

Registro fosilífero del horizonte de Los Corros (Eoceno – Formación Esmeraldas) en
inmediaciones de la represa de Hidrosogamoso.

Julián Esteban Duran Gómez.

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Germán David Patarroyo

Doctor en Geología

Universidad Industrial de Santander

Facultad De Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Geología

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A la señora Inés Amaya de Gómez, mi abuela, quien es la razón, la causa y la motivación para la realización de este trabajo. Sin sus enseñanzas, sus valores, su crianza y sus oraciones, nunca hubiese podido llegar hasta aquí. Su amor incondicional y su sabiduría han sido las piedras angulares de mi vida y mi educación. Este logro es tan suyo como mío.

A mi madre, Nancy Gómez, y a mi padrino, Hernando Gómez, el padre que la vida me regaló. Gracias por todo su apoyo, su paciencia y su constante aliento. Sus sacrificios y su fe inquebrantable en mí me han permitido alcanzar este sueño.

A todos ustedes, gracias por estar siempre presentes en mi vida, por creer en mí y por amarme profundamente. Sin ustedes, este camino no habría sido posible. Este logro es un reflejo del amor y el apoyo que me han brindado a lo largo de los años. Los amo profundamente y les dedico con todo mi corazón este trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a la colaboración de muchas personas, sin cuya ayuda no habría sido posible.

A Juliana Sierra por el prestamos de los equipos y la toma del registro fotográfico.

A Martha Liliana Blanco y a Rosadilia Carrillo por su ayuda en todos los trámites administrativos requeridos.

A Dr. Alejandra Martínez-Melo y a Adam Eliezer por el registro fotográfico de los especímenes tipo, Academy of Natural Sciendes of Drexler University, EE.UU.

A Luis Fernando Anaya, encargado del Laboratorio De Preparación De Muestras de la Universidad Industrial de Santander, por la preparación de las secciones delgadas.

Al Dr. Mario García, a Dr. Tania Palmera Henao y al Laboratorio de Geoquímica del Petróleo-UIS por el procesamiento de las muestras para COT.

A Top. Jorge Aguilar por el préstamo de los equipos y la capacitación para la toma de datos y el postproceso de la fotogrametría, TOP&CAD S.A.S, Girón, Santander.

Al Dr. Frank Wesselingh por su guía en la caracterización de los moluscos, Naturalis Biodiversity Center, Netherlands.

Al Dr. Pierre-Olivier Antoine por su guía en la caracterización de los peces, Managing Director at Université de Montpellier, Francia.

A mis amigos, Eduardo Cáceres y Manuela López, por su ayuda en las labores de campo y su constante retroalimentación.

Al Dr. Germán D. Patarroyo, por su guía durante la realización de este trabajo.

¡Para todos ustedes, Gracias Totales!

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1 Localización geográfica del área de estudio	13
2 Localización geológica del área de estudio	14
3 Hipótesis	16
4 Planteamiento del problema y justificación	17
4.1 Preguntas de investigación.....	18
5 Objetivos	19
5.1 Objetivo General.....	19
5.2 Objetivos Específicos.....	19
6 Marco Geológico	20
7 Antecedentes	22
8 Metodología	25
9 Resultados	28
9.1 Estratigrafía del área de estudio.....	28
9.1.1 Petrografía.....	32
9.1.2 Geoquímica.....	34
9.2 Paleontología.....	35
9.3 Sistemática paleontológica.....	41
9.4 Distribución estratigráfica de los fósiles colectados.....	50
9.5 Patrimonio geológico.....	51
9.5.1 Patrimonio geológico inmueble (In Situ).....	51

9.5.2	Levantamiento fotogramétrico de la Quebrada San Silvestre.....	53
9.5.3	Patrimonio geológico mueble (Ex situ)	54
10	Discusión.....	58
10.1	Discusión taxonómica.....	58
10.2	Discusión paleoecológica.....	59
10.3	Discusión paleobiogeográfica.....	64
10.4	Discusión de patrimonio	67
11	Conclusiones	69
	Referencias Bibliográficas	70

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Taxones revisados.....	22
Tabla 2. Análisis de carbono orgánico total.....	35
Tabla 3. Valoración del patrimonio geológico inmueble de la localidad.	52
Tabla 4. Resultados de la evaluación integral de la localidad	53
Tabla 5. Valores calculados para susceptibilidad y riesgo de la localidad	53
Tabla 6. Inventario del registro de la colección, interés científico y de exhibición.....	55
Tabla 7. Distribución paleobiogeográfica de los taxones reportados en el horizonte.....	64

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad, Quebrada San Silvestre.....	13
Figura 2. Mapa geológico del área de estudio.	14
Figura 3. Columna estratigráfica generalizada del Valle Medio del Magdalena.....	15
Figura 4. Especímenes tipo descritos por Pilsbry & Olsson, (1935).	23
Figura 5. Determinaciones revisadas.	23
Figura 6. Fotografías a color de los especímenes tipo reportados por Pilsbry & Olsson.	24
Figura 7. Columna estratigráfica generalizada de la localidad.	30
Figura 8. Niveles de la sucesión estratigráfica del horizonte de Los Corros.....	31
Figura 9. Secciones delgadas tomadas en distintos niveles de la sucesión estratigráfica	33
Figura 10. Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.....	36
Figura 11. Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.....	37
Figura 12. Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.....	37
Figura 13. Bivalvos colectados en la localidad de San Silvestre.....	38
Figura 14. Fragmentos de vertebrados colectados en la localidad de San Silvestre.....	39
Figura 15. Ostrácodos indeterminados colectados en la localidad de San Silvestre.	40
Figura 16. Fragmentos de plantas colectados en la localidad de San Silvestre.	40
Figura 17. Distribución estratigráfica y estado de conservación general los fósiles.	51
Figura 18. Ortomosaico tomado en la localidad de la Quebrada San Silvestre,.....	54
Figura 19. Caja de disposición final para el registro fósil de la quebrada San Silvestre.	57
Figura 20. Paleoambientes propuestos para el horizonte fosilífero de Los Corros	63
Figura 21. Incursiones marinas durante el Eoceno tardío en el norte de Sur América....	66

Lista de Apéndices

Los Apéndices Están Disponibles En El Repositorio Institucional

Apéndice A. Columna Estratigráfica del horizonte fosilífero de Los Corros (Escala 1:25), localidad de San Silvestre

Apéndice B. Resultados del levantamiento fotogramétrico en localidad de San Silvestre.

Apéndice C. Inventario y valoración de Patrimonio Geológico *ex situ*

Glosario

Eoceno: Segunda época del período Paleógeno, que abarca desde hace 58 millones de años hasta hace 37 millones de años.

Fotogrametría: Técnica que permite estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando medidas hechas sobre una o varias fotografías.

Incursión Marina: Evento geológico durante el mar ocupa un terreno continental, desplazándose la línea costera tierra adentro.

Paleobiogeografía: Es el estudio de la distribución espacial de los organismos fósiles y de los factores ecológicos e históricos que controlaron dicha distribución.

Paleoecología: Es el estudio de los organismos y ecosistemas del pasado a través del registro geológico (fósil y estratigráfico).

Patrimonio Geológico: Conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas.

Sistemática paleontológica: Rama de la biología que estudia la diversidad de los seres vivos y sus relaciones evolutivas.

Taxonomía: Sistema de clasificación que utiliza caracteres biológicos para agrupar los organismos actuales o del pasado.

Taxón: Agrupación de organismos emparentados, a quienes se les da un nombre bajo una clasificación taxonómica.

Resumen

Título: Registro Fosilífero Del Horizonte De Los Corros (Eoceno – Formación Esmeraldas) En Inmediaciones De La Represa De Hidrosogamoso.^{1*}

Autor: Julián Esteban Duran Gómez.^{2*}

Palabras Clave: Taxonomía, Paleobiogeografía. Paleoecología, Valle Medio del Magdalena.

Descripción:

En el tope de la Formación Esmeraldas (Eoceno) se encuentra el horizonte fosilífero de Los Corros (Valle Medio del Magdalena, VMM), el cual fue descrito como un nivel con presencia de moluscos, restos de plantas y palinomorfos. A pesar de su importancia para la correlación estratigráfica en el VMM, el horizonte fosilífero de Los Corros no cuenta con una caracterización geológica apropiada que incluya datos sedimentológicos y paleontológicos detallados.

Este trabajo caracteriza geológica y paleontológicamente el horizonte fosilífero de Los Corros en la Quebrada San Silvestre (VMM). Se identificaron cuarenta capas que comprenden una intercalación de areniscas, ruditas biogénicas, brechas biogénicas, bioesparitas y lodolitas. Se colectaron especímenes de gastrópodos (*Sheppardiconcha* sp, *Diplocyma wheeleri*, *Aylacostoma lataguensis*), bivalvos (*Sogamosa cyrenoides*, *Pachydon* sp), restos de vertebrados (Orden Siluriformes), plantas (angiospermas) y microfósiles (ostrácodos) distribuidos a lo largo de la sección.

Las asociaciones fósiles del horizonte de Los Corros podrían representar ambientes fluvio-lacustres y transicionales, salobres y estuarinos de alta paleoproductividad, y serían el inicio de las radiaciones fósiles de aguas frescas en el NW de Suramérica. Asimismo, podrían sugerir la presencia de un corredor marino que conectaba el Mar Caribe con las estribaciones de los Llanos Orientales durante el Eoceno tardío.

La valoración del patrimonio geológico *in situ*, reveló un valor científico muy alto para la localidad, permitiendo el estudio del tope del Eoceno en el VMM, así como la recomendación para su futura protección y divulgación. Finalmente, la colección paleontológica preparada en este trabajo, la cual cuenta con 52 piezas (26 gastrópodos, 11 bivalvos, 2 fragmentos de plantas, 4 fragmentos óseos de peces) proporciona la base para estudios futuros sobre el horizonte fosilífero de Los Corros, y corresponde a la primera colección que alberga su biota en el país.

^{1*} Trabajo de Grado

^{2*} Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. Geología. Director: Germán David Patarroyo Camargo. Doctor en Geología

Abstract

Title: The Los Corros fossiliferous record (Eocene - Esmeraldas Formation) at the Hidrosogamoso Dam.^{3*}

Author(s): Julián Esteban Duran Gómez.⁴

Key Words: Taxonomy, Paleobiogeography. Paleoecology, Middle Magdalena Valley.

Description:

At the top of the Esmeraldas Formation (Eocene) lies the Los Corros fossil horizon (Middle Magdalena Valley, MMV), which has been described as a layer containing mollusks, plant remains, and palynomorphs. Despite its importance for stratigraphic correlation in the MMV, the Los Corros fossil horizon lacks a proper geological characterization that includes detailed sedimentological and paleontological data.

This study characterizes the geological and sedimentological features of the Los Corros fossil horizon in the San Silvestre Creek (MMV). Forty layers were identified, comprising an intercalation of sandstones, biogenic rudites, biogenic brechias, biosparites, and mudstones. Specimens of gastropods (*Sheppardiconcha* sp., *Diplocyca wheeleri*, *Aylacostoma lataguensis*), bivalves (*Sogamosa cyrenoides*, *Pachydon* sp.), vertebrate remains (Order Siluriformes), plants (angiosperms), and microfossils (ostracods) were collected throughout the section.

The Los Corros fossil associations could represent fluvial-lacustrine and transitional, brackish, and estuarine environments of high paleoproductivity and may mark the beginning of freshwater fossil radiations in NW South America. They also might suggest the presence of a marine corridor that connected the Caribbean Sea with the foothills of the Llanos Orientales during the late Eocene.

The assessment of the *in situ* geological heritage revealed a very high scientific value for the locality, allowing the study of the top of the Eocene in the MMV, promoting its future protection and dissemination. Finally, the paleontological collection prepared in this study, which includes 52 pieces (26 gastropods, 11 bivalves, 2 plant fragments, 4 fish bone fragments), provides the basis for future studies on the Los Corros fossil horizon and represents the first collection that houses its biota in the country.

^{3*} Degree Work

⁴Faculty of Physical Chemical Engineering. School of Geology. Geology. Director: Germán David Patarroyo Camargo. Doctor in Geology

Introducción

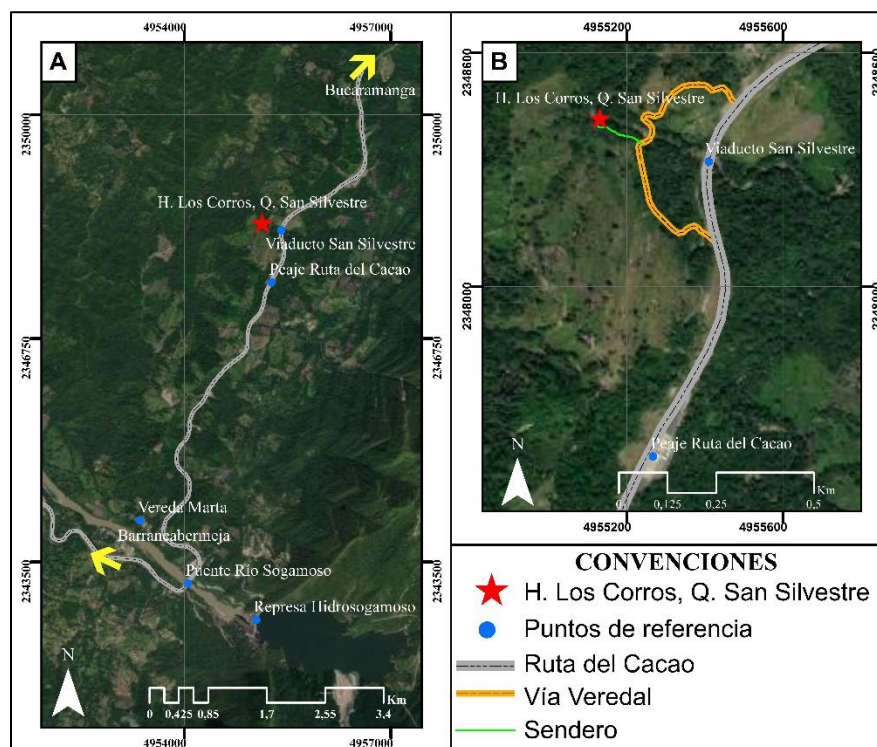
La Formación Esmeraldas (Eoceno) forma parte de la cobertera sedimentaria del flanco este del Sinclinal de Nuevo Mundo (Valle Medio del Magdalena, VMM). La unidad está compuesta por una intercalación de capas de arenita gris a gris verdoso de grano fino a medio, y gruesos paquetes de arcillolitas relacionados con depósitos de canal aluvial, estuarios, ríos meándricos y canales en planicies intermareales, o ambientes transicionales de baja intensidad (Caballero, 2010; Caballero et al., 2010). En el tope de la formación se encuentra el horizonte fosilífero de Los Corros, el cual fue descrito como un nivel con presencia abundante de moluscos (gastrópodos, bivalvos; Pilsbry & Olsson, 1935; Nutall, 1990), restos de macrofósiles vegetales (Martínez et al., 2021) y palinomorfos (Rodríguez, et al., 2012). Sin embargo, salvo observaciones de geología regional como las de Ward et al (1973) o Caballero (2010), el horizonte fosilífero de Los Corros no ha sido apropiadamente caracterizado en una sección estratigráfica. Igualmente, el conocimiento de la malacofauna (bivalvos y gastrópodos) del horizonte está limitado principalmente al trabajo de Pilsbry & Olsson (1935) y a observaciones generales por Parodiz (1969) y Nutall (1990), por lo que no existen descripciones taxonómicas actualizadas, ni interpretaciones ambientales con base en los mismos. Descripciones taxonómicas detalladas de otros restos fósiles en el horizonte, así como su significado paleoambiental, también son escasos. Este trabajo aporta en el conocimiento del horizonte fosilífero de Los Corros por medio de: (1) la identificación taxonómica actualizada de los fósiles que se colectaron en una localidad del horizonte fosilífero de Los Corros (Quebrada San Silvestre), y (2) la caracterización geológica general del horizonte y una valoración patrimonial de la localidad, ilustrando sus potencialidades y desafíos para su geoconservación.

1 Localización geográfica del área de estudio

Geográficamente, la localidad de estudio se ubica sobre la Quebrada San Silvestre (2348425.940 N; 4955129.138 E; CTM-12), en jurisdicción de los municipios de Girón y Lebrija en Santander. Para acceder a ella, se parte desde el puente del río Sogamoso, junto a la represa de Hidrosogamoso, tomando la “Ruta del Cacao” hacia el norte, hasta llegar al peaje “Ruta del Cacao” y posteriormente al acceso del Viaducto San Silvestre (Figura 1-A). Una vez allí, se toma al W por la vía terciaria hasta llegar al cauce de la quebrada, donde se continua por el sendero que se encuentra ubicado en el flanco sur del cauce y que a 100 metros río abajo, lleva al afloramiento (Figura 1-B).

Figura 1.

Ubicación geográfica de la localidad, Quebrada San Silvestre.



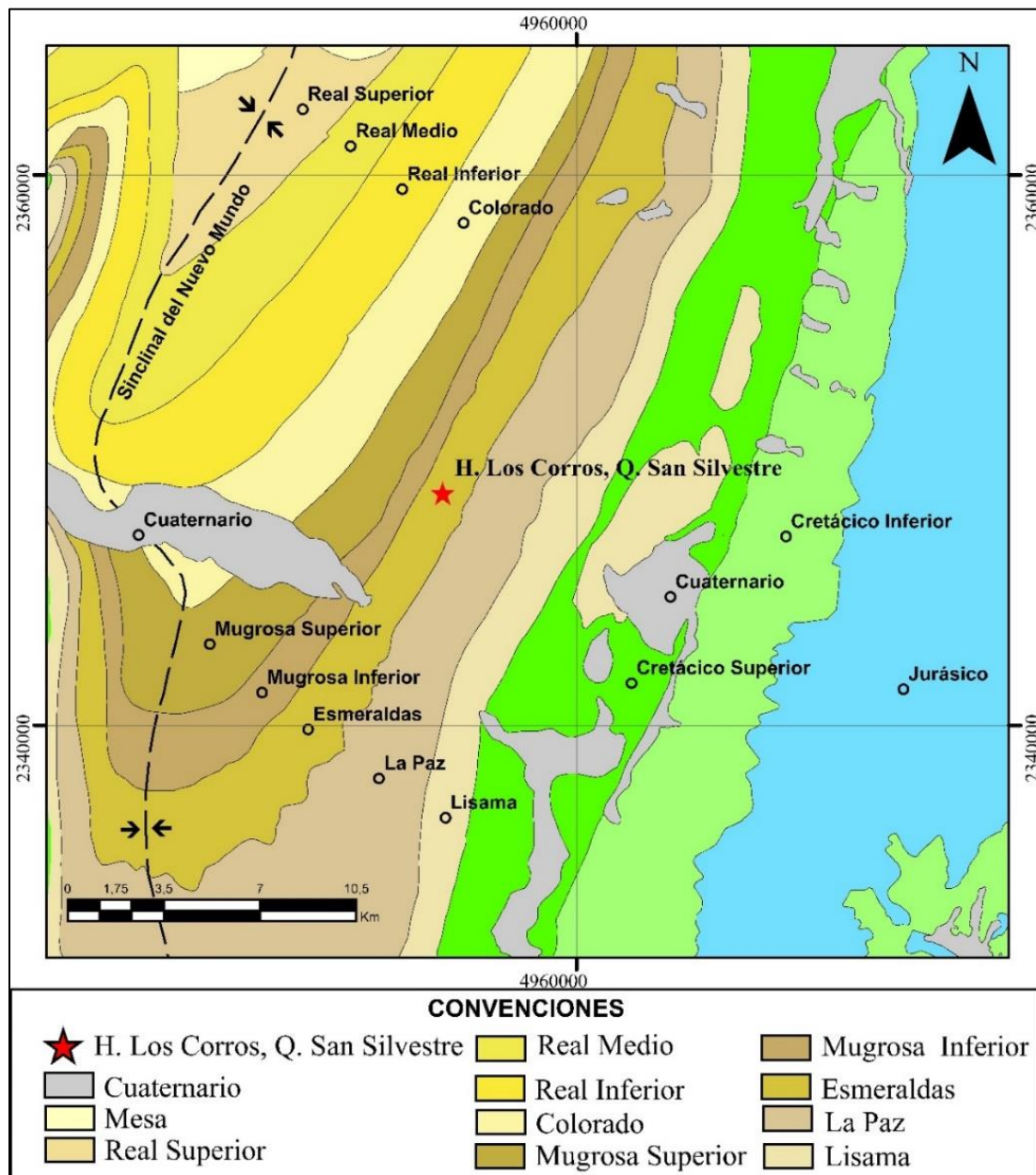
Nota. Horizonte fosilífero de Los Corros, localidad de San Silvestre. A) Ubicación geográfica regional de la localidad. B) Mapa de acceso a la localidad. Modificado de (ESRI, 2023)

2 Localización geológica del área de estudio

Geológicamente, El área de estudio se encuentra localizada en el flanco E del Sinclinal de Nuevo Mundo (SNM), al nororiente del VMM (Figura 2).

Figura 2.

Mapa geológico del área de estudio.



Nota. Modificado de: (Ward et al., 1973)

Estratigráficamente, el horizonte fosilífero de Los Corros ha sido descrito para el tope de la Formación Esmeraldas (Figura 3; Rodríguez, et al., 2012; Caballero et al., 2010).

Figura 3.

Columna estratigráfica generalizada del Valle Medio del Magdalena.

Ma	Espesor (m)	Época	Edad	Lito-Estratigrafía	Litología	Ambiente Sedimentario
23.0	575	Oligoceno	Chattiano	Formación Colorado		Sistema de abanico aluvial a sistema fluvial
27.8	-		Rupeliano	Formación Mugrosa		Sistema fluvial meandriforme
33.9	1225 - 2300	Eoceno	Priaboniano	Formación Esmeraldas		Ambiente transicional fluvial a estuarino de baja intensidad, valle aluvial inundado por el océano
37.7			Bartoniano			
41.2			Lutetiano	Formación La Paz		Sistema fluvial trezado a meandriforme
47.8			Ypresiano			
56.0	950 - 1225	Paleoceno	Thanetiano	Formación Lisama		Sistema continental deltáico y aluvial
59.2			Selandiano			
61.6			Daniano			
66.0						

CONVENCIONES			
	Horizonte Los Corros		Shale intercalado con arenita
	Horizonte La Cira		Mantos de carbón
	Horizonte Mugrosa		Arenitas intercaladas con limolitas y shale

Nota. Modificado de: (Morales et al., 1958; Ward et al., 1973; Caballero, 2010; Caballero et al., 2010).

3 Hipótesis

Los estudios efectuados en el horizonte fosilífero de Los Corros han estado principalmente enfocados en el valor estratigráfico que tienen algunos de los elementos hallados en el mismo, como son los moluscos (Pilsbry & Olsson, 1935) y la paleoflora (Rodríguez, 2012; Martínez et al., 2021). Teniendo en cuenta la heterogeneidad propuesta en los ambientes de depositación de la Formación Esmeraldas (ej., ríos meándricos, llanuras de inundación, planicies intermareales; Ward et al., 1973; Caballero et al., 2010), las asociaciones fósiles del horizonte de Los Corros debieron ser mucho más diversas de lo que se ha estimado. Aspectos como la posible presencia de incursiones marinas en este horizonte, favorecerían el registro fósil de una alta diversidad biológica en este horizonte.

4 Planteamiento del problema y justificación

Para la sucesión sedimentaria del Cenozoico en el VMM, un total de tres horizontes fosilíferos han sido ampliamente descritos por su importancia como niveles de correlación estratigráfica: (1) Los Corros (Eoceno, Formación Esmeraldas), (2) Mugrosa (Oligoceno, Formación Mugrosa), y (3) La Cira (Oligoceno-Mioceno, Formación Colorado). En el horizonte fosilífero de Los Corros se ha reportado la presencia de gastrópodos y bivalvos, así como fragmentos vegetales y palinomorfos (Pilsbry & Olsson, 1935; Ward et al., 1973; Caballero et al., 2010; Rodríguez, et al., 2012; Martínez et al., 2021). A partir del registro palinológico actualmente se le asigna una edad de Eoceno tardío (Rodríguez, et al., 2012). En menor medida se ha abierto la discusión sobre la posibilidad de una incursión marina amplia dentro de dicha sucesión, asociada a otras unidades del Eoceno en la Cordillera Oriental (Caballero et al., 2010; 2020; De La Parra et al., 2021).

Aunque hay cierto avance en la valoración paleontológica del horizonte fosilífero de Los Corros, dichos esfuerzos siguen siendo insuficientes debido a: (1) la antigüedad de algunos de estos trabajos (ej., Pilsbry & Olsson, 1935; Nutall, 1990), lo cual tiene implicaciones en la validez de la taxonomía propuesta para los moluscos; (2) el grado de resolución espacial y enfoque temático de dichos estudios, que tienden a discutir aspectos de la geología regional del VMM (ej., Caballero et al., 2010; 2020), o la utilidad cronoestratigráfica del horizonte fosilífero de Los Corros (Rodríguez, et al., 2012). Asimismo, no se ha realizado hasta el momento una caracterización geológica apropiada del horizonte en ninguna localidad o pozo donde haya sido reportado, y que incluya datos sedimentológicos y paleontológicos detallados. Un nuevo estudio enfocado en el horizonte fosilífero de Los Corros proporcionaría descripciones taxonómicas precisas y

actualizadas tanto de los especímenes ya reportados de moluscos, como de posibles nuevos hallazgos. Esto contribuirá a llenar los vacíos en el conocimiento que aún persisten desde su descripción original en Pilsbry & Olsson (1935).

Además, la revisión de la información bibliográfica disponible sobre el horizonte fosilífero de Los Corros evidencia que los especímenes tipo de los moluscos descritos por Pilsbry & Olsson (1935) se hallan en colecciones de universidades americanas (Drexler University), o hacen parte de colecciones privadas (Nutall, 1990). La ausencia de material de referencia para Colombia limita entonces su conocimiento, genera sesgos en su interpretación, y no permite la apropiación cultural tanto en la academia como en las comunidades donde afloran estas rocas. Por ende, la creación de una colección estructurada, incluyendo la malacofauna fósil reportada y una valoración de patrimonio geológico *in situ* y *ex situ* de la sección estudiada, evaluando sus potencialidades y desafíos, puede fomentar la conservación del horizonte fosilífero de Los Corros.

4.1 Preguntas de investigación

¿Qué tipo de organismos fósiles caracterizan el horizonte fosilífero de Los Corros (Quebrada San Silvestre)?

¿Las asociaciones fósiles del horizonte de Los Corros, así como sus características litológicas principales, sugieren algún episodio con influencia marina?

¿Cuál es el grado de valor científico, educativo y cultural que puede presentar el horizonte fosilífero de Los Corros?

5 Objetivos

5.1 Objetivo General

Caracterizar las asociaciones fósiles y las condiciones paleoecológicas presentes en el horizonte de Los Corros.

5.2 Objetivos Específicos

Describir y clasificar taxonómicamente las asociaciones fósiles presentes en el horizonte fosilífero de Los Corros.

Realizar una valoración patrimonial del horizonte fosilífero de Los Corros y de su material paleontológico en la localidad de la Quebrada San Silvestre.

6 Marco Geológico

La cuenca sedimentaria del Valle del Magdalena es definida como el rasgo geomorfológico intramontañoso que separa las cordilleras Central y Oriental de Colombia, y en el que fluye en dirección sur-norte el río Magdalena. La cuenca se ha dividido tradicionalmente en tres subcuencas: Valle Superior del Magdalena (VSM), Valle Medio del Magdalena (VMM) y Valle Inferior del Magdalena (VIM; Sarmiento, et al, 2015).

El VMM tiene una larga y compleja historia de sedimentación durante el Cenozoico. Las unidades del Cenozoico se encuentran delimitadas por dos elementos estructurales bien definidos: la flexión de Chucurí al oriente y la falla de Salinas al occidente, (De Porta et al, 1974; Mora et al, 2006). La principal estructura del VMM corresponde al Sinclinal de Nuevo Mundo (SNM), la cual forma parte del cinturón de cabalgamiento del flanco occidental de la Cordillera Oriental de los Andes y se localiza al este de la cuenca (Caballero, 2010). La última etapa de la sedimentación y desarrollo del VMM en el Cenozoico fue dominada por depósitos aluviales sin-tectónicos, los cuales son facies típicas de ríos meándricos, abanicos aluviales y algunos niveles vulcano-clásticos. La sedimentación en el área del SNM se interrumpió durante la depositación de los estratos de la Formación Colorado, mientras que se manifestó de forma continua en la parte central del Valle del Magdalena, abarcando sedimentitas de las formaciones Real y Mesa. (Morales et al, 1958; De Porta et al, 1974; Colletta, 1990; Cooper, 1995; Mora et al, 2006).

La Formación Esmeraldas, si bien fue descrita en los años 30, fue formalizada por Morales et al (1958), siendo agrupada dentro del Grupo Chorro con la Formación La Paz (Figura 2; Pilsbry & Olsson, 1935; Morales et al, 1958; Ward et al, 1973). En su conjunto se caracteriza por presentar una intercalación de capas de arenita gris-verdoso de grano fino a medio, y gruesos paquetes de arcillolitas varicoloreadas (Sarmiento, et al., 2015). El contacto con la suprayacente Formación

Mugrosa se describe como aparentemente discordante, siendo menos evidente al este del Sinclinal de Nuevo Mundo (Figuras 2-3; Caballero, 2010; 2020).

Las sedimentitas de la Formación Esmeraldas se han relacionado con depósitos de canal aluvial y estuarios, ríos meándricos, así como canales en planicies intermareales, y ambientes transicionales de baja intensidad. Esta interpretación ha sido propuesta a partir del contenido de materia orgánica y el hallazgo de fragmentos vegetales en sus capas, así como la presencia de estromatolitos algales, conchas de gastrópodos, y bivalvos de aguas salobres (Caballero, 2010; Rodríguez, et al., 2012; Martínez, et al., 2021). Las características litofaciales sugieren una secuencia grano decreciente, con un máximo de inundación hacia el techo de la unidad (Caballero et al., 2010). En superficie y en pozos exploratorios se ha descrito el horizonte fosilífero de Los Corros como un nivel que abarca dos estratos de arenitas verde oliva, junto a al menos dos niveles de shale negro, los cuales se encuentran ubicados unos 50-100 m por debajo del techo de la formación (Caballero, 2010).

7 Antecedentes

El primer reporte paleontológico del horizonte fosilífero de Los Corros describió en su momento cinco nuevas especies de gastrópodos y bivalvos (Tabla 1; Figuras 4-5; Pilsbry & Olsson, 1935), los cuales actualmente están depositados en la Academy of Natural Sciences de la Universidad de Drexel, Estados Unidos (A.N.S.P). Dichos especímenes fueron posteriormente revisados por Parodiz (1969) y Nuttall (1990), y algunas denominaciones taxonómicas cambiaron. La tabla 1 indica las determinaciones originales y revisadas de los moluscos reportados para el horizonte fosilífero de Los Corros. Las figuras 4 y 5 muestran las ilustraciones de los especímenes descritos por dichos autores.

Tabla 1.

Taxones revisados.

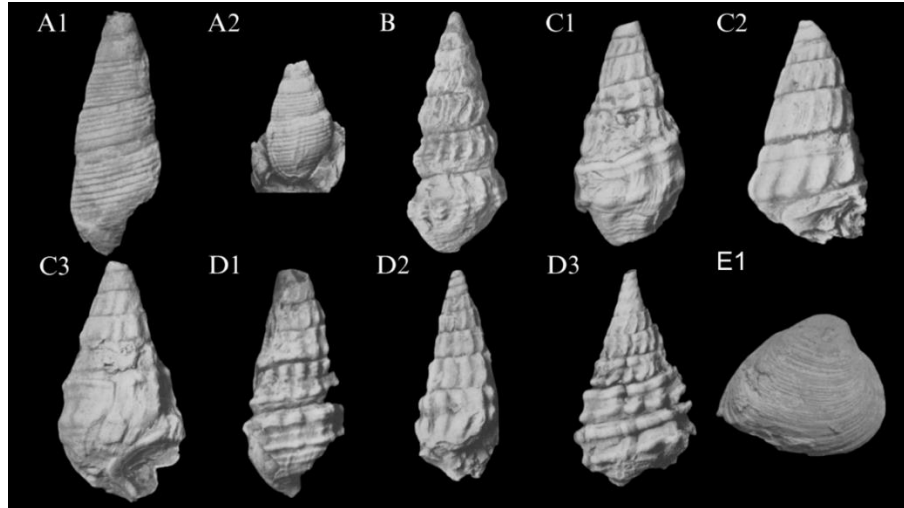
Determinación original	Determinación Revisada por Parodiz (1969)	Determinación Revisada Nuttal (1990)	Espécimen tipo
<i>Hemisinus (basistoma) corrosensis</i> Pilsbry & Olsson	<i>Doryssa corrosensis</i> Pilsbry & Olsson (No aceptado)	<i>Hemisinus</i> (S. Str.) <i>corrosensis</i> Pilsbry & Olsson	13092 A.N.S.P.
<i>Potamides mcgilli</i> Pilsbry & Olsson	Sin cambio	<i>Potamides</i> (S.Lat.) <i>macgilli</i> Pilsbry & Olsson	13096 A.N.S.P.
<i>Diplocyma wheeleri</i> Pilsbry & Olsson	Sin cambio	Sin cambio	13095 A.N.S.P.
<i>Diplocyma suciones</i> Pilsbry & Olsson	Sin cambio	Sin cambio	13093 A.N.S.P.
<i>Sogamosa cyrenoides</i> Pilsbry & Olsson	Sin cambio	Sin cambio	13094 A.N.S.P.

Nota. Modificado de: (Pilsbry & Olsson, 1935; Parodiz, 1969; Nuttall, 1990)

Dado que a la fecha no se contaba con registro fotográfico a color de los especímenes tipo se solicitaron imágenes de los mismos a la A.N.S.P. los cuales son indicados en la figura 6.

Figura 4.

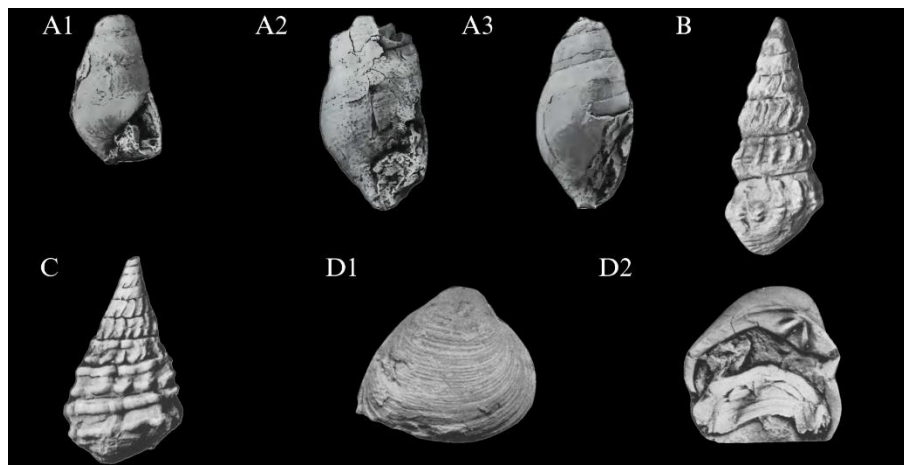
Especímenes tipo descritos por Pilsbry & Olsson, (1935).



Nota. A1-A2) *Hemisinus corrosensis*. B) *Potamides macgilli*. C1-C3) *Diplocyma wheeleri*. D1-D3) *Dyplocima suciones*. E1-E3) *Sogamosa cyrenoides*. Modificado de: (Pilsbry & Olsson, 1935).

Figura 5.

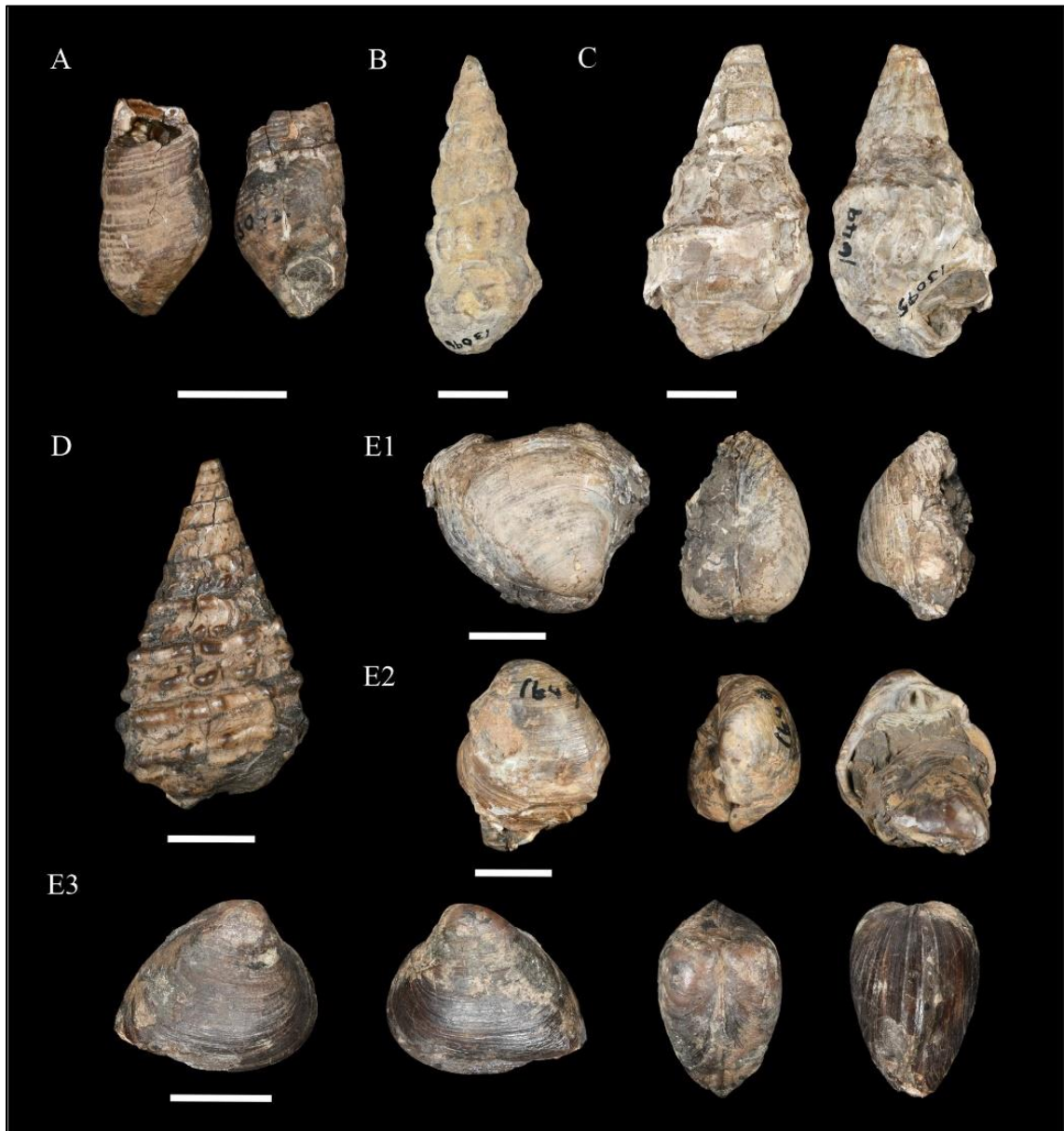
Determinaciones revisadas.



Nota. Nutall, (1990): A1-A2) *Hemisinus corrosensis*?. A3) *Hemisinus* sp. B) *Potamides macgilli*. Parodiz, (1990): C) “*Diplocyma wheeleri*” D) *Sogamosa cyrenoides*. Modificado de (Parodiz, 1969; Nuttall, 1990)

Figura 6.

Fotografías a color de los especímenes tipo reportados por Pilsbry & Olsson.



Nota. A) *Hemisinus corrosensis*, B) *Potamides macgilli* C) *Diplocyma wheeleri*, D) *Diplocyma suciones*, E1-E3) *S. cyrenoides*. Registro fotográfico proporcionado por Adam Eliezer, (A.N.S.P.).

8 Metodología

El trabajo de campo en la localidad de San Silvestre se realizó según la metodología propuesta por Etayo (1985), la cual fue diseñada para distinguir los rasgos y variaciones en los cuerpos de sedimentitas, así como su posición estratigráfica y la distribución de los fósiles colectados. La sucesión sedimentaria de la Quebrada San Silvestre fue levantada usando bastón de Jacob y cinta métrica. Las litologías presentes se describieron según la metodología propuestas por Cruz & Caballero (2008) y se clasificaron según Folk (1974). Se extrajeron muestras de 5 niveles representativos de la sección para análisis petrográficos, y un total de 4 muestras para evaluar el contenido de carbono orgánico total (COT). Las secciones delgadas se prepararon en el laboratorio de preparación de muestras de la Universidad Industrial de Santander (UIS, Sede Guatiguará) y se describieron mediante microscopio de luz transmitida en el Laboratorio de Petrografía de la Escuela de Geología (UIS, Sede Central), según la metodología propuesta por Cruz & Caballero (2008). Las interpretaciones ambientales tuvieron en cuenta las observaciones hechas por Caballero (2010) para el Sinclinal del Nuevo Mundo. Las muestras para evaluar el COT fueron procesadas por Laboratorio de Geoquímica del Petróleo (UIS, Sede Guatiguará) y fueron utilizadas como un indicador directo de paleoproduktividad en el ambiente de depósito. Se consideró que un COT alto (>20%) está relacionado con una paleoproduktividad alta, mientras que un COT bajo (<20%) es un resultado directo de una paleoproduktividad baja (Luo, et al., 2013).

Para la valoración paleontológica de la sección se tomaron muestras de cada uno de los niveles de la columna estratigráfica, de las cuales se extrajeron en el laboratorio los especímenes estudiados. La limpieza y preparación del material paleontológico se efectuó teniendo en cuenta los requerimientos específicos de cada muestra y considerando su grado de preservación. Para la extracción del material, se emplearon diversas técnicas, tanto mecánicas (uso de percutores,

motortool y técnicas de rayado) como químicas (baños de ácido y endurecedores), siguiendo recomendaciones del Museo Americano de Historia Natural (2023).

Características morfológicas de los fósiles como el tipo de torsión, la presencia de ornamentaciones (moluscos) o vascularidades (plantas), entre otras, fueron comparadas con lo consignado en la bibliografía existente. Para el caso de los moluscos se realizó comparación faunística con las especies ya reportadas para el horizonte (Pilsbry & Olsson, 1935; Parodiz, 1969; Nutall, 1990), así como con las especies reportadas en bases de datos especializadas (MoluscaBase). De esa forma se garantizó su comparación con ejemplares que cuentan con una taxonomía y sistemática actualizadas, así como el acceso a los trabajos que describieron los especímenes tipo. Los restos de plantas fueron descritos siguiendo la metodología propuesta por Ellis et al. (2009), y caracterizadas por comparación morfológica con ejemplares ya reportados en la Formación Esmeraldas (Martínez et al., 2021). Los restos óseos de los peces fueron descritos siguiendo la metodología propuesta por Vásquez, et al. (2017) y Ballen & De Pinna (2022), y su caracterización por comparación morfológica con estudios hechos para el Eoceno en Suramérica (Louterbach et al., 2014).

Adicional a la descripción sedimentológica y la colecta del material paleontológico, se realizó un levantamiento fotogramétrico de la localidad. Este implicó el uso de tecnologías accesibles como la aplicación gratuita PIX4Dcat, la cual permite la captura de las imágenes en un dispositivo móvil. Se mantuvo una proximidad de 1 metro aproximadamente entre el sensor y el afloramiento, efectuando la toma de imágenes con un traslape del 95%. El procesamiento de las 1058 imágenes tomadas en el levantamiento se realizó en las oficinas de la compañía TOP & CAD S.A.S. (Girón, Santander).

El patrimonio geológico *in situ* (localidad) fue evaluado según la metodología del Servicio Geológico Colombiano (2021). Igualmente, se estableció una colección paleontológica de referencia con el material colectado, siguiendo los lineamientos técnicos establecidos por el Museo Americano de Historia Natural. En estos se sugiere la protección de los fósiles por las posibles vibraciones que puedan darse al ser movilizados. También se tienen en cuenta los puntos de contacto del espécimen con las superficies de apoyo, evitando la abrasión y el aplastamiento causados por la gravedad y el propio peso de los fósiles. Por tal motivo, en los ejemplares escogidos para la colección se usó papel sin ácido, algodón natural sin blanquear y espuma de polietileno. Estos materiales no son propensos a desprender gases, protegen contra la humedad y sirven como soporte, lo que amplía el área de contacto con la superficie de apoyo y limita el movimiento de los fósiles. El patrimonio geológico *ex situ* (fósiles) fue inventariado y evaluado mediante la metodología propuesta por Da Silva et al. (2023) la cual engloba los lineamientos evaluados por la Asociación De Servicios De Geología Y Minería Iberoamericanos. Este proceso ha estandarizado el inventario hecho para el horizonte fosilífero de Los Corros, preparándolo para su posterior valoración patrimonial por parte del Servicio Geológico Colombiano.

9 Resultados

9.1 Estratigrafía del área de estudio

La sección de San Silvestre tiene un espesor de 20.6 metros. Se reconocieron al menos cuarenta capas que de base a tope comprenden una intercalación de areniscas, lodolitas negras carbonosas con fósiles y restos de cutículas vegetales, ruditas biogénicas y brechas biogénicas, y lodolitas negras carbonosas (Figuras 7-8).

La sección estratigráfica se puede dividir en tres segmentos. El segmento A, a la base de la sección (0–7,74 metros), está definido por el predominio de capas lodosas gruesas. En la parte media del segmento A (3.43-5.23 metros), se identificó un nivel de paleosuelo muy grueso de color grisáceo, masivo, con contactos netos en la parte superior e inferior, y estructuras de paleoraíces. Hacia el tope de este segmento se presenta un paquete de ruditas biogénicas y un paquete de brechas biogénicas. Sobre el segmento A (7.74- 10.74 m), se encuentra un tramo cubierto por un coluvión de aproximadamente tres metros. El inicio del segmento B (10,74–16,31 metros) está marcado por la presencia de una capa de bioesparita y la ocurrencia de paquetes de areniscas gruesos (30 cm aproximadamente), con paleocorrientes y presencia ocasional de gastrópodos, así como paquetes delgados de ruditas biogénicas y brechas biogénicas. Los paquetes lodosos de este segmento tienen gastrópodos flotando en la matriz y los restos vegetales son muy pequeños, lo que hace muy difícil distinguirlos. El segmento C (16,31-20,62 metros) se caracteriza en su parte inferior por la presencia de paquetes delgados de areniscas intercalados con paquetes delgados de lodolitas negras carbonosas. El resto del segmento C está marcado por la presencia de un paquete muy grueso de ruditas biogénicas, que abarca la parte media y el tope del segmento. A continuación se describen las características de los principales tipos de rocas descritos en la sección de San

Silvestre (Figuras 7-8). La descripción detallada de toda la sección se encuentra consignada en el Apéndice A.

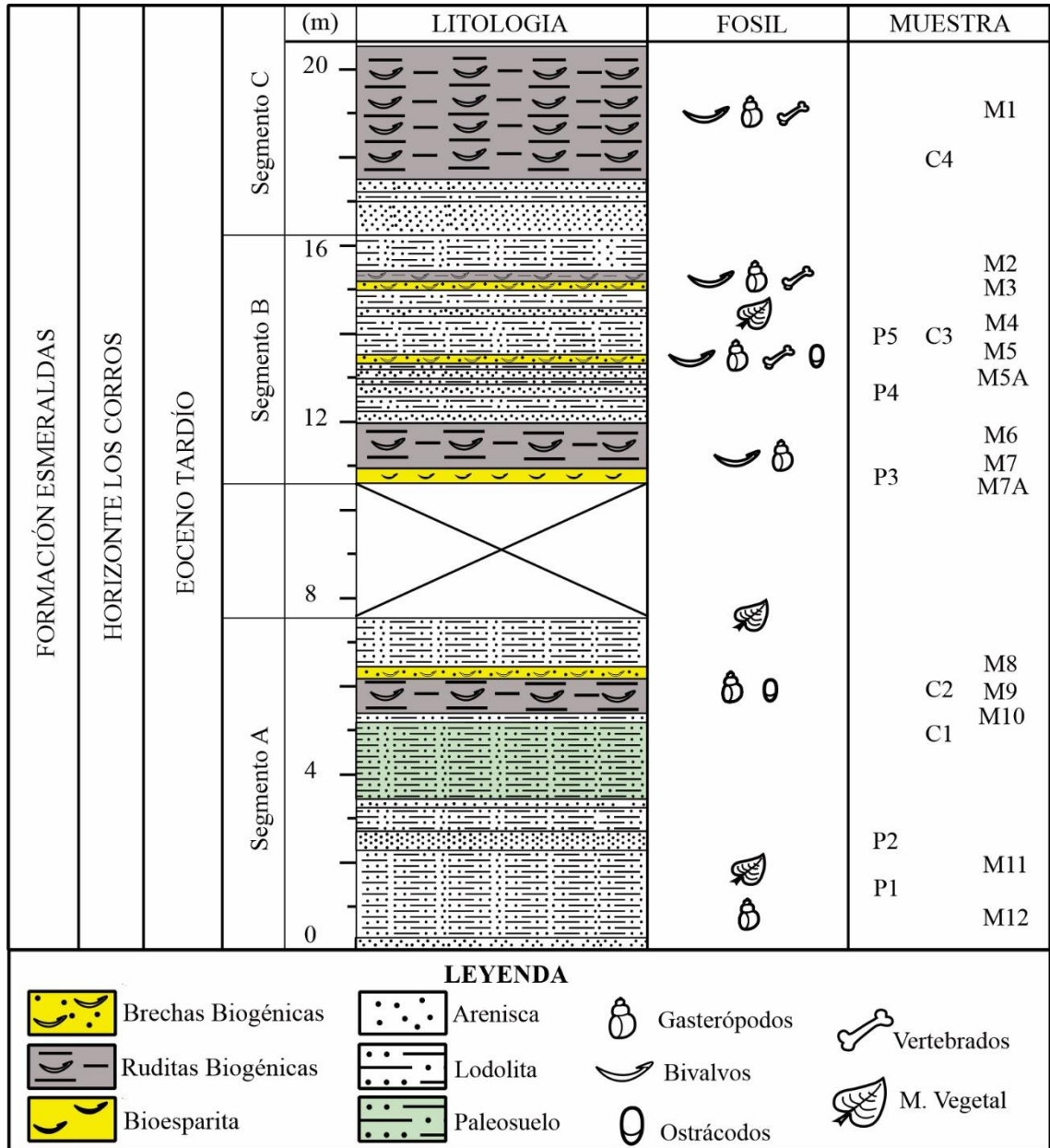
Las areniscas presentan un color gris-amarillo claro, poseen un grano medio-fino, bien seleccionado, una composición cuarzo-feldespática y el cemento es silíceo (Ver Figura 7-8). Ocasionalmente, se encuentran restos vegetales y fragmentos de gastrópodos, los cuales pueden hallarse flotando en la matriz o están dispuestos en capas milimétricas a centimétricas. Las areniscas forman cuerpos tabulares, competentes, con dirección 225/36 azimut de rumbo (AR), con espesores que varían entre 5 y 40 centímetros, y mantienen un contacto neto con las capas de brechas biogénicas y ruditas biogénicas que las suprayacen.

Los paquetes lodosos son de color negro, carbonosos, con pequeños fragmentos vegetales (T. prom 2 mm). Flotando en esa matriz, se hallan ocasionalmente gastrópodos (T. prom 3 cm) y bivalvos (T. prom 1.8 cm) bien preservados, así como restos de vertebrados (peces) y valvas de ostrácodos (Ver Figura 7-8).

Las ruditas biogénicas (AR: 225/31) contienen pequeñas estructuras de canal y los fósiles están bien preservados. Se observan gastrópodos y bivalvos con un tamaño promedio de 2.6 cm, restos de fragmentos vegetales entre 0.2 y 0.3 cm, restos de vertebrados (T. prom 0.5 cm), y valvas de ostrácodos (Ver Figura 7-8). Las brechas biogénicas (AR: 222/36) contienen pequeñas estructuras de canal y los fósiles están regularmente preservados (Ver Figura 8). Se observan gastrópodos y bivalvos con un tamaño promedio (T. prom) de 0.5 cm, y ocasionalmente restos de vertebrados (T. prom 0.5 cm).

Figura 7.

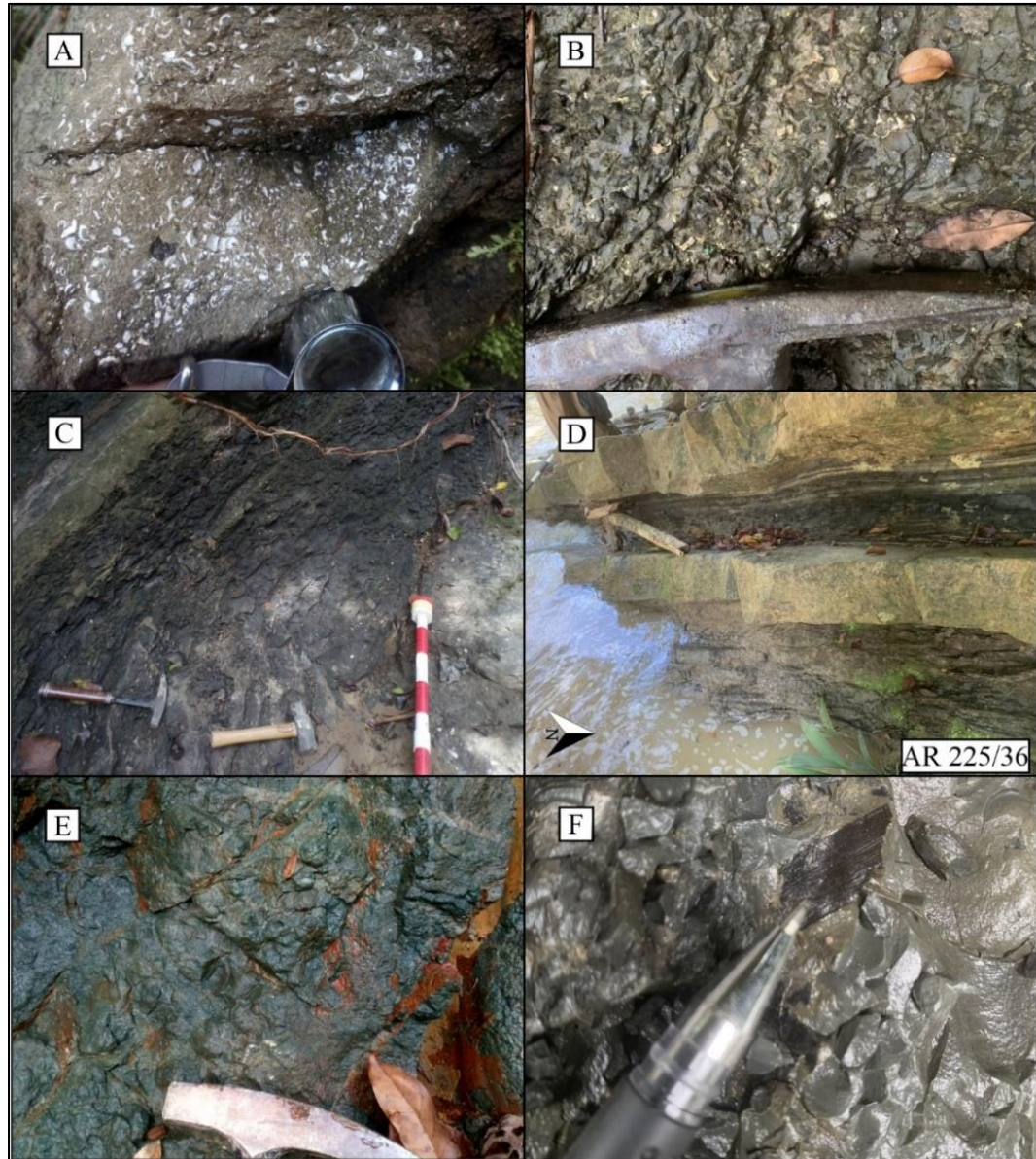
Columna estratigráfica generalizada de la localidad.



Nota. Fuente: Autor.

Figura 8.

Niveles de la sucesión estratigráfica del horizonte de Los Corros



Nota. A) Brechas biogénicas. 6.29-6.49 m B) Ruditas biogénicas 5.53-6.29 m. C) Lodolitas carbonosas con fósiles. 13.56-14.54 m. D) Sucesión de areniscas y lodolitas con estructuras de paleo corrientes. 11.00-13.00 m. E) Paleosuelo. 3.43-5.23 m. F) Lodolitas carbonosas con restos de plantas. 0.8-2.40 m.

9.1.1 Petrografía

A continuación, se describen las 5 muestras tomadas para petrografía (rotuladas como P) a lo largo de la sección de la Quebrada San Silvestre.

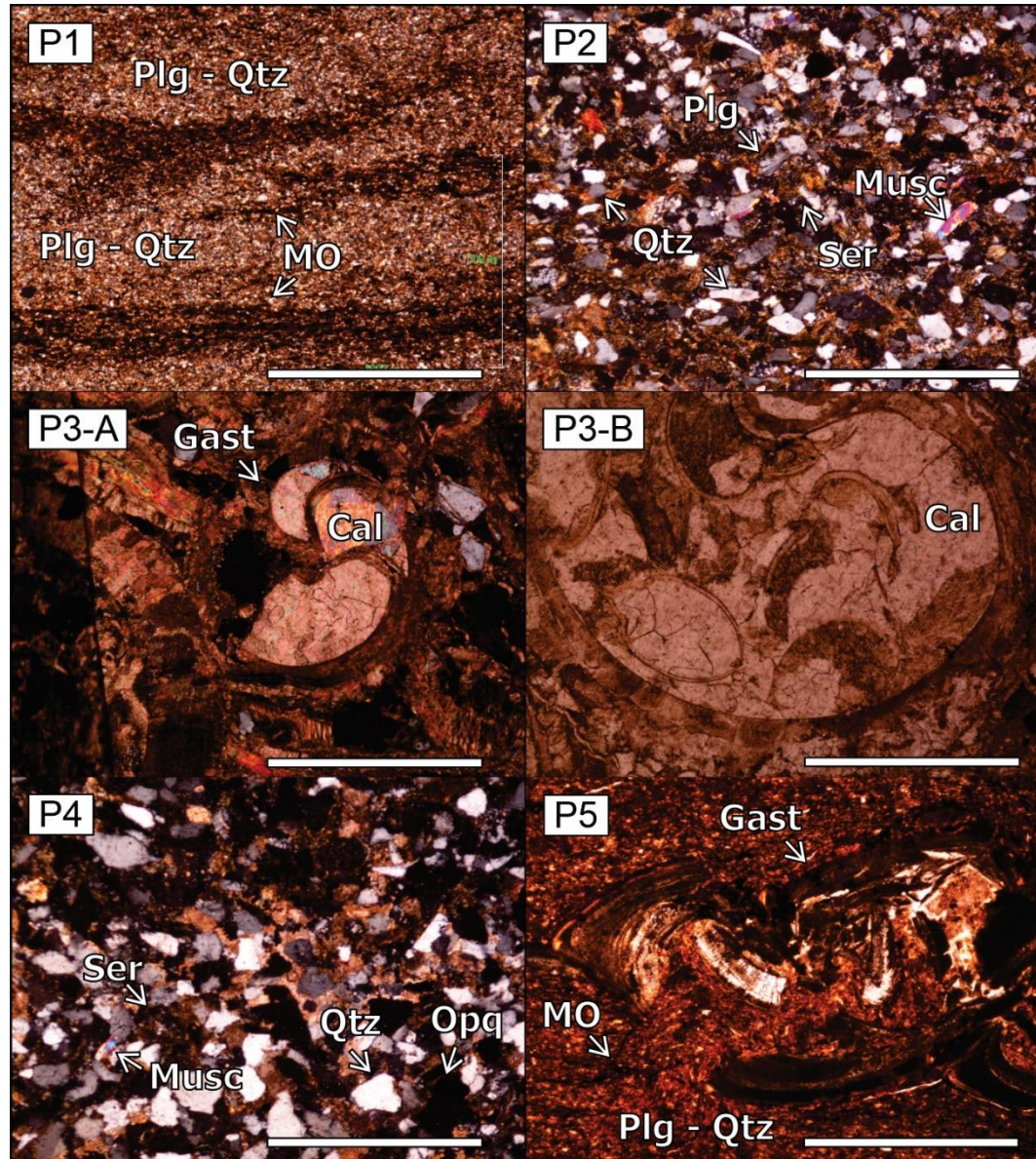
Muestra P1-1.70 m: Lodolita cuarzo-feldespática (Folk, 1974), con restos de material vegetal, cemento silíceo, bien calibrada, madura y poco porosa. La plagioclasa se encuentra casi totalmente como sericita y se observan laminaciones composicionales marcadas por aumentos de la materia orgánica que se depositó en estas zonas. Se hallaron minerales opacos como agregados (Ver figura 9 – A).

Muestra P2-2.70 m: La roca es una arenisca cuarzo-feldespática (Folk, 1974). Tiene un armazón de arena fina de composición cuarzo-feldespática, una matriz de arena muy fina, feldespática, y un cemento silíceo, bien empaquetada y calibrada. La plagioclasa se observa en su mayoría sericitizada, el contacto entre los cuarzos es cóncavo-convexo y en algunos casos es longitudinal. Hacia el tope de la sección la proporción de cuarzo y plagioclasa disminuye. Se observaron dos grupos de formas entre los granos de cuarzo: un grupo posee granos esféricos subredondeados y el otro tiene granos angulares y alargados. Dentro de la roca se observan pequeñas láminas con material carbonoso depositado, algunos minerales opacos, esféricos y subredondeados (Ver figura 9 – B).

Muestra P3-10.90 m: La roca es biosoportada por conchas de moluscos muy empaquetadas y porosidad baja. Los contactos entre las conchas son longitudinales y en su mayoría se encuentran fragmentados. El contenido de las conchas es mayor al 70% y la roca está casi en su totalidad compuesta por carbonatos, caracterizándose como una bioesparita empaquetada (Folk, 1974; Ver figura 9 – C-D).

Figura 9.

Secciones delgadas tomadas en distintos niveles de la sucesión estratigráfica



Nota. P1) Lodolitas cuarzo-feldespáticas con laminación composicional de materia orgánica. 10x. Nicoles cruzados. 1.70 m. P2) Areniscas cuarzo-feldespáticas con minerales opacos y moscovita. 5x. Nicoles cruzados. 2.70 m. P3) Fragmentos de conchas muy empaquetados en capa de bioesparita y con conchas que rellenan otras de mayor tamaño. 5x. P3-B en Nicoles paralelos. D en nicoles cruzados. 10.90 m. E) Areniscas cuarzo-feldespáticas con dos formas en

los cuarzos, un grupo con granos esféricos sub-redondeados y otro con granos angulares y alargados. 10x. Nicoles cruzados. 12.90 m. F) Gastrópodo con evidencia de procesos diagenéticos flotando en una matriz de lodolita cuarzo-feldespática con abundante materia orgánica. 5x. Nicoles paralelos. 13.88 m. Todas las barras de escala representan 1 mm. Fuente: Autor.

Muestra P4-12.90 m: La roca es una arenisca cuarzo-feldespática (Folk, 1974). Con armazón compuesto por granos de tamaño arena media-fina y una proporción mayoritaria de cuarzo. La matriz es de arena muy fina, principalmente compuesta por feldespato sericitizado, y el cemento es silíceo. La roca es porosa, con empaquetamiento abierto y tiene muy buena selección, con granos sub-redondeados, esféricos y madurez textural alta. Se observan láminas de material carbonoso (Ver figura 9 – E).

Muestra P5-13.88: La roca es una lodolita de composición cuarzo-feldespática, con presencia ocasional de minerales opacos y materia orgánica. Se observó una variabilidad en la relación de feldespato y cuarzo, en forma de láminas. Presencia de un gastrópodo de alrededor de 1 cm de longitud en el que se evidencian procesos diagenéticos (Ver figura 9 – F).

9.1.2 Geoquímica

Las muestras (rotuladas como C) para el estudio de carbono orgánico total (COT) se obtuvieron de cuatro niveles con diferentes litologías, con el propósito de entender la paleoproductividad en el horizonte fosilífero de Los Corros. En general, las ruditas biogénicas muestran un alto contenido de materia orgánica, superior al 20%, mientras que los niveles de paleosuelo presentan el menor porcentaje, con valores inferiores al 0.2%. Las lodolitas negras con fósiles mostraron un contenido de materia orgánica de 0.879%. Cada uno de los valores de COT,

la litología de la que fue extraído, la altura estratigráfica y el nombre de la muestra, se encuentran consignados en la tabla 2.

Tabla 2.

Análisis de carbono orgánico total

Muestra	Descripción	Altura estratigráfica (m)	%P/P
C1	Paleosuelo	5.050	0.120
C2	Ruditas biogénicas	6.090	22.756
C3	Lodolita negra con fósiles	14.000	0.879
C4	Ruditas biogénicas	18.060	24.327

Nota. Las muestras fueron procesadas por el Laboratorio de Geoquímica del Petróleo (UIS, Sede Guatiguará).

9.2 Paleontología

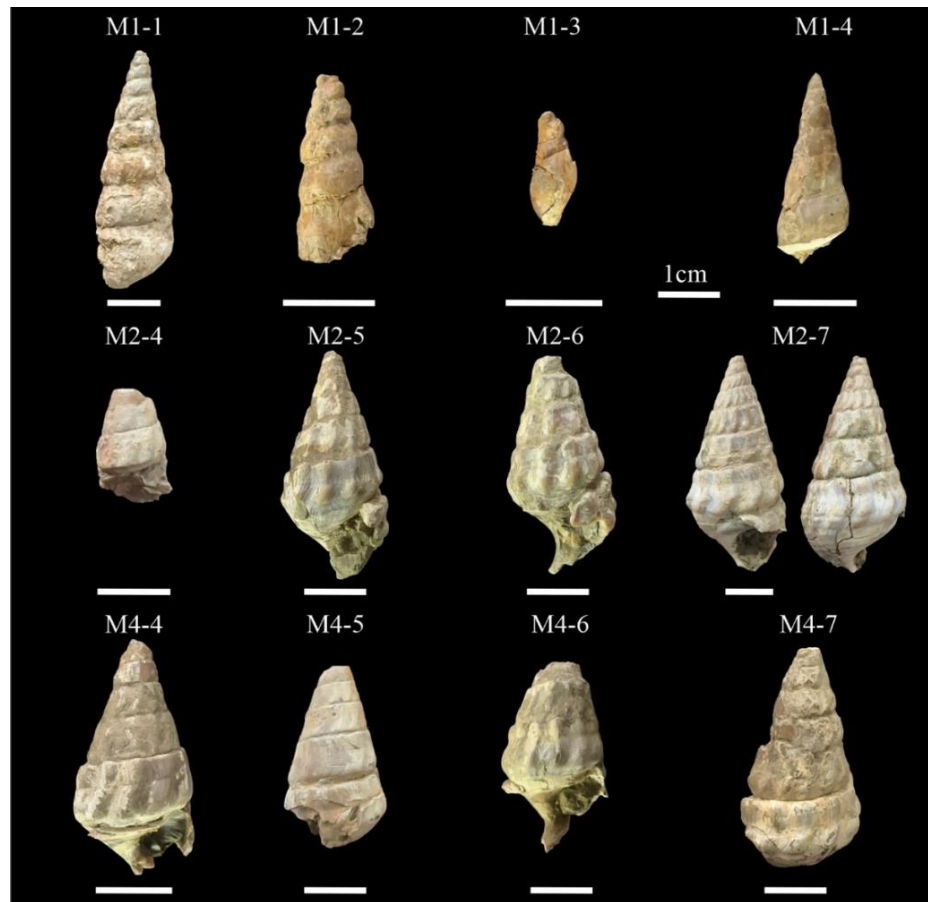
Se colectaron muestras paleontológicas (rotuladas como M) a lo largo de la sección estudiada, procurando su amarre a la columna estratigráfica (Figura 6; Apéndice A). Un total de 49 especímenes fueron considerados para su caracterización taxonómica, entre los que se hallaron mayoritariamente moluscos, y en menor medida restos de plantas (angiospermas) y vertebrados (peces). En general, el estado de conservación de los fósiles es bueno a moderado. Los gastrópodos se encontraron completos en la matriz rocosa, mientras que los bivalvos, en su mayoría, estaban desarticulados. Los restos de plantas y vertebrados se hallaron fragmentados. Todos los especímenes fueron inventariados teniendo en cuenta un código formado por el número de la muestra (ej., M1), seguido del número de fósil (ej., M1-1).

Se colectaron gastrópodos del género *Sheppardiconcha* (Figura 10), así como especímenes de las especies *Diplocyma wheeleri* (Figura 10-11) y *Aylacostoma lataguensis* (Figura 12). También se hallaron bivalvos de las especies *Pachydon cf hettneri* y *Sogamosa cyrenoides* (Figura

13), junto con fragmentos de placas óseas y restos de peces como vértebras y espinas dorsales del orden de los Siluriformes (Figura 14). Los restos de plantas comprendieron especímenes de las clases Monocotyledoneae y Dicotyledoneae (Figura 16), entre los que se hallaron restos de cutículas, y hojas. Su estado de preservación permitió distinguir su tamaño, laminación, y su tipo de venación primaria y secundaria. Entre los microfósiles se observaron ostrácodos en las muestras de mano (Figura 15).

Figura 10.

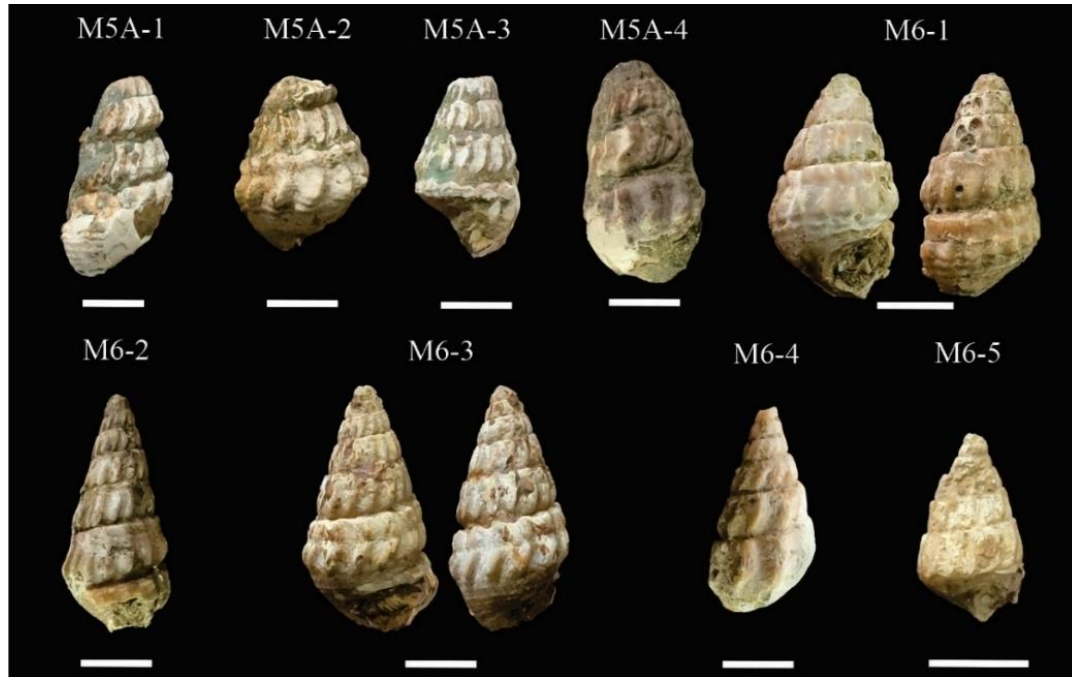
Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.



Nota. M1-1) *Sheppardiconcha* sp, M1-2) *Sheppardiconcha?* sp1, M1-3) *Sheppardiconcha?* sp2, M1-4) *Sheppardiconcha?* sp3, M2-4,7) M4-4,7) *Diplocyma wheeleri*. Todas las barras de escala representan 1.0 cm. Fuente: Autor.

Figura 11.

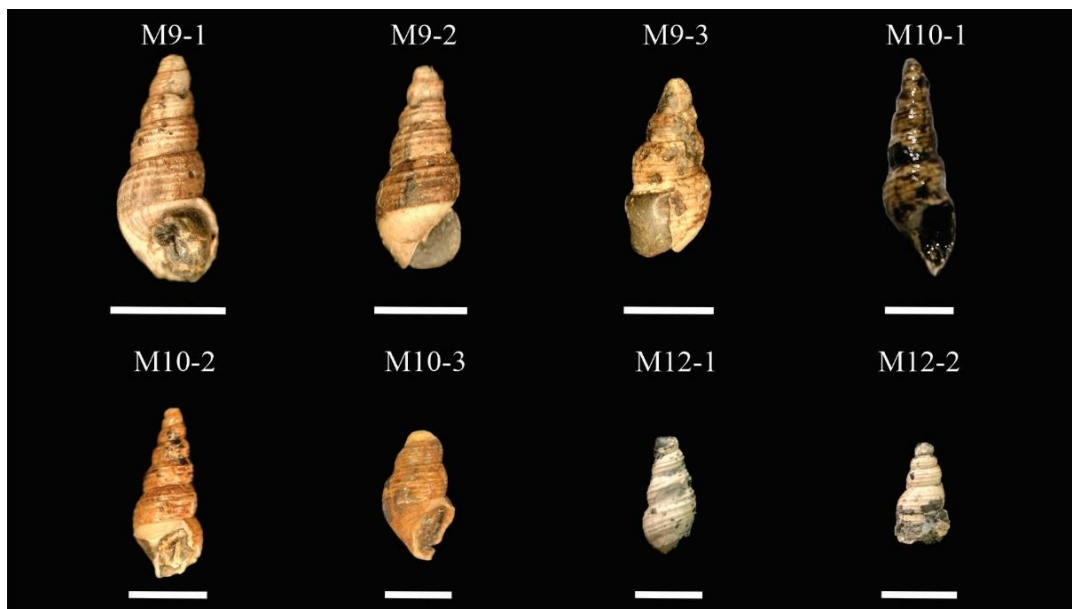
Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.



Nota. Diplocyma wheeleri. Todas las barras de escala representan 1.0 cm. Fuente: Autor.

Figura 12.

Gastrópodos colectados en la localidad de San Silvestre.



Nota. Aylacostoma lataguensis. Todas las barras de escala representan 1.0 cm. Fuente: Autor.

Figura 13.*Bivalvos colectados en la localidad de San Silvestre.*

Nota. M1-5,7 *Pachydon* sp? M4-3 *Pachydon* cf. *hettneri*. M2-1,3; M4-1,2; M6-6,7 *Sogamosa cyrenoides*, M6-8 Bivalvo indet sp4. Todas las barras de escala representan 1.0 cm. Fuente:

Autor.

Figura 14.

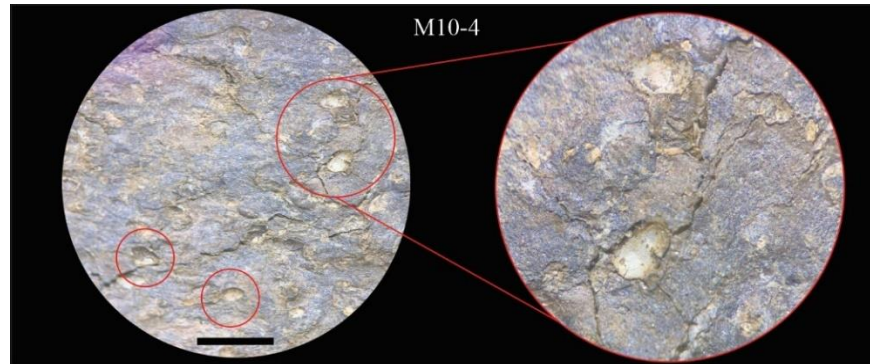
Fragmentos de vertebrados colectados en la localidad de San Silvestre.



Nota. M4-8) Siluriforme sp5, M1-8 Actinopterygii sp6, M2-8 Actinopterygii sp7, M5-3 Actinopterygii sp8. Todas las barras de escala representan 1.0 cm. Fuente: Autor.

Figura 15.

Ostrácodos indeterminados colectados en la localidad de San Silvestre.

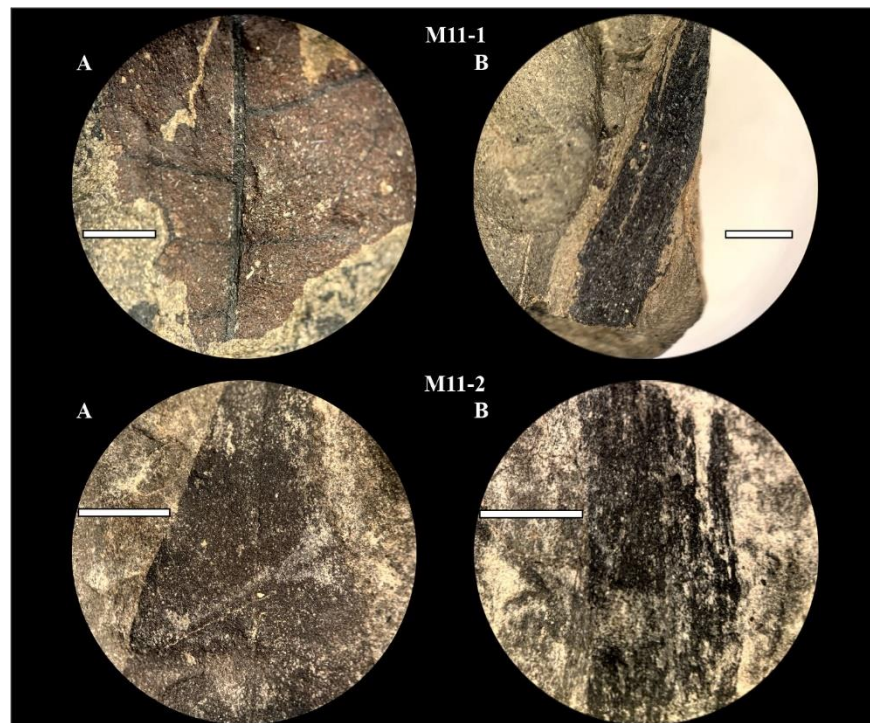


Nota. Ostrácodos identificados en la muestra M10. Todas las barras de escala representan 1.0 cm.

Fuente: Autor.

Figura 16.

Fragmentos de plantas colectados en la localidad de San Silvestre.



Nota. M11-1-A, M11-2-A Dicotyledoneae M11-1-B, M11-2-B Monocotyledoneae. Todas las barras de escala representan 0.5 cm. Fuente: Autor.

9.3 Sistemática paleontológica.

Reino Animalia, Linnaeus, 1758

Filo Mollusca, Linnaeus, 1758

Clase Gastrópoda Cuvier, 1795

Subclase Caenogastropoda Cox, 1960

Orden Caenogastropoda (Nombre temporal)

Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Pachychilidae Fischer & Crosse, 1892

Género *Sheppardiconcha* Marshall & Bowles, 1932

Figura 10: M1-1, M1-2, M1-3, M1-4

“Pachychilido de tamaño intermedio alargado; las vueltas tempranas del teleoconquio son notablemente rectas en los lados. La ornamentación varía desde espirales hasta costillas irregularmente dispuestas que contienen tanto costillas espirales como axiales. Microescultura de surcos semilunares entre dos surcos espirales presentes, aproximadamente a tres cuartos de la altura de la vuelta, que pueden repetirse en las vueltas tempranas del teleoconquio y, en algunas especies, desarrollarse más extensamente en las vueltas posteriores del teleoconquio. Líneas de crecimiento sigmoides invertidas, opistoclinas. La base de la abertura está ampliamente retraída, pero carece de muesca sifonal” (Wesselingh, 2006).

Comentarios: Se aprecian las primeras vueltas rectas con costillas axiales y en la penúltima vuelta se distingue un surco espiral. Se observan algunas costillas axiales, con surcos semilunares entre dos surcos espirales, aproximadamente a tres cuartos de la altura de las vueltas posteriores. Además, se pueden observar las líneas de crecimiento sigmoides invertidas en un pequeño fragmento de la tercera vuelta. El espécimen presenta evidencias de depredación.

Los especímenes M1-2, M1-3 y M1-4 tienen zona proximal recta, con M1-2 (*Sheppardiconcha?* sp1) exhibiendo hombros prominentes, M1-3 (*Sheppardiconcha?* sp2) con hombros ligeros y M1-4 (*Sheppardiconcha?* sp3) hombros muy ligeros. Sin embargo, la base está rota y no es posible distinguir costillas, suturas u otras ornamentaciones debido a su estado de conservación. Además, se observa que M1-2 está aplastado.

Familia Potamididae Adams & Adams, 1854

Género *Diplocyma* Pilsbry & Olsson 1935

***Diplocyma wheeleri* Pilsbry & Olsson 1935**

Figura 10: M2-4,7; M4-7;

Figura 11: M5A-1,4; M6-1,5.

Descripción: “La concha es sólida, piramidal, con un diámetro aproximadamente la mitad de la longitud. Etapa temprana lisa, con pliegues axiales protractivos que luego aparecen. En las últimas 2 o 3 vueltas los pliegues están marcados a medio camino entre las suturas, o entre sutura y periferia en la última vuelta, dejándolos prominentes arriba y abajo. La base tiene algunos pliegues irregulares, con alrededor de 4 cordones espirales y una cresta basal o fáscula. Las líneas de crecimiento están ligeramente retraídas arriba y en la última vuelta avanzan ampliamente en la mitad inferior. El labio exterior suele estar roto. Los nodos de la serie subsutural se fusionan en una cresta espiral ondulada, y un cordón secundario gira debajo de ella” (Pilsbry & Olsson, 1935).

Comentarios: Estos especímenes concuerdan con la descripción proporcionada por Pilsbry & Olsson (1935). Aunque en la mayoría de los casos los especímenes presentan ápices rotos, se observa claramente las etapas tempranas, lisas, con las primeras vueltas del teleoconquio bastante rectas, y con pliegues axiales protractivos que aparecen en la tercera vuelta, marcados a la mitad formando pequeños tubérculos prominentes arriba y abajo. En algunos especímenes se distinguen

de 4-5 cordones espirales en la base, y carencia de truncamiento columnelar basal. Así mismo se observan líneas de crecimiento sigmoides invertidas, alargadas y retraídas en las vueltas tempranas mientras en la última vuelta se observan bastante espaciadas. Los especímenes de la muestra M5A se encuentran en mal estado, los ápices y las bases están rotas, impidiendo observar las partes tempranas y otras características. Sin embargo, gracias a su geometría y las suturas, estos pueden ser identificados como *Diplocyma wheeleri*. Por otro lado, los especímenes M2-4, M6-1, M6-5 y M6-2 presentan condiciones particulares. El ejemplar M2-4 se encuentra lavado, el espécimen M6-1 se observa depredado, el ejemplar M6-5 está aplastado, y finalmente el espécimen M6-2 destaca por su particular esbeltez, distinguiéndose así de los demás ejemplares de *D. wheeleri*.

Familia Thiaridae Gill, 1871 (1823)

Género *Aylacostoma* Spix, 1827

***Aylacostoma lataguensis* Nuttal, 1990**

Figura 12: M9-1,3; M10-1,3; M12-1,2.

Descripción: “Pequeño, de cáscara delgada y bastante bulboso; falta la región apical en todo el material estudiado; concha adornada con c. 6-8 espirales delgadas en los verticilos tempranos de la teleococha y 18-21 espirales en el verticilo del cuerpo; espiral superior poco por debajo de la sutura superior, delimitando una rampa subsutural muy delgada y poco pronunciada. Márgenes de apertura no reforzados y base de la columela truncada” (Wesselingh, 2006).

Comentarios: Los especímenes colectados presentan un ángulo de alrededor de 30°. Hombros ligeros, cáscara delgada y bulbosa, con surcos en espiral separados por intervalos más estrechos de 6-8 surcos en las vueltas tempranas y 18-19 en la última vuelta. La longitud máxima de estos especímenes es de 1,5 cm. La mayoría de ellos se encuentran depredados.

Clase Bivalva Linnaeus, 1758**Subclase Autobranquia Grobben, 1894****Orden Venerida, Adams & Adams, 1856****Super familia Cyrenoidea J.E. Gray, 1840****Familia Cyrenidae J.E. Gray, 1840****Género *Sogamosa* Pilsbry & Olsson 1935*****Sogamosa cyrenoides* Pilsbry & Olsson 1935**

Figura 13: M2-1,3; M4-1,2; M6-6,7

Descripción: “La concha es corpulenta, subtriangular, aproximadamente tan alta como larga, moderadamente sólida. La línea de la charnela está fuertemente arqueada. Los prominentes umbrales están en la parte delantera del centro, contiguos y dirigidos hacia adelante. No hay lúnula ni escudete presente. La cresta posterior es obtusamente subangular. Escultura de finas estrías concéntricas, bastante cortas. Placa de la charnela ancha, y cada válvula con tres dientes cardinales divergentes y ninguno lateral. En la válvula izquierda, el cardinal anterior es el más alto, en forma de cuña, el posterior es el más bajo y está cerca del diente medio. En la válvula derecha, el diente medio es el más grande, robusto, y separado por una amplia cavidad del diente posterior bajo y curvado. El cardinal derecho anterior es largo y estrecho. La placa plana detrás de los cardinales es bastante larga, disminuyendo hacia atrás, sin rastro de un diente lateral. Frente a los cardinales es corta y sin dientes. No se observaron impresiones musculares ni paliadas. El ligamento es corto y externo, y su límite está marcado por una línea impresa” (Pilsbry & Olsson, 1935).

Comentarios: Los especímenes corresponden con la descripción dada por Pilsbry & Olsson (1935). Se caracterizan exteriormente por su concha aproximadamente tan larga como ancha, más fina que en el espécimen tipo, con umbrales prominentes y la carencia de lúnula y escudete. La

cresta posterior obtusa y las estructuras en finas estrías concéntricas y cortas se distinguen en la mayoría de los especímenes. Los dientes se encuentran rotos, y la charnela bastante dañada. Sin embargo, se logran distinguir los tres dientes característicos, así como las placas traseras y delanteras de los cardinales carentes de dientes. El ejemplar M4-2 está roto y la forma de su concha está deformada. El espécimen M4-1 se encuentra lavado por lo que las estructuras de estrías finas en la concha se observan difusas, mientras que el ejemplar M2-1 está articulado.

Orden, Myida Stoliczka, 1870

Super familia, Myoidea Lamarck, 1809

Familia Corbulidae Lamarck, 1818

Género *Pachydon* Gabb, 1869

Figura 13: M1-5,7

Descripción: “Tamaño pequeño a grande, con débiles líneas de crecimiento, un débil acanalado concéntrico, principalmente en etapas de crecimiento posteriores y en la pendiente posterior. Umbones a menudo fuertemente incurvados y prosígoros, a veces equivalvos, pero normalmente con la valva derecha más convexa que la izquierda. La comisura a menudo torcida de manera marcada. El margen de la valva derecha a menudo acanalado para la recepción de la valva izquierda, con la porción posterodorsal de la ranura a veces desarrollándose en un alargado zócalo posterolateral. El diente cardinal derecho es masivo, y adyacente al exterior en la mayoría de las especies. Protuberancia tipo lúnula, a menudo presente frente a los umbones.” (Wesselingh, 2006).

Comentarios: Se observan especímenes que presentan líneas de crecimiento débiles, con un acanalado concéntrico débil, principalmente en las etapas de crecimiento posteriores y en la pendiente posterior. Los umbones se observan incurvados y en general los especímenes están

aplastados. La forma general de la concha parece concordar con este género, aunque las características internas (bisagra) que confirmarían esta hipótesis no se encuentran preservadas. En los ejemplares M1-5 y M1-7, los umbones aparecen rotos, y ni la lúnula ni el escudete se distinguen claramente debido a su estado de preservación. Por tanto, estos especímenes solo fueron conferidos al género *Pachydon*.

***Pachydon hettneri* Anderson, 1928**

Figura 13: M4-3

Descripción: “Muy robusto y de cáscara gruesa, muy triangular; umbo en la mitad del caparazón, apagado; las conchas comúnmente contienen una depresión/flujo mediano que va desde el umbo hasta la mitad del margen ventral; tanto el lóbulo anterior como el posterior pueden estar ligeramente producidos; comisura ligeramente ondulada; cresta posterior variable, pero usualmente prominente y robusta, redondeada a aguda; RV cardinal en forma de gota, macizo; resilium fuertemente triangular, muy profundo detrás del cardenal; Surcos laterales (“dientes laterales”) muy fuertes, que cubren la mitad superior de los márgenes anterodorsal y posterodorsal rectos y de pendiente pronunciada” (Wesseling, 2006).

Comentarios: En el caso del ejemplar M4-3, se nota que está articulado, triangular, con líneas de crecimiento y débil acanalado concéntrico. La valva derecha es de mayor tamaño que la izquierda. El espécimen presenta lúnula y umbo en la mitad del caparazón. La forma general del espécimen concuerda con *Pachydon hettneri*. Sin embargo, al estar articulado no es posible determinar las características internas que confirmarían dicha caracterización.

Fam. Gen. *et* sp4. Indet.

Figura 13: M6-8

Comentarios: El espécimen es un bivalvo que se encuentra articulado, pero está aplastado en una de sus valvas, las cuales parecen ser simétricas. No se observa lúnula ni escudete, los umbones son achatados y la comisura se observa fracturada. Debido al estado de preservación del espécimen no se observaron las suturas ni ornamentaciones, impidiendo una mejor caracterización.

Filo Chordata, Bateson, 1885**Clase Actinopterygii Klein, 1885****Orden Siluriforme Cuvier, 1817****Fam. Gen. *et* sp5. Indet.**

Figura 14: M4-8

Descripción: El espécimen corresponde a la espina dorsal de un pez siluriforme. Exhibe una simetría bilateral y mide 4.6 cm de longitud y 1.1 cm de ancho en la zona proximal, reduciéndose a 0.4 cm en la zona basal. El espesor en la zona proximal es de 0.9 cm, disminuyendo a 0.8 cm en la zona basal. En la parte frontal, se observa una superficie plana con dos perforaciones situadas aproximadamente al 33% y 66% de la longitud del espécimen. En la vista lateral externa se observan tres perforaciones en la parte distal, aunque no atraviesan hasta el otro lado.

La base de la columna de la espina dorsal presenta superficies prominentes para la inserción de músculos y ligamentos que facilitan la abducción y aducción (también conocidas como erección y depresión, respectivamente; Ballen & De Pinna, 2022). Las superficies de inserción para los músculos interespinalia están presentes, al igual que las fosas laterales. La diáfisis está presente, así como las superficies articulares laterales, los hemitriquios izquierdo y derecho, el surco posterior y las fosas posteriores. La superficie articular anterior y los cóndilos laterales están

ausentes así como las fosas anteriores, las superficies articulares laterales, los procesos posteriores y los hemitriquios dorsal y ventral. El cóndilo lateral izquierdo está parcialmente presente (Ballen & De Pinna, 2022).

Orden. Fam. Gen. et sp6. Indet.

Figura 14: M1-8

Descripción: El espécimen tiene aproximadamente 1 centímetro de grosor, representando un fragmento de vértebra de pez en corte transversal. No se observan el arco neural, la espina cordal ni el arco hemal. Sin embargo, se distingue claramente el foco desde la vista dorsal y parcialmente el *centrum*.

Orden. Fam. Gen. et sp7. Indet.

Figura 14: M2-8

Descripción: El espécimen tiene aproximadamente 1,4 cm de ancho y 4,8 cm de largo. Se observa en la zona proximal la placa caudal y la vértebra que une la aleta caudal difierca al cuerpo. Sin embargo, por lo fragmentario del material la determinación precisa de este ejemplar de pez no fue posible.

Orden. Fam. Gen. et sp8. Indet.

Figura 14: M5-3

Descripción: El espécimen tiene aproximadamente 3,4 cm de largo, 2 cm de alto y 4 cm de ancho. Se observan marcas musculares en la parte inferior del espécimen y su morfología es similar a las placas preoperculares de los peces óseos. Sin embargo, la determinación del material a nivel de familia o género no fue posible, ya que esta pieza ósea corresponde a partes esqueléticas aisladas de bajo valor diagnóstico.

Filo Artropoda, Gravenhorst, 1843**Clase Ostracoda, Latreille, 1802****Fam. Gen. *et sp*9. Indet.**

Figura 15: M10-4

Descripción: Se identificaron los ostrácodos por su caparazón en forma de “valvas” y la ausencia de líneas de crecimiento como sí sucede en las formas juveniles de los bivalvos. Las valvas no presentan ningún tipo de ornamentación como estrías o espinas.

Reino Plantae, Haeckel 1866**Filo Angiospermae****Clase Monocotyledoneae Scopoli, 1760****Fam. Gen. *et sp*10. Indet.**

Figura 16: M11-1B, M11-2B

Descripción: Los ejemplares colectados se identificaron como monocotiledóneas debido a sus venas paralelas y notablemente espaciadas. No obstante, el limitado estado de preservación de estos especímenes dificultó un análisis más detallado de su arquitectura. La ausencia de ápice y base en los ejemplares obstaculiza una clasificación más precisa.

Clase Dicotyledoneae Scopoli 1760**Fam. Gen. *et sp*11. Indet.**

Figura 16: M11-1A

Descripción: Las uniones de las hojas no son distinguibles en el ejemplar M11-1A, con hojas de tamaño microfilar y láminas no lobuladas ni dentadas. Se conserva únicamente el ápice agudo, mientras que las hojas parecen ser cóncavas. La forma laminar parece ser ovalada, con una

base cóncava. La venación primaria es pinnada excurrente, con una sola vena basal, mientras que la venación secundaria no es clara.

Fam. Gen. et sp12. Indet.

Figura 16: M11-2A

Descripción: Las uniones de las hojas no son distinguibles en el espécimen M11-2A, con hojas de tamaño microfilar y láminas no lobuladas ni dentadas. Se conserva únicamente la base aguda de las hojas, que parecen ser cóncavas. La forma laminar parece ser elíptica, con un ápice recto. La venación primaria parece pinada. No se observan las venas basales.

9.4 Distribución estratigráfica de los fósiles colectados.

Se discute la distribución estratigráfica de las faunas reconocidas en este estudio (Figura 17). Aunque algunos especímenes no fueron colectados para su caracterización taxonómica en el inventario fósil, se reconocieron sus formas en varias capas de la sección. Además, se evaluó el estado de preservación de los fósiles dentro de la matriz rocosa, categorizándolos como completos (más del 70% del cuerpo), incompletos (entre el 30% y el 70%), y fragmentados (menos del 30%; Ver Figura 17).

Se pueden observar tres asociaciones fósiles principales en la distribución estratigráfica de las faunas: El segmento A, está caracterizado por el predominio del gastrópodo *A. lataguensis* completos y restos incompletos de plantas. El segmento B, esta caracterizado por el predominio del gastrópodo *D. wheeleri* con diversos estados de conservación, fragmentos del bivalvo *Pachydon cf hettneri*, ejemplares completos del género de bivalvo *Sogamosa* y restos fragmentarios de peces. En el segmento C, existe un predominio muy marcado de los géneros de gastrópodos *Sheppardiconcha* y *Aylacostoma*.

aspectos: (1) el estado de conservación, (2) la infraestructura logística, (3) la accesibilidad a la localidad, (4) el conocimiento científico, y (5) las perspectivas educativas. Todos los criterios evaluados se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3.

Valoración del patrimonio geológico inmueble de la localidad.

Componente a evaluar	San Silvestre
Representatividad(R)	4
Carácter de localidad de referencia (L)	0
Grado de conocimiento científico (K)	2
Potencial de investigación relevante para las geociencias (P)	4
Estado de conservación (C)	4
Condiciones de uso (U)	4
Rareza (A)	4
Diversidad geológica (D)	1
Potencial/uso didáctico (Pd)	2
Infraestructura logística (IL)	0
Densidad de población (Dp)	1
Accesibilidad (Ac)	4
Espectacularidad o belleza (B)	4
Tamaño (T)	1
Resistencia a la degradación (Re)	2
Uso tradicional (Ut)	0
Simbolismo (S)	0
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NC)	4
Potencial/uso divulgativo (Pdv)	2
Turismo y actividades recreativas (Tr)	2
Entorno socioeconómico (Es)	2
Proximidad a zonas recreativas (Zr)	0

Nota. Modificado de: (Servicio Geológico Colombiano, 2021)

El valor patrimonial del geotopo (Equivalente al valor científico) luego de haber sido objeto de evaluación dio como resultado un valor muy alto (Tabla 4).

Tabla 4.*Resultados de la evaluación integral de la localidad*

Componente	Total	Valor patrimonial
Valor científico	7.5	Valor muy alto
Valor educativo	5.5	Valor medio
Valor cultural	4.3	Valor medio

Nota. Modificado de: (Servicio Geológico Colombiano, 2021)

El cálculo de susceptibilidad y riesgo por efectos naturales y antrópicos para el geotopo mostró valores entre 1.6 y 3, los cuales indican un riesgo de degradación bajo en la localidad de San Silvestre (Tabla 5).

Tabla 5.*Valores calculados para susceptibilidad y riesgo de la localidad*

Susceptibilidad y riesgo calculadas	Valor
Susceptibilidad de degradación antrópica	2.2
Susceptibilidad de degradación natural	3
Riesgo de degradación del geotopo por amenazas naturales	2.3
Riesgo de degradación del geotopo por amenazas antrópicas	1.6

Nota. Modificado de: (Servicio Geológico Colombiano, 2021)

Teniendo en cuenta las estimaciones de la valoración patrimonial de la localidad de estudio se decidió incluir los resultados de un levantamiento fotogramétrico efectuado durante las actividades de la descripción sedimentológica y el muestro paleontológico en sección.

9.5.2 Levantamiento fotogramétrico de la Quebrada San Silvestre

Como resultado del levantamiento fotogramétrico en la Quebrada San Silvestre, se obtuvo una nube de puntos densa (.las), una malla (.obj), un ortomosaico (.tif; Figura 18), y un informe de calidad del levantamiento (disponible en el Apéndice B). Estos elementos muestran un alto grado de detalle, con una distancia de muestreo en el terreno (GSD, Ground Sampling Distance) de 0.1 cm (tamaño real de un píxel en el terreno). Estos productos y su alta resolución, permitieron calibrar y ajustar las medidas tomadas en campo mediante bastón por el autor, así como una

muestras fósiles y 5 muestras de roca tomadas de niveles donde el material fósil estuvo presente, pero no pudo ser extraído debido a su estado de conservación.

Las muestras fósiles constan de especímenes de gastrópodos del género *Sheppardiconcha* (4 piezas) y de las especies *D. wheeleri* (16 piezas) y *A. lataguensis* (8 piezas), así como bivalvos del género *Pachydon* (4 piezas) y la especie *Sogamosa cyrenoides* (7 piezas). También se incluyeron restos de plantas (2 piezas) y fragmentos de peces (4 piezas), entre las que destaca la espina dorsal de un siluriforme.

El inventario de registro (Ver tabla 6) incluye su número de identificación de la pieza (ID), nombre, código de inventario que relaciona el espécimen con la muestra del cual fue extraído y su registro fotográfico en este documento (Figuras 10-16), taxonomía, y los valores de composición, uso, origen, estado de conservación de cada espécimen, entre otros parámetros (Apéndice C). Con base en estos valores se realizó el cálculo del valor científico y el potencial para la divulgación y exhibición. En promedio, las piezas aquí evaluadas obtuvieron un valor bajo para la divulgación (2,48) y un valor científico medio (3,05; Ver Apéndice C).

Tabla 6.

Inventario del registro de la colección, interés científico y de exhibición.

ID	Código de inventario	Taxonomía	Valor para exhibición	Valor Científico
1	M1-1	<i>Sheppardiconcha</i> sp	2.00	1.50
2	M1-2	<i>Sheppardiconcha?</i> sp1	2.00	1.13
3	M1-3	<i>Sheppardiconcha?</i> sp2	2.00	1.13
4	M1 -4	<i>Sheppardiconcha?</i> sp3	2.00	1.13
5	M1-5	<i>Pachydon?</i> sp	2.00	1.50
6	M1-6	<i>Pachydon?</i> sp	2.00	1.50
7	M1-7	<i>Pachydon?</i> sp	2.00	1.50
8	M1-8	<i>Actinopterygii?</i> sp4	2.50	3.75
9	M2 -1	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
10	M2 -2	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
11	M2 -3	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
12	M2 -4	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.25	3.00
13	M2-5	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.88	3.75

ID	Código de inventario	Taxonomía	Valor para exhibición	Valor Científico
14	M2-6	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.88	3.75
15	M2-7	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.88	3.75
16	M2-8	Actinopterygii? sp5	2.63	4.00
17	M3	Roca	3.38	4.25
18	M4-8	Siluriforme	2.63	4.25
19	M4-1	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
20	M4-2	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.25	3.00
21	M4-3	<i>Pachydon cf hettneri</i>	2.00	1.50
22	M4-4	<i>Diplocyca wheeleri</i>	3.13	4.25
23	M4-5	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.25	3.00
24	M4-6	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.88	4.00
25	M4-7	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.25	3.00
26	M5	Roca	3.38	4.25
27	M5-1	Actinopterygii? sp6	2.63	4.00
28	M5A-1	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.13	2.75
29	M5A-2	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.13	2.75
30	M5A-3	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.13	2.75
31	M5A-4	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.13	2.75
32	M6-1	<i>Diplocyca wheeleri</i>	3.13	4.25
33	M6-2	<i>Diplocyca wheeleri</i>	3.13	4.25
34	M6-3	<i>Diplocyca wheeleri</i>	3.13	4.25
35	M6-4	<i>Diplocyca wheeleri</i>	3.13	4.25
36	M6-5	<i>Diplocyca wheeleri</i>	2.25	3.00
37	M6-6	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
38	M6-7	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	2.50	3.25
39	M6-8	Bivalvo indeterminado	2.00	1.13
40	M7	Roca	3.13	4.25
41	M7A	Roca	3.13	4.25
42	M8	Roca	3.13	4.25
43	M9-1	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.38	3.00
44	M9-2	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.38	3.00
45	M9-3	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.13	2.75
46	M10-1	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.63	3.25
47	M10-2	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.63	3.25
48	M10-3	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.38	3.00
49	M11-1	Fragmentos de Plantas	1.75	1.50
50	M11-2	Fragmentos de Plantas	1.75	1.50
51	M12-1	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.38	3.00
52	M12-2	<i>Aylacostoma lataguensis</i>	2.38	3.00

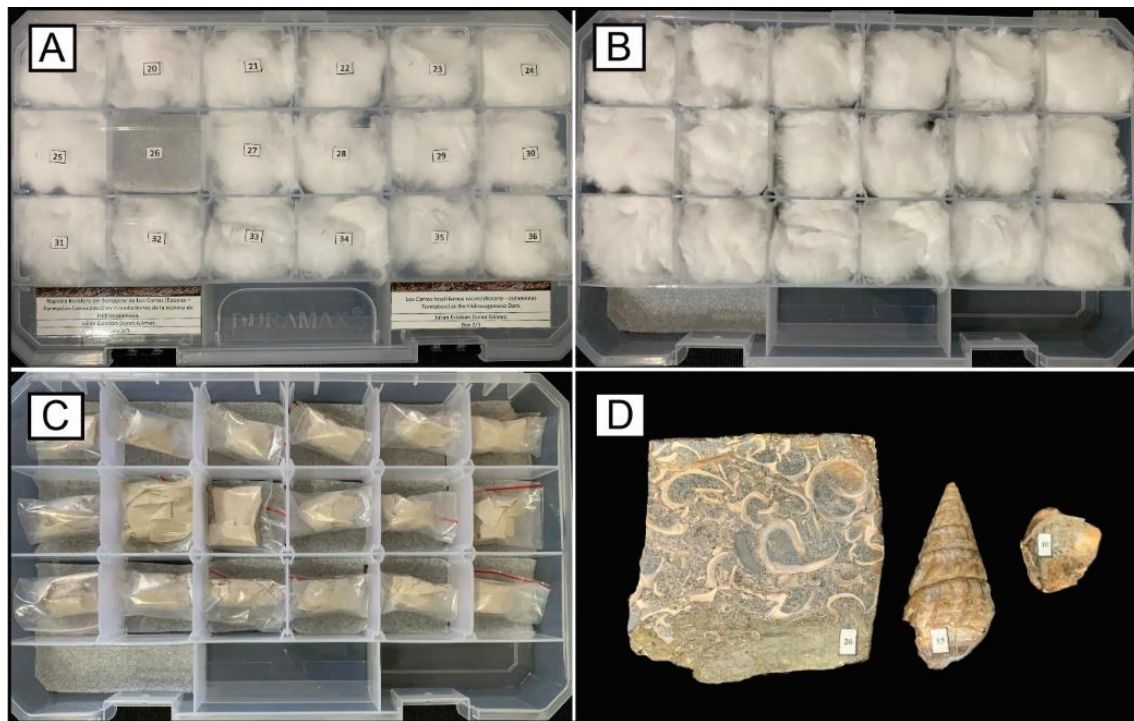
Nota. Modificado de (Da Silva, et al., 2023)

Las piezas de la colección se acondicionaron en tres cajas de disposición final, numeradas y rotuladas con el nombre del proyecto, el número de la caja y el autor (Ver Figura 20). Dentro de las cajas, cada pieza tiene un compartimento correspondiente a su número ID (Ver Figura 20-A).

Cada compartimento cuenta con algodón natural sin blanquear que limita el movimiento de la pieza, y espuma de polietileno en la parte inferior de la recámara que la protege de las vibraciones (Ver Figura 19-B-C). Cada pieza se encuentra en una bolsa resellable de polietileno, cuya función es minimizar el contacto con el aire y la humedad (Ver Figura 19-C). Además, la pieza está embalada con papel sin acidificar, lo que aumenta la superficie de contacto de la pieza con la caja y proporciona el soporte necesario para evitar el colapso de la pieza por gravedad (Ver Figura 19-C). Finalmente, cada una de las piezas está rotulada con su número de ID (Ver Figura 19-D).

Figura 19.

Caja de disposición final para el registro fósil de la quebrada San Silvestre



Nota. A) Caja de disposición final cerrada. Se observa el número ID en cada compartimento y en la parte inferior derecha e izquierda el rotulo en español e inglés respectivamente. B-C) Caja de disposición final abierta donde se observan los compartimientos individuales y los materiales usados para la conservación. D) Algunas piezas de la colección rotuladas con su ID.

10 Discusión

10.1 Discusión taxonómica

Históricamente, el horizonte fosilífero de Los Corros ha sido referido para discutir el tope del Eoceno en el VMM (Parodiz, 1969; Nuttall, 1990). Sin embargo, transcurrió casi un siglo desde la última colecta de material en el nivel, y todas las discusiones paleontológicas se han centrado en los cinco especímenes originalmente reportados por Pilsbry & Olsson (1935). Esto ha generado un sesgo en cuanto a las características taxonómicas de los fósiles, su afinidad paleoambiental, y la paleodiversidad del horizonte. En consecuencia, han permanecido discusiones abiertas durante los años.

En lo que a *H. corrosensis* respecta, Nuttall (1990) menciona que “La ilustración de Pilsbry & Olsson está ampliamente retocada y realza enormemente el muy débil ranurado en espiral. Definieron *Basistoma* como un ser con ranuras en espiral o con cordones y presumiblemente le asignaron *H. corrosensis* por esa razón.”. Basados en el nuevo registro fotográfico obtenido de A.N.S.P, se considera que dicha ilustración no se encuentra retocada como plantea Nuttall (1990) y que *H. corrosensis* sí presenta ese ranurado en espiral marcado, como se puede ver en la Figura 6 de este documento.

Por otro lado, Parodiz (1969; Ver Figura 5) hace diversas observaciones sobre el género *Diplocyma*. El autor menciona que “Los ejemplares de la especie tipo, *D. wheeleri*, no están bien conservados. No es improbable que las dos formas sean conespecíficas.” Sin embargo, este trabajo colectó especímenes bien conservados de *Diplocyma* en la Quebrada San Silvestre, y se observaron claramente las características descritas por Pilsbry & Olsson (1935), reforzando así la posibilidad de que sí existan dos especies diferentes de *Diplocyma*. Por lo tanto, la imagen relacionada por Parodiz (1969) como *D. wheeleri*, correspondería realmente a *D. suctionis* (Figura 5-D).

En contraste, la clasificación de los Cerithioidea (Thiaridae y Potamididae), recolectadas en la localidad de San Silvestre, así como la definición de sus géneros y familias, aún requiere un mayor escrutinio y la colecta de material mejor preservado (Wesselingh, et al., 1996; Wesselingh, 2006). Por ejemplo, los fósiles de *D. wheeleri* descritos en este trabajo presentan grandes similitudes con el género *Sheppardiconcha*. Estos muestran vueltas tempranas rectas en los lados con costillas axiales, líneas de crecimiento sigmoides invertidas, opistoclinas, cordones espirales en la base, ausencia de un truncamiento columnar basal, entre otras características. Estas similitudes podrían indicar que las especies descritas como *Diplocyma* en este trabajo podrían corresponder realmente al género *Sheppardiconcha*. Estudios morfométricos detallados en el material colectado podrían esclarecer las incertidumbres que aún persisten en la clasificación taxonómica del género *Diplocyma*.

Respecto al material colectado de macrofósiles (vertebrados, restos vegetales) nuevas prospecciones de material mejor preservado permitirán realizar una mejor caracterización taxonómica de los peces actinopterigios y las angiospermas encontrados a lo largo de la sección. Actualmente, debido a la naturaleza fragmentaria del material reportado, no es posible lograr una caracterización más detallada.

10.2 Discusión paleoecológica

Debido a las inconsistencias en la afinidad taxonómica de algunos de los especímenes aquí reportados, particularmente los moluscos, las discusiones paleoambientales propuestas tendrán cierto grado de ambigüedad y dependerán directamente de sus relaciones actualmente aceptadas. Otro aspecto a tener en cuenta, es el pobre control estratigráfico de los ejemplares previamente descritos por otros autores. Por ejemplo, los especímenes tipo descritos por Pilsbry & Olsson, (1935) no se encuentran ubicados estratigráficamente en una columna, y han hecho ver el horizonte

como un lugar geográficamente aislado, con un marcado endemismo que, aunque existente, no representa la diversidad de las faunas de Los Corros. Por ejemplo, la biota descrita en este trabajo, como *Aylacostoma lataguensis*, *Sheppardiconcha* sp, *Pachydon cf hettneri*, los restos de peces, plantas y la presencia de ostrácodos, muestran una mayor diversidad que los reportes anteriores, Todo esto ampliará la interpretación que se ha tenido de Los Corros en el último siglo. A continuación se refieren entonces algunas de las interpretaciones paleoambientales propuestas para los taxones encontrados en la Quebrada San Silvestre

Sheppardiconcha (Pachychilidae) se encuentra abundantemente en comunidades bentónicas de ambientes fluvio-lacustres (Wesselingh, 2006; Gómez, et al., 2009). Los ejemplares de la familia Thiaridae, de los que hace parte *Hemisinus* y *Aylacostoma*, son cosmopolitas, de aguas dulces a salobres tropicales (Camacho & Longobucco, 2008). La familia Potamididae, de la cual hacen parte *Potamides* y *Diplocyma*, habita en manglares donde llevan una vida anfibia, pastando detritos y microalgas (Houbrick, 1984), siendo los moluscos más especializados de este ecosistema (Reid, Dyal, Lozouet, Glaubrecht, & Williams, 2008). La diversificación de esta familia se dio en la región del Tetis, durante el Eoceno medio, poco después del origen de los manglares (Reid et al., 2008), con los cuales están estrechamente asociados, y con los que comparten una larga historia evolutiva (Glaubrecht, 1996; 1997; 1999). Esto ha promovido el uso de la familia Potamididae como indicadores de la presencia de paleomanglares (Plaziat, 1995). Así como los Potamididae actuales, es probable que el gran tamaño y grosor de las conchas de *D. wheeleri* que se observan en el material colectado en este trabajo, se deba a una adaptación evolutiva en respuesta a condiciones de intensa depredación en el ambiente (Salgeback & Savazzi, 2006).

Los ejemplares de la familia Corbulidae, entre los cuales se encuentra el género *Pachydon*, son habitualmente individuos cosmopolitas que habita en ambientes marinos y perimarineros de fondos blandos en todo el mundo (Wesselingh, 2006). Sin embargo, no están necesariamente restringidos a este entorno. Su capacidad para enfrentar el estrés por falta de oxígeno, así como los sustratos blandos y los altos niveles de depredación, les permite sobrevivir en condiciones donde otros taxones no marinos podrían fracasar (Wesselingh, 2006). Es por esta capacidad adaptativa que *Pachydon* ha sido hallado en localidades del Mioceno del Amazonas, ocupando aguas frescas (Wesselingh F. , 2006). Para el caso de *P. hettneri*, se ha propuesto que fue un excavador poco profundo que vivía en entornos lacustres y marginales (Wesselingh, 2006) y fue tolerante a aguas salobres (Nuttall, 1990). La familia Cyrenidae, en la que se encuentra el género *Sogamosa*, ocupa mayormente aguas frescas, aunque en la actualidad aún existen especímenes que viven en aguas saladas (Wu, et al., 2023). *Sogamosa*, al ser un género endémico del horizonte fosilífero de Los Corros, no cuenta con estudios paleoambientales más allá del presente trabajo. Sin embargo, se encuentra estrechamente asociado con *D. wheeleri* (Figura 17) lo que haría suponer que también se encuentra asociado a ecosistemas de manglar.

Respecto a los vertebrados, los restos de peces siluriformes tienen afinidad taxonómica con los reportados en ambientes marino-estuarinos proximales de poca profundidad (Louterbach, et al., 2014). Por otra parte, los restos de plantas hallados son en su totalidad angiospermas, como los previamente reportados para la Formación Esmeraldas, asociados con bosques tropicales secos de hábitat riveroño y temperaturas cálidas, similares a los bosques tropicales modernos (19,7- 21,8 °C; Martínez, et al., 2021).

Además de las biotas halladas en la localidad, los altos niveles de carbono orgánico (COT>20%) en las capas de ruditas biogénicas serían reflejo de la alta paleoproduktividad de estos

ambientes, la cual permitió el crecimiento y la diversificación en las faunas de gastrópodos y bivalvos. En contraste, el bajo nivel de carbono orgánico (%P/P=0.879) en los niveles de lodolitas negras carbonosas, podría indicar que la presencia de conchas de gastrópodos bien conservadas, serían un artefacto deposicional, consecuencia de la flotabilidad de las conchas al momento de su muerte. La presencia ocasional de restos de peces de tamaño considerable podría ser consecuencia de la capacidad tenían estas faunas de nadar distancias significativas, pero se necesitaría de nuevas prospecciones para esclarecer esta hipótesis.

Es probable que el bajo grado de materia orgánica del nivel de paleosuelo (%P/P=0.120) sea consecuencia de una mayor exposición a los efectos directos del clima, las altas temperaturas, las lluvias y los regímenes de corrientes que pudieron causar el lavado del material en la actualidad.

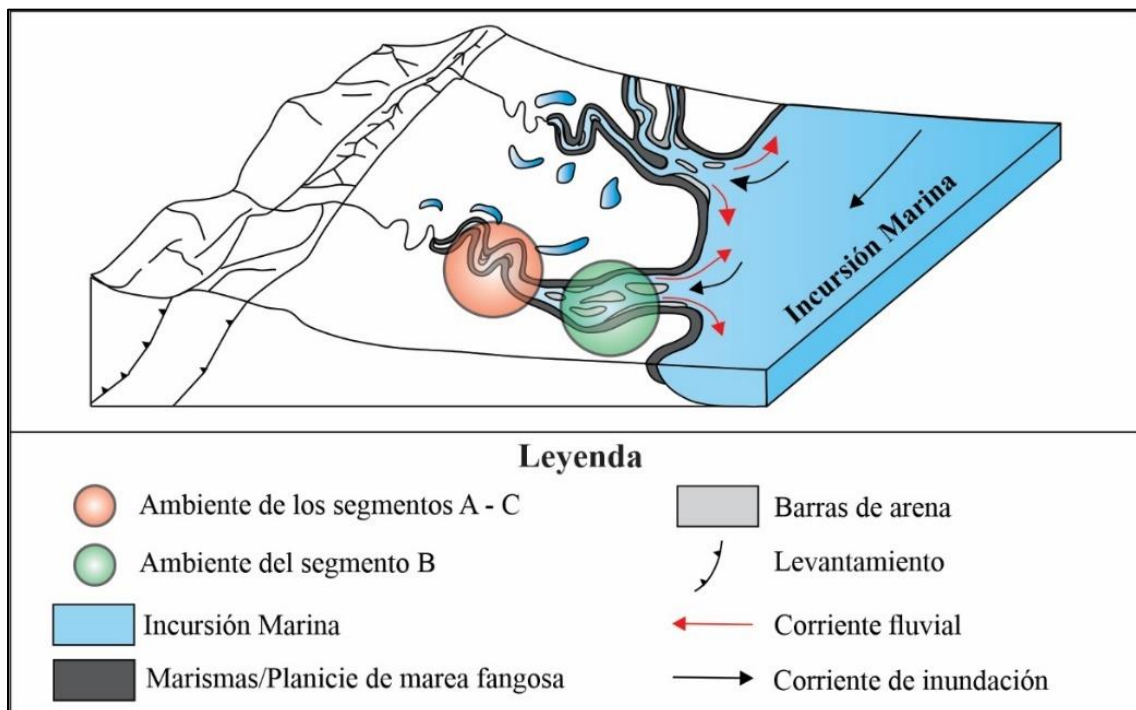
En conclusión, las asociaciones fósiles y los estudios geoquímicos preliminares indicarían que los segmentos A y C de la sección, podrían estar representando ambientes fluvio-lacustres de alta productividad (Ver Figura 20), donde debieron abundar los depredadores durófagos (consumidores de organismos con partes duras), como lo demuestran los restos fósiles depredados tanto de *A. lataguensis* como de *Sheppardiconcha*. Esta hipótesis se vería fortalecida por la presencia de las litologías arenosas, el paleosuelo y los restos de plantas que fueron identificados en este trabajo. En el segmento B, existiría una mayor tendencia hacia ambientes transicionales, salobres y estuarinos de baja productividad (Ver Figura 20). El predominio de *D. wheeleri* junto con su asociación de peces y bivalvos con afinidad marina (*Sogamosa* y *Pachydon* cf. *hettneri*) probablemente estaría asociada con un aumento en la salinidad que desplazó al conjunto subyacente de aguas frescas, dominado por *Aylacostoma* y *Sheppardiconcha* (Segmentos A-C).

Un estudio tafonómico detallado de los niveles fosilíferos de la localidad permitirá complementar las interpretaciones paleoambientales presentadas en este trabajo, de manera similar

a lo realizado en el horizonte fosilífero de Huesser, en el Mioceno del Piedemonte Llanero (Gómez, et al., 2009). Futuras colectas paleobotánicas y la descripción del horizonte en nuevas localidades permitirían mejorar las estimaciones paleoclimáticas de los bosques neotropicales en el límite Eoceno-Oligoceno. En cuanto a la paleoecología de los fósiles, se sugiere realizar estudios geoquímicos adicionales (relaciones elementales, isotopía estable, fluorescencia) en las rocas y los fósiles de los moluscos para esclarecer sus afinidades paleoecológicas. Esto, teniendo en cuenta que para el intervalo Eoceno-Mioceno se ha propuesto en el norte de Suramérica una colonización de especímenes típicamente marinos en aguas dulces (e.j., moluscos, peces; Wesselingh, 2006).

Figura 20.

Paleoambientes propuestos para el horizonte fosilífero de Los Corros



Nota. Modificado de: (Louterbach, et al., 2014)

10.3 Discusión paleobiogeográfica

Las asociaciones fósiles de aguas dulces reportadas en este trabajo (*A. lataguensis*, *Sheppardiconcha*) no han sido documentadas para el Eoceno de Colombia ni Ecuador. Sin embargo, sí han sido mencionadas en distintas localidades del Oligoceno-Mioceno del noroeste de Suramérica (Ver Tabla 7):

Tabla 7.

Distribución paleobiogeográfica de los taxones reportados en el horizonte.

Edad	Eoceno		Oligoceno		Mioceno	
Localidad	Horizonte Los Corros	Madre de Dios (Perú)	Horizonte La Cira (VMM)	Horizonte Huesser	Sistema Pebas	
Taxón	(Pilsbry & Olsson, 1935)	Este trabajo	(Louterbach, et al., 2014)	(Pilsbry & Olsson, 1935)	(Gómez et al. 2009)	(Wesselingh, 2006)
<i>H. corrosensis</i>	X					
<i>P. macgilli</i>	X					
<i>D. wheeleri</i>	X	X				
<i>D. suciones</i>	X					
<i>Sheppardiconcha</i>		X			X	X
<i>A. lataguensis</i>		X				X
<i>S. cyrenoides</i>	X	X				
<i>Pachydon</i>		X		X		X
Actinopterio		X	X			
Siluriforme		X	X			

Nota. Modificado de: (Pilsbry & Olsson, 1935; Wesselingh, 2006; Gómez, et al., 2009; Louterbach, et al. 2014).

El género *Sheppardiconcha* se ha reportado entre el Mioceno tardío – Oligoceno en el noroeste de Suramérica (Wesselingh, 2006; Gómez, et al., 2009). La distribución del género *Aylacostoma* se ha reportado entre el Mioceno – Oligoceno en el noroeste de Suramérica y llegó a extenderse hasta el este del continente (Wesselingh, 2006). Este género está presente también en el Oligoceno de VMM en el horizonte fosilífero de la Formación Mugrosa (*A. sigmachilum*; Pilsbry & Olsson, 1935; Nuttall, 1990; Camacho & Longobucco, 2008). La especie *Pachydon*

hettneri se encuentra en depósitos del Mioceno temprano de Suramérica, y vivió en las cuencas del antepaís subandino, desde Venezuela hasta el centro-sur de Perú (Wesselingh & Macsotay, 2006; Wesselingh, 2006), precediendo a las principales radiaciones paquidontias del Mioceno medio (Gómez, et al., 2009). En el VMM, el género *Pachydon* está presente en el horizonte fosilífero de La Cira (Oligoceno tardío), representado por *P. cebada* (Nuttall, 1990).

Los restos de peces colectados en la Quebrada San Silvestre corresponden al primer registro de estas faunas en el horizonte fosilífero de Los Corros, y son similares a los reportados en el Eoceno de Perú (Louterbach, et al., 2014). Por otra parte, el registro de bosques tropicales secos en Suramérica es bastante escaso y se restringe por el momento a localidades de la Formación Esmeraldas (VMM; Martínez, et al., 2021), y a las formaciones Iguincha y San Cayetano del Mioceno de Ecuador (Burnham, 1995; Burnham & Carranco, 2004).

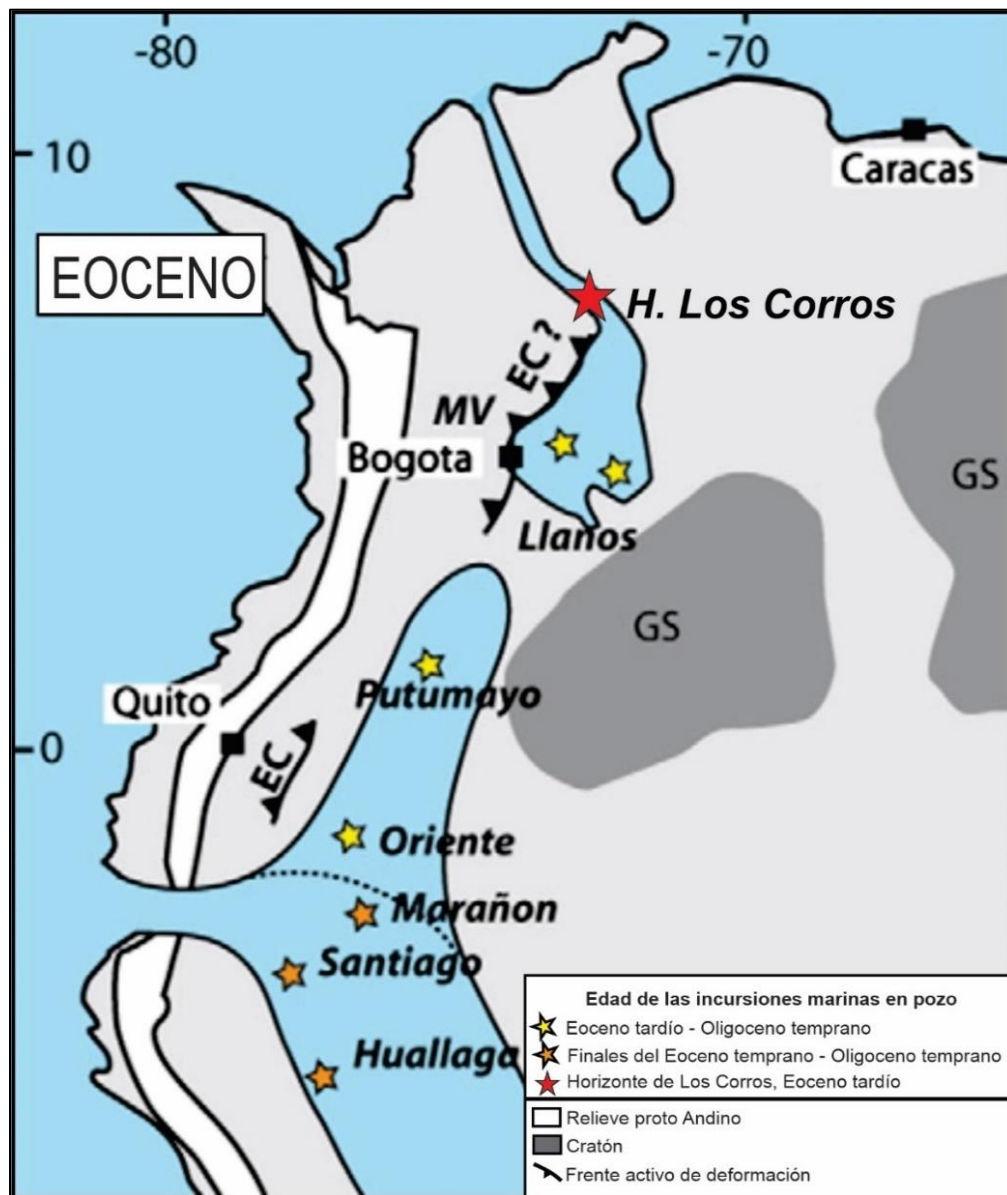
El conjunto de aguas frescas de Los Corros (*A. lataguensis*, *Sheppardiconcha*, restos de plantas) sería el más antiguo hasta ahora reportado en asociación con las formas del sistema Pebas (Wesselingh, 2006). Por ende, las asociaciones de moluscos del horizonte fosilífero de Los Corros podrían representar el inicio de las radiaciones fósiles de aguas frescas del NW de Sur América, apoyando la idea propuesta por Wesselingh (2006) y Gómez, et al., (2009) de una conexión paleobiogeográfica entre las cuencas de los Llanos Orientales, la región amazónica y el Valle del Magdalena durante el Mioceno. Esta conexión no existe hoy a consecuencia de la elevación de la cordillera de los Andes (Albert, et al., 2006; Lovejoy, et al., 2006).

En contraste, la implicación de una posible asociación estuarina salobre (*D. wheeleri*, *P. cf hettneri*, *Sogamosa* y peces siluriformes) en el horizonte fosilífero de Los Corros aún es confusa, y se requerirán nuevos estudios que permitan correlacionarla con niveles del Eoceno tardío en Colombia. Sin embargo, su presencia podría complementar la hipótesis propuesta por Louterbach,

et al. (2014) en la que se plantea un corredor marino que conectaba el Mar Caribe con las estribaciones de los Llanos Orientales, a través de la apertura inicial del Valle Inferior del Magdalena durante el Eoceno (Figura 21).

Figura 21.

IncurSIONES marinas durante el Eoceno tardío en el norte de Sur América.



Nota. Se ilustra la posición geográfica del Horizonte Fosilífero de Los Corros. Modificado de: (Louterbach, et al., 2014).

10.4 Discusión de patrimonio

Según el Decreto 1353 del 2018 de la Presidencia de la República de Colombia, la sección de la Quebrada San Silvestre es susceptible a ser declarada como bien inmueble integrante del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), y perteneciente a una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica. Esto ofrecería una oportunidad de apropiación del patrimonio geológico de la zona por parte de los pobladores, y permitiría establecer figuras de protección a mediano y largo plazo. Esto, teniendo en cuenta la nueva infraestructura vial implementada en el área (Ruta del Cacao) y la ocupación de cauce por parte de la empresa Cenit para el transporte de hidrocarburos. En consecuencia, es necesario realizar a futuro un ejercicio de educación por parte de la academia y la industria presentes en este sector, ya que, en última instancia, siempre serán los pobladores locales los verdaderos veedores y conservadores del patrimonio geológico *in situ*. Por otra parte, el valor educativo y cultural medio obtenido para la localidad de San Silvestre, lo hace ideal para su uso en planes de gestión y desarrollo, establecimiento de infraestructura logística, actividades educativas, turísticas y recreativas, entre otros (Servicio Geológico Colombiano, 2021) que podrían fortalecer la economía y la educación en todo el sector.

La colección paleontológica que se estableció en este trabajo es la única existente en Colombia con la biota del horizonte fosilífero de Los Corros. Esto la hace sumamente importante, ya que todos los especímenes que hasta hoy habían sido descritos, se encuentran en su totalidad fuera del país. Esta colección permitirá promover futuros análisis en el horizonte fosilífero de Los Corros, ya que cuenta con biotas diversas y de interés para distintas ramas de la paleontología (tafonomía, ictiología, botánica, malacología), permitiendo establecer nuevas correlaciones con

otras especies del Eoceno tardío de Suramérica, y promoviendo su investigación y preservación en diversos niveles del conocimiento (bachillerato, pregrado y postgrado).

Una vez finalizadas las investigaciones que actualmente se desarrollan en la localidad de San Silvestre del horizonte fosilífero de Los Corros, se llevarán a cabo todos los trámites administrativos para que la localidad sea declarada como parte del INGEP y que la colección descansa en alguno de los museos que ya forman parte del mismo.

11 Conclusiones

El horizonte fosilífero de Los Corros (Eoceno), pese a su amplia utilización en la estratigrafía del VMM, requiere ser estudiado a detalle desde diferentes perspectivas del conocimiento geológico (sedimentología, paleontología) que permitan un mayor entendimiento de su ambiente deposicional y de sus implicaciones paleobiogeográficas. El levantamiento estratigráfico de una sección del horizonte de Los Corros, ubicada en la Quebrada San Silvestre, y las afinidades taxonómicas de los fósiles allí colectados (*Sheppardiconcha* sp, *Diplocyma wheeleri*, *Aylacostoma lataguensis*; *Pachydon* sp, restos de peces, fragmentos vegetales y microfósiles) sugieren ambientes fluvio-lacustres, transicionales salobres y estuarinos, de aguas tranquilas y flujo restringido, y con una gran paleoproductividad que permitió una amplia diversificación de la biota. La información obtenida sin embargo no es concluyente en cuanto a la presencia de incursiones marinas episódicas dentro del horizonte, como las reportadas para otras formaciones del Eoceno de Colombia y Ecuador. Esto, como consecuencia de las inconsistencias que persisten en la afinidad taxonómica de los fósiles reportados hasta el momento y en sus ecologías asociadas. Sin embargo, es posible que el horizonte sí representara el preámbulo de una conexión paleobiogeográfica entre las cuencas de los Llanos Orientales, la Amazonía y el Valle del Magdalena. Por otra parte, la localidad de San Silvestre es un geotopo de alto valor que permite el estudio del Eoceno en el Valle Medio del Magdalena, así como su protección y divulgación. Se recomienda que este sitio sea declarado como bien inmueble en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP). La colección paleontológica de la Quebrada San Silvestre creada en este trabajo proporciona la base para estudios futuros sobre el horizonte fosilífero de Los Corros y se propone que sea albergada como parte de las colecciones del INGEOP al momento de la finalización de los estudios complementarios.

Referencias Bibliográficas

- Ballen, G., & De Pinna, M. (2022). A standardized terminology of spines in the order Siluriformes (Actinopterygii: Ostariophysii). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 194, 604-625.
- Burnham, R. (1995). A New Species of Winged Fruit from the Miocene of Ecuador: *Tipuana ecuatoriana* (Leguminosae). *American Journal of Botany*, 82(12), 1599–1607. doi:<https://doi.org/10.2307/2446189>.
- Burnham, R. J., & Carranco, N. L. (2004). Miocene winged fruits of *Loxopterygium* (Anacardiaceae) from the Ecuadorian Andes. *American Journal of Botany*, 91(11), 1767–1773. doi:[doi:10.3732/ajb.91.11.1767](https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1767)
- Caballero. (2010). Evolucion tectono-sedimentaria del sinclinal del nuevo undo, cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena, Colombia, durante el oligoceno-mioceno. *Tesis de grado para optar el titulo de Master en Geologia*.
- Caballero, V., Parra, M., & Mora, A. (2010). Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el eoceno tardío – oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(1). Retrieved from <https://acortar.link/XiQCnp>
- Caballero, V., Rodríguez, G., Naranjo, J., Mora, A., & De La Parra, F. (2020). From facies analysis, stratigraphic surfaces, and depositional sequences to stratigraphic traps in the Eocene – Oligocene record of the southern Llanos Basin and northern Magdalena Basin. (J. Gómez, & D. Mateus–Zabala, Eds.) *The Geology of Colombia, Volumen 3*(Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 37), 283–330. doi:<https://doi.org/10.32685/pub.esp.37.2019.10>

- Camacho, H., & Longobucco, M. (2008). Gastropoda. In H. Camacho, M. Longobucco, H. Camacho, & M. Longobucco (Eds.), *Los invertebrados fósiles tomo I* (pp. 323-374). Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Cruz, L. E., & Caballero, V. M. (2008). Manual de Laboratorio de Petrología Sedimentaria. *Universidad Industrial de Santander*.
- Da Silva, R., Mansur, K., & de Castro, A. (2023). Methodological Proposal for Inventory and Quantitative Valuation of Ex Situ Geological Heritage, a Case Study at the Museu da Geodiversidade (MGeo/IGEO/UFRJ). *Geoheritage*, 15(46). doi:<https://doi.org/10.1007/s12371-023-00812-1>
- De La Parra, F., Pinzón, D., Mantilla Duran, F., Rodríguez-Forero, G., & Caballero, V. (2021). Marine-lacustrine systems during the Eocene in northern South America – Palynological evidence from Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 108(103188). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103188>
- Ellis, B., Daly, D. C., Hickey, L. J., Mitchell, J. V., Johnson, K. R., Wilf, P., & Wing, S. L. (2009). *Manual of Leaf Architecture*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- ESRI. (2023). World Imagery [Imagen]. QGIS.
- Etayo, F. (1985). Metodología de trabajo del proyecto cretácico. *Proyecto Cretácico*, 1-13.
- Folk, R. L. (1974). *Petrography of Sedimentary Rocks*. Austin, Texas 78703, Texas, EEUU: Hemphill Publishing Company.
- Glaubrecht, M. (1996). *Evolutionsökologie und Systematik am Beispiel von Süß- und Brackwasserschnecken (Mollusca: Caenogastropoda: Cerithioidea): Ontogenese-Strategien, paläontologische Befunde und historische Zoogeographie*. Leiden: Backhuys.

- Glaubrecht, M. (1997). Okologie von Mangroven und Mangroveschnecken. *Natural Museum*, 285–305.
- Glaubrecht, M. (1999). Mangrove—tropical Gezeitenwälder. *Naturwiss. Rundschau*, 53, 264–271.
- Gomez, A., Jaramillo, C., Parra, M., & Mora, A. (2009). Huesser horizon: a lake and a marine incursion in northwestern South America during the early Miocene. *PALAIOS*, 24(4), 199–210. doi:<https://doi.org/10.2110/palo.2007.p07-074r>
- Houbrick, R. S. (1984). Revision of higher taxa in genus cerithidea (mesogastropoda: potamididae) based on comparative morphology and biological data. *American Malacological Bulletin*, 2, 1-20.
- Louterbach, M., Roddaz, M., Bailleul, J., Antoine, P.-O., Adnet, S., Kim, J., . . . Baby, P. (2014). Evidences for a Paleocene marine incursion in southern Amazonia (Madre de Dios Sub-Andean Zone, Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414(15), 451-471. doi:<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.09.027>
- Lovejoy, N., Albert, J., & Crampton, W. (2006). Miocene marine incursions and marine/freshwater transitions: Evidence from neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, 20, 14–27.
- Luo, Q., Zhong, N., & Zhu, L. (2013). Correlation of burial organic carbon and paleoproductivity in the Mesoproterozoic Hongshuizhuang Formation, northern North China. *Chin Sci Bull*, 58, 1299-1309. doi:[10.1007/s11434-012-5534-z](https://doi.org/10.1007/s11434-012-5534-z)
- Martínez, C., Jaramillo, C., Martínez Murcia, J., Crepet, W., Cárdenas, A., Escobar, J., . . . Caballero Rodríguez, D. (2021). Paleoclimatic and paleoecological reconstruction of a

- middle to late Eocene South American tropical dry forest. *Global and Planetary Change*, 205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103617>
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M. R., Kammer, A., Dimaté, C., & Rodríguez, F. (2006). Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. *Tectonics*, 25(2).
- Morales, L. G., & Industry, C. p. (1958). General geology and oil occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia. in Weeks, L. G., ed., *Habitat of Oil: A Symposium*, 641-695. Museo Americano de Historia Natural. (2023, 08 12). *The Paleontology Portal*. Retrieved from Fossil Preparation: <http://preparation.paleo.amnh.org/11/preparation>
- Nuttall, C. (1990). A review of the Tertiary non-marine molluscan faunas of the Pebasian and other inland basins of north-Western South America. *British museum (Natural history)*. 45, , 165–371.
- Parodiz, J. J. (1969). The Tertiary non-marine Mollusca of South America. *Annals of the Carnegie Museum*, 40, 1-242.
- Pilsbry, H., & Olsson, A. (1935). Tertiary fresh-water mollusks of the Magdalena embayment, Colombia. *Ibid.*, 87, pp. 7-20, 5 pl., Philadelphia, 1-37.
- Plaziat, J. (1995). Modern and fossil mangroves and mangals: their climatic and biogeographic variability. (D. Bosence, & P. Allison, Eds.) *Geological Society Special*, 83, 73–96.
- Reid, D. G., Dyal, P., Lozouet, P., Glaubrecht, M., & Williams, S. T. (2008). Mudwhelks and mangroves: The evolutionary history of an ecological association (Gastropoda: Potamididae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 47(2), 680-699.

- Rodríguez, G., Oboh, F., Jaramillo, C., & Rueda, M. (2012). Palynology of the Eocene Esmeraldas Formation, Middle. *Palynology*, 36, 96–111.
doi:<https://doi.org/10.1080/01916122.2012.650548>
- Salgeback, J., & Savazzi, E. (2006). Constructional morphology of cerithiform gastropods. *Paleontological Research*, 10(3), 233-259.
- Sarmiento, G., Puentes, J., & Sierra, C. (2015). Evolución Geológica y Estratigrafía del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena. *Geología Norandina*, 12.
- Servicio Geológico Colombiano. (2021). Metodología de valoración de patrimonio geológico y paleontológico inmueble. *Servicio Geológico Colombiano*, 1-23. Retrieved from <https://www2.sgc.gov.co/Archivos/metodologia-de-valoracion-de-patrimonio-inmueble-gu-geo-mvp-001-noviembre-060.pdf>
- Vásquez, V., Rosales, T., & Dorado, G. (2017). La metodología en el análisis ictioarqueológico y las consecuencias para el conocimiento de la historia de la pesca prehispánica en el Perú - Revisión. *Archaeobios*, 1(11).
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Cruz, J., & Restrepo, A. (1973). Memoria explicativa , cuadrángulo H-12 bucaramanga planchas 109 rionegro - 120 bucaramanga , cuadrángulo H-13 Pamplona planchas 110 Pamplona - 121 Cerrito. *Ministerio de Minas y Energía*, 62-77.
- Wesselingh, F. (2006). Evolutionary ecology of the Pachydontinae (Bivalvia, Corbulidae) in the Pebas lake/ wetland system (Miocene, western Amazonia). *Scripta Geologica*.
- Wesselingh, F. (2006). Molluscs from the Miocene Pebas Formation of Peruvian and Colombian Amazonia. *Scripta Geologica*, 133, 19-290.

- Wesselingh, F., & Macsotay, O. (2006). *Pachydon hettneri* (Anderson, 1928) as indicator for CaribbeanAmazonian lowland connections during the Early-Middle Miocene. *Journal of South American Earth Sciences*, 21, 49-53.
- Wesselingh, F., Gürs, K., Davila Arroyo, L., & Nuñez Vargas, C. (1996). A Pliocene freshwater molluscan faunule from Guatemala with implications for Neogene Neotropical molluscan dispersal. *Documenta Naturae*, 7-22.
- Wu, R., Liu, L., Liu, X., Ye, Y., Wu, X., Xie, Z., . . . Li, Z. (2023). Towards a systematic revision of the superfamily Cyrenoidea (Bivalvia: Imparidentia): species delimitation, multi-locus phylogeny and mitochondrial phylogenomics. *Invertebrate Systematics*, 607-622. doi:<https://doi.org/10.1071/IS23015>