Catálogo Fotográfico de foraminíferos presentes en Cabo de La Vela, La Guajira, Colombia

Laura Andrea Ortega Molano

Director

Federico Maldonado Uribe M.Sc & Ph.D.

Modalidad Pasantía

Universidad El Bosque

Facultad de Ciencias

Programa de Biología

Bogotá D.C.

2025

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo la elaboración de un catálogo fotográfico de los foraminíferos presentes en Cabo de la Vela, La Guajira, Colombia, lo cual tiene como finalidad documentar y dar a conocer la diversidad de estos organismos marinos, que desempeñan un papel crucial en los ecosistemas costeros. Se recolectaron muestras de sedimento a diferentes profundidades, mediante técnicas de extracción haciendo uso de la draga van Veen, esto garantiza la representatividad de las muestras, a partir de las cuales se aplicaron protocolos de conservación para mantener la integridad de los foraminíferos durante el traslado y procesamiento en el laboratorio de la Universidad El Bosque. El análisis de las muestras incluyó la separación, limpieza e identificación taxonómica detallada de los foraminíferos del sedimento arenoso y su identificación correspondiente hasta especie.

El producto principal de esta investigación es la creación de un catálogo fotográfico de alta calidad, compuesto por imágenes detalladas de cada especie identificada, capturadas desde vistas superior, inferior y lateral. Además se desarrolló una herramienta de exhibición para el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad El Bosque, con el propósito de divulgar los hallazgos del estudio y promover la comprensión del papel fundamental que desempeñan los foraminíferos en los ecosistemas marinos.

Abstract

The objective of this research is to develop a photographic catalog of the foraminifera present in Cabo de la Vela, La Guajira, Colombia. This is intended to document and publicize the diversity of these marine organisms, which play a crucial role in coastal ecosystems. Sediment samples were collected at different depths. Extraction techniques using the van Veen dredge ensured the representativeness of the samples. Conservation protocols were applied to maintain the integrity of the foraminifera during transport and processing at the El Bosque University laboratory. Sample analysis included the separation, cleaning, and detailed taxonomic identification of the foraminifera from the sandy sediment, as well as their identification to the corresponding species.

The main product of this research is the creation of a high-quality photographic catalog, composed of detailed images of each identified species, captured from top, bottom, and side views. In addition, an exhibition tool was developed for the Natural Sciences Museum at El Bosque University to disseminate the study's findings and promote understanding of the fundamental role that foraminifera play in marine ecosystems.

Introducción

Los foraminíferos son organismos unicelulares pertenecientes al filo protista y se caracterizan por la presencia de una concha, que varía en forma, tamaño y complejidad, la estructura de la concha es fundamental para la determinación hasta el rango taxonómico de especie, y dichas estructuras pueden estar compuestas principalmente por carbonato de calcio o de sílice [1]. Estos organismos habitan una variedad de ambientes marinos, que varía desde aguas costeras hasta profundidades oceánicas [2].

El ciclo de vida de los foraminíferos es fundamental para la formación de dicha concha o testa, este ciclo incluye etapas de reproducción asexual y sexual (Fig. 1). A lo largo del tiempo, las condiciones ambientales y los ecosistemas en los que estos organismos han habitado han ejercido presiones selectivas, favoreciendo la diversidad y variabilidad morfológica que distinguen a los foraminíferos [3, 4].

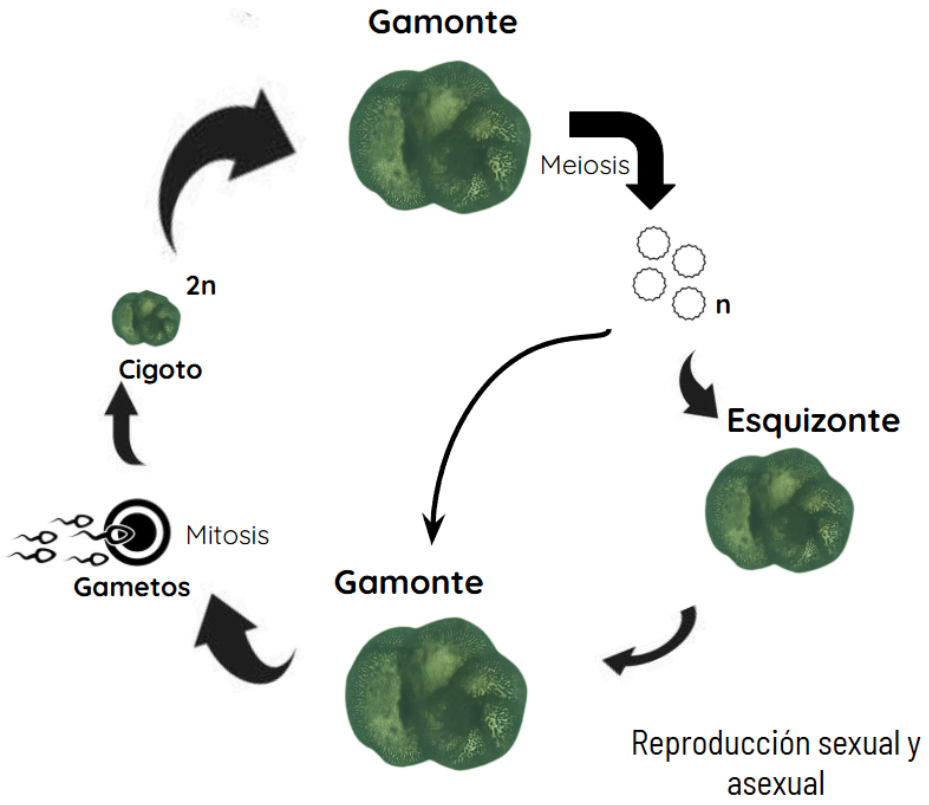

Figura. 1. Esquema general de la reproducción en foraminíferos, ciclo de vida de *Neogloboquadrina pachyderma*

Estos organismos poseen proyecciones denominadas pseudópodos, que facilitan su locomoción, adhesión y captura de alimento, durante la formación de la testa, acumulan minerales que permiten distinguir tres tipos de conchas. El primero corresponde a testas orgánicas compuestas por tectina o quitina; el segundo incluye testas biomineralizadas formadas por calcita, aragonita o sílice; y el tercero comprende testas aglutinadas, conformadas por partículas de arena [5; 6].

La concha de los foraminíferos está formada por cámaras o forámenes, que pueden variar dependiendo del número de cámaras presentes; una única cámara se denomina concha unilocular, mientras que aquellas con múltiples cámaras subdivididas por tabique internos o

septos, son conchas multiloculares [7]. La disposición de las cámaras está influenciada por las corrientes pseudopodiales, que guían su crecimiento, además, la morfología de estos organismos depende de factores como la forma y tamaño de la concha, el número y disposición de las cámaras, y las etapas de desarrollo hasta alcanzar la adultez [8; 9].

Este catálogo se enfoca en los foraminíferos encontrados en Cabo de la Vela, La Guajira, Colombia. A través de fotografías tomadas desde vistas laterales, posteriores e inferiores, se busca resaltar la diversidad morfológica de estos organismos. Cada imagen no sólo documenta la forma y estructura de las conchas, sino que también actúa como un recurso visual para documentar la presencia de las especies en la zona de estudio.

Clasificación y formación

Los foraminíferos se pueden clasificar en dos grupos principales dependiendo de donde se encuentren los mismos:

Los foraminíferos bentónicos se encuentran en diversos hábitats, desde zonas intermareales hasta profundidades oceánicas, y los foraminíferos planctónicos son generalmente más abundantes en aguas oceánicas.

Morfología

La morfología de los foraminíferos se compone de las siguientes estructuras: (Fig. 2) [5].

Concha: cubierta principal de estos organismos.

Prolóculo: e**s** la cámara inicial de su concha, a partir de la cual se desarrollan todas las cámaras subsiguientes a medida que el organismo crece.

Cámara: la concha se compone de una serie de cámaras que se van añadiendo a medida que el organismo crece. Estas cámaras pueden organizarse en diferentes patrones: en espiral, lineales o en disposiciones irregulares.

Sutura: líneas de unión o las costuras que marcan la conexión entre las cámaras sucesivas de la concha. A través de la apertura se extienden los pseudópodos, utilizados para capturar alimentos y desplazarse.

Apertura: es la hendidura por donde el organismo extiende su protoplasma para intercambiar nutrientes y gases. La forma y ubicación de la apertura varían entre especies.

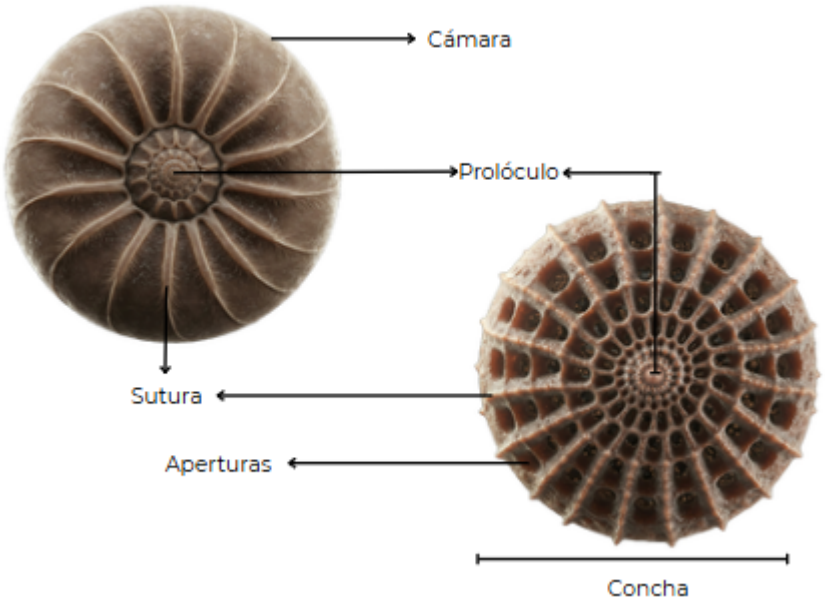

Figura 2. Partes de la concha de un foraminífero según Loeblich & Tappan en 1988. Este esquema generalizado muestra un tipo de concha con forma esférica biplanar, aperturas múltiples y cámaras consecutivas dispuestas de manera concéntrica desde el prolóculo; Imagen generada con Gemini (versión 2.0) a partir del prompt "Imagen digital de concha de foraminífero". 20 de marzo de 2025. [5].

Tipos de conchas de los foraminíferos

Los foraminíferos, como organismos unicelulares, son conocidos por sus diversas estructuras de conchas (testas), la morfología de estas testas es fundamental para la identificación de las especies y tiene una gran variabilidad en función de factores ecológicos y evolutivos [5].

A) Testas orgánicas: conchas flexibles qué carecen de mineralización; estas suelen encontrarse en especies bentónicas, que viven adheridas al fondo marino, especialmente en ambientes con bajas tasas de sedimentación o zonas costeras [7].

B) Testas biomineralizadas: formadas por calcita, aragonita o sílice, se caracterizan por su rigidez y resistencia; predominan tanto en especies planctónicas, que flotan en la columna de agua, como en especies bentónicas de mayor profundidad, estas conchas rígidas son comunes en zonas de plataforma continental. (Fig. 3. d) [9].

C) Testas aglutinadas: constituidas por partículas externas, como granos de arena, unidas mediante una matriz orgánica; se asocian principalmente con foraminíferos bentónicos en hábitats con sedimentos abundantes, como zonas fangosas o arenosas. (Fig. 3. a, b, c) [8].

Forma de las conchas en los foraminíferos

La forma de las conchas de los foraminíferos, también conocidas como testas, es sumamente variada y depende tanto de la especie como de su ambiente. Estas variaciones morfológicas juegan un papel importante para la identificación taxonómica de las especies, y cada una posee características específicas que son clave para su clasificación.

Tubulares: son conchas largas y estrechas, similares a un cilindro alargado (Fig. 3. a,b,c.). Este tipo de forma es característica de foraminíferos bentónicos que habitan en ambientes de baja energía, donde el espacio de movimiento es limitado, las testas tubulares suelen tener una

estructura segmentada, con cámaras que se van añadiendo secuencialmente en forma lineal o espiral [1].

Globulares: las conchas globulares son redondeadas o esféricas y presentan una forma compacta (Fig. 3. d,e). Estas son típicas en muchas especies planctónicas que flotan en la columna de agua, la forma esférica es eficiente para mantener la flotabilidad en ambientes pelágicos [4].

Biconvexas o planoconvexas: este tipo de conchas presenta una cara convexa y otra plana o ligeramente cóncava (Fig. 3. f,g). Estas formas se encuentran principalmente en foraminíferos bentónicos, y su estructura les permite adherirse al sustrato o moverse sobre él sin dificultad, las formas biconvexas y planoconvexas son comunes en ambientes poco profundos y de alta energía [5].

Espirales: muchas especies de foraminíferos presentan testas espirales, ya sea en forma de espiral enrollada (planispiral) o helicoidal (trocoespiral) (Fig. 3. h). Estas formas permiten un crecimiento eficiente y maximización del espacio dentro de la concha, la disposición espiral también es ventajosa para la distribución del peso y la flotabilidad en foraminíferos planctónicos [10].

Fusiformes: conchas alargadas que tienen forma de huso o de un cuerpo simétrico con los extremos afinados, este tipo de conchas es común en especies que habitan en ambientes de alta energía, donde la corriente y el movimiento del agua son factores importantes para su supervivencia (Fig. 3. a.) [1].

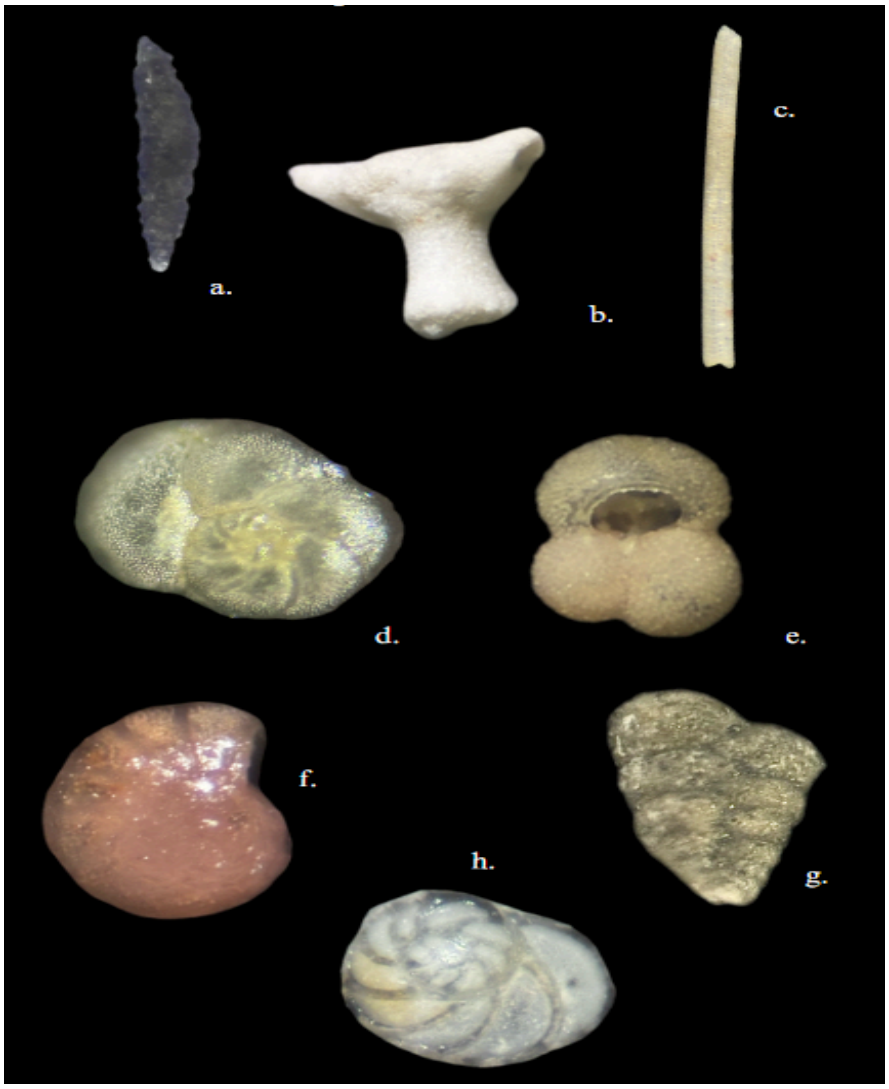

Figura 3. Tipos de concha en foraminíferos, **a)** *Rhabdammina linearis* forma fusiforme, tubular con esta tipo aglutinada; **b)** *R. abyssorum* concha ha tubular de tipo aglutinada; **c)** *R. discreta* concha aglutinada tubular múltiples aperturas; **d)** *N. pachyderma* forma globular biomineralizada con alta porosidad en la concha; **e)** *Globigerina bulloides* concha globular aglutinada apertura simple, múltiples cámaras globulares; **f)** *Gyroidina lamarckiana* concha planispiral convexa; **g)** *Siphotextularia cóncava* concha biconvexa aglutinada; **h)** *Lenticulina rotulata* concha planispiral conexa.

Apertura de la concha

La apertura de las testas es otro rasgo clave para la identificación taxonómica, ya que varía ampliamente entre las especies y su ubicación, forma y complejidad reflejan adaptaciones ecológicas específicas, se pueden presentar dos tipos de apertura en la concha:

Apertura simple: este es el tipo de apertura más básico, y consiste en un solo orificio en el último septo de la concha (Fig. 4. a, b, c). Es común en foraminíferos de testas tubulares o globulares, la apertura simple facilita el intercambio de gases y la expulsión de desechos [5].

Apertura múltiple: algunas especies tienen varias aperturas distribuidas a lo largo de la testa (Fig. 4. d). Este tipo de estructura es típica de especies bentónicas que requieren un mayor intercambio de materiales con su entorno debido a su hábitat en sedimentos profundos [7].

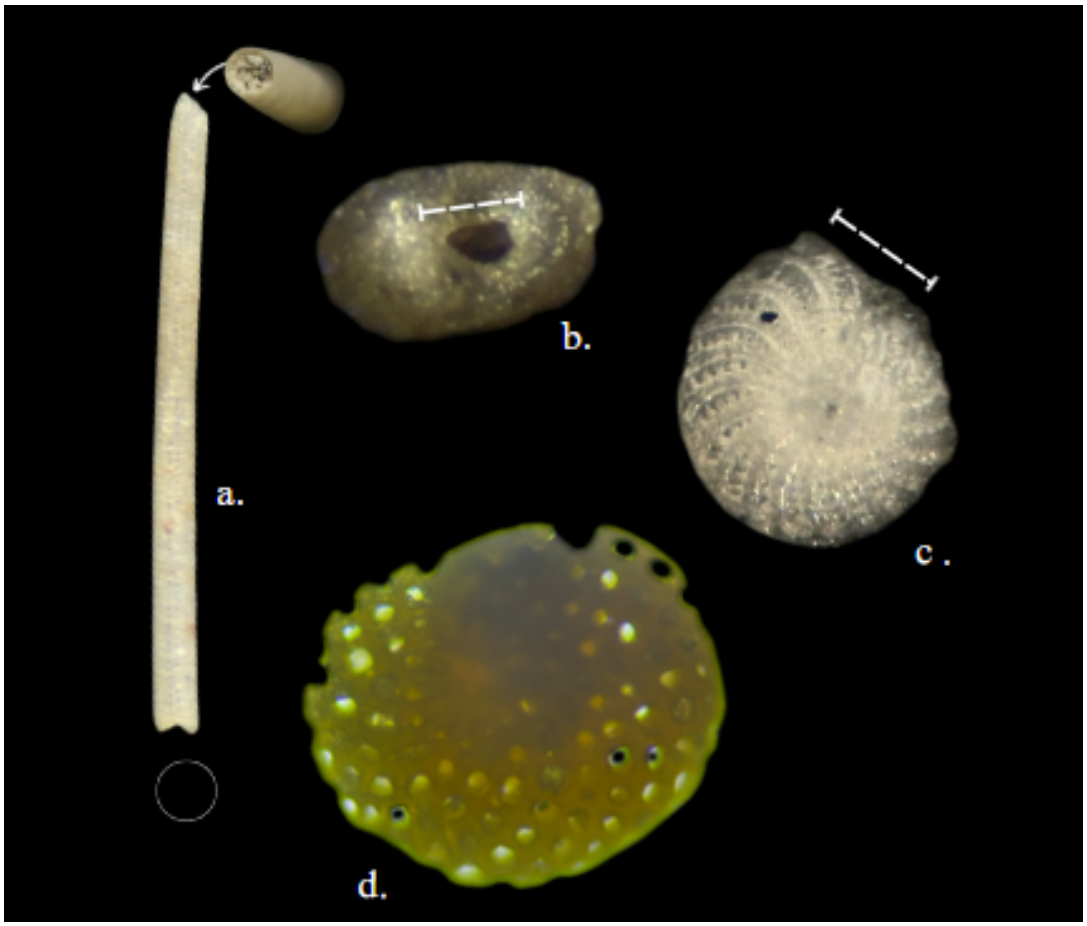

Figura 4. Tipos de aperturas en las conchas de los foraminíferos, **a)** *R. linearis* concha tubular con apertura simple, orificio superior e inferior; testa aglutinada; vista de apertura superior e inferior. **b)** *Siphotextularia cóncava* concha biconvexa aglutinada con apertura simple en la parte superior de la concha; **c)** *Elphidium discoidale* concha biomineralizada planoespiral convexa apertura simple al final de las cámaras; vista posterior de la concha con única apertura simple. **d)** *Sorites orbiculus* concha discoidal con múltiples aperturas sobre la concha.

Ornamentación de la Concha

Además de la forma y las aperturas, las conchas de los foraminíferos suelen estar ornamentadas con una variedad de características superficiales, que también son útiles para la identificación de las especies:

Costillas y surcos: muchas especies presentan costillas prominentes que recorren la superficie de la concha. Estos pueden estar asociados a conchas planoconvexas y ayudan a reforzar la estructura para resistir la presión ambiental [11].

Porosidad: las conchas porosas son comunes en los foraminíferos hialinos. Estos poros permiten el intercambio de gases y pueden estar distribuidos de manera uniforme o en patrones específicos [1].

Espinas: algunas especies poseen espinas o protuberancias que pueden cumplir una función protectora o ayudar a aumentar la flotabilidad en especies planctónicas [2].

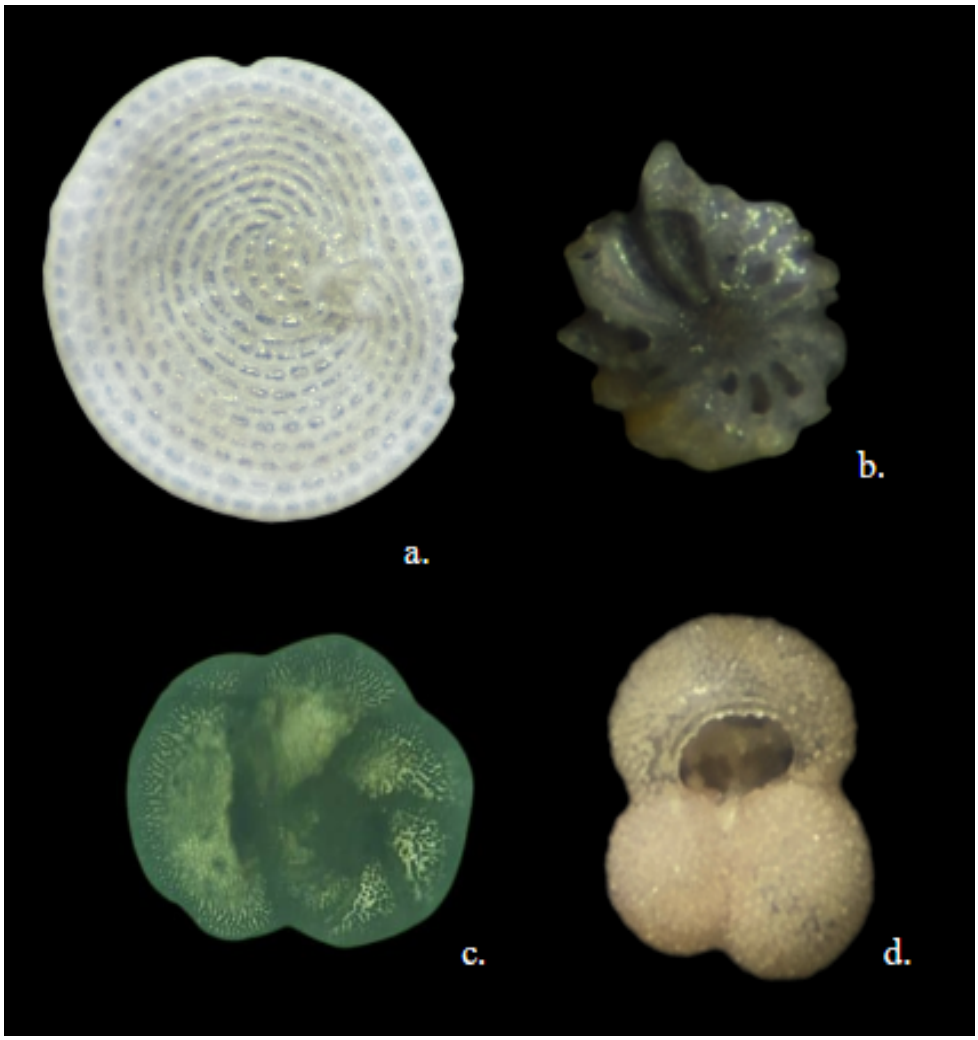

Figura 5. Tipos de ornamentación en conchas de foraminíferos, **a)** *Amphisorus hemprichii* concha biplanar con surcos concéntricos; **b)** *Neorotalia calcar* concha troncoespiral biconvexa con espinas; **c)** *N. pachyderma* concha biomineralizada globular con alta porosidad de la concha; **d)** *Globigerina bulloides* cámaras globosas sobre cada una de estos múltiples poros.

Ecología de los foraminíferos

Los foraminíferos son organismos muy sensibles a cambios en su entorno, lo que los convierte en indicadores biológicos efectivos para evaluar la salud de los ecosistemas marinos, la diversidad y abundancia de foraminíferos están correlacionadas con factores abióticos como la temperatura, salinidad, y calidad del agua [12]. La respuesta de estas comunidades a eventos de contaminación, como el aumento de nutrientes, puede ofrecer indicios sobre la salud del ecosistema y su capacidad para recuperarse [9]. Además, la composición de las comunidades foraminíferas puede proporcionar información sobre las condiciones de sedimentación y la dinámica de los ecosistemas, siendo crucial para la gestión y conservación de las áreas marinas [12].

Importancia Paleontológica

Los foraminíferos son considerados indicadores clave en la estratigrafía, ya que sus fósiles permiten datar sedimentos y reconstruir ambientes marinos antiguos, su registro fósil es abundante y se extiende desde el Cámbrico hasta la actualidad, lo que proporciona una rica fuente de datos para estudios paleontológicos [13; 14]. Los cambios en la diversidad y abundancia de foraminíferos pueden reflejar variaciones en las condiciones ambientales, tales como fluctuaciones de temperatura y salinidad, así como cambios en los niveles del mar, lo que los convierte en herramientas útiles para la interpretación de eventos climáticos pasados [15]. Por ejemplo, en estudios recientes se ha observado que las comunidades de foraminíferos pueden ofrecer información sobre eventos de extinción masiva y adaptaciones a condiciones de estrés ambiental [16].

Objetivos

Objetivo General

Elaborar un catálogo fotográfico detallado de las especies de foraminíferos presentes en Cabo de la Vela, La Guajira.

Objetivos Específicos

Determinar taxonómicamente las especies de foraminíferos encontrados a diferentes profundidades en Cabo de La Vela, La Guajira Colombia.

Describir morfológicamente las estructuras presentes en los foraminíferos reportados en Cabo de la Vela, teniendo en cuenta la vista posterior, inferior y lateral de la concha.

Diseñar una exhibición para la colección de referencia del MCUB sobre las especies de foraminíferos presentes en Cabo de La Vela.

Método

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en La Ranchería Kayuusipaa, ubicada en Cabo de La Vela, La Guajira (Colombia), en las coordenadas N 12° 12’ 4.606’’, W 72° 10’ 1.826’’. Está situada en la península de La Guajira en Colombia, se caracteriza por tener un clima árido con precipitaciones anuales inferiores a 500 mm y la temperatura varía entre los 27 °C y 30 ° C [17]. El sustrato predominante en la región está compuesto por playa de areniscas y lodos calcáreos consolidados, con suelos litosólicos de escasa profundidad y baja fertilidad [17].

Este estudio se desarrolló en dos fases principales: la primera involucró la búsqueda de las especies con muestras recolectadas del 2 al 6 de septiembre de 2023, de manera aleatoria a lo largo de la playa Ojo de Agua en zona infralitoral, dichas muestras se encuentran enmarcadas en el proyecto de investigación realizado por Andrés Betancourt [18]. Para la segunda etapa el muestreo se desarrolló desde el 17 al 19 de septiembre de 2024; en donde se realizó la recolección, procesamiento y análisis de muestras de foraminíferos, obtenidos a distintas profundidades haciendo uso de la Draga van Veen y una cuerda metrada; esta fue sumergida hasta la profundidad requerida (5, 10 y 15 metros), posteriormente, se extrajo la draga y se depositaron las muestras de sedimento en bolsas herméticas, para luego ser conservadas con formol al 10% y alcohol al 70%. Finalmente, fueron trasladadas al laboratorio de Biología de la Universidad El Bosque para su procesamiento.

Figura. 6. Mapa vector generado con QGIS en la zona de estudio, desarrollado frente a la Ranchería Kayussipaa, Cabo de La Vela, Guajira, Colombia, a partir de la línea de costa las muestras se extrajeron a profundidad de (0), (5), (10) y (15) metros; las muestras en (0) metros son las enmarcadas en el proyecto de Betancourt en 2024, mientras que las de (5), (10) y (15) metros son las obtenidas por el presente proyecto de investigación.

Procesamiento de Muestras

En el laboratorio de la Universidad El Bosque las muestras fueron lavadas y secadas, posteriormente se llevó a cabo el proceso de búsqueda y registro fotográfico de los foraminíferos. De cada una de las bolsas de sedimento recolectadas, se tomaron micromuestras de las bolsas herméticas haciendo uso de espátula y se estandarizó la cantidad de muestra analizada para su posterior identificación y procesamiento. Cada organismo fue fotografiado desde diferentes ángulos (lateral, posterior e inferior) disponiendo de un iPhone 15 el cuál cuenta un sistema de cámara dual con un aumento de 48 MP para documentar las características morfológicas; luego de ser fotografiados los foraminíferos se almacenaron en tubos Eppendorf para su posterior identificación y entrega al MCUB.

Identificación y Catalogación

La identificación de los foraminíferos se realizó utilizando guías ilustradas y fotografías de especies conocidas [e.g. 5; 14; 29]. Cada organismo fue catalogado en una base de datos, registrando información detallada hasta el nivel de especie. Esta metodología es fundamental para crear un inventario completo de la biodiversidad de foraminíferos en la región. Por último, las imágenes obtenidas fueron editadas, bordeando las fotos para facilitar su inclusión en un catálogo visual.

Elaboración catálogo fotográfico

Para la elaboración del catálogo fotográfico, se organizaron imágenes obtenidas de los foraminíferos en un formato estandarizado, clasificando las especies según su morfología y vistas (lateral, posterior e inferior). Cada fotografía está acompañada de información descriptiva, como el nombre científico, y las características distintivas de la concha.

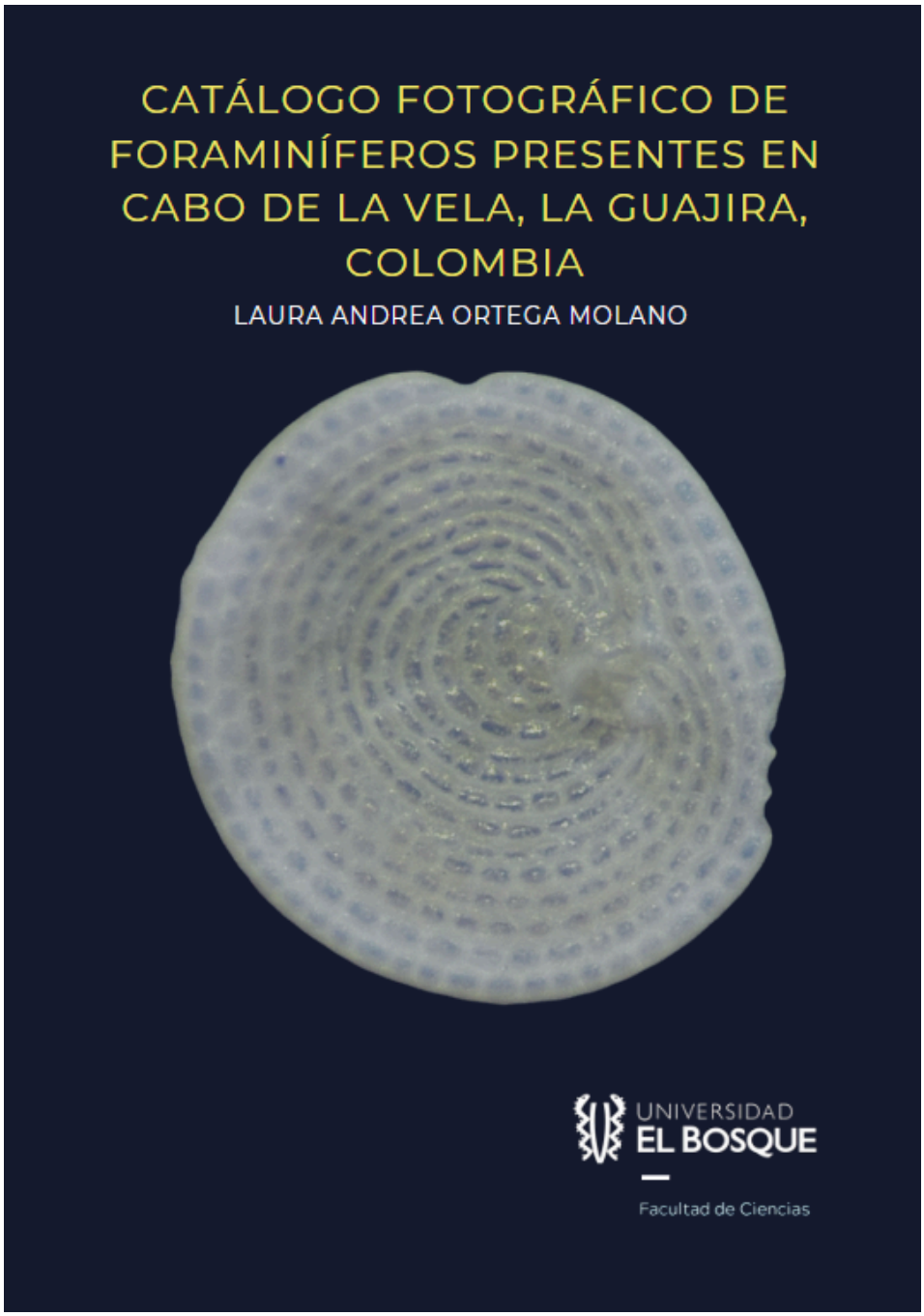

Figura 7. Portada de catálogo fotográfico de Foraminíferos presentes, frente a la Ranchería Kayuusipaa, corregimiento de Cabo de La Vela, La Guajira, Colombia.

Montaje para exhibición

Construcción de las cajas individuales

Cada unidad de almacenamiento consiste en una caja construida a partir de palos de balso (6×6 mm) cuadrados. Se cortaron seis piezas: cuatro de 7.5 cm de longitud y dos de 3.5 cm. A lo largo de uno de los costados de los palos de 8.2 mm se realizó una ranura longitudinal., estas piezas se ensamblaron mediante pegamento para madera y alfileres, uniendo primero los palos de 8.2 mm entre sí en sentido horizontal y posteriormente incorporando los palos de 6 mm de forma perpendicular, de modo que cada par de palos largos quedara dispuesto de forma paralela, conformando así una estructura tipo marco (Fig. 8).

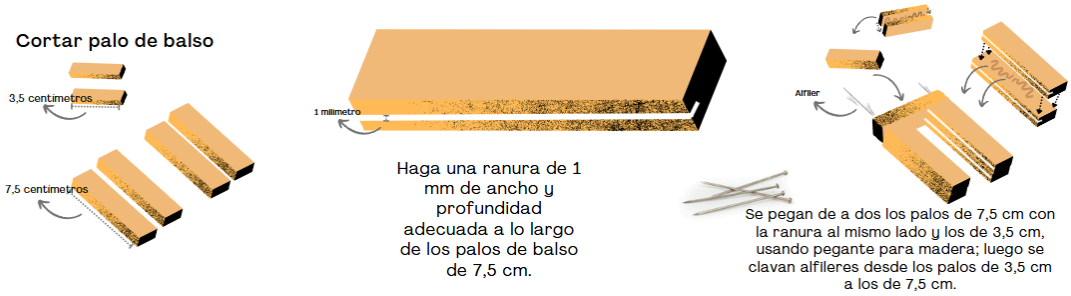

Figura. 8. Diseño del montaje de cajas de exhibición de foraminíferos para el MCUB.

A esta estructura se le añadió una tapa elaborada en cartón paja de 6 mm de longitud, adherida a una de las esquinas del marco, en paralelo a los palos. Se utilizó pegamento de madera y un alfiler para fijar solo una de las esquinas de la tapa, permitiendo así su apertura y cierre. En la esquina libre de la tapa se ató un hilo de aproximadamente 2 mm de largo, que cumple la función de seguro, una vez finalizado el montaje estructural, se procedió a pintar la caja. En el interior de cada caja se introdujo una cartulina negra del mismo tamaño que la base, sobre la cual se trazó una cuadrícula y se añadieron etiquetas para la identificación de los foraminíferos. Finalmente, se pegaron los especímenes sobre dicha cartulina, asegurando su correcta disposición y visualización (Fig. 9).

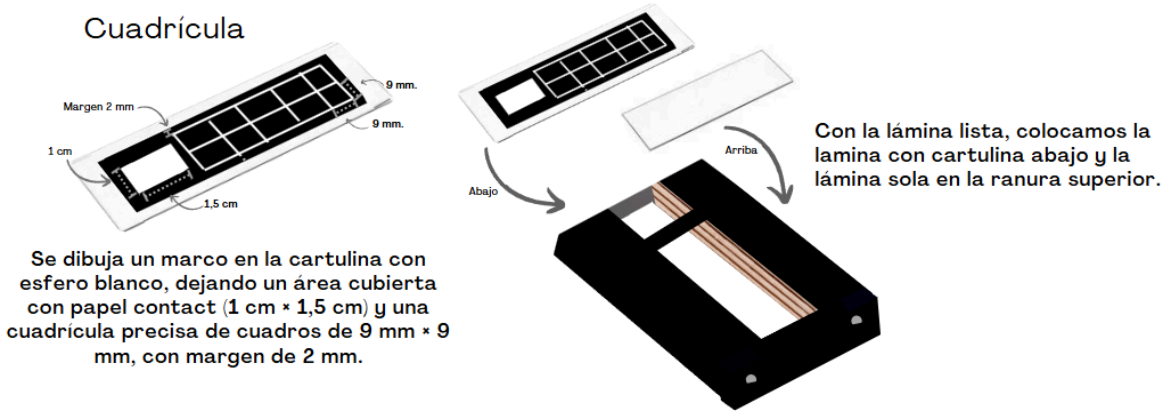

Figura 9. Diseño de láminas con su respectiva cuadrícula para montaje. Haciendo uso de las ranuras las láminas deben deslizarse por la caja, esto con el fin de permitir la extracción de las mismas para observar los individuos bajo el estereoscopio.

Elaboración del contenedor de láminas

Para el almacenamiento conjunto de las cajas individuales, se adaptó una caja de mayores dimensiones. En el fondo de esta se colocaron palos de balso de 2 cm de altura, dispuestos de manera vertical y paralela entre sí. La distancia entre cada palito fue de aproximadamente 2.5 mm, permitiendo insertar y sostener las cajas individuales de forma ordenada y estable. Tras el montaje, el interior del contenedor fue pintado, con el fin de unificar estéticamente el sistema y proteger los materiales empleados (Fig. 9).

Este sistema modular no solo facilita el acceso y manejo de las láminas con foraminíferos, sino que también asegura su resguardo y conservación, constituyendo una solución práctica y eficaz para fines de observación, estudio y exhibición.

Resultados

Se identificaron un total de 25 especies de foraminíferos, distribuidas en 20 géneros y 18 familias, pertenecientes a 7 Órdenes distintos. El Orden Rotaliida fue el más diverso, representado por 12 especies, lo que evidencia su predominancia en el área de estudio. Los órdenes Textulariida, Spirillinida y Vaginulinida se encontraron representados por una única especie cada uno. Entre las especies más abundantes, destacan *G. lamarckiana*, *R. linearis* y *A. hemprichii* (Tabla. 1).

Tabla. 1. Resultados obtenidos, los individuos recolectados fueron determinados taxonómicamente hasta nivel de especie, en la tabla se encuentran organizados desde su orden hasta especie con su respectiva cita bibliográfica usada para tu identificación.

Orden	Familia	Género	Especie	Literatura citada
Astrorhizida	Rhabdaminidae	*Rhabdammina*	*Rhabdammina abyssorum Sars en Carpenter, 1869*	(Debenay, 2012).
			Rhabdammina discreta Brady, 1881	(Prada & Pinto, 1985).
			Rhabdammina linearis Brady, 1879	(Betancourt, 2024).
		Bathysiphon	*Bathysiphon eocenicus Cushman & Hanna, 1927*	(Torres, et. al. 2022).
Miliolida	Hauerinidae	*Quinqueloculina*	*Quinqueloculina bidentata d'Orbigny, 1839*	(Hofker, 1964).
			Quinqueloculina delicatula Vella, 1957	(Debenay, 2012).
		Triloculina	*Triloculina tricarinata d'Orbigny, 1826*	(Habibnia & Mannikeri, 1990).
	Peneroplidae	*Laevipeneroplis*	*Laevipeneroplis bandy Bandy, 1949*	(Dolan, 2024).
	Soritidae	*Sorities*	*Sorites orbiculus Forsskål in Niebuhr, 1775*	(Debenay, 2012).
		Amphisorus	*Amphisorus hemprichii Ehrenberg, 1839*	(Habibnia & Mannikeri, 1990).
Nodosariida	Nodosariidae	*Enantiodentalina*	*Enantiodentalina muraii Uchio, 1953*	(Debenay, 2012).
		Dentalina	*Dentalina vertebralis Batsch, 1791*	
Rotaliida	Calcarinidae	*Neorotalia*	*Neorotalia calcar d'Orbigny, 1839*	(Prada & Pinto, 1985).
	Discorbidae	*Discorbis*	*Discorbis rosea d'Orbigny, 1839*	
	Gavelinellidae	*Gyroidina*	*Gyroidina lamarckiiana Natland, 1950*	(Betancourt, 2024).
	Eponididae	*Eponides*	*Eponides lateralis Terquem, 1878*	(Simphonia & Senthil, 2017).
	Globorerinidae	*Globigerina*	*Globigerina bulloides d'Orbigny, 1826*	(Maldonado, 2021).
	Hantkeninidae	*Clavigerinella*	*Clavigerinella colombiana Petters, 1954*	(Cardenas & Harries, 2016).
	Globorotaliidae	*Neogloboquadrina*	*Neogloboquadrina pachyderma Ehrenberg, 1861*	(Coloma, et., al. 2005).
	Asterigerioidea	*Amphistegina*	*Ambhistegine gibbosa d'Orbigny, 1839*	(Betancourt, 2024).
	Nonionidae	*Nonionella*	*Nonionella auris Heron-Allen & Earland, 1930*	(Prada & Pinto, 1985).
	Elphidiidae	*Elphidium*	*Elphidium discoidale d'Orbigny, 1839*	
Textulariida	Textulariidae	*Siphotextularia*	Siphotextularia cóncava Karrer, 1868	(Debenay, 2012).
Spirillinida	Ammodiscidae	*Spirillinoides*	*Spirillinoides circumcinctus Rhumbler, 1938*	(Prada & Pinto, 1985).
Vaginulinida	Vaginulinidae	*Lenticulina*	*Lenticulina rotulata Lamarck, 1804*	

Descripción morfológica

Orden Astrorhizida

Familia Rhabdaminidae

Género *Rhabdammina*

El género *Rhabdammina*, está caracterizado por tener una testa aglutinada tubular y ramificada, compuesto por partículas sedimentadas unidas, su distribución es global, presente en diversos ecosistemas oceánicos profundos, y suele encontrarse en sedimentos blandos donde se alimenta de materia orgánica [19].

Rhabdammina abyssorum Sars en Carpenter, 1869

La concha de este organismo presenta una estructura distintiva: una cámara central esférica de la que irradian tres extensiones tubulares, casi idénticas en grosor, dispuestas en un mismo plano, los extremos de estos tubos permanecen abiertos, funcionando como aberturas [20]. La superficie de la concha, construida con partículas de sedimento de diversos tamaños, desde finos hasta gruesos, oculta las líneas de unión entre las cámaras y le confiere una textura áspera, cada una de las tres cámaras tubulares culmina en una abertura sencilla y redondeada, la longitud total de la concha, incluyendo las cámaras tubulares, alcanza aproximadamente cinco milímetros [20].

Rhabdammina discreta Brady, 1881

Este organismo se caracteriza por poseer una concha tubular y alargada, de forma ovalada, construida con una pared gruesa compuesta de granos de sedimento gruesos aglutinados. La

concha presenta estrechamientos distribuidos de manera irregular a lo largo de su estructura, y cuenta con una única abertura ubicada en el extremo. Esta especie, tiene una amplia distribución geográfica, encontrándose en diversas partes del mundo, y su presencia se ha registrado desde el período Cretácico hasta la actualidad [21].

Rhabdammina linearis Brady, 1879

Esta especie se distingue por su concha tubular, ya sea recta o ligeramente curvada, no ramificada, con una zona central más ancha y extremos más estrechos. Su pared es gruesa, compuesta de granos de sedimento de tamaño medio a fino, aunque no fuertemente cementados, y presenta aberturas en ambos extremos [8].

Género *Bathysiphon*

Género caracterizado por tener conchas de tipo aglutinada con formas tubulares, generalmente elongada que pueden alcanzar hasta 60 mm, la apertura en terminal y circular, su registro geológico se extiende desde el Ordovícico Temprano hasta la actualidad [22].

Bathysiphon eocenicus Cushman & Hanna, 1927

Este organismo se caracteriza por poseer una concha tubular y cilíndrica, de forma recta, con una pared relativamente gruesa compuesta principalmente de espículas esponjosas finas y material amorfo, fuertemente cementados, la concha presenta constricciones externas, pero carece de divisiones internas, y su superficie es lisa y de color blanco [22]. El tamaño de estos individuos respecto a su diámetro oscila entre 0.25 y 0.8 mm, y su distribución se extiende desde el Paleoceno temprano hasta el Eoceno temprano [23].

Figura 10. Lámina 1. especies de orden Astrorhizida; **1)** *R. abyssorum* a) vista posterior, b) vista lateral, c) vista superior, d) vista inferior; **2)** *R. discreta* ***3)*** *B. eocenicus* **4)** *R. linearis.*

Orden Miliolida

Familia Hauerinidae

Género *Quinqueloculina*

Este género es ampliamente estudiado debido a su abundancia en aguas marinas poco profundas, especialmente en áreas tropicales y subtropicales. Se caracteriza por su concha porcelanosa, compuesta de calcita microcristalina, que le da un aspecto opaco y brillante, las cámaras están dispuestas en espiral, típicamente con cinco ángulos visibles externamente [24].

Quinqueloculina bidentata d'Orbigny, 1839

Presenta una concha ovalada con cámaras alargadas, en ejemplares adultos, la superficie rugosa dificulta la distinción de la estructura quinqueloculina, con solo tres cámaras visibles desde el exterior. [25].

Quinqueloculina delicatula Vella, 1957

Se distingue por su concha alargada, extremo apertural extendido con un cuello corto, extremo aboral redondeado, superficie rugosa con pequeñas hendiduras, disposición quinqueloculina de las cámaras, margen periférico convexo, suturas distintivas, y una apertura redondeada con un borde grueso y un pequeño diente bífido [26].

Género *Triloculina*

Se distingue por organismos que poseen una concha de contorno ovalado y sección triangular, ya sea equilátera o subtriangular, las cámaras, que comprenden media vuelta de longitud, presentan una disposición que evoluciona desde una fase inicial hasta una fase

posterior, aunque la fase inicial puede estar ausente. Externamente, solo se visualizan tres cámaras [5]. La concha, de pared calcárea, imperforada y porcelanosa, carece de tabiques internos, la abertura, de forma redondeada, se ubica al final de la última cámara y presenta un diente bífido corto, este género tiene una distribución cosmopolita y se ha encontrado en registros fósiles desde el Eoceno hasta el Holoceno [5].

Triloculina tricarinata d'Orbigny, 1826

La concha de esta especie presenta una forma triangular, siendo ligeramente más larga que ancha, y está compuesta por una pared de porcelana lisa e imperforada. Las cámaras, dispuestas en un patrón triloculino, son claramente visibles y están delimitadas por márgenes periféricos carinados y suturas diferenciadas. La abertura, de forma subredondeada y en forma de arco, está rodeada por un borde grueso y posee un diente corto en su base [26; 27].

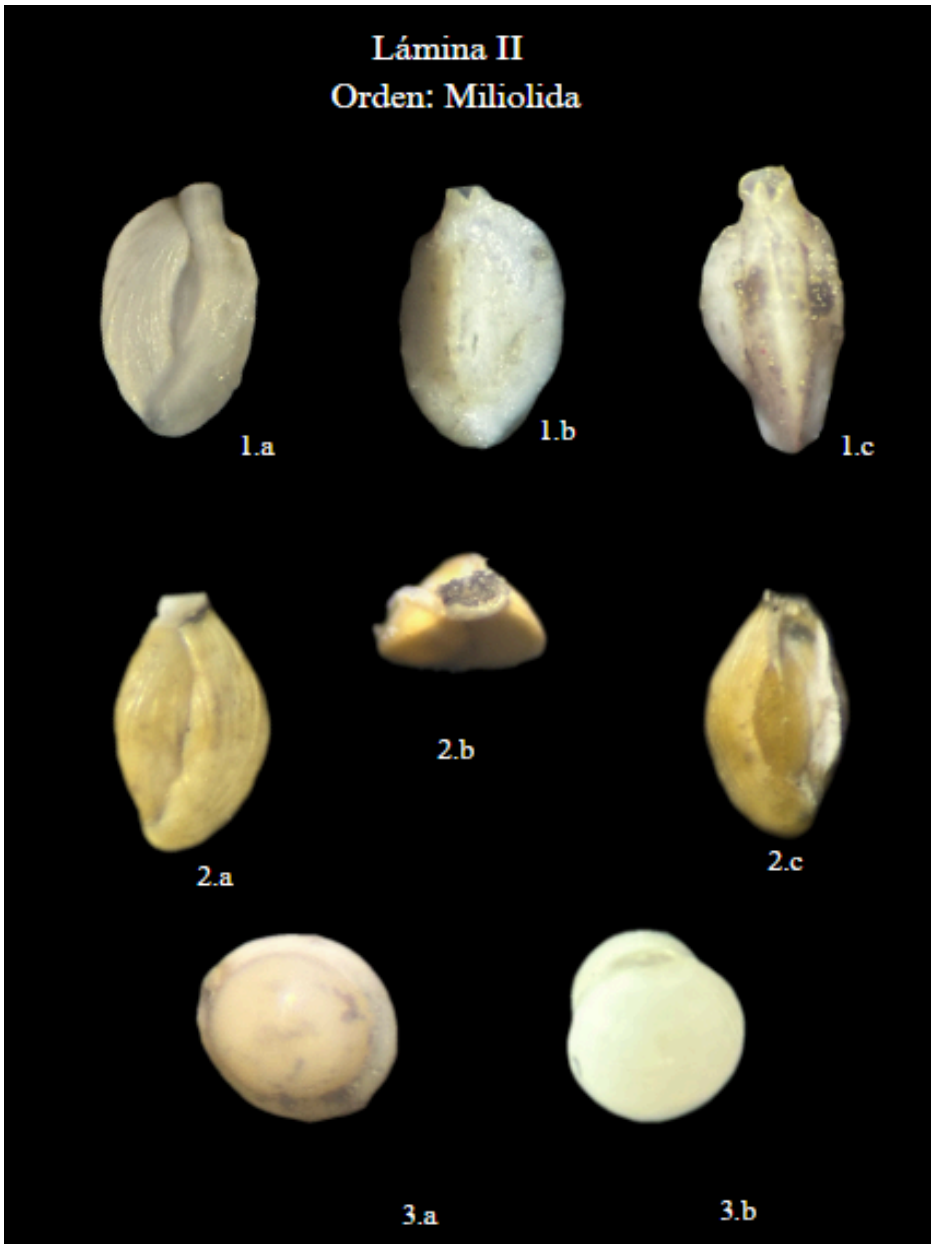

Figura. 11. Lámina II: especies orden Miliolida; **1)** *Q. bidentata* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral; **2)** *Q. delicatula* a) vista posterior, b) vista superior, c) vista lateral; **3)** *T. tricarinata* a) vista posterior, b) vista lateral.

Familia Peneroplidae

Género *Laevipeneroplis*

Este género se caracteriza por presentar una concha nautiloide en sus etapas iniciales de desarrollo, con múltiples cámaras bajas dispuestas en una espiral plana, ya sea trocoespiral o planispiral cerrada, a medida que el organismo madura, la concha se desenrolla, se comprime lateralmente y se ensancha, desarrollando cámaras progresivamente más anchas y arqueadas, aunque con un incremento mínimo en altura [5]. La pared de la concha es calcárea y porcelanosa, con perforaciones en las cámaras más tempranas, en la etapa adulta, la superficie es lisa y carece de ornamentación, excepto por la presencia de pseudópodos muy finos, la abertura experimenta cambios a lo largo del desarrollo: en la espiral temprana, consiste en una fila de poros cerca de la base de la cara de apertura, luego se vuelve centralmente arqueada a medida que las cámaras aumentan de tamaño, y finalmente, en la etapa desenrollada, puede presentar dos filas de poros desplazadas o una única fila; este género tiene una distribución cosmopolita y se ha encontrado en registros fósiles desde el Mioceno hasta el Holoceno [5].

Laevipeneroplis bradyi Cushman, 1930

Esta especie se caracteriza por una concha plana en forma de abanico, con un diámetro de aproximadamente 1 mm, cuya superficie presenta delicadas costillas paralelas, las numerosas cámaras, dispuestas en espiral en un plano, experimentan un aumento gradual en anchura durante las etapas iniciales de desarrollo, seguido de un crecimiento rápido; del borde de la última cámara, la más ancha, emergen múltiples filamentos de plasma ramificados que se conectan entre sí en los puntos de contacto, formando una red temporal, estos filamentos juegan

un papel crucial en la captura de partículas externas, que sirven como alimento para el organismo [28].

Familia Soritidae

Género *Sorites*

Este género se caracteriza por conchas que, al menos en sus primeras etapas de desarrollo, presentan una forma planispiral, sin embargo, a medida que el organismo madura, la concha puede desenrollarse y adoptar diversas formas, incluyendo ensanchada, fusiforme o cilíndrica. Posee múltiples cámaras, cuyo interior está subdividido por pilares interseptales o sépulas, la abertura, que generalmente es múltiple, por último, tiene una amplia distribución temporal, abarcando desde el Cretácico (Cenomaniano) hasta el Holoceno [5].

Sorites orbiculus Forsskål in Niebuhr, 1775

Esta especie se caracteriza por una concha discoidal, delgada y biplanar. Su superficie presenta líneas que se disponen en un patrón anular y concéntrico, lo que confiere a las suturas una apariencia festoneada distintiva, la pared de la concha es lisa, las aberturas, de forma ovalada o en forma de 8, están rodeadas por un pequeño borde y generalmente se encuentran en pares, ubicadas en una fila medial a lo largo del margen periférico [29].

Género *Amphisorus*

Este género se caracteriza por tener una concha prominente de forma discoidal y bicóncava, a menudo con bordes engrosados, sus cámaras son cíclicas subdivididas por septulas. Su rango cronoestratigráfico abarca desde el Mioceno hasta la actualidad, y habitan en aguas tropicales y subtropicales poco profundas [5].

Amphisorus hemprichii Ehrenberg, 1839

Esta especie se caracteriza por una concha discoidal biplana, que puede presentar márgenes ligeramente engrosados, las cámaras, dispuestas de forma anular y concéntrica en los individuos adultos, se encuentran subdivididas en dos capas por tabiques radiales alternados, conocidos como sépulos, en las etapas tempranas de desarrollo, la concha adopta una forma planispiral con aproximadamente seis cámaras indivisas, seguidas de hasta diez cámaras espirales adicionales subdivididas por sépulos, antes de transicionar a la disposición anular, la abertura consiste en múltiples hendiduras alargadas ubicadas en el margen periférico, que se extienden a través del borde y se disponen en dos filas alternas [29].

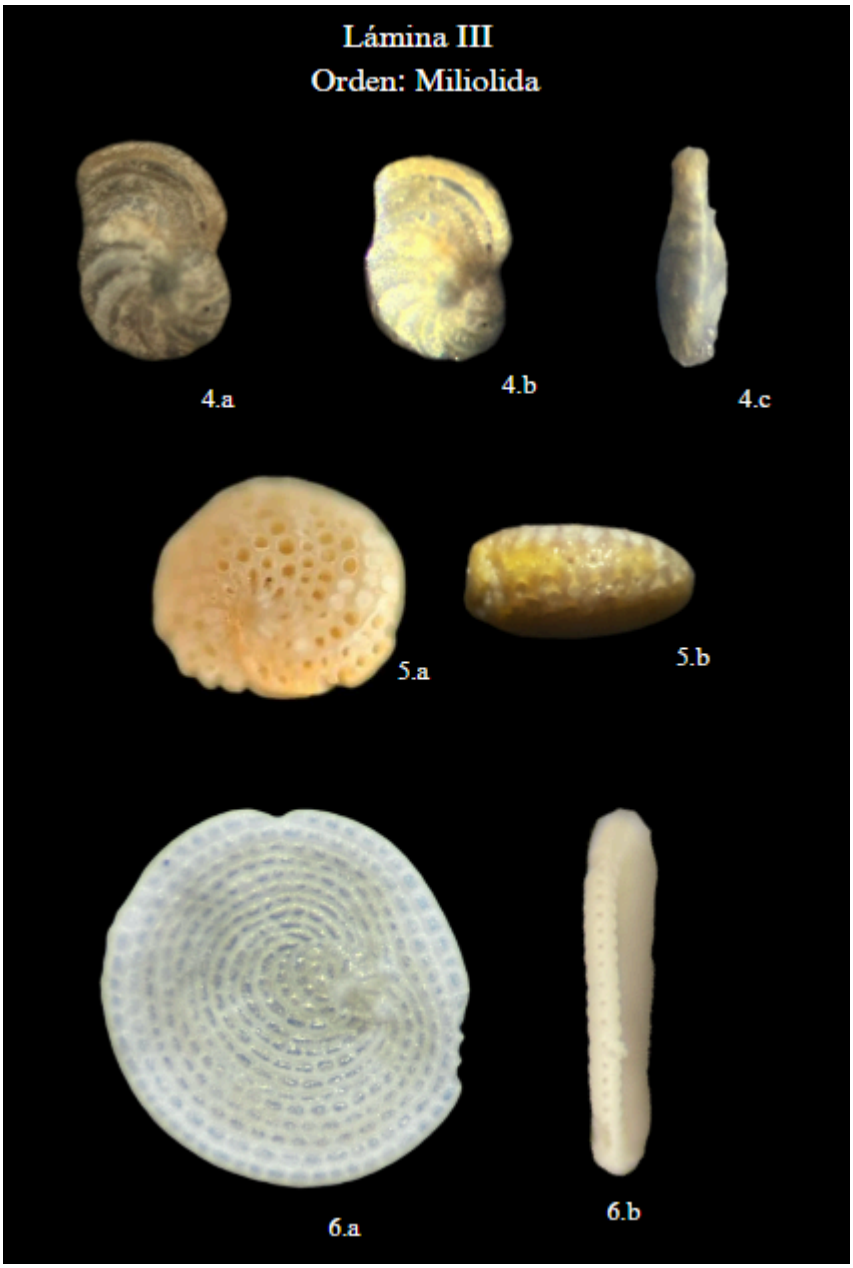

Figura. 12. Lámina III: especies orden Miliolida; **4)** *P. bandy* a) vista posterior, b) vista superior, c) vista lateral; **5)** *S. orbiculus* a) vista posterior, b) vista lateral; **6)** *A. hemprichii* a) vista posterior, b) vista lateral.

Orden Nodosariida

Familia Nodosariidae

Género *Enantiodentalina*

Las especies de este género se caracteriza por una concha uniserial, alargadas y delgadas, numerosas cámaras, su apertura es terminal y radial, con varios dientes alrededor del margen, su pared en calcárea hialina, y puede ser lisa o tener finas costillas, el tipo de ornamentación varia entre las especies [29].

Enantiodentalina muraii Uchio, 1953

Este género se distingue por presentar conchas tubulares y alargadas, medida que estos organismos maduran, la disposición de las cámaras se vuelve uniserial, con suturas rectas y oblicuas la pared de la concha es calcárea, perforada y de estructura radial, con una superficie lisa, la abertura, de ubicación terminal, se encuentra en el margen dorsal extendido de la concha. Este género tiene una amplia distribución temporal, desde el Cretácico (Campaniano) hasta el Holoceno [5].

Género *Dentalina*

Las especies de este género se distinguen por presentar conchas alargadas, delgadas y ahusadas, que muestran una curvatura característica y un extremo inicial puntiagudo, las cámaras, ligeramente abultadas, son especialmente prominentes en la porción posterior de la concha, las suturas, que delimitan las cámaras, se encuentran deprimidas en la región posterior de la concha, la superficie de la concha está ornamentada con costillas longitudinales, que son más tenues en las cámaras anteriores y se extienden hasta el extremo de la abertura. La abertura, de forma radiada, se encuentra en el extremo de un cuello ahusado [29].

Dentalina vertebralis Batsch, 1791

Esta especie se caracteriza por una concha alargada y delgada, que se estrecha ligeramente hacia el extremo y presenta una curvatura general, las numerosas cámaras mantienen un contorno uniforme a lo largo de la concha, la superficie está marcada por costillas longitudinales distintivas y continuas, las suturas, que delimitan las cámaras, no presentan constricciones, son rectas, hialinas y notablemente gruesas, aunque no engrosadas. La abertura, de forma radiada, se encuentra en el extremo de un cuello afilado [29].

Figura. 13. Lamina IV: especies orden **1)** *E. muraii,* ***2)*** *D.* vertebralis a) vista general, b) apertura de concha.

Orden Rotaliida

Familia Calcarinidae

Género *Neorotalia*

Esta caracterizado por presentar conchas con una estructura trocoespiral, la forma y disposición de las cámaras dentro de estas conchas muestran una notable variabilidad, lo que a su vez influye en la morfología general de la concha, la pared de la concha está compuesta de material calcáreo y presenta perforaciones, y la presencia de este género se ha registrado desde el Cretácico Superior hasta el Holoceno [5].

Neorotalia calcar d'Orbigny, 1839

Esta especie se caracteriza por una concha trocoespiral baja y biconvexa, con un lado espiral evoluto y un lado umbilical involuto, la última vuelta de la espiral presenta entre 10 y 12 cámaras, el margen periférico es estrellado y angulado, con cámaras que poseen una espina canaliculada en su ángulo anterior, estas espinas pueden engrosarse e incluso subdividirse, las cámaras son ligeramente infladas en el lado espiral y presentan un hombro axial prominente en el lado umbilical, las suturas, que delimitan las cámaras, son ligeramente deprimidas y oblicuas en el lado espiral, y profundamente hundidas y radiales en el lado umbilical [29]. El lado espiral presenta una ornamentación rugosa y pustulosa, mientras que el lado umbilical muestra una ornamentación tipo cheurón, producida por crestas perpendiculares al hombro medio de cada cámara, el ombligo está lleno de múltiples tapones umbilicales, laminaciones secundarias cierran las suturas profundas, excepto las últimas. La pared de la concha presenta perforaciones distintivas en ambos lados, la cara apertural está cubierta por surcos separados por filas de pequeñas pústulas, la abertura, a menudo oscurecida por la ornamentación, es un arco bajo

ubicado en la cara umbilical, con un labio pustulado, y presenta aberturas suplementarias en la periferia, también con un labio pustulado [29].

Familia Discorbidae

Género *Discorbis*

Las especies dentro de este género se caracterizan por presentar conchas con una estructura trocoespiral baja, las cámaras que componen estas conchas exhiben variaciones en su forma, aunque generalmente muestran una morfología convexa, la pared de la concha está compuesta de material calcáreo y presenta perforaciones; por último, la presencia de este género se ha documentado desde el Eoceno hasta el Holoceno [5].

Discorbis rosea d'Orbigny, 1839

Esta especie se caracteriza por una concha trocoide y biconvexa, donde el lado dorsal a menudo presenta una espira elevada, el borde periférico puede ser agudo, mostrar pequeñas proyecciones espinosas o extensiones irregulares en forma de placa en cada cámara, el área umbilical presenta un tapón distintivo, la última vuelta de la espira generalmente consta de 9 a 10 cámaras, que aumentan gradualmente de tamaño sin inflarse, las suturas, que delimitan las cámaras, son limbadas pero no elevadas, siendo oblicuas en el lado dorsal y casi radiales en el lado ventral en el lado dorsal, las suturas son deprimidas, mientras que en el lado ventral son elevadas, la pared de la concha presenta perforaciones gruesas y puede ser lisa u ornamentada con proyecciones en forma de cuentas, especialmente cerca del borde periférico, la abertura, ubicada en el margen interno del lado ventral de la cámara, es una hendidura alargada con un labio considerablemente desarrollado en la parte superior [4].

Familia Gavelinellidae

Género *Gyroidina*

Este género se caracteriza por presentar conchas trocoespirales bajas, que varían en forma desde planoconvexas hasta biconvexas, la pared de estas conchas está compuesta de material calcáreo y presenta perforaciones finas, el lado espiral de la concha generalmente muestra una estructura evoluta, mientras que el lado umbilical es involuto; la presencia de este género se ha registrado desde el Paleoceno hasta el presente [5].

Gyroidina lamarckiana Natland, 1950

Esta especie se caracteriza por una concha biconvexa con un borde periférico redondeado, el lado espiral es ligeramente convexo, mientras que el lado umbilical es convexo y presenta un ombligo de gran tamaño, la última vuelta de la espiral consta de 6 a 10 cámaras, que aumentan de tamaño de manera gradual y uniforme, las suturas, que delimitan las cámaras, son curvadas y fuertemente limbadas en ambos lados de la concha, la pared de la concha es pulida, pero presenta perforaciones claramente visibles, la abertura, ubicada en el margen interno de la cámara, es una hendidura baja que se extiende casi hasta el borde periférico y aproximadamente hasta la mitad del ombligo [15].

Familia Eponididae

Género *Eponides*

Este género se distingue por conchas con paredes calcáreas y perforaciones finas, excepto en la quilla periférica y las suturas, la concha presenta un contorno subredondeado y las cámaras, que varían de planoconvexas a biconvexas, se disponen en una espiral trocoespiral, el lado espiral de la concha es evolutivo, mientras que el lado umbilical es involutivo [3].

Eponides lateralis Terquem, 1878

Esta especie se caracteriza por una concha biconvexa, con una pared calcárea finamente perforada y una superficie lisa, las cámaras, que aumentan rápidamente de tamaño, se disponen en una espiral trocoespiral, siendo enrolladas y evolutas en el lado dorsal, el borde periférico presenta una quilla distintiva, las suturas, que delimitan las cámaras, son curvadas, elevadas y limbadas en el lado espiral, mientras que en el lado umbilical son radiales y ligeramente deprimidas, la abertura principal, ubicada en el margen interno de la cámara, tiene forma de hendidura y está bordeada por un borde; además, presenta aberturas secundarias areales y redondas en la cara apertural [26].

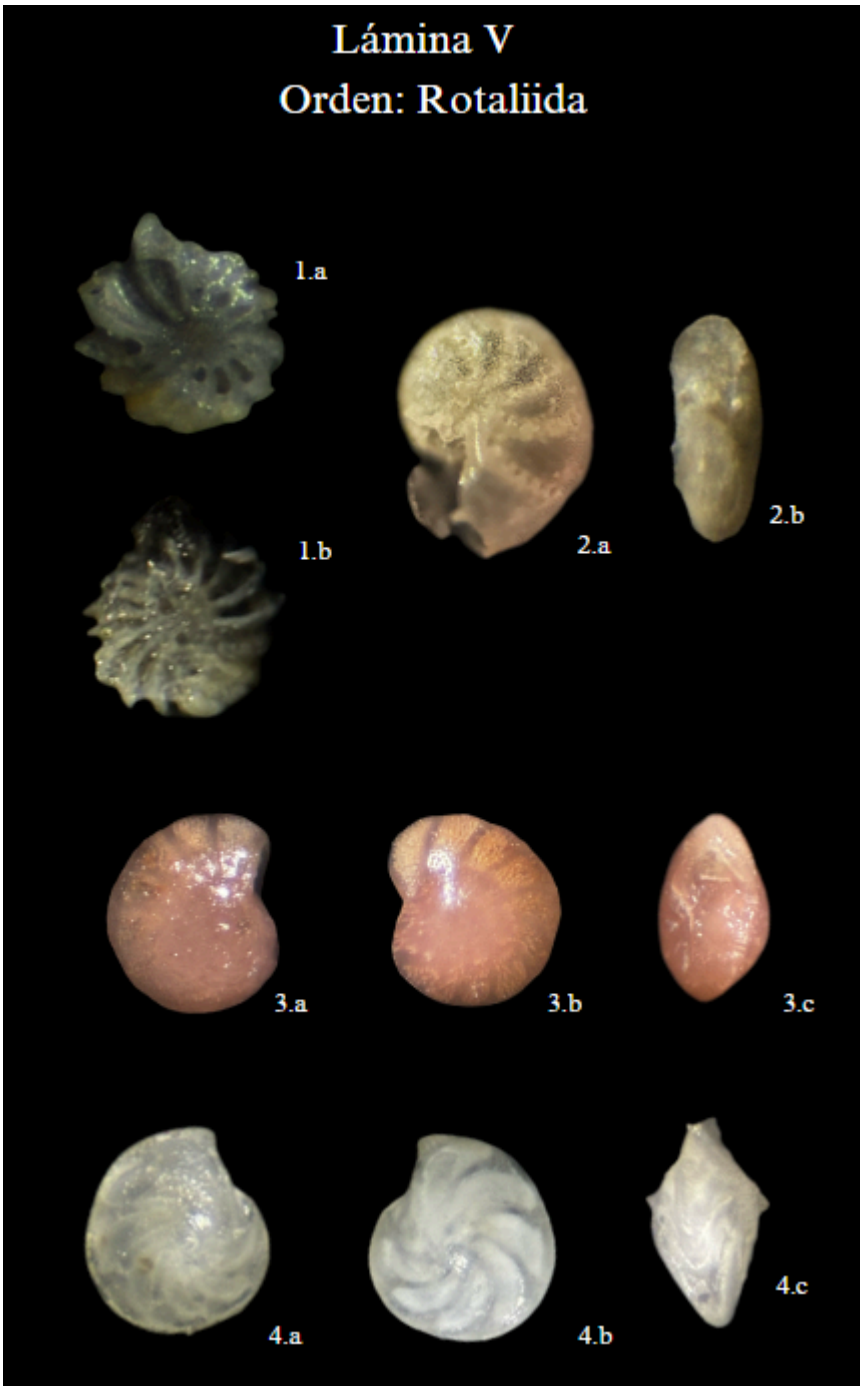

Figura. 14. Lamina V: especies orden Rotaliida **1)** a) vista posterior, b) vista inferior, **2)** *D. rosea* a) vista posterior, b) vista lateral, **3)** *G. lamackiiana* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral, **4)** *P. lateralis* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral.

Familia Globorerinidae

Género *Globigerina*

Globigerina posee conchas troncoespirales, cámaras globulares, paredes calcíticas perforadas y un rango temporal desde el Oligoceno hasta el Reciente [5].

Globigerina bulloides d'Orbigny, 1826

Esta especie se caracteriza por una concha trocoespiral baja, la última vuelta de la espiral presenta típicamente 4 cámaras, aunque en ejemplares juveniles se pueden observar 5 cámaras, la concha puede presentar enrollamiento tanto dextrógiro (hacia la derecha) como levógiro (hacia la izquierda), la abertura umbilical es amplia y se orienta hacia el centro de la concha, careciendo de labio, la superficie de la concha presenta ornamentaciones, incluyendo espinas delgadas y pequeños poros [33].

Familia Hantkeninidae

Género *Clavigerinella*

Se distingue por tener una concha planiespiralada, que ocasionalmente presenta una ligera asimetría (pseudoplanispiralada), y su estructura biumbilicada, esta concha, o testa, está compuesta de material calcítico hialino, exhibiendo una superficie lisa o con puntuaciones, y está perforada por poros cilíndricos [31]. Las cámaras, que inicialmente son globulares, evolucionan hacia una forma claviforme, alargándose radialmente y culminando en una parte bulbosa terminal; este género de foraminíferos tiene una distribución temporal que abarca desde el Eoceno inferior (Ypresiense inferior) hasta el Eoceno superior (Priaboniense) [31].

Clavigerinella colombiana Petters, 1954

Esta especie se caracteriza por una concha ligeramente trocoide, que presenta típicamente 4 cámaras, aunque en raras ocasiones puede llegar a tener 6, dispuestas de forma laxa en la última vuelta de la espira, las cámaras experimentan un rápido aumento de tamaño, especialmente hasta la penúltima, y son relativamente cortas para el género, presentan una base estrecha, que en ocasiones forma un tallo corto, y se ensanchan rápidamente hacia el borde periférico, siendo este ensanchamiento mucho más pronunciado en la vista apertural que en la vista lateral. Esta característica resulta en un marcado aplanamiento de las cámaras en la dirección del enrollamiento, la pared de la concha presenta perforaciones finas, la abertura, ubicada en la base de la última cámara formada y ligeramente ventral al borde periférico, es una hendidura arqueada bastante ancha con un labio ligero [34].

Familia Globorotaliidae

Género *Neogloboquadrina*

Las especies pertenecientes a este género se caracterizan por presentar conchas trocoespirales, cuya morfología varía desde formas bajas hasta moderadamente elevadas, las cámaras que componen estas conchas son de forma globular a subglobular, y experimentan un rápido aumento de tamaño. La pared de la concha está compuesta de calcita hialina, y presenta perforaciones con poros en forma de copa, así como una superficie punteada o reticulada, el contorno ecuatorial de la concha es subcuadrado a redondeado, y lobulado; estos organismos tienen una distribución latitudinal cosmopolita, encontrándose preferentemente en aguas templadas a subpolares [30; 31].

Neogloboquadrina pachyderma Ehrenberg, 1861

Es de tamaño relativamente pequeño, con conchas que miden entre 100 y 250 µm, se caracteriza por tener de 4 a 5 cámaras globulares en la última vuelta de la espiral. Estas cámaras son subesféricas a ovadas, están estrechamente unidas y aumentan rápidamente de tamaño, la cámara final suele ser alargada y presenta un borde o cubierta similar a una bula que cubre gran parte del ombligo, la abertura es umbilical, interiomarginal y varía de un arco bajo a alto [32]. Además, se describe que la conchilla de *N. pachyderma* presenta una espiral trocoespiral baja con cámaras dirigidas hacia la izquierda (levógira), el margen es redondeado y las 4 cámaras son subglobosas con poros medianos, la abertura es extraumbilical dextral y presenta un labio [30].

Familia Asterigerioidea

Género *Amphistegina*

Estos organismos se caracterizan por conchas con forma de disco o lente, que presentan una estructura troco-espiral compleja. La pared de estas conchas está compuesta de material calcáreo y poseen perforaciones finas, mientras que su forma se define por cámaras enrolladas en espiral [29].

Amphistegina gibbosa d'Orbigny, 1839

Estos organismos se caracterizan por una concha lenticular, con un lado más convexo que el otro, la pared de la concha es lisa y transparente, las suturas, que delimitan las cámaras, presentan una curvatura pronunciada hacia atrás, con una sutura secundaria mediana distintiva y sin poros visibles. El borde de la concha es subagudo, nunca aquillado, en el lado umbilical, se observa un área pustulosa característica alrededor de la abertura, que tiene forma de hendidura, las cámaras en el lado ventral ocupan aproximadamente la mitad de la superficie de la concha. [25; 18].

Familia Nonionidae

Género *Nonionella*

Estos organismos se caracterizan por presentar una concha ligeramente comprimida, dispuesta en una espiral trocoespiral baja, el borde periférico es redondeado, el lado espiral es parcialmente evoluto, mostrando un saliente umbonal, mientras que el lado umbilical es involuto, la concha presenta numerosas cámaras anchas y bajas, dispuestas en vueltas que aumentan gradualmente de tamaño, lo que puede resultar en una concha ligeramente ensanchada [5]. Las cámaras poseen una proyección en forma de colgajo que se extiende hacia el ombligo, con las proyecciones de las cámaras sucesivas superpuestas, las suturas, que delimitan las cámaras, son curvadas y deprimidas el borde periférico es redondeado, la pared de la concha es calcárea, de textura granular óptica, finamente perforada y con una superficie lisa, carente de pústulas, la abertura, ubicada en el margen interno de la cámara, es un pequeño arco casi ecuatorial, esta especie tiene una amplia distribución temporal y geográfica, encontrándose desde el Cretácico (Coniaciense) hasta el Holoceno, y con una distribución cosmopolita [5].

Nonionella auris d'Orbigny, 1839

Esta especie se caracteriza por una concha asimétrica y ligeramente trocoide, con una espira no elevada y un borde periférico ampliamente redondeado en los individuos adultos, la concha presenta de 9 a 11 cámaras en los adultos, las cuales son bajas, anchas, bien diferenciadas y ligeramente infladas, en los adultos, la última cámara formada presenta una porción agrandada que se extiende sobre el ombligo en el lado ventral, las suturas, que delimitan las cámaras, son distintas, deprimidas y suavemente curvadas, la pared de la concha es lisa, pulida y presenta perforaciones muy finas, la abertura, ubicada en la base de la última cámara formada, se extiende desde el borde periférico hacia el lado ventral, siendo baja y ancha [4].

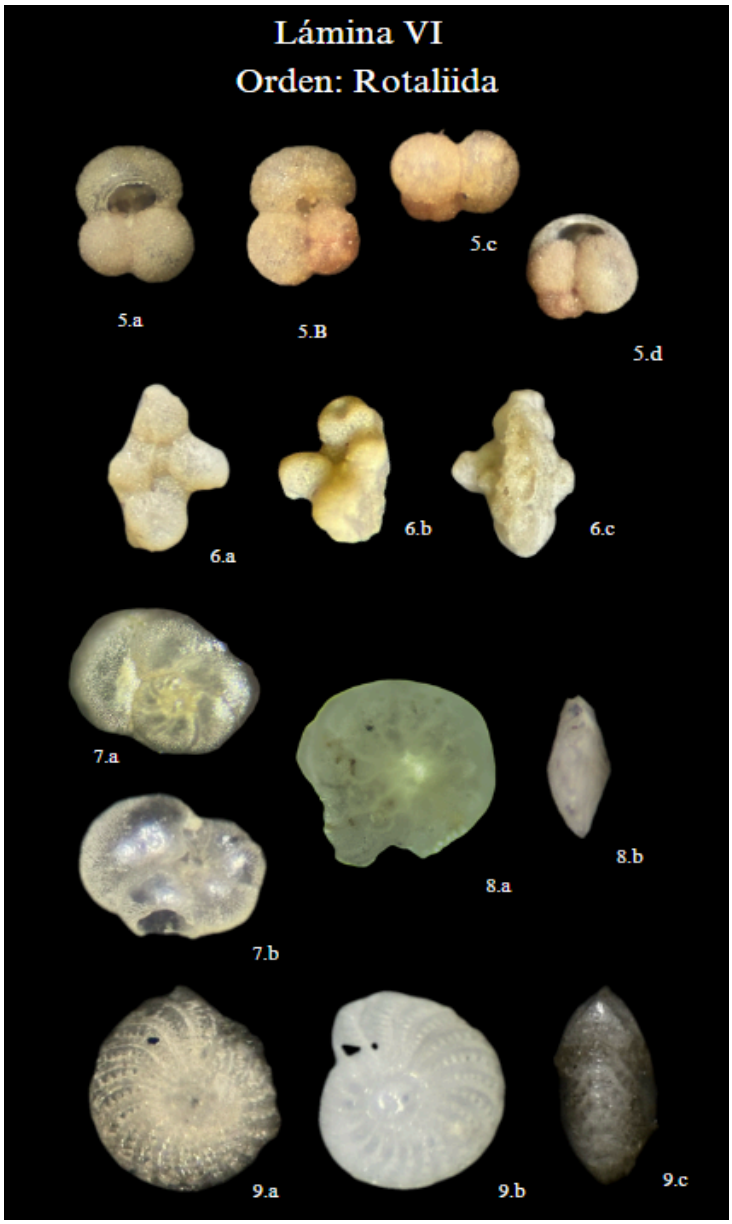

Figura. 15. Lamina VI: especies orden Rotaliida, **5)** *Gl. bulloides* a) apertura de la concha, b) vista posterior, c) vista lateral, d) vista inferior, **6)** C. colombiana a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral, **7)** *N. pachyderma* a) vista posterior, b) vista inferior, **8)** *A. gibbosa* a) vista posterior, b) vista lateral, **9)** *N. auris* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral.

Familia Elphidiidae

Género *Elphidium*

Se presentan poros suturales y un sistema de canales suturales; los procesos retrales pueden unir las suturas; se presentan múltiples aberturas interiomarginales o de área. Distribución cronoestratigráfica del Paleoceno a Holoceno [5].

Elphidium discoidale d'Orbigny, 1839

Esta especie se caracteriza por una concha de tamaño mediano para el género, ligeramente comprimida, con un borde periférico subagudo y un margen ligeramente lobulado, los lados de la concha son convexos en vista periférica, y las regiones umbilicales presentan grandes protuberancias redondeadas que sobresalen notablemente del contorno de la concha, las cámaras, que son solo ligeramente infladas y diferenciadas, se presentan en un promedio de alrededor de 10 en la última vuelta de la espira, las suturas, que delimitan las cámaras, son ligeramente deprimidas y se ensanchan hacia el extremo interno, estando también marcadas por procesos retrales cortos, que varían en número de 10 a 12, la pared de la concha es lisa y presenta perforaciones claramente visibles, la abertura consiste en múltiples aberturas pequeñas y redondeadas ubicadas en la base de la cara apertural, el diámetro de la concha es de 0.65 mm y el espesor de 0.30 mm [35].

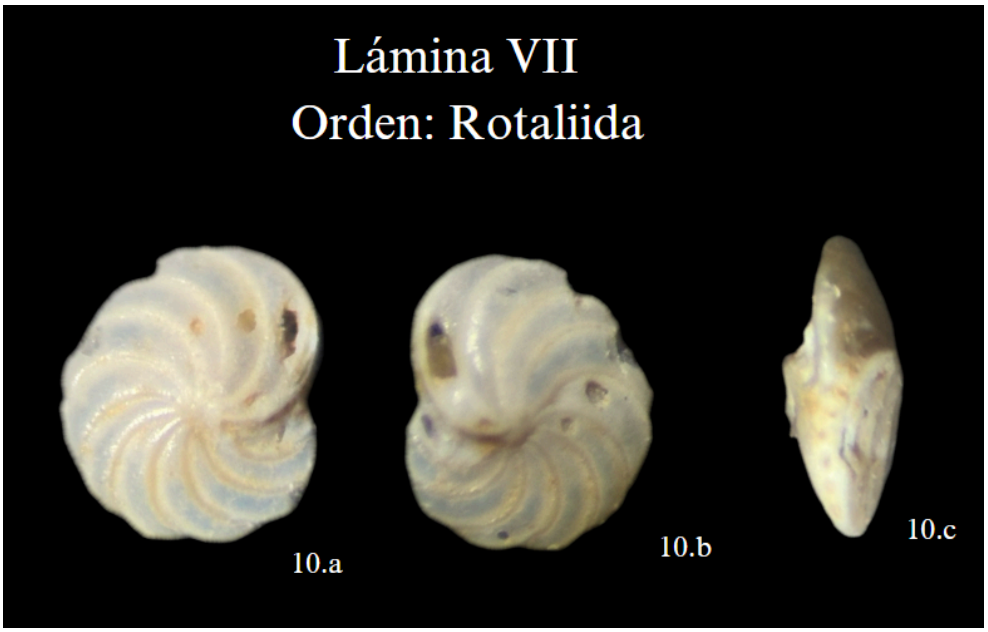

Figura. 16. Lamina VI: especies orden Rotaliida, **10)** *E. discoidale* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral

Orden Texturialiida

Familia Textulariidae

Género *Siphotextularia*

Esta especie se caracteriza por una concha biserial a lo largo de su estructura, aunque en algunos casos puede presentar una vuelta triserial inicial, consistente en una única cámara adventicia en la porción inicial, la sección de la concha es cuadrangular, la pared está compuesta de material finamente aglutinado y presenta una estructura canaliculada, con poros que pueden abrirse al exterior o terminar ciegamente como pseudoporos, el área de la abertura es redondeada o presenta una hendidura corta, rodeada por un labio distintivo o extendida en un cuello tubular. Esta especie tiene una amplia distribución temporal y geográfica, encontrándose desde el Eoceno hasta el Holoceno, y con una distribución cosmopolita [10].

Siphotextularia cóncava Karrer, 1868

Esta especie se caracteriza por una concha alargada y ahusada, que presenta una compresión mínima y un borde periférico redondeado, las cámaras, que son infladas, aumentan de ancho y altura de manera bastante uniforme hacia el extremo de la abertura, las suturas, que delimitan las cámaras, son distintas, deprimidas y generalmente se disponen en ángulos rectos con el eje longitudinal de la concha, la pared de la concha está compuesta de material aglutinado de manera relativamente tosca, pero presenta un acabado suave, la abertura, ubicada en el margen interno de la última cámara formada, es una hendidura alargada situada en una depresión bien definida [3].

Orden Spirillinida

Familia Ammodiscidae

Género *Spirillinoides*

Este género se distingue por su concha unicameral, que consiste en un único tubo calcáreo hialino enrollado de forma planispiral, es decir, en un mismo plano, esta estructura espiralada culmina en una abertura terminal simple y redondeada, ubicada al final del tubo [5]

Spirillinoides circumcinctus Rhumbler, 1938

Este organismo se caracteriza por poseer una concha con una cámara tubular indivisa, dispuesta en una espiral que varía de planispiral a ligeramente trocoespiral, la pared de la concha es imperforada y presenta un verticilo externo proteináceo con una capa periférica aglutinada, la abertura se encuentra en el extremo abierto del tubo [5].

Orden Vaginulinida

Familia Vaginulinidae

Género *Lenticulina*

Se caracterizan por poseer una concha libre, comprimida y dispuesta en una espiral planispiral involuta, pudiendo presentar un ombligo leve, las suturas, que delimitan las cámaras, son casi radiales y no se encuentran profundamente deprimidas, la pared de la concha está compuesta de material finamente aglutinado, la abertura, ubicada en la base de la cara apertural, es una abertura baja simple [5].

Lenticulina rotulata Lamarck, 1804

Esta especie se caracteriza por una concha planispiral con un ombligo central, la concha presenta cámaras consecutivas, con el prolóculo, ubicado en el centro, rodeado por un número variable de cámaras, generalmente alrededor de 13, que disminuyen en proximidad a medida que se alejan del centro, la última vuelta de la espiral puede presentar hasta once cámaras [36].

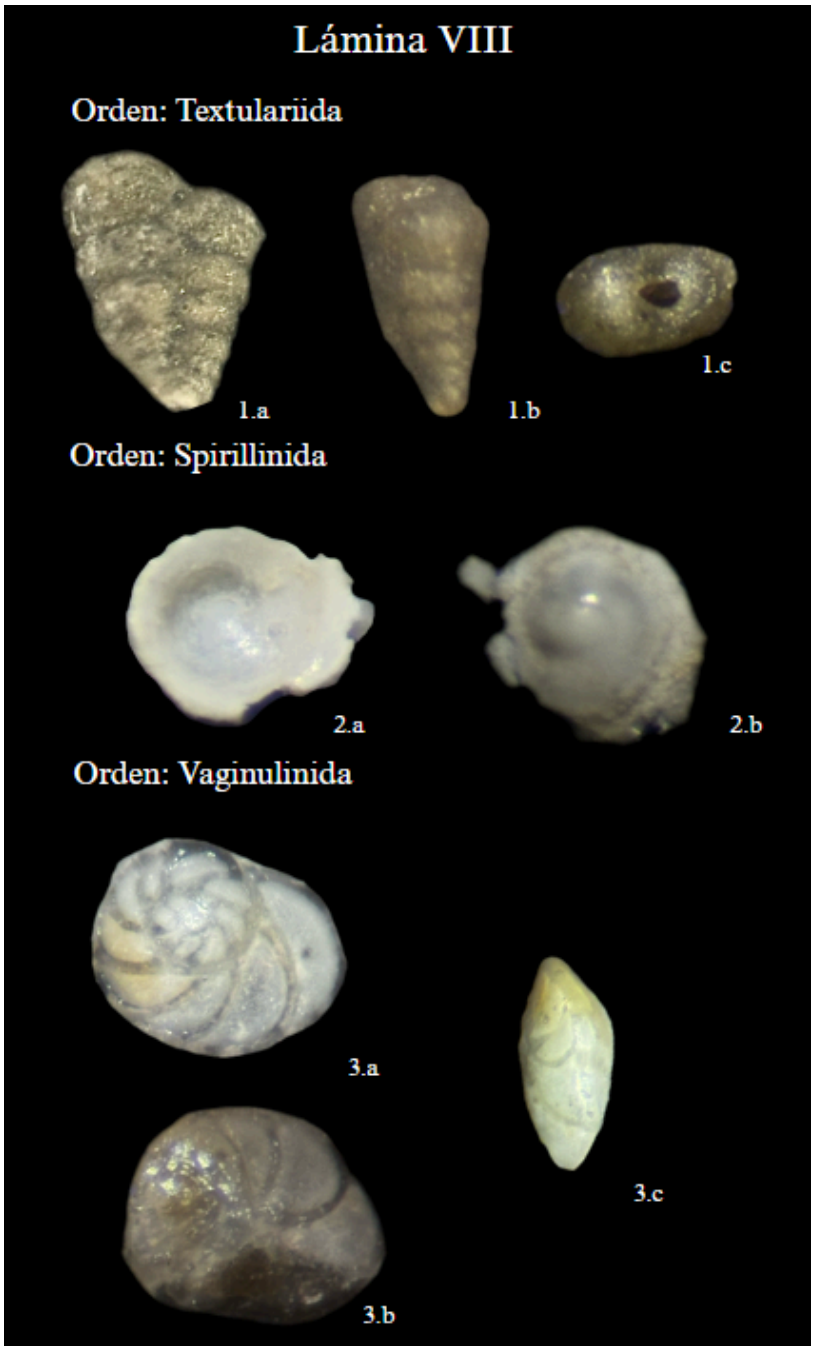

Figura. 17. Lamina VI: **1)** orden Textulariida: *S. cóncava* a) vista posterior, b) vista lateral, c) apertura de concha, **2)** Orden: Spirillinida: *S. circumcinctus* a) vista posterior, b) vista inferior, **3)** Orden: Vaginulinida: *L. rotulata* a) vista posterior, b) vista inferior, c) vista lateral.

Producto

Catálogo fotográfico

El catálogo fotográfico resultante de la investigación sobre los foraminíferos de La Guajira colombiana constituye un recurso visual y descriptivo exhaustivo de las especies identificadas (Fig. 18). Cada página del catálogo se dedica a una especie en particular, presentando de manera sistemática la siguiente información: su nombre científico (siguiendo la nomenclatura binomial), la familia taxonómica a la que pertenece, una descripción morfológica detallada que resalta las características distintivas de la concha, fotografías de alta resolución de la vista posterior, inferior y lateral del espécimen, la forma de la concha (tubular, globular y espiral), y finalmente, su distribución cronoestratigráfica, detallando su presencia a lo largo de las diferentes eras geológicas conocidas.

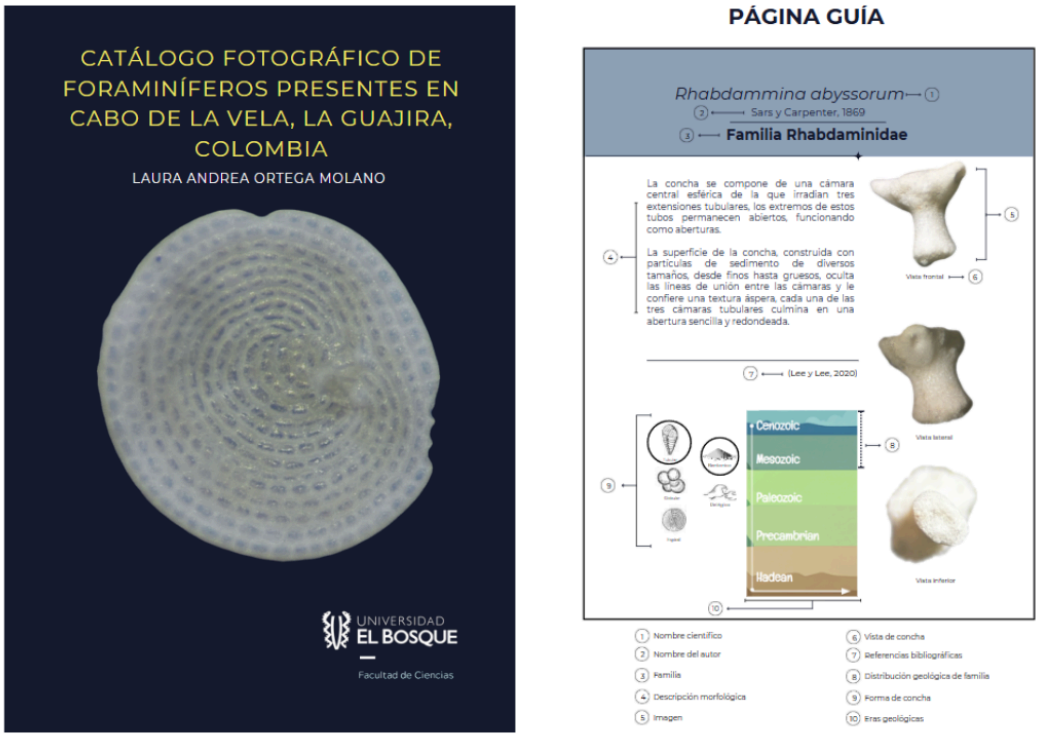

Figura 18. Vista general de páginas de catálogo fotográfico.

Montaje colección de Referencia de foraminíferos

Con el propósito de asegurar la correcta manipulación y exhibición de los foraminíferos, se elaboró un instructivo detallado que se incluyó con la colección. Este instructivo abarca los siguientes aspectos (Fig. 19–20):

- Elaboración de cajas de montaje: se describe paso a paso el proceso para construir cajas de tamaño adecuado para albergar los especímenes individuales.

- Adhesión a láminas para observación estereoscópica: Se explica la técnica recomendada para adherir los foraminíferos a láminas portaobjetos, permitiendo su observación detallada bajo microscopios estereoscópicos.

- Manipulación de los contenedores: se proporcionan directrices para la manipulación segura de los contenedores de almacenamiento, minimizando el riesgo de daño a las cajas de montaje y a los delicados especímenes.

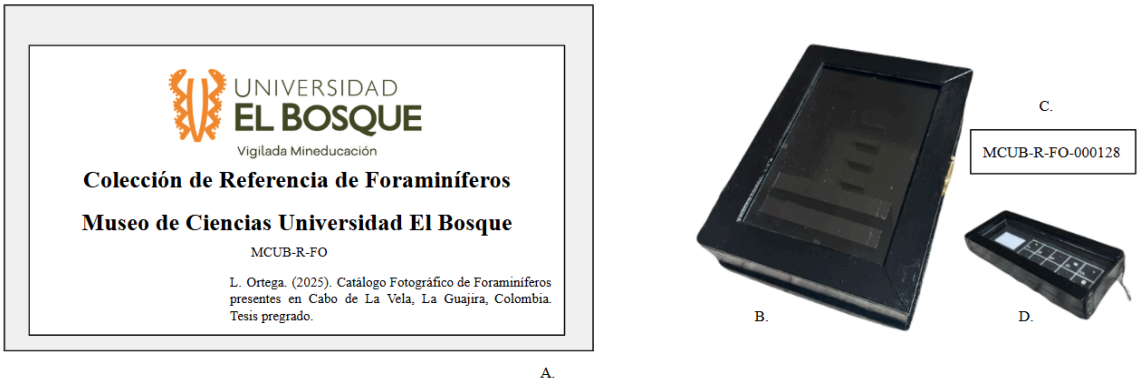

Figura 19. a-d. Cajas de montaje de exhibición de foraminíferos; **a)** Etiqueta de colección de referencia de foraminíferos encontrados en el presente proyecto de investigación; **b)** cajas contenedoras de láminas; **c)** etiqueta de numero de colección en base de datos colección referencia MCUB; **d)** cajas de exhibición de foraminíferos.

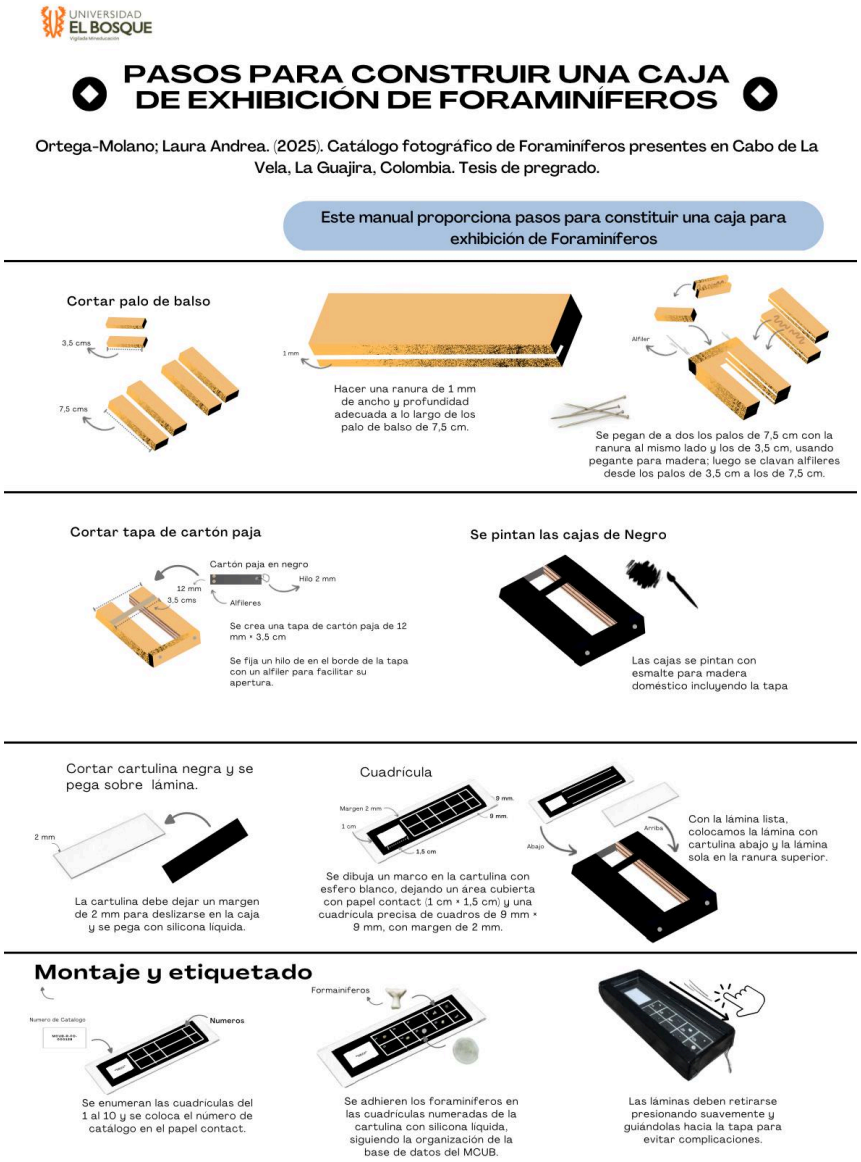

Figura 20. Instructivo para la realización de contenedores o cajas para montaje de foraminíferos. Este instructivo se dispone dentro de contenedor de láminas.

Conclusiones

1. Se reportan un total de 25 especies de las cuales el Orden más representativo fue Rotaliida con 10 especies encontradas.
2. Para una determinación taxonómica debe tenerse en cuenta la vista posterior, inferior y lateral de los individuos, por lo que la disposición de cámaras resulta siendo un carácter diagnostico específico de cada especie.
3. Herramientas como el catálogo de fotografías permiten extender el conocimiento de estas especies para estudiantes y público en general que desconocen la existencia de las mismas y las características morfológicas que les permiten habitar en ciertos ecosistemas.
4. El montaje de exhibición permite aumentar la colección de referencia de las especies de foraminíferos presentes en Cabo de La Vela.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a quienes hicieron posible la realización de este proyecto:

Primero, agradecimiento a Dios por guiar mis pasos y hacer posible la realización de este sueño. A mis amados padres, gracias por nunca dejar de creer en mí, por impulsarme y por ser la fuerza detrás de cada paso; este logro se los dedico con todo mi corazón.

A mi familia, mis hermanas y mis sobrinos, por las risas y la tranquilidad. Y a mis amigos, por estar siempre en las buenas y en las malas, las amistades de verdad, son para toda la vida.

Y por supuesto, a ti, mi amor. Gracias por tu paciencia, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por ser ese apoyo incondicional que siempre me empuja a ir por más.

Referencias bibliográficas

[1] Murray JW. Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. En: Foraminiferal Biostratigraphy. Wiley-Blackwell; 2006. p. 75-87. doi: 10.1002/9781118688738.ch6

[2] Bé A, et al. Foraminíferos: una guía para su estudio e identificación. AC; 1983.

[3] Milker Y, Schmiedl G. A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. Palaeontologia Electronica. [Internet]. 2012. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://palaeo-electronica.org/content/pdfs/271.pdf

[4] Cushman J, Kellet B. Recent Foraminifera from the west coast of South America. Journal of Paleontology. [Internet]. 1928;1(4). [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/15817/USNMP-75_2796_1929.pdf

[5] Loeblich AR, Tappan H. Foraminiferal Genera and Their Classification. [Internet]. Van Nostrand Reinhold; 1988. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-foraminiferalgeneraandtheirclassification.pdf

[6] Hofker J Sr. Recent foraminifera from Barbados. Studies on the Fauna of Curaçao and Other Caribbean Islands. 1969;31:1-158.

[7] Hottinger L. Chamber arrangement in foraminifera. Journal of Micropaleontology. 2006;25(2):121-145.

[8] Dubicka Z. Test structures in Jurassic foraminifera. Palaeontology Journal. 2018;48:123-145.

[9] Murray JW. Functional morphology of benthic foraminiferal shells. Springer; 1973.

[10] Langer MR, Hottinger L. Biogeography of selected larger foraminifera. Micropaleontology. 2000;46(3):177-194.

[11] Hallock P, Glenn E. Importancia ambiental y ecológica de los foraminíferos. En: Foraminíferos y sus aplicaciones. 1986.

[12] Jorissen FJ, Fontanier C, Galiñanes M. The role of benthic foraminifera in the biogeochemical cycling of carbon and nitrogen in marine sediments. Geological Society, London, Special Publications. 2007;276(1):37-52. doi: 10.1144/SP276.

[13] Callejas JA, Vega JA, Lobo S. Foraminifera as indicators of paleoenvironmental changes in the Caribbean Sea: A review. Marine Micropaleontology. 2020;150:101740. doi: 10.1016/j.marmicro.2020.101740

[14] Tappan H. The Paleobiology of Foraminifera. New York: Wiley; 1980.

[15] Langer MR, Wenz S. Foraminifera in the context of ocean acidification. Marine Ecology Progress Series. 2006;336:277-287. doi: 10.3354/meps336277.

[16] Hofker R, Duran A, Baran D. The role of benthic foraminifera in paleoclimatology: Implications for future climate scenarios. Earth-Science Reviews. 2020;206:103222. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103222

[17] Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Reporte de alertas: Zona hidrográfica Caribe - Guajira. [Internet]. 2023. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://www.anla.gov.co/images/documentos/reportes-alertas/20230116-reporte-alertas-zona-hidrografica-caribe-guajira.pdf

[18] Betancourt A. Catálogo Morfológico Ilustrado de los Foraminíferos del Litoral Arenoso de Cabo de la Vela, La Guajira, Colombia. [Tesis]. 2024.

[19] Carpenter WB. On the Rhizopodal Fauna of the Deep Sea. Proceedings of the Royal Society of London. 1869;18:59-62. doi: 10.1098/rspl.1869.0019

[20] Lee S, Lee W. Five newly recorded foraminifera from off the southern coast of Jeju Island, Korea. Journal of Species Research. [Internet]. 2020;9(4):473-479. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://www.vliz.be/imisdocs/publications/356714.pdf

[21] Benedetti A. Eocene/Oligocene deep-water agglutinated foraminifers (DWAF) assemblages from the Madonie Mountains (Sicily, Southern Italy). Palaeontologia Electronica. [Internet]. 2017;20(1):1-66. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://palaeo-electronica.org/content/pdfs/660.pdf

[22] Bhalla S. Contributions to the study of the Mesozoic and Tertiary formations of Andhra Pradesh and recent Foraminifera from the east coast of India. Department of Geology Aligarh University. [Internet]. 1978. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/144526273.pdf

[23] Torres GA, Patarroyo GD, Veloza G, Mora JA, Gómez DF. Asociaciones de foraminíferos aglutinados de la Formación San Cayetano en el Cinturón Plegado de San Jacinto (Norte de Colombia). Bol Geol. 2022;44(1):75-92. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/358150959_Asociaciones_de_foraminiferos_aglutinados_de_la_Formacion_San_Cayetano_en_el_Cinturon_Plegado_de_San_Jacinto_Norte_de_Colombi

[24] Alve E. Respuestas de los foraminíferos bentónicos a la contaminación de los estuarios: una revisión. Revista de investigación de foraminíferos. 1995;25(3):190-203. doi: 10.2113/gsjfr.25.3.190

[25] Hofker J. Foraminíferos recientes de Barbados. Estudios sobre la fauna de Curazao y otras islas del Caribe. 1964;31:1-158. Disponible en: [http://www.repository.naturalis.nl/record/506128

[26] Simphonia T, Senthil N. Taxonomic notes on Recent Foraminifera from the Continental Shelf-Slope Region of Southwestern Bay of Bengal, East Coast of India. Palaeontologia Electronica. [Internet]. 2017;22(3):55A 1-89. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: palaeo-electronica.org/content/2019/2677-taxonomy-recent-foraminifera

[27] Habibnia, B., Mannikeri, M. (1990). Smaller foraminifera From eocene beds of Jaisalmer district, western Rajasthan. Journal Of the Paleontological sociaty of India. Vol.35. pp. 1-5. Recuperado de: https://palaeontologicalsociety.in/vol35/v1.pdf

[28] Dolan J. On the curious illustration of the foraminifera peneroplis planatus in haeckel's kunstformen der natur (1899-1904). Journal of foraminiferal research. 2024;54(1):49-53.

[29] Debenay J. A Guide to 1,000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia. Muséum national d'Histoire naturelle. [Internet]. 2012. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-01/010058351.pdf

[30] Coloma, C., Marchant, M., Hebbeln, D. (2005). Foraminiferos Planctónicos Durante El Niño 1997-98 Del Área De Coquimbo (30ºs; 73ºw), CHILE. Gayana 69(1): 48-77, Recuperado de: https://www.scielo.cl/pdf/gayana/v69n1/art08.pdf

[31] Corbi H, Soria JM. Foraminíferos planctónicos del Plioceno inferior del sector central de la cuenca de Vera (Almería, SE de España). Cidaris. [Internet]. 2012;(36):1-18. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/61768/1/2012_Corbi_Soria_Cidaris.pdf

[32] Ivanova EM, Conan SM-H, Peeters FJC, Troelstra SR. Living Neogloboquadrina pachyderma. Marine Micropaleontology. 1999;36. doi: 10.1016/S0377-8398(98)00027-9

[33] Maldonado L. Caracterización de la comunidad de Foraminíferos planctónicos y su asociación a masas de agua en el norte del mar peruano. [Internet]. Universidad peruana Cayetano Heredia; 2021. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en:

https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9766/Caracterizacion_MaldonadoCruzado_Lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[34] Hellen K. Hantkeninid planktonic foraminifera and Eocene palaeoceanographic change. University of Bristol Research Portal. [Internet]. 2000. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: http://research-information.bristol.ac.uk

[35] Cushman J. A monograph of the foraminiferal Family Nonionidae. [Internet]. 1939. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://pubs.usgs.gov/pp/0191/report.pdf

[36] Bronislawa J. Evolution of the Jurassic and Cretaceous smooth-walled Lenticulina (Foraminifera) of Poland. Acta Paleontológica Polonica. [Internet]. 1975. [Citado 2024 Jun 13]. Disponible en: https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-47245a0e-c17c-422c-9cd6-81fc4227472d/c/app20-099.pdf

[37] Parada, C., Pinto, J. (1985). Foraminíferos bentónicos recientes de la plataforma continental interna de isla Barú. Disponible en: http://catalogo.humboldt.org.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4370&shelfbrowse_itemnumber=7324aa