,6', la edad es Aquitaniano-Burdigaliano en el Mioceno Temprano sin diferenciar entre las biozonas M1-M2 de Wade et al. (2011). Esta edad se relaciona con la presencia de *Catapsydrax indianus*, *Catapsydrax fariasi*, *P. continua*, *Paragloborotalia acrostoma*, *Paragloborotalia mayeri*, *Paragloborotalia nana*, *Globigerinoides subquadratus* y *Trilobatus primordius*. En el trabajo de ANH-UniCaldas (2020) no se mencionan hiatos para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

Epoca	Edad	Biozonas de foraminíferos planetónicos (Wade et al., 2011)	Litología – Tamaño de grano					Muestras
			Mdst	Wkst	Packstone	Grst	Boundstone	
			Lodolita		Arenisca	Conglomerado		
			Arcilla	Limo	Muy fina Fina	Media Gruesa	Muy g. Gránulo Guijo Guijarro	



**Leyenda**

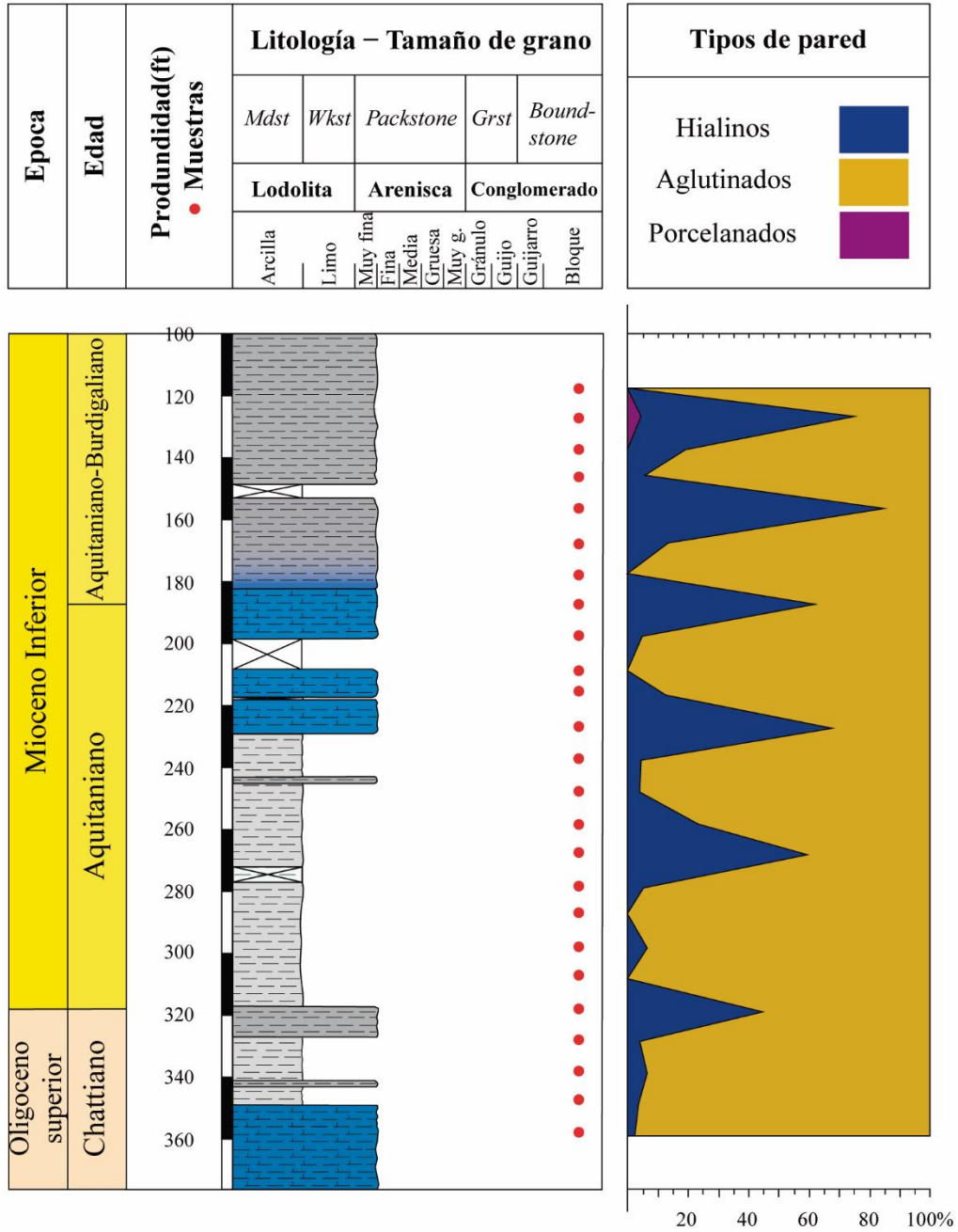
- Lodolita
- Arcillolita
- Lodolita calcárea (marga)
- No recobro

**Figura 19.** Columna estratigráfica del intervalo de interés del Pozo ANH-COSTA AZUL-1X. Tomada y modificada de ANH-UniCaldas (2020).

### 6.3.2 Parámetros paleoecológicos

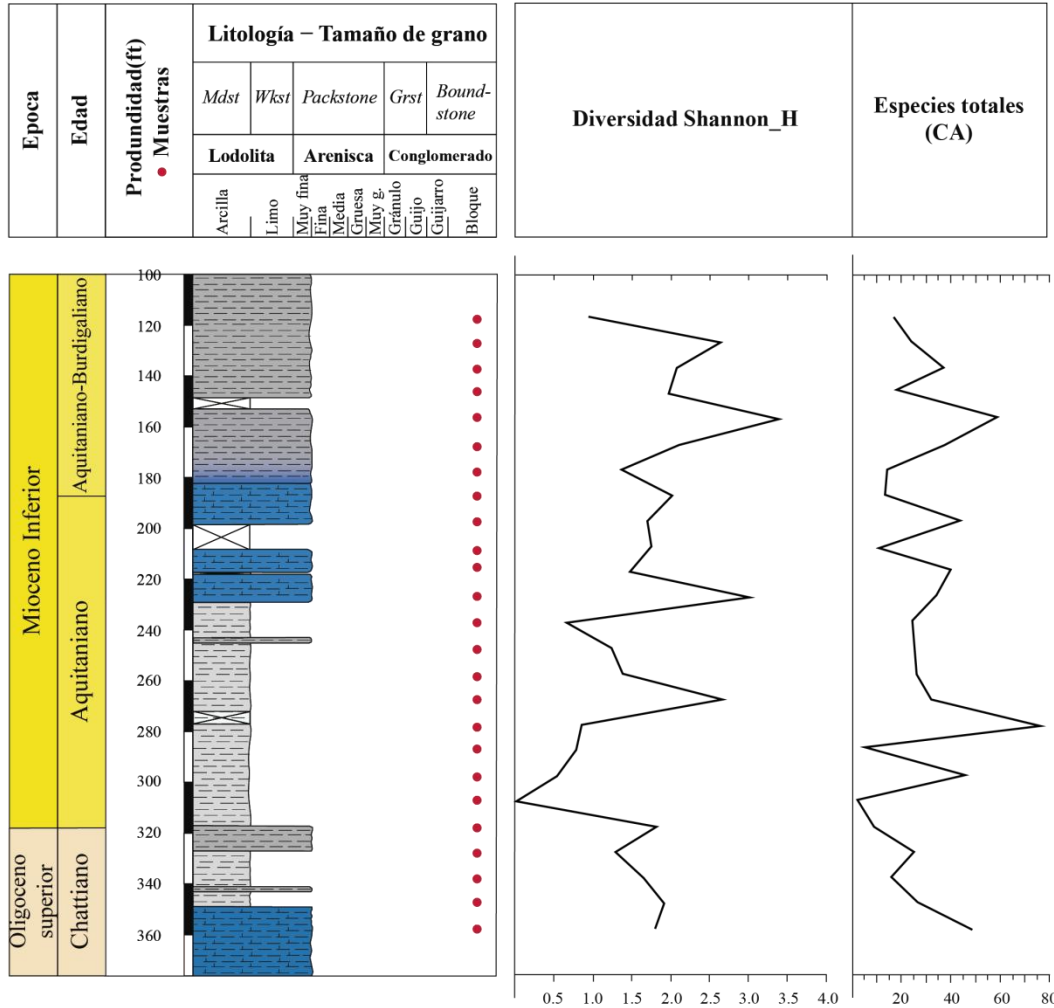
Para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X se estudió el intervalo entre las profundidades 357,7' a 117,8', se analizaron 25 muestras en las cuales se reconocieron 738 foraminíferos bentónicos. Del total de individuos fueron retirados para los análisis 28 ejemplares considerados como retrabajados del Cretácico y Paleógeno inferior según Kaminski & Gradstein (2005) y se representan en las especies *Cribrostomoides ? trinitatensis*, *Haplophragmoides porrectus*, *Haplophragmoides suborbicularis*, *Haplophragmoides walteri*, *Psammosphaera fusca*, *Psammosphaera irregularis*, *Recurvoides anormis*, *Recurvoides nucleolus*, *Remesella varians*, *Spiroplectinella subhaeringensis*, *Subreophax pseudoscalaris*, *Tritaxia pyramidata*, *Tritaxia tricarinata*, *Trochamminoides subcoronatus*, *Trochamminoides variolarius* y *Trochamminopsis altiformis*. Además, 106 individuos fueron considerados como indeterminados ya que por su preservación no fue posible asignarlos a algún grupo taxonómico. En total 632 especímenes fueron clasificados taxonómicamente y agrupados en 49 géneros y 56 especies, a continuación, se presenta su distribución según su tipo de pared (**Figura 20**).

A lo largo del intervalo estudiado en el pozo ANH-COSTA AZUL-1X predominan en la mayoría de las muestras estudiadas los foraminíferos bentónicos de pared aglutinada (**Figura 20**), con especies como *Martinottiella communis* (6,38%), *Nothia robusta* (23,5%), *Psammosiphonella cylindrica* (17,0%), *Psammosiphonella discreta* (40,4%) y *Spirosigmoilinella compressa* (50,0%) (**Anexo 2**). Los foraminíferos bentónicos de pared hialina tienen máximos de abundancia cada 45' aproximadamente desde el límite Oligoceno/Mioceno (**Figura 20**), con valores hasta del 44,4% en el pie 317,8'. De este grupo destacan especies como *Cibicidoides* spp. (50,0%), *Neugeborina longiscata* (12,0%), *Uvigerina auberiana* (4,0%), *Uvigerina gallowayi* (8,0%) y *Uvigerina* spp. (25,0%%). Los foraminíferos porcelanados son ausentes en la mayor parte del pozo a excepción de la profundidad 127,2' donde alcanzan valores de 4,17% (**Figura 20**) con la especie *Quinqueloculina seminulum* (**Anexo 2**).



**Figura 20.** Distribución de los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-COSTA AZUL-1X en relación con su tipo de pared.

### 6.3.3 Índice de diversidad de Shannon\_H 1948

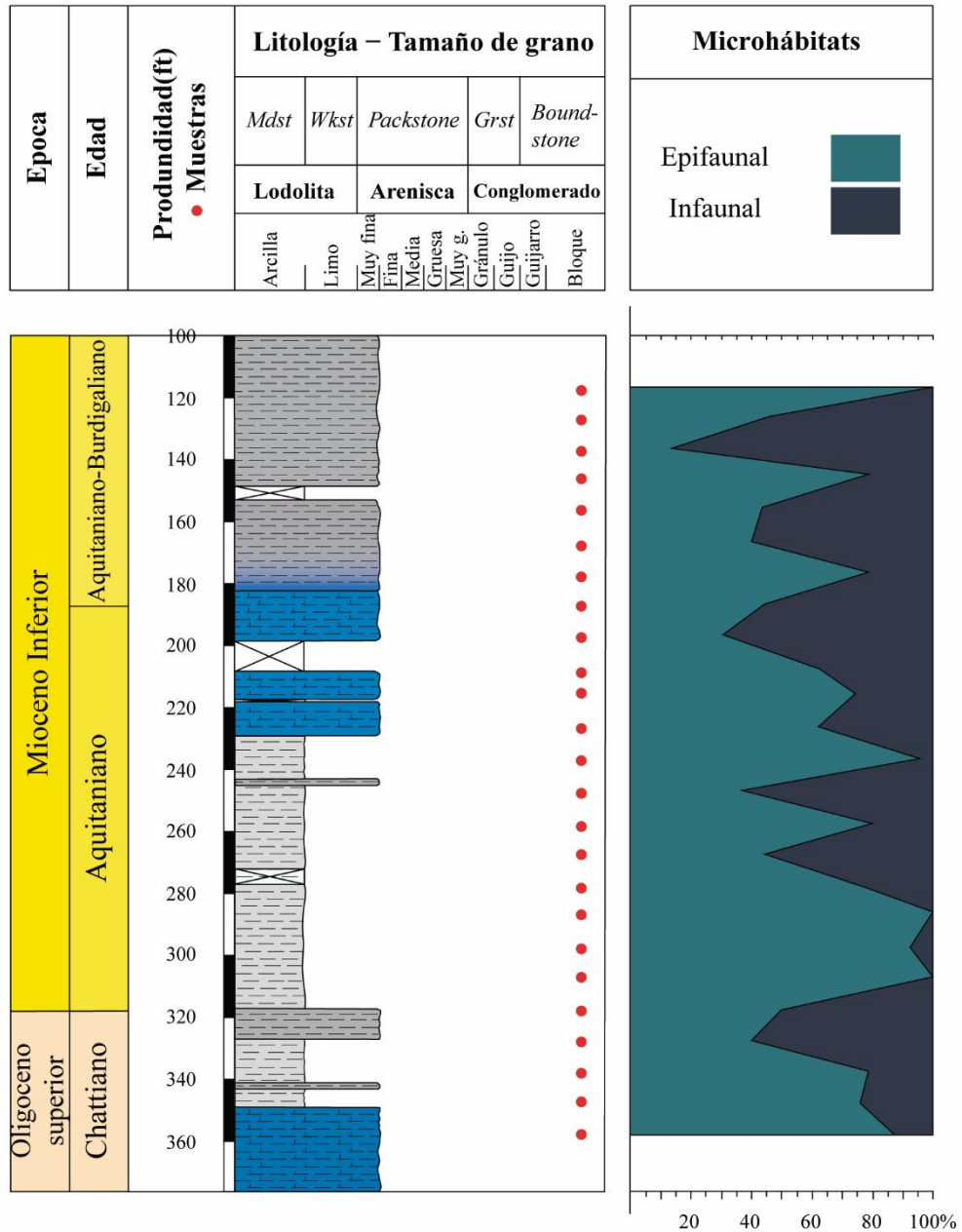


**Figura 21.** Índice de diversidad de Shannon\_H 1948 calculado para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

El índice de diversidad de Shannon calculado para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X muestra valores entre casi 0 hasta 3,5 (**Figura 21**). Los valores más bajos, por debajo de 1 se alcanzan entre finales del Oligoceno y la base del Mioceno Inferior entre 330' y 280'. A partir de la profundidad 280' los valores oscilan entre 1 y 3.5, logrando las máximas diversidades en 156,5' con valores mayores a 3 (**Figura 21**). Entre 280' y 260' se logran las máximas abundancias en el pozo.

### 6.3.4 Microhábitats de foraminíferos bentónicos

La **Figura 22** muestra la sumatoria de las asociaciones de foraminíferos bentónicos infaunales vs. epifaunales a lo largo del pozo ANH-COSTA AZUL-1X. Tres segmentos de base a techo fueron identificados según la dominancia de estos grupos en la secuencia:



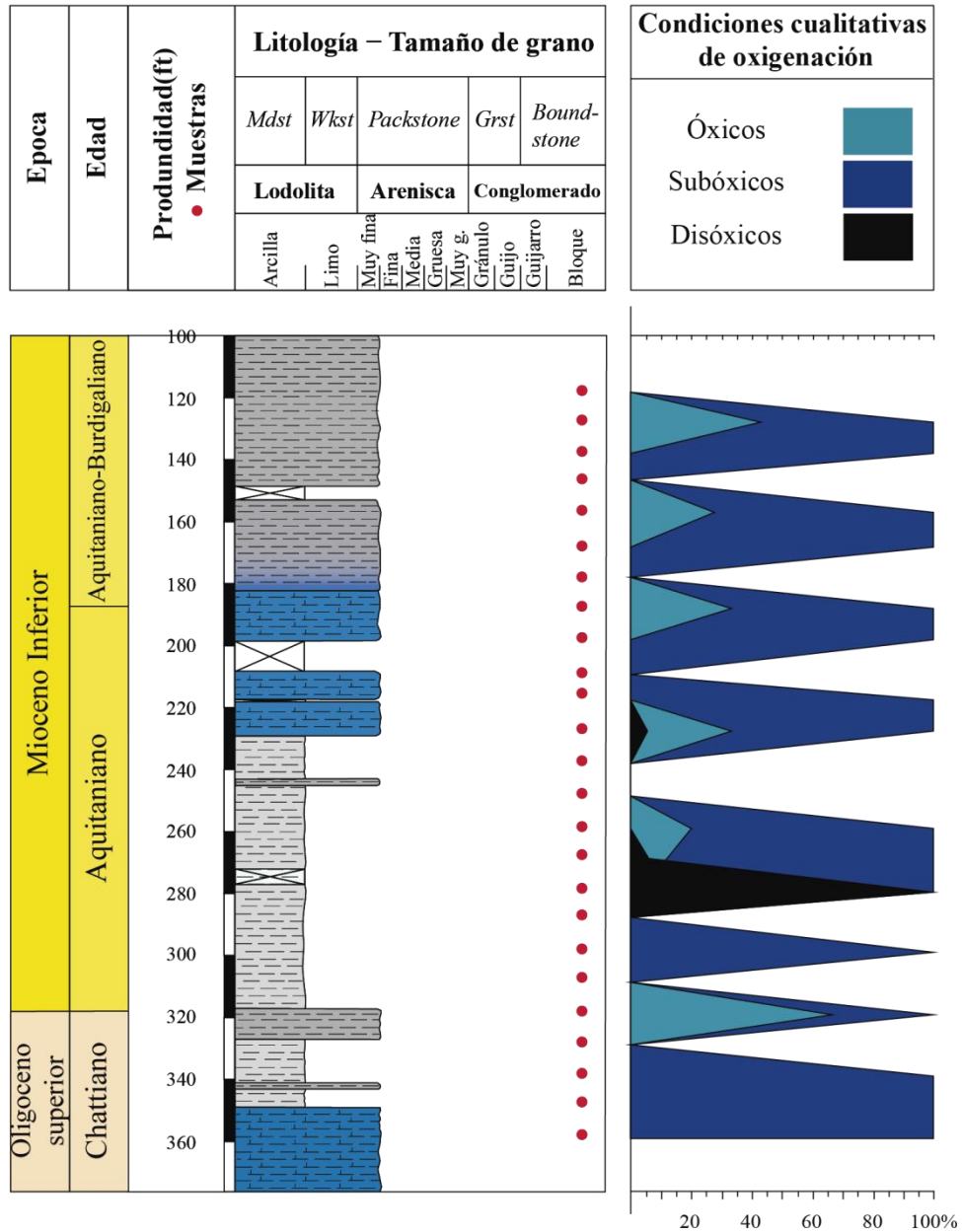
**Figura 22.** Microhábitats de foraminíferos bentónicos según las asociaciones infaunales e epifaunales presentes en el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

A lo largo del pozo ANH-COSTA AZUL-1X existe una oscilación entre los microhábitats infaunales y epifaunales, con un ligero predominio de los microhábitats epifaunales sobre los infaunales (**Figura 22**). Los microhábitats epifaunales tiene valores hasta del 92,5% en la profundidad 278,2' con especies como *Nothia robusta* (3,64%) y *Psammosiphonella discreta* (96,4%) y especies infaunales como *Globobulimina pacifica* (6,25%), *Karreriella bradyi* (6,25%) y *Martinottiella communis* (81,3%) (**Anexo 2**). No obstante, al tope de la secuencia, al finalizar el Aquitaniano (**Figura 22**), hay un incremento de los microhábitats infaunales desde la profundidad 197,3' con valores del 69,2%. Los máximos valores se observan en la profundidad 137,5' con un 86,2% (**Figura 22**), y especies como *Bigenerina nodosaria* (12,0%), *Martinottiella communis* (52,0%) y *Neugeborina longiscata* (8,0%) (**Anexo 2**).

### 6.3.5 Condiciones cualitativas de oxigenación y grupos faunales

En la evaluación de las condiciones cualitativas de oxigenación se tuvieron en cuenta tres grupos faunales presentes a lo largo del pozo ANH-COSTA AZUL-1X que sumados equivalen al 100%:

- **Grupos faunales óxicos:** *Cibicidoides* spp., *Globocassidulina* spp., *Hoeglundina* spp., *Pullenia* spp. y *Quinqueloculina* spp., entre otros géneros (**Anexo 2**).
- **Grupos faunales subóxicos:** *Dentalina* spp., *Gyroidina* spp., *Lenticulina* spp., *Pleurostomella* spp., *Rectuvigerina* spp. y *Uvigerina* spp., entre otros géneros (**Anexo 2**).
- **Grupos faunales disóxicos:** *Globobulimina* spp., *Praeglobobulimina* spp., *Chilostomella* spp. y *Melonis* spp., entre otros géneros (**Anexo 2**).



**Figura 23.** Condiciones cualitativas de oxigenación del intervalo de estudio para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

A lo largo del intervalo de estudio predominan los grupos o asociaciones faunales subóxicos (**Figura 23**) con dominancia total por ejemplo en las profundidades 357,7', 347,5', 337,5', 297,5', 216,5', 197,3', 167,5' y 137,5' (**Figura 23**). Las especies de medios óxicos, en las muestras con recuperación, representan valores entre el 11,8% en la profundidad 267,7' y 66,7% en la profundidad 317,8' (**Figura 23**). No obstante, este grupo

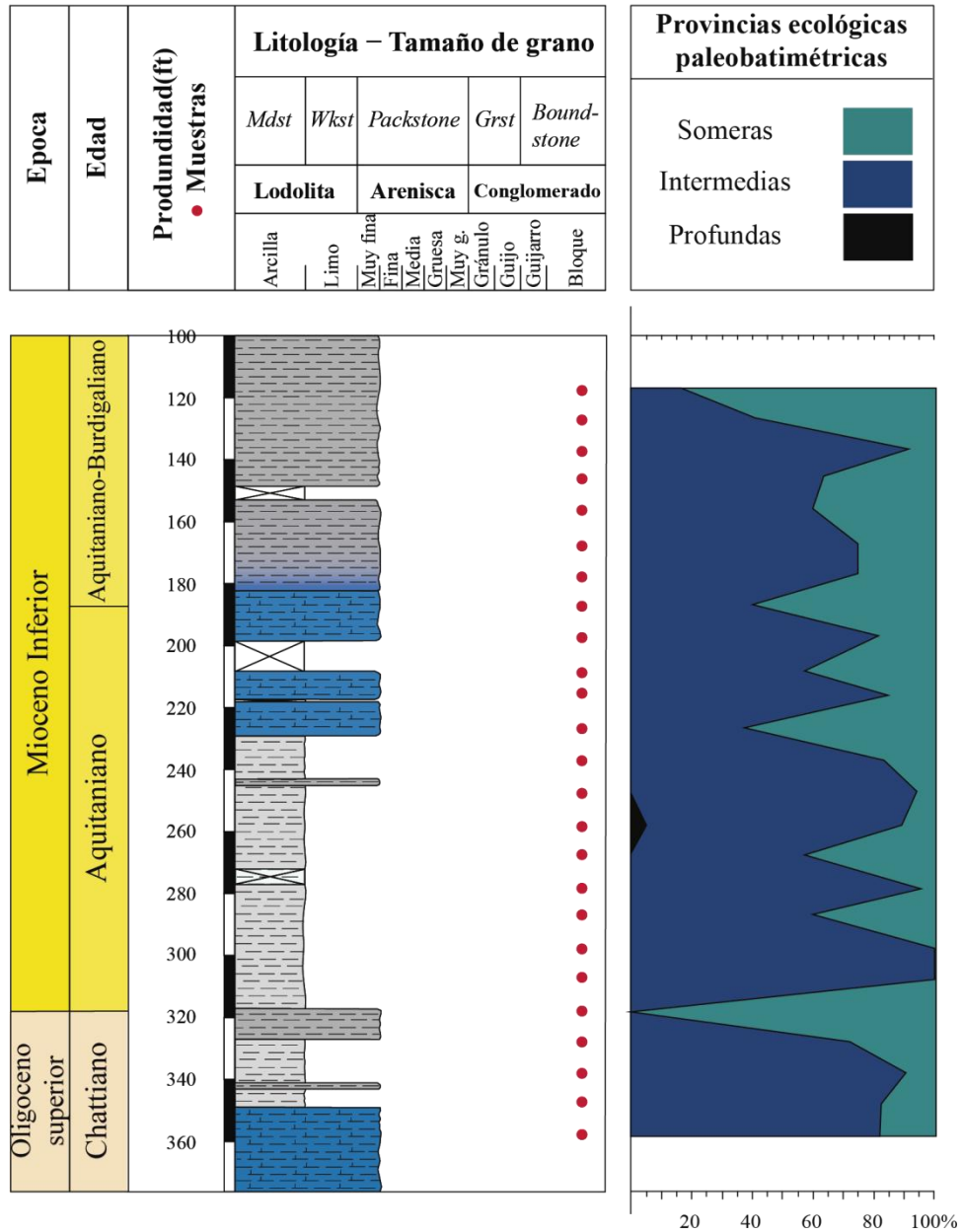


está más presente desde la parte más tardía del Oligoceno y durante la porción registrada del Mioceno Inferior en el pozo. Los grupos o asociaciones faunales disóxicos, son los menos abundantes de las tres asociaciones propuestas y particularmente solo se reconocen en el Aquitaniano. En la profundidad 278,2' alcanzan valores del 100% (**Figura 23**).

### 6.3.1 Asociaciones paleobatimétricas

En el pozo ANH-COSTA AZUL-1X se han reconocido un conjunto de foraminíferos que se pueden agrupar en tres asociaciones paleobatimétricas que se reconocen a lo largo del pozo (**Figura 23**):

- **Asociaciones someras (Figura 24):** compuesta principalmente por: *Budashevaella multicamerata*; *Cibicidoides guazumalensis*; *Cibicides pachyderma*; *Globobulimina pacifica*; *Lenticulina inornata*; *Lobatula lobatula*; *Nothia robusta*; *Sigmoidella elegantissima*; *Uvigerina mexicana* y *Vulvulina pennatula*, entre otras especies (**Anexo 2**).
- **Asociaciones intermedias (Figura 24).** compuesta principalmente por: *Ammobaculites agglutinans*; *Cibicidoides mundulus*; *Globocassidulina subglobosa*; *Hansenisca soldanii*; *Quinqueloculina seminulum*; *Sphaeroidina bulloides*; *Spirosigmoilinella compressa*; *Uvigerina auberiana*; *Uvigerina carapitana* y *Uvigerina gallowayi*, entre otras especies (**Anexo 2**).
- **Asociaciones profundas (Figura 24).** en el pozo ANH-COSTA AZUL-1XX se refiere a *Loeblichopsis cylindrica* (**Anexo 2**).



**Figura 24.** Provincias paleobatimétricas a partir de asociaciones de foraminíferos bentónicos para el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.

Existe una oscilación entre las asociaciones de profundidades intermedias entre las zonas batial media a inferior, y las de profundidades someras entre las zonas nerítica y batial superior (**Figura 23**). No obstante, las asociaciones de profundidades intermedias dominan levemente a lo largo del pozo ANH-COSTA AZUL-1X (**Figura 24**). Estas oscilan entre 17% y el 100% en las profundidades 307,3' y 297,5'. Son principalmente más abundantes

en el Aquitaniano con especies como *Cibicidoides mundulus* (3,36%), *Martinotiella communis* (22,7%), *Psammosiphonella cylindrica* (3,62%), *Psammosiphonella discreta* (49,4%) y *Spirosigmoilinella compressa* (10,6%). Las asociaciones someras se distribuyen a lo largo del pozo, en porcentajes levemente menores que las intermedias, éstas varían entre 4,3% hasta 83%. En la profundidad 317,8', alcanza valores absolutos (**Figura 24**). Las especies más representativas de estas asociaciones son *Budashevaella multicamerata* (2,83%), *Lobatula lobatula* (3,77%), *Nothia robusta* (68,9%), *Sigmoidella elegantissima* (12,3%), *Uvigerina mexicana* (4,72%) y *Vulvulina pennatula* (3,77%). Las asociaciones de aguas profundas solo aparecen en la profundidad 257,8' con valores del 5,3%. Este pico se representa con la especie *Loeblichopsis cylindrica*.

## 7. DISCUSIONES

A partir de los resultados de los núcleos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X, que se acaban de analizar, se evidencia fluctuaciones en la composición de las asociaciones de foraminíferos bentónicos entre el Eoceno tardío y el Mioceno Temprano. A continuación, se discuten estos cambios respecto a los procesos regionales y a alguna de las variaciones climáticas globales durante el periodo de sedimentación de las secuencias registradas. Además, se compara con algunos trabajos previos en la cuenca.

### 7.1 Sistemática y taxonomía

Antes de este estudio, en rocas del Eoceno superior y Mioceno Inferior de la CPSJ, solamente se habían descrito, en los años 50's, los foraminíferos bentónicos de la sección de carretera Carmen-Zambrano por Petters y Samiento (1956). Ellos reportaron 267 especies de foraminíferos, incluyendo planctónicos, para proponer diferentes zonas bioestratigráficas en el Eoceno superior y el Mioceno Superior. En su intervalo estudio, ellos propusieron 21 familias e hicieron la descripción de 11 nuevas especies. Este estudio amplió el número de especies, y solamente para el intervalo Eoceno superior a Mioceno Inferior se reconocieron 11 órdenes, 19 subórdenes, 68 familias, 146 géneros y 288 especies de foraminíferos bentónicos. La mayoría de estas especies cuentan con imágenes al SEM (**Planchas 1-23**), y se encuentran en el repositorio de foraminíferos del Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES) de la Universidad de Caldas.

### 7.2 Paleoambientes según los foraminíferos bentónicos presentes en los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X

#### 7.2.1 Eoceno superior

Esta época solamente se registra en el pozo ANH-SAN JACINTO-1. Según el comportamiento de los foraminíferos bentónicos el Eoceno superior puede ser dividido en dos.

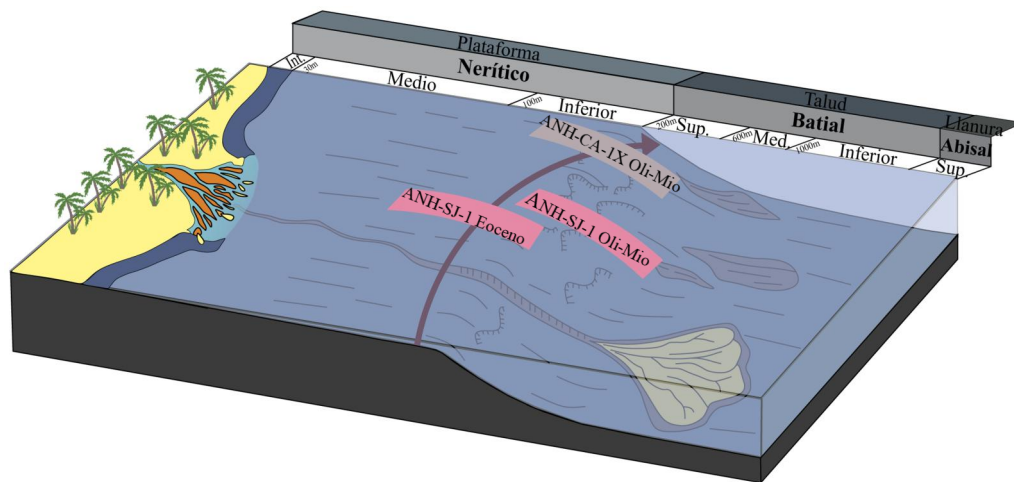
La primera parte desde la base, durante la biozona de nanofósiles calcáreos NP19-NP20 (**Figura 13**), corresponde al segmento 1 según el tipo de pared (**Figura 14**). La segunda parte, relacionado al último tramo de la biozona NP19-NP-20, y la primera parte de la biozona NP21, hasta el límite Eoceno/Oligoceno, correspondiente con el segmento 2 según el tipo de pared (**Figura 14**).

En la primera parte, los microhábitats son principalmente epifaunales (**Figura 16**), con especies como *Amphistegina* sp. *G. altispirus*, *Lagena* sp., *Lenticulina* sp. y *Quinqueloculina* sp., que son indicadores de aguas de fondo relativamente oxigenadas, lo que se correlaciona con el dominio de taxones subóxicos y óxicos y la casi ausencia de taxones disóxicos (**Figura 17**). Los valores de diversidad, mayores a 2, parecen relacionarse con el patrón de los microhábitats (**Figura 15**), por tanto, la diversidad puede estar controlada por la oxigenación como uno de los factores principales en el comportamiento de los foraminíferos bentónicos en el pozo.

En este tramo, las asociaciones batimétricas indican una profundidad entre la plataforma externa y la parte superior del talud (**Figura 18**). La distribución, según el tipo de pared de los foraminíferos bentónicos, parece responder al parámetro de profundidad (**Figuras 14**). En este tramo inferior dominan los foraminíferos de pared hialina (**Figura 14**); no obstante, en también se da la mayor cantidad de individuos de pared porcelanada a lo largo del pozo (**Figura 14**). Los foraminíferos aglutinados logran apenas superar el 10% en algunas muestras (**Figura 14**). Este patrón de distribución, según el tipo de pared, es muy similar a las descripciones de Fiorini (2015) con foraminíferos bentónicos recientes de la plataforma continental colombiana. Para Fiorini (2015), entre la plataforma externa y el talud, son dominantes los foraminíferos de pared hialina, con valores hasta del 10% de aglutinados y cerca del quiebre del talud con valores hasta del 15% de porcelanados. Estas proporciones son muy similares a las del Eoceno del pozo ANH-SAN JACINTO-1. Además, especies muy representativas de las zonas neríticas como *Amphistegina* spp. Están presentes entre las profundidades nerítico externo a batial superior de Fiorini (2015), como en el primer intervalo del pozo.

Por otra parte, la primera parte del Eoceno superior, según ANH-UniCaldas (2020), está estrechamente relacionado con un paquete litológico compuesto por lodolitas bioclásticas y/o calcáreas, calizas, con algunas intercalaciones de sublitoarenitas y litoarenitas, areniscas bioclásticas que pasan transicionalmente a packstone y grainstones esqueletales, ricas en glauconita con abundantes microfósiles calcáreos y moluscos (*Cytheromorpha* spp., *Leguminocythereis* spp. *Acteon* spp. y *Parvicardium* spp.), que indican ambientes desarrollados en la plataforma con fondos oxigenados. El patrón litológico agradante y los niveles de areniscas y calizas de grano grueso podrían corresponder a depósitos de tormentas, incluso a turbiditas.

El segundo tramo, es dominado enteramente por foraminíferos bentónicos de pared aglutinada (**Figura 14**), las diversidades son variables y van desde casi 1 hasta 3,5. Los microhábitats epifaunales llegan a sus máximos a lo largo del pozo, las condiciones oligotróficas predominan en ambientes oxigenados (subóxicos y óxicos) según el modelo TROX de Jorissen (1995; 2007). Las batimetrías, parecen afines a la zona del quiebre del talud (**Figura 25**). No obstante, una disminución de las batimetrías, y el incremento de los microhábitats infaunales, hacen pensar en ambientes en la plataforma, especialmente con la presencia de *Sahulia cónica* (Jones, 1994), que es la más dominante en este tramo (Anexo 1).



**Figura 25.** Modelo de distribución batimétrica de los pozos ANH-SAN JACINTO-1 (ANH-SJ-1) y ANH-COSTA AZUL-1X (ANH-CA-1X).

### 7.2.2 Oligoceno

El Oligoceno y el Mioceno Inferior, son registrado por el pozo ANH-SAN JACINTO-1, mientras que el pozo ANH-COSTA AZUL-1 registra una secuencia del Oligoceno superior y del Mioceno Inferior, que sirve para comparar temporalmente ambas secuencias en ese intervalo.

La base del Oligoceno temprano, entre el límite Eoceno/Oligoceno y hasta el tope de la biozona de nanofósiles calcáreos NP21 (**Figura 13**), se caracteriza por un incremento relevante de las especies de microhábitats infaunales (**Figura 16**), que es acompañado por los máximos valores de las comunidades disóxicas en todo el pozo ANH-SAN JACINTO-1. Este cambio, contrario con las condiciones que prevalecieron en la parte alta del Eoceno superior, muestra una transición entre condiciones mesotróficas a eutróficas, que se mantendrán hasta el Mioceno Inferior. Las diversidades, que ya eran altas desde el último tramo del Eoceno superior, se mantienen con valores entre 3 a 3.5; y con algunas excepciones, no se vuelve a registrar valores tan bajos como los del Eoceno. Este episodio coincide temporalmente con los cambios relacionados con la Transición Eoceno Oligoceno (EOT; Coxall y Pearson, 2007). Durante el EOT, se dio un enfriamiento global que implicó el fin de los climas de efecto invernadero que dominaron en la Tierra hasta el Eoceno, y el comienzo de los climas fríos que prevalecen en la actualidad (Zachos et al., 1996; Coxall et al., 2005; Coxall y Pearson, 2007). Los foraminíferos bentónicos experimentan un aumento repentino de la tasa de acumulación en las aguas profundas de varias partes del mundo asociado a un aumento de la productividad debido a una mayor dinámica oceánica profunda en el Oligoceno más temprano (Boersma 1986; Coxall y Pearson, 2007). Los foraminíferos bentónicos de pared aglutinada, según Kaminski (2005), fueron afectados por la transición climática, produciendo cambios relacionados con condiciones fuertemente oligotróficas a condiciones cada vez más eutróficas provocadas por una circulación oceánica más intensa en el Oligoceno, y en algunos puntos del Atlántico disminuyen en abundancia. Aunque aún no se conoce bien las implicaciones del EOT en el Caribe, recientemente Rull (2023), propone que esta transición climática causó cambio importante en la dominancia de los manglares en el Caribe, estos

ecosistemas eran dominados por la familia *Pelliciera* durante la época Greenhouse en el Paleógeno inferior a ser drásticamente reemplazados por la familia *Rhizophora* a partir del Oligoceno temprano.

Aunque los datos presentados en este trabajo sobre los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 no son conclusivos sobre la influencia del EOT en el SW del Caribe deja abierta una posibilidad a que este tipo de eventos pueda ser investigado en el futuro, y sobre todo con los nuevos descubrimientos en la región (e.g., Rull, 2023).

La diversidad en el Oligoceno y Mioceno, más altas que en el Eoceno superior, con valores promedio de 3.5 (con algunas excepciones), posiblemente inicia como una respuesta a estrés en el medio, dándole opción a las especies oportunistas de aprovechar la disponibilidad de alimento (Jorissen et al., 1995; 2007). Un posible incremento en la materia orgánica, producto de la intensificación oceánica del Oligoceno (?) por el establecimiento de corrientes frías (Coaxall y Pearson, 2007) podría ser el responsable del establecimiento de los microhábitats infaunales desde entonces en el pozo ANH-SAN JACINTO-1. El incremento de las especies afines a medios más anóxicos desde el Oligoceno, sin ser dominantes (**Figura 17**), puede estar asociado al incremento de nutrientes y a una menor cantidad de oxígeno en el medio según el modelo TROX (Jorissen et al., 1995; 2005).

En el Oligoceno la fauna bentónica compuesta mayoritariamente por *B. macilenta*, *B. estriata*, *B. truncana*, *C. mundulus*, *E. viksburgensis*, *Globobulimina* sp., *G. subglobosa*, *G. altiformis*, *H. soldani*, *Lagena* sp., *Lenticulina* sp. *M. pompilioides*, *N. longiscata*, *S. elegantissima*, *S. jacksonensis*, *Siphonodosaria* sp., *U. auberiana*, *U. auberiana attenuata*, *U. galloway*, *D. cubensis*, *P. cylindrica*, *P. discreta* y *S. compresa* es asociadas a la zona comprendida entre las profundidades batial superior a batial medio con algunas alternancias hasta las zonas más someras (**Figura 18**). Fiorini (2015), ha demostrado como las especies infaunales son dominantes desde la plataforma externa hasta la zona media del talud de la margen continental colombiana, y se relaciona, además, con los bajos porcentajes y/o ausencia de foraminíferos aglutinados o porcelanados. Las relaciones



porcentuales entre el trabajo de Fiorini (2015) y las distribuciones de los foraminíferos bentónicos del Oligoceno en el pozo ANH-SAN JACINTO-1 son muy semejantes, lo que hace suponer que el mejor análogo para los ambientes de esa época son los presentes hoy en día en la costa Caribe colombiana. Además, para Fiorini (2015), esta relación en la distribución de foraminíferos bentónicos según el tipo de pared es característica de una zona con deficiencia en oxígeno, lo que se asemeja al patrón de microhábitats del pozo ANH-SAN JACINTO-1 en el Oligoceno y Mioceno Inferior.

Según ANH-UniCaldas (2020), las litologías dominantes durante el Oligoceno en el pozo ANH-SAN JACINTO-1 se interpretan como sedimentación en ambientes de plataforma y talud superior en una secuencia agradante. La presencia de los ostrácodos (e.g., *Argilloecia* spp., *Messinella* spp., *Messinella guajayanensis*, *Echinocythereis* spp., *Henryhowella* spp., *Parakrithe reversa* y *Krithe* spp.), son indicadores de ambientes que varían entre plataforma externa a medios más profundos y con deficiencia de oxígeno, lo que corrobora las tendencias halladas con los foraminíferos bentónicos.

En un contexto regional, Mora-Bohórquez et al. (2017; 2018), plantean que la subducción plana en el NW de Sudamérica, que comienza desde el Eoceno superior, es la causante de un periodo de relativa estabilidad tectónica y un incremento en la subsidencia de la CPSJ y el Valle Inferior del Magdalena. En ese sentido, un cambio en la batimetría, más somera en el Eoceno superior, y más profunda en el Oligoceno evidenciado en el pozo ANH-SAN JACINTO-1, posiblemente equivale al incremento de la subsidencia en la región. Mora-Bohórquez et al. (2018), estiman para el Oligoceno un incremento de la subsidencia total entre 250 y casi 1000 metros, lo que tentativamente podría ser equivalente a pasar de ambientes someros a profundidades en la zona batial media. El Oligoceno, que normalmente en este trabajo se ve “homogéneo” según la distribución de los foraminíferos bentónicos posiblemente se deba a las bajas tasas de sedimentación calculadas para la época (Mora-Bohórquez et al., 2020).

### 7.2.3 Oligoceno superior/Mioceno Inferior

En el pozo ANH-SAN JACINTO-1 durante el paso del Oligoceno superior al Mioceno Inferior dos picos contrastantes en términos de batimetría se confrontan. Uno relacionado con ambientes someros desarrollados en la zona nerítica y otro característico de ambientes profundos, relacionado con la zona batial inferior. El modelo de edad generado con los nanofósiles calcáreos (Arias et al., 2023) propone una discordancia de aproximadamente 4 Myrs, que se correlaciona con una inconformidad regional a lo largo de la CSSJ (Mora-Bohórquez et al., 2028). Claramente, la distribución de foraminíferos bentónicos es diferente antes y después de la discordancia. Una dominancia de *Uvigerina auberiana attenuata*, hasta de casi el 60% de la composición marca el final del Oligoceno superior. En el Mioceno Inferior, esta especie que disminuye considerablemente e incrementan *S. reticulata* y *U. mantaensis* dominando la asociación bentónica. Para ANH-UniCaldas (2020), el intervalo Mioceno del pozo se relaciona con una secuencia agradante, sedimentada en la plataforma.

Más al sur, en el pozo ANH-COSTA AZUL-1X, las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Oligoceno superior al Mioceno inferior están controladas por foraminíferos de pared aglutinada, los cuales son más abundantes respecto a los hialinos (**Figura 20**). Las diversidades oscilan entre 0.5 y 3.5, siendo más bajas en el Oligoceno y cerca del límite con el Mioceno.

A diferencia del pozo ANH-SAN JACINTO-1, los microhábitats tienen una ligera tendencia a lo epifaunal con asociaciones subóxicas y óxicas dominantes (**Figura 16**). Aunque en el Aquitaniano, algunos picos anóxicos se relacionan con un breve incremento de nutrientes en los fondos. La batimetría del pozo mantiene una tendencia a condiciones someras entre la plataforma y el talud superior, desde la zona nerítica a la batial superior. Aunque hay altas abundancias de foraminíferos bentónicos de pared aglutinada, estos no parecen pertenecer a asociaciones profundas. Este intervalo del pozo, según ANH-UniCaldas (2020), basados en la asociación vertical de facies y a un patrón de apilamiento agradante indican sedimentación en ambientes de plataforma a talud superior, concordando con la interpretación paleoambiental según los foraminíferos bentónicos.

Aunque el modelo de edad no muestra una discordancia en el pozo ANH-COSTA AZUL-1X, un pico de foraminíferos bentónicos mayoritariamente compuestos de *Vulvulina pennatula* y *Nothia robusta*, indica ambientes cerca del límite con el talud superior (?), (Kaminki y Gradstein, 2005; Holbourn et al., 2013; Fiorini, 2015), y una de las menores batimetrías en el pozo. Este cambio batimétrico, junto con una caída de la diversidad y un incremento de los microhábitats epifaunales podría indicar un cambio de ambientes relacionado a la discordancia regional del Mioceno Temprano, que se observa también en el pozo ANH-SAN JACINTO-1.

El evento regional causante de la discordancia y cambio en los ambientes batimétricos posiblemente se relaciona con los pulsos iniciales de la colisión del Bloque Panamá-Choco o una fase de inversión tectónica en el Caribe occidental (Farris et al., 2011; Escalona y Mann, 2011; Mora-Bohórquez et al., 2018), incluso por las últimas etapas de formación y exhumación, entre el Oligoceno tardío al Mioceno Temprano en la Cordillera Oriental en el Macizo de Santander, la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Cordillera Central (Mora et al., 2010; Villagómez et al., 2011; Mora et al., 2013, Mora et al., 2015). La mezcla de ambientes mostrado por los foraminíferos bentónicos en el pozo ANH-SAN JACINTO-1 posiblemente se dé como respuesta a los procesos tectónicos regionales mencionados.

Las diferencias entre las comunidades de foraminíferos bentónicos entre ambos pozos (tipos de pared, abundancias, diversidad y composición de especies), hace suponer que entre el Oligoceno tardío y el Mioceno Temprano los ambientes eran muy variables, aunque en el presente las secuencias se encuentren relativamente cerca, es posible que la posición de la secuencia registrada por el pozo ANH-SAN JACINTO-1 se hubiese encontrado en aguas abiertas y una batimetría levemente más profunda (debido a la presencia de especies de la zona batial medio e inferior), mientras que la secuencias registrada por el pozo ANH-COSTA AZUL-1X hubiese estado aproximando a ambientes más somera principalmente en la plataforma. Algunas de las especies aglutinadas en este pozo (e.g., *N. robusta*) son comunes en cuencas en su última etapa de desarrollo cuando la profundidad del agua disminuye (Kaminski y Gradstein, 2005). Los modelos paleogeográficos para la época (Mora-Bohórquez et al., 2018; Celis et al., 2023) hacen evidente la diferencia de profundidades entre ambas localidades.

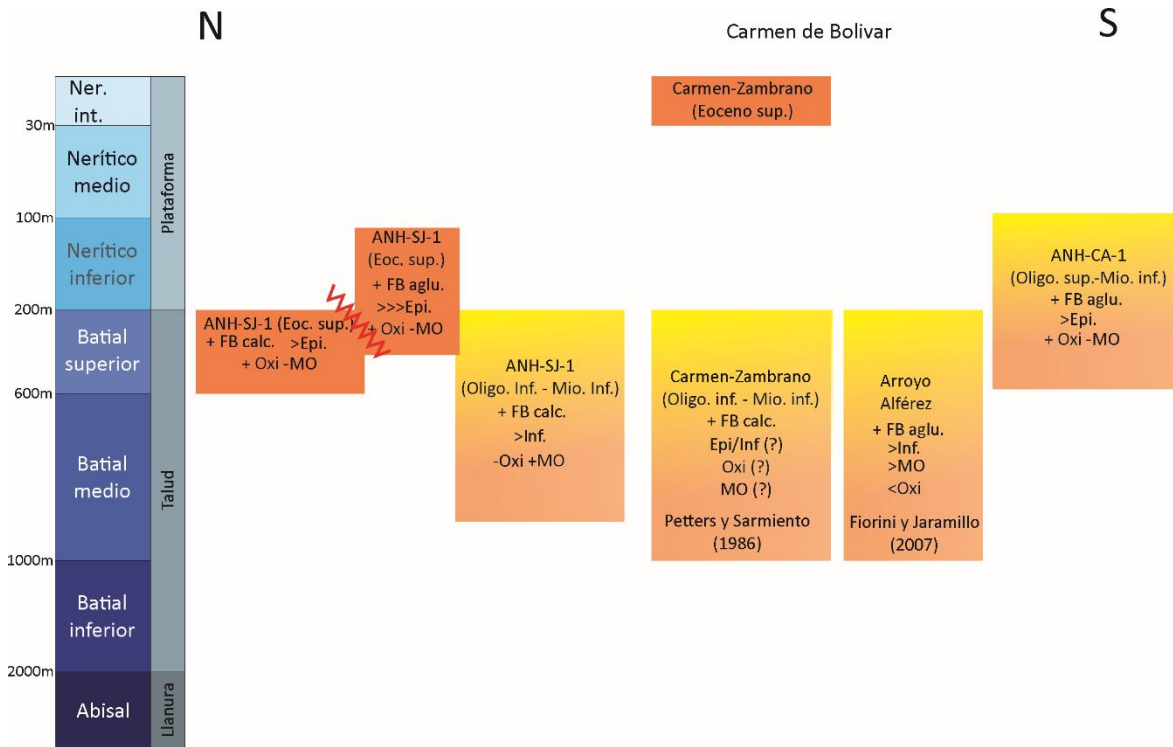
### 7.3 Correlación con otros trabajos en la parte central del CPSSJ

Uno de los trabajos pioneros en los que se utilizó foraminíferos bentónicos en el Caribe colombiano es el de Petters y Sarmiento (1956). El principal objetivo de ese trabajo fue la zonificación bioestratigráfica, especialmente con foraminíferos bentónicos, de la secuencia Carmen-Zambrano, ubicada en entre los pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1 (Figura 1). Según Petters y Sarmiento (1956), la secuencia de Carmen-Zambrano, se extiende desde el Eoceno superior, hasta el Mioceno Medio, lo que la convierte en una de las secuencias más completas del Cenozoico del norte de Suramérica (e.g. Duque Caro et al., 1996; Fiorini y Jaramillo, 2007). El pozo ANH-SAN JACINTO-1, podría ser un análogo en el subsuelo de esa secuencia en cuanto a continuidad temporal.

Aunque la bioestratigrafía es el eje principal del trabajo de Petters y Sarmiento (1956), los paleoambiente también fueron interpretados para cada una de sus biozonas. Para ellos, el Eoceno superior (zona de *Bulimina jacksonensis*), asociado a areniscas, a veces conglomerados y lodolitas, se desarrolló en ambientes de aguas someras, en la zona nerítica. Mientras que, las zonas del Oligoceno al Mioceno Inferior relacionadas casi enteramente con extensos paquetes de lodolitas negras ricas en foraminíferos se sedimentaron desde la parte externa de la zona nerítica, cerca del talud, hasta la zona batial media (**Figura 26**).

En el centro del CPSSJ, los trabajos cartográficos de Duque Caro (1968 y 1967) y Duque Caro et al. (1996), han correlacionado las unidades marinas del Eoceno superior con las formaciones San Jacinto y Toluviejo, y el Oligoceno - Mioceno Temprano con la Formaciones Carmen. Las formaciones Toluviejo y San Jacinto, según Duque Caro (1968 y 1967), se depositaron en aguas marinas tropicales someras, la primera con influencia de arrecifes, y la segunda asociada a abanicos submarinos de la zona del quiebre del talud. Mientras que la Formación Carmen se sedimentó a una profundidad entre 200 a 600 metros hasta la profundidad batial superior (Duque Caro, 1967). En la cartografía de Carmen de Bolívar Duque Caro et al. (1996), le asignan a la Formación Carmen un ambiente de cuenca marginal, restringida y relativamente anóxica, en la zona batial media,

hasta 900 metros de profundidad (hasta la profundidad batial media), con aporte importante de materia orgánica.



**Figura 26.** Comparación de la batimetría, tipo de pared, dominancia epifaunal o infaunal, oxigenación relativa y materia orgánica relativa entre los pozos ANH-SAN JACINTO-1, ANH-COSTA AZUL-1X, la sección Carmen-Zambrano (Petters y Sarmiento, 1956) y la sección Arroyo Alférez (Fiorini y Jaramillo, 2007).

Más recientemente Fiorini y Jaramillo (2007), en la sección Arroyo Alférez, en cercanías a Carmen de Bolívar, en sedimentos de la Formación Carmen realizaron una reconstrucción paleoambiental de los depósitos del Oligoceno superior a Mioceno Inferior. Ellos describen una asociación de foraminíferos bentónicos predominantemente aglutinados. Para estos autores la Formación Carmen se depositó en ambientes batiales medios a superiores, con dominancia de microhábitats infaunales que son controlados por sedimentos ricos en materia orgánica y con bajos niveles de oxigenación (**Figura 26**).

En el pozo ANH-SAN JACINTO-1, el Eoceno superior, como se comentó anteriormente, algunos foraminíferos son representativos de profundidades neríticas (e.g., *Amphistegina* sp.). Además, la descripción litológica de ANH-UniCaldas (2020), lo relaciona con

turbiditas. Lo que se asemeja con la descripción de la Formación San Jacinto de Duque Caro et al. (1996). En el presente trabajo se propone que la parte inferior del pozo (el segmento 1 desde según el tipo de pared, figura 14), desde un punto de vista micropaleontológico corresponde a la Formación San Jacinto. Además, algunos de los fósiles guía de la zona *Bulimina Jackonensis* (e.g., *Bulimina Jackonensis*, *Anphistegina* spp.) de Petters y Sarmiento (1956), están presente en estos niveles del pozo ANH-SAN JACINTO-1. El segmento desde el cambio litológico del Eoceno superior al Mioceno Inferior parece corresponder a la Formación Carmen.

Con los foraminíferos bentónicos del pozo ANH-SAN JACINTO-1 se observa que el Eoceno superior no es homogéneo, por lo que el contraste entre el segmento 1 y el 2, según el tipo de pared (Figura 14), posiblemente corresponde a una discordancia. Aunque esta no fue observada en el modelo de edad de nanofósiles calcáreos de Arias et al. (2023), el cambio repentino en algunos de los parámetros (e.g., tipo de pared, diversidad), posiblemente se deba a un proceso regional o local. Duque Caro (1984) propone una discordancia regional en el Oligoceno inferior entre las facies clásticas de la Formación San Jacinto y las lodolitas de la Formación Carmen. Ese contacto, en el pozo, no lo vemos en el Oligoceno como Duque Caro, sino en el Eoceno superior durante la biozona NP19-NP20. Otros trabajos, proponen la discordancia entre el Eoceno medio y superior (Mora-Bohórquez et al., 2018; 2020), entre 40 a 35 Ma. En este estudio, y basado en la temporalidad de los nanofósiles, la discordancia debió darse en algún momento entre 37 y 35 Ma. Según Duque Caro et al. (1996) y Mora-Bohórquez et al. (2017), la discordancia se debe a una fase de acortamiento, relacionada con el inicio de la subducción plana en el SW del Caribe.

Las facies marinas del Oligoceno y Mioceno temprano en el centro de la cuenca parecen corresponder a una inundación marina que alcanzó durante este periodo máximos de profundidad relacionados con la zona batial media (Petters y Sarmiento, 1956, Duque Caro et al., 1996; Fiorini y Jaramillo, 2007 y este trabajo), es decir hasta 1000 metros según Van Morkhoven et al. (1986).

Por otra parte, los trabajos de Duque Caro et al. (1996) y Fiorini y Jaramillo (2007), proponen ambientes relativamente anóxicos, y anóxicos respectivamente, los foraminíferos bentónicos en el pozo ANH-SAN JACINTO-1, muestran un incremento en las abundancias de las especies afines a ambientes anóxicos, especialmente después del límite Eoceno/Oligoceno, pero son más abundantes las especies subóxicas y óxicas. En el pozo ANH-COSTA AZUL-1X, sucede igual, son más abundantes las especies subóxicas y óxicas. Lo que indicaría fondos ligeramente más ventilados.

En términos de la abundancia y proporción de los foraminíferos por tipo de pared, los del pozo ANH-COSTA AZUL-1, parecen correlacionarse mejor con las descripciones de Fiorini y Jaramillo (2007), en términos de la dominancia de foraminíferos bentónicos de pared aglutinada. En el pozo ANH-COSTA AZUL-1, los ambientes son ligeramente más oxigenados, con microhábitats que levemente tienden a condiciones, para Fiorini y Jaramillo (2007), este tipo de condiciones son relacionados con eventos de mejor oxigenación asociada con corrientes de fondo.

Las diferencias entre los foraminíferos presentes en ambos pozos (e.g., tipo de pared y diversidad), y las interpretaciones, más anóxico en Fiorini y Jaramillo (2007), y menos anóxico en los pozos en este estudio, hace pensar que las condiciones oceánicas para el Oligoceno tardío fueron dinámica en toda la cuenca, y que deben ser estudiados otros aspectos como la geometría de la cuenca (como varió la batimetría), el ingreso de sistemas fluviales, y como fue el comportamiento de las corrientes.

## 8. CONCLUSIONES

Se documentó la distribución de los foraminíferos bentónicos de dos pozos en la parte central del Cinturón Plegado de San Jacinto en el Caribe colombiano (pozos ANH-SAN JACINTO-1 y ANH-COSTA AZUL-1X).

Ambos pozos cuentan con un control bioestratigráfico previo que indican edades entre el Eoceno superior al Mioceno Inferior para el pozo ANH-SAN JACINTO-1 entre las biozonas NP19-NP20 hasta la biozona NN2 de nanofósiles calcáreos. Y para la porción estudiada del pozo ANH-COSTA AZUL-1X, una edad entre el Oligoceno superior al Mioceno Inferior entre las biozonas de foraminíferos planctónicos O7-Mi-M2.

Se identificaron 146 géneros y 288 especies de foraminíferos bentónicos a lo largo de ambos núcleos y se proporcionaron imágenes al Microscopio Electrónico de Barrido para todas ellas. Esta sistemática es el primer estudio sistemático sobre los foraminíferos del Eoceno superior al Mioceno Inferior en los depósitos marinos del Cinturón Plegado de San Jacinto tras 67 años de haberse publicado el único trabajo sobre la sistemática de los foraminíferos bentónicos en la región que abarcó desde el Eoceno superior al Cuaternario.

El Eoceno superior en la base del núcleo ANH-SAN JACINTO-1, relacionado con la biozona de nanofósiles calcáreos NP19-NP20, los foraminíferos bentónicos son calcáreos en su mayoría. Presentan en conjunto una leve tendencia a los microhábitats epifaunales. La paleobatimetría se desarrollaron en el talud, tal vez en la zona batial superior. La parte tardía del Eoceno superior entre la zona NP19-20 y NP21, hasta el límite con el Oligoceno, los foraminíferos bentónicos aglutinados son dominantes. Además, también lo son los microhábitats epifaunales. La paleobatimetría parece ser más somera que el intervalo anterior, tal vez en la zona nerítica y abarcando el quiebre del talud. El cambio entre los parámetros medidos (tipo de pared, microhábitats, paleobatimetría) parecen indicar una discordancia, que coincide temporalmente con la Discordancia del Eoceno superior propuesto en trabajos previos.



El Oligoceno y el Mioceno Inferior del pozo ANH-SAN JACINTO 1, se desarrolla desde la biozona NP21 hasta la NN2. Son más abundantes los foraminíferos bentónicos de pared calcárea y de microhábitats infaunales, las profundidades son mayores con batimetrías hasta la zona batial media y se relaciona con diversidades altas respecto al Eoceno.

Las diferencias entre el Eoceno y el Oligoceno-Mioceno, especialmente desde el punto de vista batimétrico, responde a los cambios a nivel tectónico en la cuenca. Otros trabajos han reportado el inicio desde el Eoceno tardío-Oligoceno temprano, de procesos de extensión y subsidencia, que facilitaron el avance de las facies marinas en la cuenca. Con los foraminíferos bentónicos se puede detectar el mismo patrón, y se concluye que entre el Eoceno y el Oligoceno los ambientes se profundizaron. Puntualmente, los cambios cercanos al límite Eoceno/Oligoceno, podrían coincidir con la transición climática global relacionada con el inicio de un casquete en la Antártida.

En el pozo ANH-COSTA AZUL-1X, se estudiaron los foraminíferos entre el Oligoceno superior al Mioceno Inferior, entre las zonas de foraminíferos planctónicos O7 a M1-M2. En este pozo dominan los foraminíferos bentónicos de pared aglutinada. Los microhábitats son ligeramente epifaunales, y las batimetrías parecen ser más someras respecto al mismo periodo en el pozo ANH-SAN JACINTO-1. Las diferencias entre ambos pozos parecen indicar una cuenca dinámica desde el punto de vista oceanográfico.

La transición del Oligoceno al Mioceno parece coincidir con una discordancia regional más notoria en el pozo ANH-SAN JACINTO-1 que en el pozo ANH-COSTA AZUL-1X.x

Este estudio muestra que la distribución de los foraminíferos bentónicos en pozos del Cinturón Plegado de San Jacinto sirve para reconstruir las condiciones batimétricas y los paleoambientes. Estudios más detallados en el futuro servirían para detallar las condiciones paleoceanográficas en el SW del Caribe que hasta la fecha son casi desconocidas para el Paleógeno y el Neógeno inferior.

## 9. Referencias

- Adl, S.M., Simpson A.G.B., Farmer M.A., Andersen R.A., Anderson O.R., Barta, J.R., Bowser, S.S., Brugerolle G., Fensome, R.A., Federico, S., James, T.Y., Karpov, S., Krugens, P., Krug, J., Lane, C.E., Lewis, L.A., Lodge, J., Lynn, D.H., Mann, D.G., McCourt, R.M., Mendoza, L., Moestrup, O., Mozley-Standridge, S.E., Nerad, T.A., Shearer, C.A., Smirnov, A.V., Spiegel, F.W. & Taylor M.F.J.R. (2005). The new higher-level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J. Eukaryotic Microbiol*, 52 (5), 399-451.
- Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Catanzariti, R., Pälke, H., Backman, J. & Rio, F., (2014). Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes *Newsl. Stratigr.*, 47, 131-181
- Aller, J.Y. & Aller, R.C. (1986). Evidence for localized enhancement of biological activity associated with tube and burrow structures in deep-sea sediments at the HEBBLE site, western North Atlantic. *Deep-Sea Research* 33, 755-790.
- Altenbach, A.V. & Sarnthein, M. (1989). Productivity record in benthic foraminifera. In: Berger, W.H., Smetacek, V.S., and Wefer, G. (Eds), *Productivity in the Oceans: Present and Past*. Wiley, Chichester, pp. 255-269.
- Alve, E. (2010). Benthic foraminiferal responses to absence of fresh phytodetritus: A two-year experiment. *Marine Micropaleontology*, 76, 67–75.
- Anderson, O.R. & Lee, J.J. (1991). *Biology of Foraminifera*. Academic Press, London, 368 pp.
- Angulo-Pardo, E., Vallejo-Hincapié, F., Guerra, R.D.M., Pardo-Trujillo, A., Giraldo-Villegas, C.A., González, J.G., Duran, S.H., Quijano, S.H., Plata-Torres, A. & Trejos-Tamayo, R. (2023). Late Cretaceous calcareous nannofossil assemblages from

- Colombia: Biostratigraphic contributions to northwestern South American Basins *J. South Am. Earth Sci.*, 127, 104315. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104315>
- ANH-UniCaldas (2020) Certificación de estratigrafía física y edad de los núcleos de perforación recuperados por la ANH Cuencas Sinú San Jacinto (SSJ) y Cordillera Oriental CO). Unpublished report (2020), p. 100
- Arias-Villegas, V., Bedoya-Agudelo, E.L., Vallejo, F., Aubry, M-P. & Pardo-Trujillo, A. (2023). Late Eocene to Early Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy from the ANH-San Jacinto- 1 well: stratigraphic implications for the Sinú-San Jacinto Basin in the Caribbean region of Colombia. *J. S. Am. Earth Sci.*
- Aubry, M.-P. (2014). Cenozoic Coccolithophores: Discoasterales (CC-C). *Micropaleontology Press. Atlas of Micropaleontology series*, New York (2014), p. 328.
- Backman, J., Raffi, I., Rio, D., Fornaciari, E. & Pälike, H. (2012). Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes *Newsl. Stratigr.*, 45, 221-244, 10.1127/0078-0421/2012/0022
- Bandy O.L. (1953). The frequency distribution of recent Foraminifera off California *J. Paleontol.*, 27, 161-182.
- Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C.A. & Martínez, J.F. (2007). Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal. *Agencia Nacional de Hidrocarburos*, 92 p. Bogotá.
- Berner, R.A. & Raiswell, R. (1983). Burial of organic carbon and pyrite. Sulfur in sediments over Phanerozoic time: A new theory: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 855-862.
- Bernhard, J.M. (1986). Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene: *Journal of Foraminiferal Research*, 16, 207-215.

- Bernhard, J.M. & Alve, E. (1996). Survival, ATP pool, and ultrastructural characterization of benthic foraminifera from the Drammensfjord (Norway): response to anoxia. *Marine Micropaleontology* 28, 5-17.
- Blaj, T., Backman, J. & Raffi, I. (2009). Late Eocene to Oligocene preservation history and biochronology of calcareous nannofossils from paleoequatorial Pacific Ocean sediments. *Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia* 115, 67-84.
- Boersma, A. (1986). Eocene–Oligocene Atlantic paleoceanography, using benthic foraminifera. In: Pomeroy, C. & Premoli-Silva, I. (eds) *Terminal Eocene Events*, Elsevier, 225–236.
- Bolli, H.M., Beckmann, J-P. & Saunders, J.B. (1994). Benthic foraminifera biostratigraphy of the south Caribbean region. Cambridge university press. 2-408.
- Bürgl, H. (1965). El límite Oligoceno Mioceno en el Terciario marino de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 12 (47), 245-258.
- Buzas, M., Culver, S.J. & Jorissen, F.J. (1993). A statistical evaluation of the microhabitats of living (stained) infaunal benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology* 20, 3-4.
- Buzas, M.A., Collins, L.S., Richardson, S.L. & Severin, K.P. (1989). Experiments on predation, substrate preference, and colonization of benthic foraminifera at the shelfbreak off the Ft. Pierce Inlet, Florida. *Journal of Foraminiferal Research*, 19, 146-152.
- Cardona, A., Valencia, V., Bayona, G., Duque, J., Ducea, M., Gehrels, G., Jaramillo, C., Montes, C., Ojeda, G. & Ruiz, J. (2011). Early-subduction-related orogeny in the northern Andes: Turonian to Eocene magmatic and provenance record in the Santa Marta Massif and Rancheria Basin, northern Colombia. *Terra Nova* 23, 26–34.
- Carney, R.S. (2005). Zonation of deep biota on continental margins. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 43, 211-278.

- Celis, S.A., Rodríguez-Tovar, F.J., Pardo-Trujillo, A., García-García, F., Giraldo-Villegas, C.A., Gallego, F., Plata, A., Trejos-Tamayo, R., Vallejo-Hincapié, F. & Cardona, F.J. (2023). Deciphering influencing processes in a tropical delta system (middle-late Eocene? to Early Miocene, Colombian Caribbean): Signals from a well-core integrative sedimentological, ichnological, and micropaleontological analysis. *Journal of South American Earth Sciences*, 127, 104368.
- Collins, L.S. (1993). Neogene paleoenvironments of the Bocas del Toro Basin, Panama. *Journal of Paleontology*, 67 (5), 699-710.
- Corlis, B. & Chen, C. (1988). Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16, 716-719.
- Corliss, B. H. (1985). Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature* 314:435. doi: 10.1038/314435a0
- Coxall, H. K., Wilson, P. A., Pälike, H., Lear, C. H. & Backman, J. (2005). Rapid stepwise onset of Antarctic glaciation and deeper calcite compensation in the Pacific Ocean. *Nature*, 433, 53–57.
- Coxall, H.K. & Pearson, P.N. (2007). The Eocene–Oligocene Transition. In Williams, M., Haywood, A.M., Gregory, F.J., Schmidt, D.N., (eds) *Deep-Time Perspectives on Climate Change: Marrying the Signal from Computer Models and Biological Proxies*. The Micropalaeontological Society, Special Publications. The Geological Society, London, 351–387
- Cushman, J.A. & Renz, H.H. (1946). The foraminiferal fauna of the Lizard Springs Formation of Trinidad, British West Indies. Special Publications of the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 18, 1-48.
- Duque-Caro, H. (1967). Informe bioestratigráfico preliminar de los cuadrángulos E-8 y D-8, Informe 1522. Servicio Geológico Nacional. Bogotá.
- Duque-Caro, H. (1968). Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. *Boletín de Geología*, 24, 71-87.

- Duque-Caro, H. (1971a). Ciclos tectónicos y sedimentarios en el norte de Colombia y sus relaciones con la paleoecología. *Boletín Geológico*, 19(3), 1-23.
- Duque-Caro, H. (1971b). Relaciones entre la bioestratigrafía y la cronoestratigrafía en el llamado Geosinclinal de Bolívar. *Boletín Geológico*, 19(3), 25-68. Escalona, A., Mann, P., 2011. Tectonics, basin subsidence mechanisms, and paleogeography of the Caribbean-South American plate boundary zone. *Mar. Petrol. Geol.* 28, 8–39.
- Duque-Caro, H. (1975). Los foraminíferos planctónicos y el Terciario de Colombia. *Revista Española de Micropaleontología*, 7(3), 403-427.
- Duque-Caro, H. (1979). Major structural elements and evolution of northwestern Colombia. In: J.S. Watkins, L. Montadert, P. Wood-Dickerson (eds.). *Geological and geophysical investigations of continental margins*, AAPG. Memoir, 29, 329-351. <https://doi.org/10.1306/M29405C22>
- Duque-Caro, H. (1984). Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinú–San Jacinto Terrane, southwestern Caribbean borderland. In: Bonini, W.E., Hargraves, R.B. & Shagam, R. (editors), *The Caribbean–South American plate boundary and regional tectonics*. Geological Society of America, Memoir 162, p. 303–316.
- Duque Caro, H. (2006). COMENTARIO A: "Quantitative biostratigraphic model for the Tertiary of the Lower Magdalena Basin, colombian caribbean" por Cuartas, Jaramillo, & Martínez, 2006. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 3 (2), 183-196.
- Duque-Caro, H., Guzmán, G. & Hernández, O. (1996). *Geología de la plancha 38*. Informe No. 2188. INGEOMINAS. Bogotá.
- Escalona, A. & Mann, P. (2011). Tectonics, basin subsidence mechanisms, and paleogeography of the Caribbean-South American plate boundary zone. *Mar. Petrol. Geol.*, 28, 8–39.
- Farris, D.W., Jaramillo, C.A., Bayona, G.A., Restrepo-Moreno, S.A., Montes, C., Cardona, A., Mora, A., Speakman, R.J., Glasscock, M.D., Reiners, P. & Valencia, V. (2011).

- Fracturing of the Panamanian isthmus during initial collision with South America. *Geology* 39, 1007–1010. <https://doi.org/10.1130/G32237.1>
- Fiorini, F. & Jaramillo, C. (2007). Paleoenvironmental reconstruction of the Oligocene-Miocene deposits of Southern caribbean (Carmen de Bolivar, Colombia) based on benthic foraminifera. *Boletín De Geología*, 29(2). Recuperado a partir de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/433>
- Fiorini, F. (2015). Recent benthic foraminifera from the Caribbean continental slope and shelf off west of Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 60, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.03.003>
- Flinch, J. F. (2003). Structural evolution of the Sinu-Lower Magdalena area (northern Colombia). In C. Bartolini, R. T. Buffler, & J. Blickwede (Eds.), *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics*, AAPG Memoir, 79, 776–796.
- Fontanier, C., Jorissen, F., Licari, L., Alexandre, A., Anschutz, P. & Carbonel, P. 2001. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitats. *Deep-Sea Research I* 49 (2002), 751-785.
- GEBCO Compilation Group (2023). GEBCO 2023 Grid doi: 10.5285/f98b053b-0cbc-6c23-e053-6c86abc0af7b.
- Giraldo-Villegas, C.A., Rodríguez-Tovar, F.J., Celis, S.A., Pardo-Trujillo, A. & Duque-Castaño, M.L. (2023). Paleoenvironmental conditions over the caribbean large igneous province during the late cretaceous in NW of South American margin: a sedimentological and ichnological approach. *Cretac. Res.*, 142, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2022.105407>
- Goldstein, S.T. (1999). Foraminifera: a biological overview, in Sen Gupta, B.K. (Ed.), *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 37-55.

- Goldstein, S.T. & Corliss, B.H. (1994). Deposit feeding in selected deep-sea and shallow-water benthic foraminifera. *Deep-Sea Research I*, 41. (2), 229-241.
- Gómez, J. & Montes, N.E. (2020). Mapa Geológico de Colombia en Relieve 2020. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.
- Gooday, A.J. (1988). A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea *Nature*, Lond. 332: 70-73.
- Guzman, G., Gomez, E. & Serrano, B. (2004). Geología de los cinturones del Sinu, San Jacinto y Borde occidental del Valle Inferior del Magdalena, Caribe Colombiano. Ingeominas (Colombian Geological Survey) report, Bogotá.
- Guzman, G. (2007). Stratigraphy and sedimentary environment and implications in the plato basin and the San Jacinto Belt northwestern Colombia. PhD Thesis, Univ. of Liege, Belgium.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001-2022). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaentologia Electronica*. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Heinz, P., Ruschmeier, W. & Hemleben, C. (2008). Live benthic foraminiferal assemblages at the Pacific continental margin of Costa Rica and Nicaragua. *Journal of Foraminiferal Research*, 38, 215–227.
- Holbourn, A., Henderson, A. S. & MacLeod, N. (2013). Atlas of benthic foraminifera. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 653 pp
- Holbourn, A.E. & Henderson, A.S. (2001). Re-illustration and revised taxonomy for selected deep sea Benthic foraminifers. *Palaeontologia Electronica*. 4 (2), 34 pp, [http://palaeo-electronica.org/paleo/2001\\_2/foram/issue2\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/paleo/2001_2/foram/issue2_01.htm).
- Hottinger, L. (2006). Illustrated Glossary of terms used in foraminiferal research. *Carnets de Geologie – Memoir 2*. [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006\\_M02/index.html](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/index.html).
- Jiang, S., Wise, Jr.S.W., y Wang, Y. 2007. Cause of the Middle/Late Miocene



- Carbonate Crash: Dissolution or Low Productivity? In: Teagle, D.A.H., Wilson D.S., Acton, G.D., y Vanko, D.A. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 206, 1-24.
- Jones, R.W. & Charnock, M.A. (1985). "Morfogroups" of agglutinated foraminifera, their life positions and feeding habits and potential aplicability in palaeoecology studies. *Revue the paleobiologic*, 4, 311-320.
- Jones, R.W. (1994). *The Challenger Foraminifera*. Oxford: Oxford University Press, 149 pp.
- Jorissen, F.J. (1999), Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment- water interface. In: Sen Gupta, B.K., ed., *Modern Foraminifera*. Dordrecht: Kluwer, 161-179.
- Jorissen, F.J., De Stigter, H.C. & Widmark, J.G.V. (1995). A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26, 3-15.
- Jorissen, F.J., Fontanier, C. & Thomas, E. (2007). Paleooceanographic proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In Hillaire-Marcel, C., and De Vernal, A., ed., *Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography*, Vol 1. Developments in Marine Geology. New York: Elsevier, pp. 263-325.
- Juliao-Lemus, T., de Araujo Carvalho, M., Torres, D., Plata, A. & Parra, C. (2016). Paleoenvironmental reconstruction based on palynofacies analyses of the Cansona Formation (Late Cretaceous), Sinú-San Jacinto Basin, northwest Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 69, 103–118. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.03.009>
- Kaiho, K. (1991). Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 83, 65-85.
- Kaiho, K. (1994). Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22, 719-722

- Kaiho, K., Fujiwara, O. & Motoyama, I. (1993a). Mid-Cretaceous faunal turnover of intermediate-water benthic foraminifera in the northwestern Pacific Ocean: *Marine Micropaleontology*, 23, p. 13-49.
- Kaiho, K., Morgans, H.E.G. & Okada, H. (1993b). A faunal turnover of intermediate-water benthic foraminifera during Paleogene in New Zealand: *Marine Micropaleontology*, 23, 51-86.
- Kajiwara, Y., & Kaiho, K. (1992). Oceanic anoxia at the Cretaceous/Tertiary boundary supported by the sulfur isotopic record: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99, 151-162.
- Kaminski, M.A. & Gradstein, F.M. (2005). *Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep Water Agglutinated Foraminifera*. Memoir, Grzybowski Foundation, 500p.
- Kaminski, M.A., Gradstein, F.M., Berggren, W.A., Geroch, S. & Beckmann, J.P. (1988). Agglutinated foraminiferal assemblages from Trinidad: taxonomy, stratigraphy and paleobathymetry. In Gradstein, F.M. and Rogl, F., ed., *Second International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Vienna 1986, Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, vol. 41, pp. 155-228.
- Kuhnt, T., Friedrich, O., Schmiedl, G., Milker, Y., Mackensen, A. & Luckge, A. (2012). Relationship between pore density in benthic foraminifera and bottom-water oxygen content. *Deep sea research I*: 85-96.
- Kuhnt, W. & Kaminski, M.A. (1990). Paleocology of Late Cretaceous to Paleocene deep-water agglutinated foraminifera from the North Atlantic and western Tethys In Hemleben, C., Kaminski, M.A., Kuhnt, W., & Scott, D.B. (eds.), *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography, and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*. NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, 327: 433-505.
- Kurbjewit, F., Schmiedl, G., Schiebel, R., Hemleben, C., Pfannkuche, O., Wallmann, K. & Schäfer, P. (2000). Distribution, biomass and diversity of benthic foraminifera in

- relation to sediment geochemistry in the Arabian Sea. *Deep-Sea Research II*, 47, 2913–2955.
- Loeblich, A.R.Jr. & Tappan, H. (1964). Foraminiferal Classification and Evolution. *Journal of the Geological Society of India*, 5, 5-39.
- Lohmann, G.P. (1978). Abyssal benthonic foraminifera as hydrologic indicators in the western South Atlantic Ocean. *J. Foraminifera Res.*, 8, 6–34.
- Lutze, G.F. & Coulbourn, W.T. (1984). Recent benthic foraminifera from the continental margin of northwest Africa: community structure and distribution. *Mar. Micropaleontol*, 8, 361–401.
- Martini, E. (1971). Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation A. Farinacci (Ed.), *Proceedings 2nd International Conference Planktonic Microfossils Roma*, vol. 2, Tecnosci), Rome (1971), 739-785
- Myers E.H. & Cole W.S. (1957). Foraminifera. in Hedgpeth J.W. (Ed.), *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*, 1, Geol. Soc. Am. Mem., 1, 1075-1082
- Meyers, M.B., Fossing, H. & Powell, E.N. (1987). Microdistribution of interstitial meiofauna, oxygen and sulfide gradients, and the tubes of macro-infauna. *Marine Ecology Progress Series* 35, 223-241.
- Meyers, M.B., Powell, E.N. & Fossing, H. (1988). Movement of oxybiotic and thiobiotic meiofauna in response to changes in pore-water oxygen and sulfide gradients around macroinfaunal tubes. *Marine Biology* 98, 395-414.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M., Sobel, E., Zeilinger, G., Jaramillo, C., Ferreira Da Silva, S. & Blanco, M. (2010). The eastern foothills of the Eastern Cordillera of Colombia: an example of multiple factors controlling structural styles and active tectonics. *GSA Bull.* 122 (11–12), 1846–1864. <https://doi.org/10.1130/B30033.1>

- Montes, C., Rodríguez-Corcho, A.F., Bayona, G., Hoyos, N., Zapata, S. & Cardona, A. (2019). Continental margin response to multiple arc–continent collisions: The northern Andes–Caribbean margin. *Earth Sci. Rev.* 198, 102903.
- Mora–Bohórquez, J.A., Oncken, O., Le Breton, E., Ibañez–Mejía, M., Faccenna, C., Veloza, G., Vélez, V., De Freitas, M. & Mesa, A. (2017). Linking Late Cretaceous to Eocene tectono–stratigraphy of the San Jacinto fold belt of NW Colombia with Caribbean plateau collision and flat subduction. *Tectonics*, 36 (11), 2599–2629. <https://doi.org/10.1002/2017TC004612>
- Mora–Bohórquez, J.A., Oncken, O., Le Breton, E., Mora, A., Veloza, G., Vélez, V. & De Freitas, M. (2018). Controls on forearc basin formation and evolution: Insights from Oligocene to recent tectonostratigraphy of the Lower Magdalena Valley basin of northwest Colombia. *Marine and Petroleum Geology*, 97, 288–310. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.06.032>
- Mora–Bohórquez, J.A., Oncken, O., Le Breton, E., Ibañez–Mejía, M., Veloza, G., Mora, A., Vélez, V. & De Freitas, M. (2020). Formation and evolution of the Lower Magdalena Valley Basin and San Jacinto fold belt of northwestern Colombia: Insights from Upper Cretaceous to recent tectonostratigraphy. In: Gómez, J. & Mateus–Zabala, D. (editors), *The Geology of Colombia, Volume 3 Paleogene – Neogene*. Servicio Geológico Colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales* 37, 21–66. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.37.2019.02>
- Mora, A., Blanco, V., Naranjo, J., Sanchez, N., Ketcham, R., Rubiano, J., Stockli, D., Quintero, I., Nemčok, M., Horton, B. & Davila, H. (2013). On the lag time between internal strain and basement involved thrust induced exhumation: the case of the Colombian Eastern Cordillera. *J. Struct. Geol.*, 52, 96–118.
- Mora, A., Parra, M., Forero, G., Blanco, V., Moreno, N. & Caballero, V. (2015). What drives orogenic asymmetry in the Northern Andes?: A case study from the apex of the Northern Andean Orocline. In: In: Bartolini, C., Mann, P. (Eds.), *Petroleum Geology*

and Potential of the Colombian Caribbean Margin, vol. 108. AAPG Memoir, pp. 547–586.

Murray, J.W. (2006). Ecology and application of benthic foraminifera. Cambridge, 426 p.

NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems, and U.S./Japan ASTER Science Team (2018). ASTER Global Digital Elevation Model V003. distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC, <https://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.003>

Pälike, H., Norris, R.D., Herrle, J.E., Wilson, P.A., Coxall, H.K., Lear, C.H., Shackleton, N.J., Tripathi, A.K. & Wade, B.S. (2006). The Heartbeat of the Oligocene Climate System. *Sciences*, 134, 1894-1898.

Parada-Ruffinatti, C. (1996). Foraminíferos del Pleistoceno - Holoceno en el Caribe colombiano. Editorial Guadalupe, Bogotá

Petters, V. & Sarmiento, S. (1956). Oligocene and Lower Miocene biostratigraphy of the Carmen-Zambrano area, Colombia. *Micropaleontology*, 2 (1), 7-35. <https://doi.org/10.2307/1484490>

Rathburn, A.E. & Corliss, B.H. (1994). The Ecology of living (stained) deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography*, 9, 87-150.

Rincón, D.A., Arenas, J.E., Cuartas, C.H., Cárdenas, A.L., Molinares, C.E., Caicedo, C. & Jaramillo, C. (2007). Eocene-Pliocene planktonic foraminifera biostratigraphy from the continental margin of the southwest Caribbean. *Stratigraphy*, 4 (4), 261-311.

Ruffinatti, C.P. (1996). Instituto de ciencias naturales. Museo de historia natural, Universidad nacional de Colombia.

Rull., V. (2023). Eocene/Oligocene global disruption and the revolution of Caribbean mangroves. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 59, 125733.

Saraswat, R., Kouthanker, M., Kurtarkar, S.R., Nigam, R., Naqui, S.W.A. & Linshy, V.N. (2015) Effect of salinity induced pH/alkalinity changes on benthic foraminifera: A laboratory culture experiment, *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, v.153, pp.96–107.

- Sarawasti, P.K. (2021). Foraminiferal micropaleontology for understanding Earth's history. Elsevier, India. 331 p.
- Savrda, C.E. & Bottjer, D.J. (1986). Trace- fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. *Geology*, 14, 3-6.
- Schröder, C. J., Scott, D. B. & Medioli, F. S. (1987). Can smaller benthic Foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *J. Foraminiferal. Res.* 17, 101–105. doi: 10.2113/gsjfr.17.2.101.
- Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S., (2012). The FOBIMO (FORaminiferal BIo-MONitoring) initiative—towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Mar. Micropaleontol.* 94–95, 1–13. doi: 10.1016/j.marmicro.2012.06.001.
- Sen Gupta, B.K. (2003). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Silva, A., Paez, L., Rincón, M., Tamara, J., Gomez, P., Lopez, E., Restrepo, S., Mantilla, L. & Valencia, V. (2016). Basement characteristics in the lower Magdalena valley and the Sinú and san Jacinto fold belts: evidence of a late cretaceous magmatic arc at the South of the Colombian Caribbean. *Ciencia Tecnol. Fut.* 6 (4), 5–36.
- Thomas, F.C. & Murney, M.G. (1985). Thecniques for extraction foraminifers and ostracodes from sediment samples. Canadian technical report of Hydrography and ocean Sciences, 54. 1-32.
- Torres, G. A., Patarroyo, G. D., Veloza, G., Mora, J. A. & Gómez, D. F. (2022). Asociaciones de foraminíferos aglutinados de la Formación San Cayetano en el Cinturón Plegado de San Jacinto (Norte de Colombia). *Boletín De Geología*, 44(1), 75–92. <https://doi.org/10.18273/revbol.v44n1-2022003>
- Travis, J.L. & Bowser, S.S. (1991). The motility of foraminifera. In: Lee, J.J., Anderson, O.R. (eds.) *Biology of the Foraminifera*. Academic Press, London, p. 91-155.

- Vallejo-Hincapié, F., Flores, J-A., Marie-Pierre, A. & Pardo-Trujillo, A. (2023). Contribution to the Cenozoic chronostratigraphic framework of the Caribbean Sinú-San Jacinto Belt of Colombia based on calcareous nannofossils. *Journal of South American Earth Sciences*, 127, 104419
- Van der Zwaan, G.J., Duijnste, I., Dulk, M.D., Ernst, S.R., Jannink, N.T. & Kouwenhoven. (1999). Benthic foraminifers: proxies or problems?: A review of paleocological concepts. *Earth-Sciences Reviews*, 46, 213-236.
- Van Morkhoven, F.P.C.M., Berggren, W.A. & Edwards, A.S. (1986). Cenozoic cosmopolitan deep - water benthic foraminifera. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration - Production Elf - Aquitaine, Mémoire*, vol. 11, pp. 1-421.
- Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W. & Beltrán, A. (2011). Geochronology, geochemistry, and tectonic evolution of the western and central Cordilleras of Colombia. *Lithos*, 125, 875–896.
- Weinkauf, M.F.G. & Milker, Y. (2018). The Effect of Size Fraction in Analyses of Benthic Foraminiferal Assemblages: A Case Study Comparing Assemblages From the >125 and >150  $\mu\text{m}$  Size Fractions. *Front. Earth Sci.*, 6, 37. doi: 10.3389/feart.2018.0003
- Zachos, J. C., Quinn, T. M. & Salamy, K. A. (1996). High-resolution (104 years) deep-sea foraminiferal stable isotope records of the Eocene–Oligocene climate transition. *Paleoceanography*, 11, 251–266.

















**Anexo 2.** Conteos foraminíferos bentónicos pozo ANH-COSTA AZUL-1X (A-M).

Foraminíferos bentónicos CA																																							
	<i>A. agglutinans</i>	<i>Ammobaculites</i> _sp.	<i>B. nodosaria</i>	<i>B. multicamerata</i>	<i>C. jonaeisiana</i>	<i>C. pachyderma</i>	<i>C. guazumalensis</i>	<i>C. mundulus</i>	<i>Hibicoides</i> _sp.	<i>C. cancellata</i>	<i>Dentalina</i> _sp.	<i>E. bradyi</i>	<i>Fissurina</i> _sp.	<i>G. pacifica</i>	<i>Globobulimina</i> _sp.	<i>G. subglobosa</i>	<i>G. pyrula</i>	<i>G. communis</i>	<i>G. parvifera</i>	<i>Gyrogonoides</i> _sp.	<i>H. soldanii</i>	<i>Hopliphragmoides</i> _sp.	<i>H. clavatum</i>	<i>H. gracillimum</i>	<i>Intdif. aglutinados</i>	<i>Intdif. calcareos</i>	<i>K. bradyi</i>	<i>Lagena</i> _sp.	<i>L. americana</i>	<i>L. inornata</i>	<i>lenticulina</i> _sp.	<i>L. thalmanni</i>	<i>L. lobatula</i>	<i>L. gylhadriska</i>	<i>M. obesa</i>	<i>M. communis</i>	<i>M. advena</i>		
Pared	A	A	A	A	H	H	H	H	H	A	H	A	H	H	H	H	H	H	H	H	H	A	H	H	A	H	H	H	H	H	H	H	H	A	H	A	H		
Microhábitat	I	I	I	E	I	E	E	E	E	E	I	I	I	I	I	I	I	I	E	E	E	E	I	I	I	I	I	I	I	E	E	E	E	E	E	I	I	I	I
Oxigenación	---	---	---	---	---	O	O	O	O	---	S	---	S	---	S	D	D	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Prof/Batimetría	I	---	I	S	I	S	S	I	---	I	---	I	---	I	---	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
117,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
127,2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
137,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
146,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
156,5	0	0	0	0	0	1	0	3	3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5	6	1	1	0	0	2	1	3	0	1	0	0	
167,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	
177,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
187,4	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
197,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	
208,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
216,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	7	0	
226,8	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	3	2	0	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0		
237,2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
247,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	
257,8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
267,7	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
278,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0		
286,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
297,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0		
307,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
317,8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
327,5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0		
337,5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
347,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0		
357,7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0			

**Pared.** *A*: Aglutinada. *H*: Hialina. *P*: Porcelanada. **Microhábitat.** *I*: Infaunal. *E*: Epifaunal. **Oxigenación.** *O*: Óxico. *S*: Subóxico. *D*: Disóxico. **Batimetría:** *S*: Somero. *I*: Intermedio. *P*: Profundo.

**Anexo 2.** Conteos foraminíferos bentónicos pozo ANH-COSTA AZUL-1X (Continuación N-V).

Foraminíferos bentónicos CA	<i>N_longiscata</i>	<i>Nodosaria</i> _sp.	<i>N_robusta</i>	<i>O_globosa</i>	<i>Orthomorphina</i> _sp.	<i>Fleurestomella</i> _sp.	<i>P_pupoides</i>	<i>P_cylindrica</i>	<i>P_discreta</i>	<i>Psammosiphonella</i> _sp.	<i>Q_semitulum</i>	<i>Recurvovoides</i> _sp.	<i>Remesella</i> _sp.	<i>R_duplex</i>	<i>R_acutidorsatum</i>	<i>Reticulophragmium</i> _sp.	<i>S_elegantissima</i>	<i>Sigmoidella</i> _sp.	<i>S_bradlyana</i>	<i>S_reticulata</i>	<i>Siphonina</i> _sp.	<i>S_jacksonensis</i>	<i>Siphonodosaria</i> _sp.	<i>S_rolshauseni</i>	<i>S_bulloides</i>	<i>Spiroplectinella</i> _sp.	<i>S_compressa</i>	<i>Textularia</i> _sp.	<i>Tritaxia</i> _sp.	<i>Trochammina</i> _sp.	<i>Trochamminoides</i> _sp.	<i>U_auberiana</i>	<i>U_carepitana</i>	<i>U_gallowayi</i>	<i>U_mexicana</i>	<i>Uvigerina</i> _sp.	<i>V_pemmatula</i>	
Pared	H	H	A	H	H	H	A	A	A	P	A	A	A	A	A	H	H	H	H	H	H	H	A	H	A	A	A	A	A	A	H	H	H	H	H	A		
Microhábitat	I	I	E	I	I	I	E	E	E	E	E	I	I	I	I	I	I	E	E	E	E	I	I	I	I	E	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
Oxigenación	S	S	---	---	---	---	D	---	---	---	O	---	---	---	---	---	---	S	S	S	S	S	S	---	S	---	---	---	---	---	S	S	S	S	S	S		
Prof/Batimetría	---	---	S	---	---	---	I	I	I	---	I	---	---	I	I	I	S	---	---	---	---	---	---	I	---	I	---	---	---	---	I	I	I	S	---	S		
117,8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
127,2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
137,5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	1	
146,1	0	0	4	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
156,5	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	2	1	1		
167,5	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
177,3	0	0	3	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
187,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
197,3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
208,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
216,5	0	0	5	0	0	0	0	21	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
226,8	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	
237,2	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
247,3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
257,8	0	0	0	1	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
267,7	3	0	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0		
278,2	0	0	2	0	0	1	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
286,5	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
297,5	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
307,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
317,8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	
327,5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
337,5	0	0	1	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
347,5	0	0	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
357,7	0	0	8	0	0	0	8	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Pared.** *A*: Aglutinada. *H*: Hialina. *P*: Porcelanada. **Microhábitat.** *I*: Infaunal. *E*: Epifaunal. **Oxigenación.** *O*: Óxico. *S*: Subóxico. *D*: Disóxico. **Batimetría:** *S*: Somero. *I*: Intermedio. *P*: Profundo.



UNIVERSIDAD DE CALDAS



LUMINA

SPARGO

