

Caracterización tafonómica del horizonte fosilífero de Los Corros, Formación Esmeraldas
(Valle Medio del Magdalena)

Eduardo Alfonso Cáceres Rodríguez y Brandon Felipe Prada Páez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

German David Patarroyo Camargo

Geólogo PhD

Codirector

Ana Milena Cardozo Ortiz

Geóloga MSc.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Programa Académico

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Lo más importante es siempre creer en uno mismo, pero una pequeña ayuda de los demás es una gran bendición.

General Iroh “El Dragón del Oeste”

Quiero agradecer a Dios y a mis padres Herminda Rodríguez y Alfonso Cáceres por el amor y los valores con los que me han criado, su total sacrificio y apoyo incondicional, a mis hermanas Diana y Lorena, mis abuelas Rita Meneses y Otilia Alarcón. A la profesora Blanca Becerra por su apoyo y tutorías que me salvaron académicamente, a mi padrino Eduardo Beltrán, al profesor Luis Carlos Mantilla por permitirme estudiar esta hermosa carrera de Geología, al profesor Germán Patarroyo y Ana Milena Cardozo por su apoyo, asesorías y motivación siendo mis padres en la carrera, junto a demás profesores (Angelica Álvarez, Francisco Velandia, Jairo Clavijo, Leonardo Palmera, Leily Candela, César Suárez, Nidia Liliana Camacho y Álvaro Solarte que en paz descanse).

Agradezco a mis amigos, Juan José Navas (Jotta) mi amigo de toda la vida desde el colegio que luchó conmigo para sobrevivir a la UIS desde primeros semestres, al grupo de amigos del CEMAT por aceptar en su círculo (Fernando Plata, Oscar Gómez, Jhoan Stick, Luis Mantilla y Karen Cala), al grupo de los Kcorros por su compañía, apoyo y amor a la paleontología que nos llevó a realizar nuestros trabajos de grado y tener experiencias maravillosas (Julián Gómez, Manuela López y Brandon Prada) y a los paleopapus Diego Sierra y Sharon Gamarra, el grupo de proyecto Kawaii por enseñarme tantas cosas y experiencias vividas (Inti Claro, Ana Quintero, Darly Sevillano, Maurizio Sanchez, Juan Jay, Karen Castillo), al grupo de los Pollos Hermanos por la amistad, apoyo y consejos en conjunto a la ayuda mutua para terminar la carrera (Ronald Araque, Kevin Jaimes, Sara Sánchez, Angie Uribe, Karen Bohórquez, Dana Santos, Diego Santiago, María Fernanda Gómez y Andrés Padilla), Ana González por sus consejos, ayuda y cariño, también quiero expresar un agradecimiento muy especial a mi mejor amiga Karol González, quien llegó a mi vida en momentos difíciles y se ha convertido en un pilar fundamental. Su compañía, cariño y apoyo incondicional, así como la colaboración mutua durante la elaboración de nuestros trabajos de grado, han sido invaluable. Siempre le estaré profundamente agradecido.

Eduardo Alfonso Cáceres Rodríguez

Dedico este logro, ante todo, a Dios, por brindarme la fuerza, la sabiduría y la salud para culminar esta etapa tan significativa de mi vida.

A mis padres, Helga Isabel Páez y Evaristo Prada, pilares fundamentales en este proceso. Gracias por su esfuerzo incansable, su amor incondicional y por estar presentes en cada paso de este camino. Sin su apoyo constante, este sueño no habría sido posible.

A mi hermano, Joao Prada, por su compañía, comprensión y respaldo. A mi nonita Ofelmina Gómez, cuyo amor y oraciones me acompañaron a lo largo de esta travesía. A mis dos amores, Maicol II (Q.E.P.D.) y Maicol III, quienes, desde su esencia, me acompañaron durante muchas noches de desvelo, recordándome por qué vale la pena persistir.

A esa familia tan querida que me abrió sus brazos y me brindó apoyo sincero en la mayor parte de mi carrera. A mis tíos, que estuvieron presentes en los momentos más difíciles, siempre dispuestos a tenderme una mano amiga.

A mis docentes quienes, con entrega y vocación, dejaron una huella imborrable en mi formación académica y personal. Al profesor Luis Antonio Ortiz, quien, aun sin ser mi profesor oficial de Cálculo I, me permitió con generosidad asistir a sus clases, ayudándome a comprender con mayor claridad una materia que me parecía inalcanzable. A Luis Carlos Mantilla Figuera, por enseñarme a amar las ciencias de la Tierra, y por la paciencia con la que compartió sus conocimientos. A mi director de tesis, el profesor Germán David Patarroyo, por mostrarnos, a través de los “bichos”, cómo leer la historia del planeta y entender sus transformaciones. A mi codirectora de tesis, la profesora Ana Milena Cardozo, a quien tuve el honor de tener como docente en tres ocasiones y de quien reconozco su admirable conocimiento y pasión por la sedimentología.

A la Universidad Industrial de Santander, mi alma mater, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de transformar mi vida. Es un orgullo continuar con la tradición familiar de formarse en esta institución y decir con convicción: **¡Soy egresado UIS!** Agradezco a cada profesor y profesora que, en estos casi ocho años, con sus enseñanzas y consejos, formaron al Brandon que hoy culmina este ciclo. Gracias a ustedes, el joven de 21 años que ingresó sin saber factorizar, hoy ama la física, la química, el cálculo, se comunica fluidamente en otro idioma y, sobre todo, vive apasionadamente por las ciencias de la Tierra.

A mis amigos, por su compañía y apoyo en los momentos más duros. A Camilo Porra, mi primo y hermano de la vida. A Brayan González. Y en especial a Eduardo Cáceres, mi compañero de tesis, con quien compartí desde segundo semestre y, juntos, enfrentamos cada desafío, desde Cálculo hasta la última página de este trabajo. Tu amistad es uno de los mayores regalos que me deja la universidad.

Finalmente, dedico este título al **Brandon Prada del 2014**, que decidió dejar atrás el miedo y la incertidumbre, que con disciplina, coraje y fe en sí mismo, enfrentó seis veces el ICFES y nunca dejó de creer que sí era capaz. Gracias a él, hoy el Brandon del 2025 se gradúa como **Geólogo de la UIS**, profundamente agradecido con la vida, con su historia y con todos los que hicieron parte de ella.

Brandon Felipe Prada Páez

Agradecimientos

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

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

A César Llerena por el préstamo de laboratorios, instrumentos y su disposición a enseñarnos a usarlos correctamente.

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 Dra. Tania Palmera Henao y al Laboratorio de Geoquímica del Petróleo-UIS por el procesamiento de las muestras para COT.

A la Litoteca Nacional del Servicio Geológico Colombiano y al EPIS, por su ayuda en la obtención de la información de los registros de pozos.

Al grupo Los Corros, Julián Gómez, Manuela López y Brandon Prada, por su ayuda en las labores de campo y su constante retroalimentación.

A Ana González por la toma de las fotografías de los fósiles y muestras de mano.

A Stratos Consultoría Geológica, por su valiosa colaboración y gestión en el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento fue fundamental para la planificación y ejecución del trabajo de campo

Al profesor Germán D. Patarroyo, por su guía durante la realización de este trabajo y a la profesora Ana Milena Cardozo, que siempre estuvo dispuesta a brindar su ayuda y asesoría.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
Justificación	14
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco de referencia	17
2.1 Localización	17
2.2 Contexto geológico	18
3. Metodología	20
3.1 Fase 1. Pre-Campo	20
3.2 Fase 2. Trabajo de campo	20
3.3 Fase 3. Trabajo y análisis de laboratorio	23
3.4 Fase 4. Interpretación de la información.....	26
4. Resultados	29
4.1 Descripción tafonómica de los Niveles de Referencia Estratigráficos (NRE)	29
4.2 Descripción petrográfica y diagenética.....	36
4.3 Geoquímica	42
5. Discusión.....	43
5.1 Tafofacies.....	43
5.2 Interpretación Diagenética	47

5.3 Interpretación paleoambiental del horizonte fosilífero de Los Corros	51
5.4 Extensión paleogeográfica del horizonte fosilífero de Los Corros.....	54
6. Conclusiones	58
Referencias Bibliográficas	60

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Taxones reportados en el horizonte fosilífero de Los Corros</i>	23
Tabla 2. <i>Datos composicionales y clasificación de las secciones delgadas</i>	40
Tabla 3. <i>Concentración de carbono orgánico total (COT; % p/p)</i>	42
Tabla 4. <i>Datos tafonómicos del horizonte fosilífero de Los Corros</i>	44
Tabla 5. <i>Listado de pozos con presencia del horizonte fosilífero de Los Corros</i>	56

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa de localización del horizonte fosilífero de Los Corros</i>	17
Figura 2. <i>Mapa geológico de la zona de estudio</i>	19
Figura 3. <i>Columna estratigráfica de la sección San Silvestre.</i>	21
Figura 4. <i>Descripción de orientaciones de bioclastos en planta y sección.</i>	22
Figura 5. <i>Descripción de la geometría de las acumulaciones de bioclastos.</i>	24
Figura 6. <i>Terminología usada para la descripción del empaquetamiento y selección.</i>	25
Figura 7. <i>Parámetros tafonómicos cuantitativos</i>	27
Figura 8. <i>Columna estratigráfica compuesta</i>	28
Figura 9. <i>Niveles de referencia y secciones pulidas del horizonte fosilíferos de Los Corros</i>	30
Figura 10. <i>Petrografía de los NRE competentes en el horizonte fosilífero de Los Corros</i>	37
Figura 11. <i>Tafogramas</i>	46
Figura 12. <i>Fases diagenéticas</i>	48
Figura 13. <i>Tipos de cemento</i>	50
Figura 14. <i>Evolución de los procesos diagenéticos</i>	51
Figura 15. <i>Columna estratigráfica interpretativa</i>	53
Figura 16. <i>Diagrama de Ambiente depositacional para el horizonte fosilífero de Los Corros</i> ..	55
Figura 17. <i>Contexto paleogeográfico durante el Eoceno Superior en Colombia</i>	57

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en el Repositorio de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Columna estratigráfica del horizonte fosilífero de los corros (Escala 1:35).

Apéndice B. Imágenes complementarias de las secciones delgadas.

Glosario

Abrasión: Es el desgaste mecánico por la fricción de los elementos conservados. Suele ser debida al impacto que ejercen sobre ellos las partículas transportadas por el agua o el viento

Bioerosión: Es el proceso de degradación y alteración de los restos mineralizados por medios mecánicos o químicos por parte de los organismos vivos.

Corrasión: Acción erosiva ejercida sobre la superficie terrestre por la acción mecánica de materiales sólidos, abrasivos, transportados por agua, viento, hielo u otros agentes en movimiento.

Diagénesis: Implica fenómenos de naturaleza química, física y biológica que afecta a los sedimentos inmediatamente después de su deposición.

Deformación: Comprende cualquier cambio de tamaño, forma, estructura o textura de un elemento conservado, debido a la actuación de algún esfuerzo mecánico.

Disolución: Acción y efecto de separar o eliminar componentes químicos de un elemento tafonómico.

Fragmentación: Es la rotura del esqueleto de organismos en superficies distintas a las correspondientes de las líneas de crecimiento o planos de debilidad estructural.

Tafofacies: Cuerpos rocosos del registro geológico caracterizados con criterios tafonómicos.

Tafonomía. Disciplina científica que estudia los procesos de fosilización y la formación de los yacimientos de fósiles.

Resumen

Título: Caracterización tafonómica del horizonte fosilífero de Los Corros, Formación Esmeraldas (Valle Medio del Magdalena)*

Autor: Eduardo Alfonso Cáceres Rodríguez y Brandon Felipe Prada Páez**

Palabras Clave: Tafonomía, Eoceno Superior, Formación Esmeraldas, Horizonte fosilífero de Los Corros, Valle Medio del Magdalena.

Descripción: Este estudio caracterizó tafonómicamente el horizonte fosilífero de Los Corros (Eoceno tardío, Formación Esmeraldas, Cuenca del Valle Medio del Magdalena, VMM) con el fin de reconstruir su ambiente deposicional. Se colectaron 27 muestras en la sección de la quebrada San Silvestre (Santander) a lo largo de 13 Niveles de referencia (NRE), y definiendo con ellas siete tafofacies (A-G) a partir de parámetros de fragmentación, deformación, corrosión, orientación y empaquetamiento de bioclastos.

Estas tafofacies en conjunto con análisis petrográficos y la evaluación del contenido de carbono orgánico total, se agruparon en tres asociaciones faciales (Af1-Af3), las cuales reflejan una transición ambiental, con variaciones en las condiciones de oxigenación de fondo, desde sistemas continentales de baja energía hasta barras intermareales influenciadas por tormentas. La Af1, ubicada en el segmento inferior de la sección, representa un sistema continental con enterramiento rápido y baja energía, la Af2, que representa el segmento medio a superior, muestra un estuario salobre con alta productividad con energía variable, y la Af3 (10,74-15,6 m) indica eventos puntuales de mayor energía (tormentitas) en ambientes marginales marinos. Dichas interpretaciones, coinciden con interpretaciones previas basadas en el contenido fósil y la proxies geoquímicos para la misma sección, y estudios regionales del Eoceno en el VMM. De acuerdo a los análisis petrográficos, el material estudiado sugeriría condiciones diagenéticas de eogénesis y las etapas iniciales de la mesogénesis,

Finalmente, se identificó la continuidad lateral del horizonte en afloramientos previamente mencionados por otros autores hacia el noreste del Sinclinal de Nuevo Mundo, y se buscó evaluar su extensión al subsuelo mediante registros de pozos. Los resultados fortalecen la interpretación paleoambiental de la Formación Esmeraldas y constituyen una base robusta para futuras investigaciones tafonómicas y estratigráficas en el Eoceno del VMM.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Programa académico. Director: Germán David Patarroyo Camargo. Doctor en Geología. Codirector: Ana Milena Cardozo Ortiz. Master en Ingeniería geológica.

Abstract

Title: Taphonomic characterization of the fossiliferous horizon of Los Corros, Esmeraldas Formation (Middle Magdalena Valley)*

Author(s): Eduardo Alfonso Cáceres Rodríguez y Brandon Felipe Prada Páez**

Key Words: Taphonomy, Upper Eocene, Esmeraldas Formation, Fossiliferous horizon of Los Corros, Middle Magdalena Valley.

Description: This study characterized the taphonomy of the Los Corros fossiliferous horizon (late Eocene, Esmeraldas Formation, Middle Magdalena Valley Basin, MMV) to reconstruct its depositional environment. Twenty-seven samples were collected from the San Silvestre creek section (Santander) across 13 reference levels (NRE), defining seven taphofacies (A-G) based on parameters such as fragmentation, deformation, corrasion, orientation, and bioclast packing.

These taphofacies, combined with petrographic and the evaluation of the total organic carbon content, were grouped into three facial associations (Af1-Af3), reflecting an environmental transition from low-energy continental systems, with bottom water oxygenation changes, to storm-influenced intertidal bars. Af1, located at the lower segment of the section, represents a rapid-burial, low-energy continental system; Af2, which comprises the middle and upper segment, a brackish estuary with variable energy and high productivity; while Af3 (10,74-15,6 m) indicates scattered high energy events (tempestites) in marginal marine environments. These inferences coincided with previous interpretations in the section, based on the fossil content and geochemical proxies, as well as regional studies in the Eocene of the MMV. According to the petrographic analyses, the studied material in the section suggests diagenetic conditions related to eogenesis and the initial stages of mesogenesis.

Finally, lateral continuity of the horizon was confirmed in outcrops previously described other authors at the northeast part of the Nuevo Mundo Syncline, and to evaluate its subsurface extension was explored using well logs. The results strengthen the paleoenvironmental interpretation of the Esmeraldas Formation and provide a robust foundation for future taphonomic and stratigraphic research in the Eocene of the MMV.

* Degree Work

** Faculty of Physical Chemical Engineering. School of Geology. Geology. Director: Germán David Patarroyo Camargo. Doctor in Geology. Codirector: Ana Milena Cardozo Ortiz. Master in Geological Engineering.

Introducción

La tafonomía es una disciplina que estudia la transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera (Martín, 1999), y que teniendo en cuenta los numerosos aspectos ecológicos, sedimentológicos y geológicos que comprende (e.g., grado de diagénesis), ha sido redefinida como el estudio de los procesos de preservación de los organismos muertos y cómo estos afectan a la información en el registro fósil (Behrensmeier & Kidwell, 1985). Por tal motivo, esta disciplina paleontológica es de suma importancia para complementar las observaciones de paleoecología y paleogeografía de una comunidad fósil. Por ejemplo, estudios tafonómicos en horizontes fosilíferos del Cenozoico del piedemonte llanero (e.g., horizonte fosilífero Huesser; Formación Carbonera) han mostrado el potencial que puede tener la tafonomía para mejorar las inferencias paleoambientales de una sección estratigráfica (Gómez et al., 2009).

Este proyecto tiene como finalidad evaluar desde un punto de vista tafonómico las litologías del tope de la Formación Esmeraldas, específicamente las del horizonte fosilífero de Los Corros (HLC). El HLC es uno de los referentes estratigráficos más conocidos de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM), en conjunto con los horizontes fosilíferos de Mugrosa y La Cira. En años previos los tres niveles han sido utilizados para la cronoestratigrafía en la cuenca (Pilsbry & Olsson, 1935; Nutall 1990; de Porta 1974; Caballero et al., 2010), pero sus ambientes de depósito y las características tafonómicas del material fósil que los componen han sido poco trabajados.

Por medio de un acercamiento tafonómico del HLC, este trabajo buscará contribuir a la discusión que rodea al ambiente deposicional de la Formación Esmeraldas y los procesos diagenéticos que experimentó dicha unidad. De igual forma se intentarán esclarecer las características paleoambientales de la influencia marina que ha sido propuesta en el HLC.

Justificación

En su definición clásica, la tafonomía es una disciplina geológica que estudia los procesos presentes en la transición que experimentan los organismos al morir, hasta su preservación en el registro fósil (Efremov, 1940). Actualmente se considera como un subsistema de la paleontología que busca explicar cómo se produjo el registro fósil y que modificaciones ha experimentado durante su formación (Fernández, 2001). Su uso ha ido creciendo en los últimos años dada la relevancia que alcanza en estudios paleogeográficos, paleoclimáticos y paleoecológicos, así como en la formulación de lo que en la actualidad se conoce como paleobiología de la conservación.

El horizonte fosilífero de Los Corros, ubicado al tope de la Formación Esmeraldas (Valle Medio del Magdalena), está constituido por una sucesión de areniscas, shale gris, y niveles fosilíferos conformados por restos de invertebrados (Pilsbry & Olsson, 1935), vertebrados (Morales et al., 1958), y fragmentos vegetales (Rodríguez-Forero et al., 2012; Martínez et al., 2021). Considerando la presencia de gasterópodos y bivalvos de aguas salobres y análisis sedimentológicos regionales, se ha propuesto recientemente un ambiente deposicional fluvial a estuarino para el horizonte, con influencia mareal (Caballero et al., 2010; 2020). Sin embargo, la información colectada hasta la actualidad no ha esclarecido las características (e.g., recurrencia, magnitud del evento) de dicha incursión marina en la Formación Esmeraldas, ni tampoco dentro del horizonte fosilífero de Los Corros. Igualmente, tampoco se ha podido determinar si aquella posible influencia marina estaría relacionada con incursiones marinas que han sido reportadas para otras formaciones del Eoceno de Colombia y Ecuador (e.g., Santos et al., 2008; Louterbach et al., 2014; De La Parra et al., 2021).

Teniendo en cuenta la utilidad de la tafonomía para complementar interpretaciones paleoambientales, usualmente basadas en características exclusivas de las rocas (texturales y

composicionales), este trabajo busca: (1) robustecer las interpretaciones paleoambientales que se han propuesto para la Formación Esmeraldas, y (2) esclarecer si se presentaron incursiones marinas en el horizonte fosilífero de Los Corros. Para esto, se seguirá un enfoque tafonómico como el utilizado en el horizonte Huesser (Mioceno, piedemonte llanero; Gómez, et al., 2009)

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar las características tafonómicas que definen al horizonte fosilífero de Los Corros.

1.2 Objetivos Específicos

Estimar las condiciones paleoambientales (grado de oxigenación de fondo, energía, paleoproduktividad) que caracterizaron el horizonte fosilífero de Los Corros

Evaluar los mecanismos de diagénesis que definen los elementos presentes (material fósil, matriz) en el horizonte fosilífero de Los Corros

Definir tafofacies para la sucesión sedimentaria del horizonte fosilífero de Los Corros.

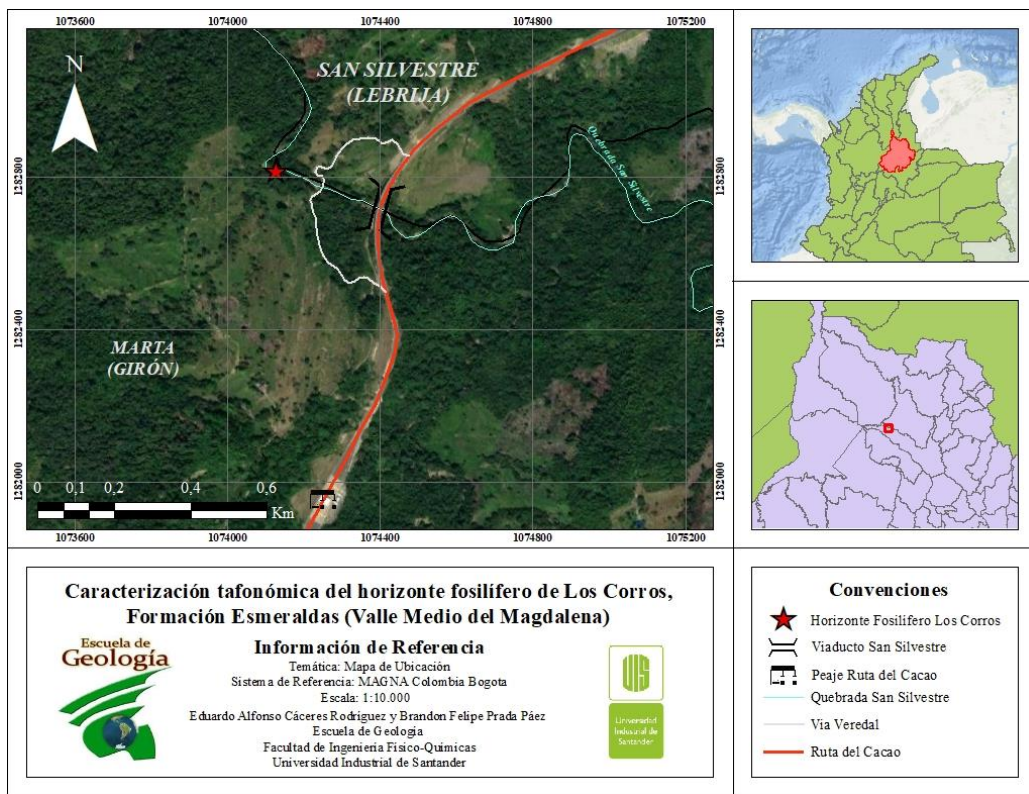
2. Marco de referencia

2.1 Localización

La localidad de estudio se encuentra ubicada en el margen norte de la quebrada San Silvestre (Valle Medio del Magdalena), siendo el límite municipal entre Girón y Lebrija (Santander), con las coordenadas planas N:1´282.815 y E: 1´074.126. Para llegar a la localidad, se accede por la antigua vía de la vereda Marta que tiene su entrada al inicio del viaducto San Silvestre. Dicha vía está en el margen occidente de la Ruta del Cacao, sentido Barrancabermeja-Bucaramanga (Figura 1).

Figura 1.

Mapa de localización del horizonte fosilífero de Los Corros



Nota. El mapa muestra los principales puntos de referencia para encontrar el acceso a la localidad (Adaptado de ESRI, 2024; IGAC, 2024).

2.2 Contexto geológico

La zona donde fue previamente reportado el horizonte fosilífero de Los Corros (Formación Esmeraldas), se localiza en la cuenca del Valle Medio del Magdalena, en el flanco oriental del Sinclinal de Nuevo Mundo (Figura 2). La Formación Esmeraldas, descrita originalmente por Wheeler (1935) en el caserío La Esmeralda, sobre el río Sogamoso, está constituida por areniscas y limolitas compactas, dispuestas en capas finas a laminadas, micáceas, de grano fino y de color gris, intercaladas con shales gris oscuros y mantos de carbón dispersos. La unidad tiene un espesor de 1200 metros en su sección tipo y presenta un contacto conforme y transicional con la infrayacente Formación La Paz, y un contacto disconforme con la suprayacente Formación Mugrosa (Morales et al., 1958; Ward et al., 1973; Caballero et al., 2010).

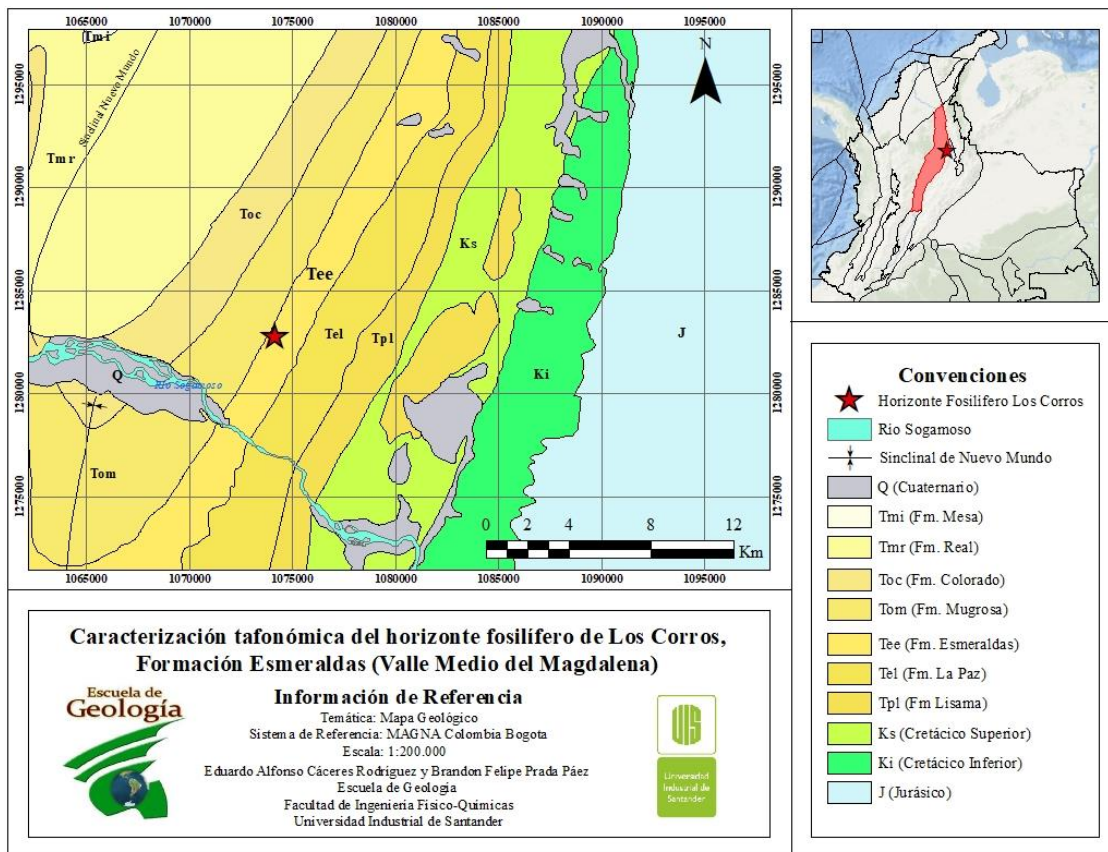
Los ambientes deposicionales relacionados a la Formación Esmeraldas comprenden sistemas fluviales de llanuras aluviales con ríos meándricos y estuarios con posible influencia mareal (Caballero et al., 2010). A la Formación Esmeraldas se le asigna una edad que oscila entre el Eoceno temprano tardío y el Eoceno tardío (Rodríguez-Forero et al., 2012), correlacionándose con la parte superior de la Formación Picacho y la parte inferior de la Formación Concentración de la Cordillera Oriental, o la parte media a superior de la Formación Mirador y la parte inferior del miembro C8 de la Formación Carbonera en el piedemonte llanero (Caballero et al., 2020; De La Parra et al., 2021). Basados en evidencias palinológicas, el horizonte fosilífero de Los Corros se data como Eoceno tardío, y se ha propuesto como un nivel coetáneo con incursiones marinas de corta duración registradas en el piedemonte llanero (Rodríguez-Forero et al., 2012; De La Parra et al., 2021).

El horizonte fosilífero de Los Corros se ha descrito como un nivel con restos de gasterópodos y bivalvos, con estratos de arenitas verde oliva, y al menos dos niveles de shale negro

que se encuentran ubicados unos 50 a 100 m por debajo del tope de la Formación Esmeraldas (Caballero et al., 2010). Los fósiles de moluscos han sido los más encontrados en el horizonte, siendo originalmente clasificados por Pilsbry & Olsson, (1935) y posteriormente evaluados por Nutall (1990). En años recientes también se han reportado fragmentos vegetales como restos leñosos y hojas (Martínez et al., 2021), mientras que Durán-Gómez (2024) caracterizó el material fosilífero del horizonte en nuestra localidad de estudio. Recientemente, López (2025) caracterizó geoquímicamente (e.g., Cu/Al, Sr/Ba y % COT) para los estratos presentes en la quebrada San silvestre e hizo inferencia paleoambientales sobre el horizonte fosilífero de Los corros.

Figura 2.

Mapa geológico de la zona de estudio



Nota. Mapa geológico de la zona de estudio. Adaptado de Ward et al., (1973).

3. Metodología

La metodología de este trabajo se compuso de 4 fases: pre-campo, trabajo de campo, trabajo de laboratorio e interpretación de la información.

3.1 Fase 1. Pre-Campo

En esta fase se realizó la recopilación de la información disponible acerca del horizonte fosilífero de Los Corros, utilizando diferentes fuentes como artículos, trabajos de grado y posgrado, libros y estudios regionales.

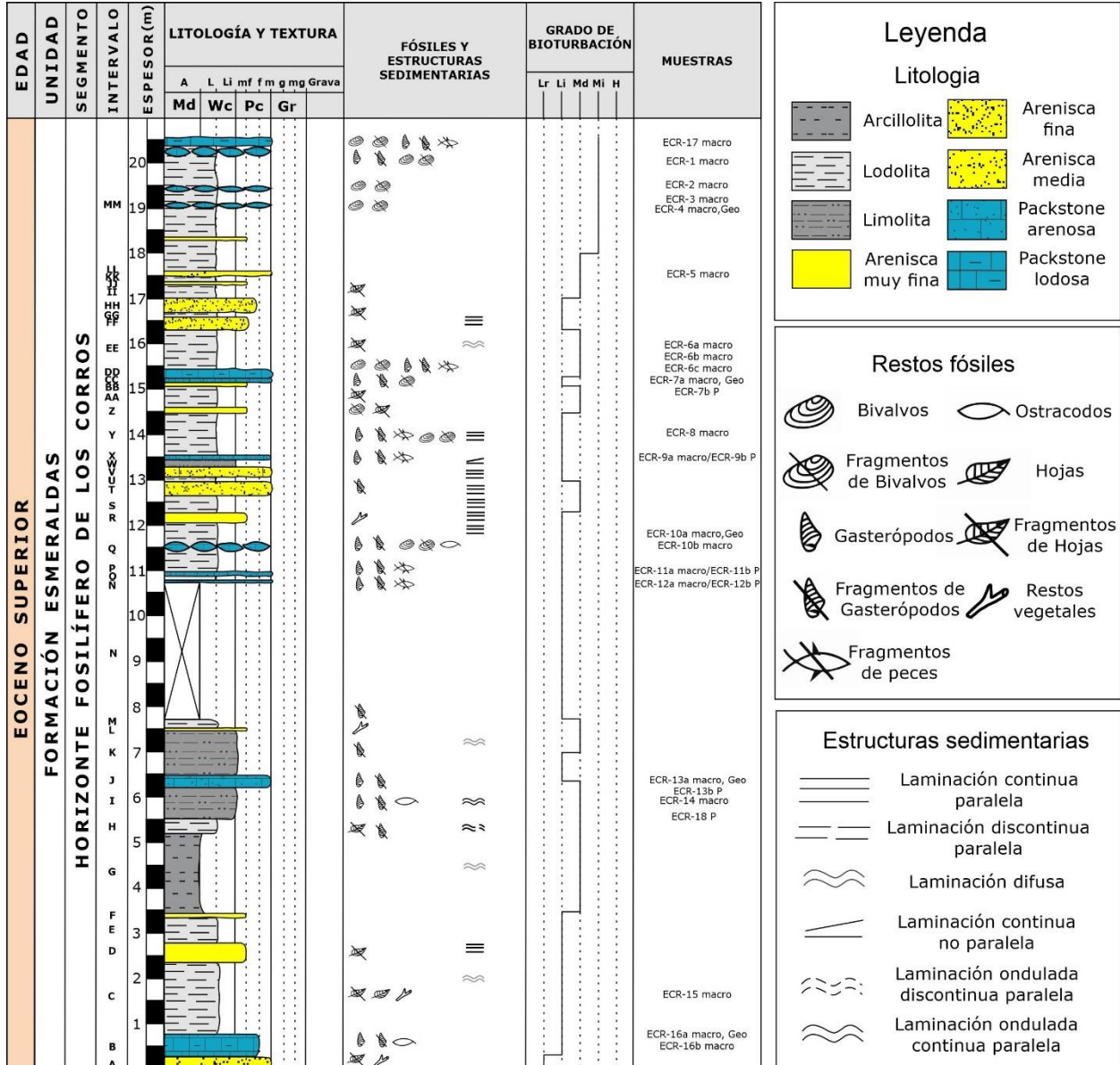
Se tuvieron en cuenta también las observaciones de la Tesis de Maestría “Evolución tectono-sedimentaria del Sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca sedimentaria Valle Medio del Magdalena, Colombia” (Caballero, 2010) y la Tesis Doctoral “Evolución sedimentaria y estructural del Eoceno Superior, Cordillera Oriental de Colombia, Sur América” (Díaz Poveda, 2016).

3.2 Fase 2. Trabajo de campo

La fase de trabajo de campo se realizó en la localidad de la quebrada San Silvestre (Figura 1), previamente descrita por Durán-Gómez (2024). Una vez realizado el reconocimiento del afloramiento y de los niveles fosilíferos, se definieron niveles de referencia estratigráficos (NRE), y se levantó una columna estratigráfica general, utilizando como referencia la propuesta por Durán-Gómez (2024), y cumpliendo la finalidad de amarrar los muestreos en cada uno de los NRE a una posición estratigráfica (Figura 3). Se colectaron muestras macroscópicas para extracción del material paleontológico y para hacer la valoración petrográfica y geoquímica de los NRE seleccionados.

Figura 3.

Columna estratigráfica de la sección San Silvestre.

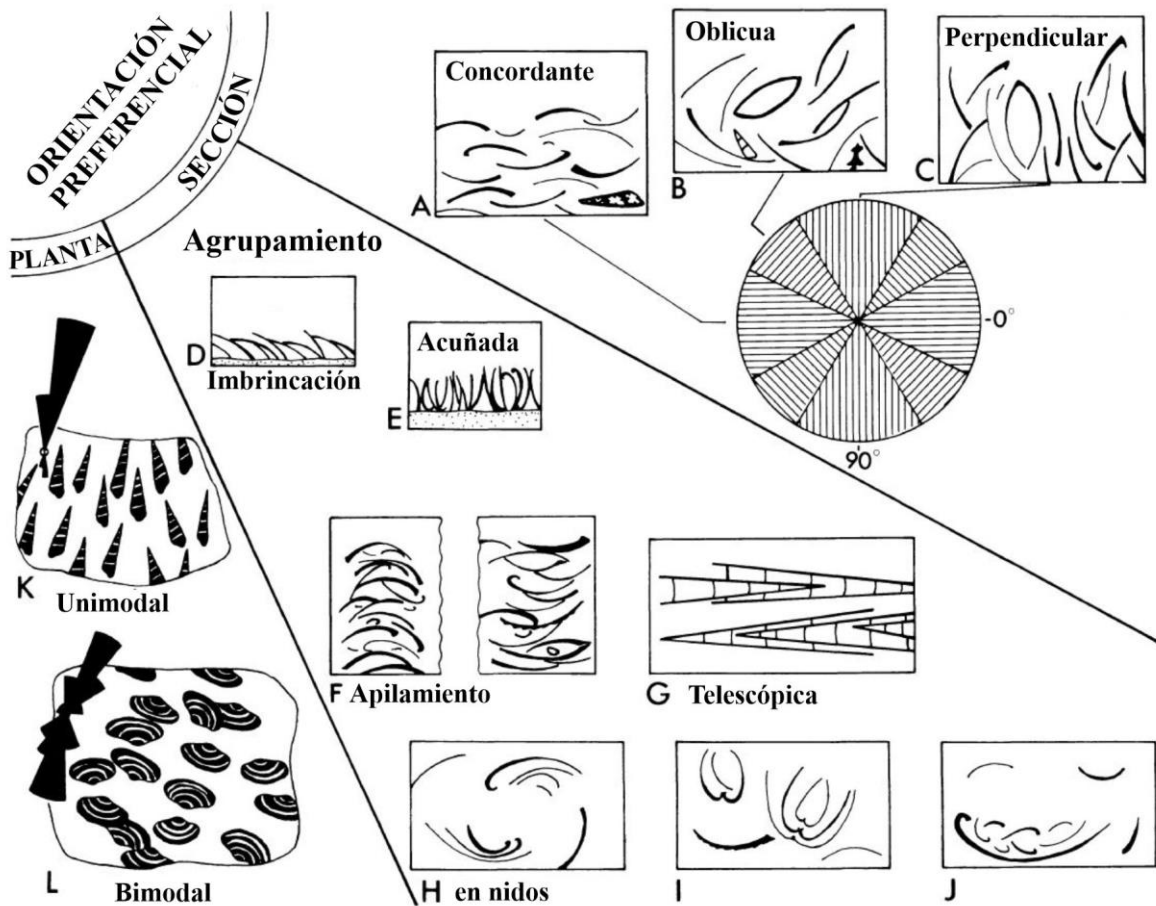


Nota. Columna estratigráfica modificada de Durán-Gómez (2024), con base a los intervalos descritos.

Los parámetros cuantitativos utilizados en la descripción tafonómica en campo de los NRE como la orientación en planta y en sección, el empaquetamiento o la geometría (Figura 4, 5 y 6), siguiendo los criterios propuestos por Kidwell et al., (1986) y Kidwell y Holland (1991). Para los NRE9 (13,5 m) y NRE5 (6,4 m) fue posible realizar estimaciones de paleocorrientes, teniendo como criterio la orientación de los gasterópodos en planta (Kidwell et al., 1986).

Figura 4.

Descripción de orientaciones de bioclastos en planta y sección.



Nota. Tomado y modificado de Kidwell et al., (1986).

3.3 Fase 3. Trabajo y análisis de laboratorio

Para esta fase se realizó la individualización del material paleontológico, extraído de las muestras macroscópicas tomadas en campo, el cuál fue preparado e identificado con base en los estudios realizados por Pilsbry y Olsson (1935), Nuttall (1990), y la actualización taxonómica realizada por Duran-Gómez (2024). Dicho autor trabajó material de la quebrada San Silvestre e identificó los géneros referidos en la Tabla 1.

Tabla 1.

Taxones reportados en el horizonte fosilífero de Los Corros

Localidad	Horizonte fosilífero de Los Corros			
	Taxón	Pilsbry y Olsson (1935)	Nuttall (1990)	Durán-Gómez (2024)
	<i>Hemisinus corrosensis</i>	x	x	
	<i>Potamides macgilli</i>	x	x	
	<i>Diplocyma wheeleri</i>	x	x	x
	<i>Diplocyma suciones</i>	x	x	
	<i>Sheppardiconcha</i> sp			x
	<i>Aylacostoma lataguensis</i>			x
	<i>Sogamosa cyrenoides</i>	x	x	x
	<i>Pachydon</i> sp			x

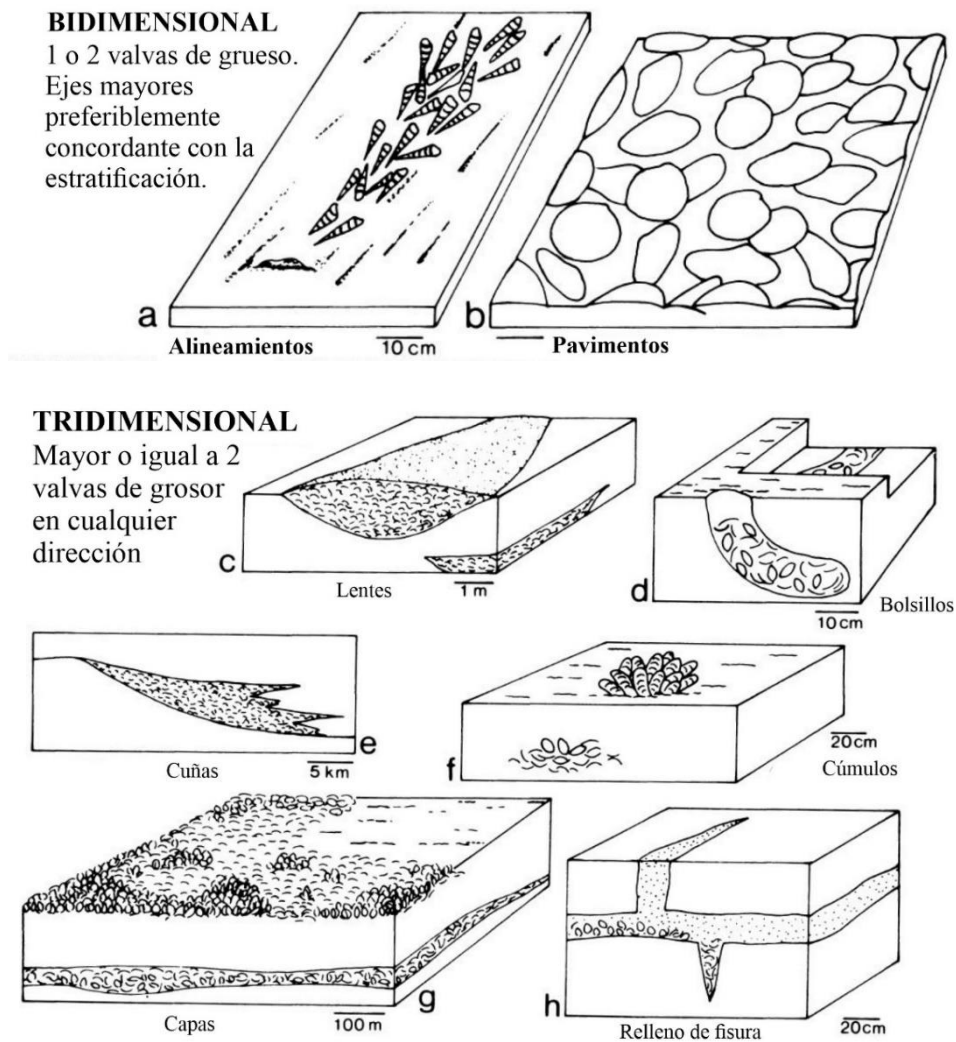
Nota. Tomada y modificada de Durán-Gómez (2024).

Para la valoración tafonómica de cada NRE se tuvo en cuenta su litología, donde para los niveles fosilíferos menos competentes se evaluaron tres parámetros: corrosión, fragmentación y deformación de los fósiles, siguiendo las observaciones de Bredd y Baird, (1986). Cada parámetro fue valorado de la siguiente forma: 0 = bueno o ligeramente afectado, 1 = moderadamente afectado y 2 = mal estado o muy afectado (Figura 7). Para evaluar el grado de fragmentación en los niveles se tuvieron en cuenta el porcentaje de individuos conservados: buena (0) 80%; regular (1) 50%-

80%; y mala (2) 50%, siguiendo los criterios de Kowalewski et al (1995). De igual forma se realizaron secciones pulidas en el laboratorio de preparación de muestras de la Universidad Industrial de Santander (UIS, Sede Guatiguará), para complementar la evaluación de cinco de los niveles fosilíferos más competentes. Con esto se buscó medir la orientación en sección de los bioclastos y el empaquetamiento (Figura 4 y 6).

Figura 5.

Descripción de la geometría de las acumulaciones de bioclastos.

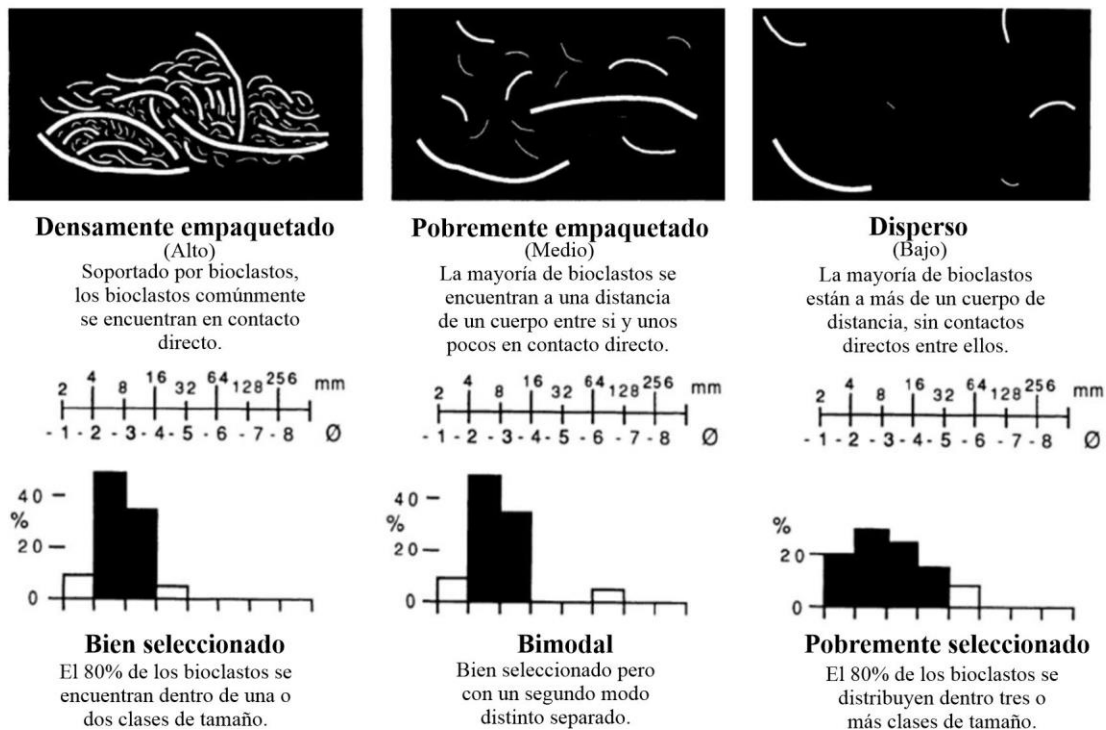


Nota. Tomado y modificado de Kitwell et al., (1986).

Se realizó el análisis petrográfico de cinco muestras seleccionadas del horizonte, empleando un microscopio de luz transmitida marca NIKON (modelo Eclipse E200) en el Laboratorio de Petrografía de la Escuela de Geología (UIS, Sede Central), efectuando el conteo de 300 puntos en cada lámina delgada con el aumento de 10x. Se evaluaron las principales características petrográficas (texturales, composicionales y diagenéticas) siguiendo la metodología de Cruz & Caballero (2008), y la clasificación propuesta por Folk (1974) y Dunham (1962). Los procesos diagenéticos como compactación, cementación, porosidad, micritización, disolución y neomorfismo se evaluaron siguiendo los criterios de Dal-Bo et al (2021).

Figura 6.

Terminología usada para la descripción del empaquetamiento y selección.



Nota. Tomado y modificado de Kitwell y Holland (1991).

Finalmente, para complementar las observaciones paleoambientales se realizó un análisis puntual de geoquímica orgánica (Carbono Orgánico Total, COT) en cinco muestras seleccionadas del horizonte (15 gramos de muestra pulverizada). Dichos análisis fueron efectuados por el laboratorio de Geoquímica del Petróleo de la UIS en la sede Guatiguará.

3.4 Fase 4. Interpretación de la información

La fase de interpretación de la información se desarrolló con el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación tafonómica, teniendo el propósito de definir el índice tafonómico (IT) para cada nivel. El IT resume los resultados de los parámetros cualitativos de corrosión fragmentación y deformación, usando la siguiente fórmula:

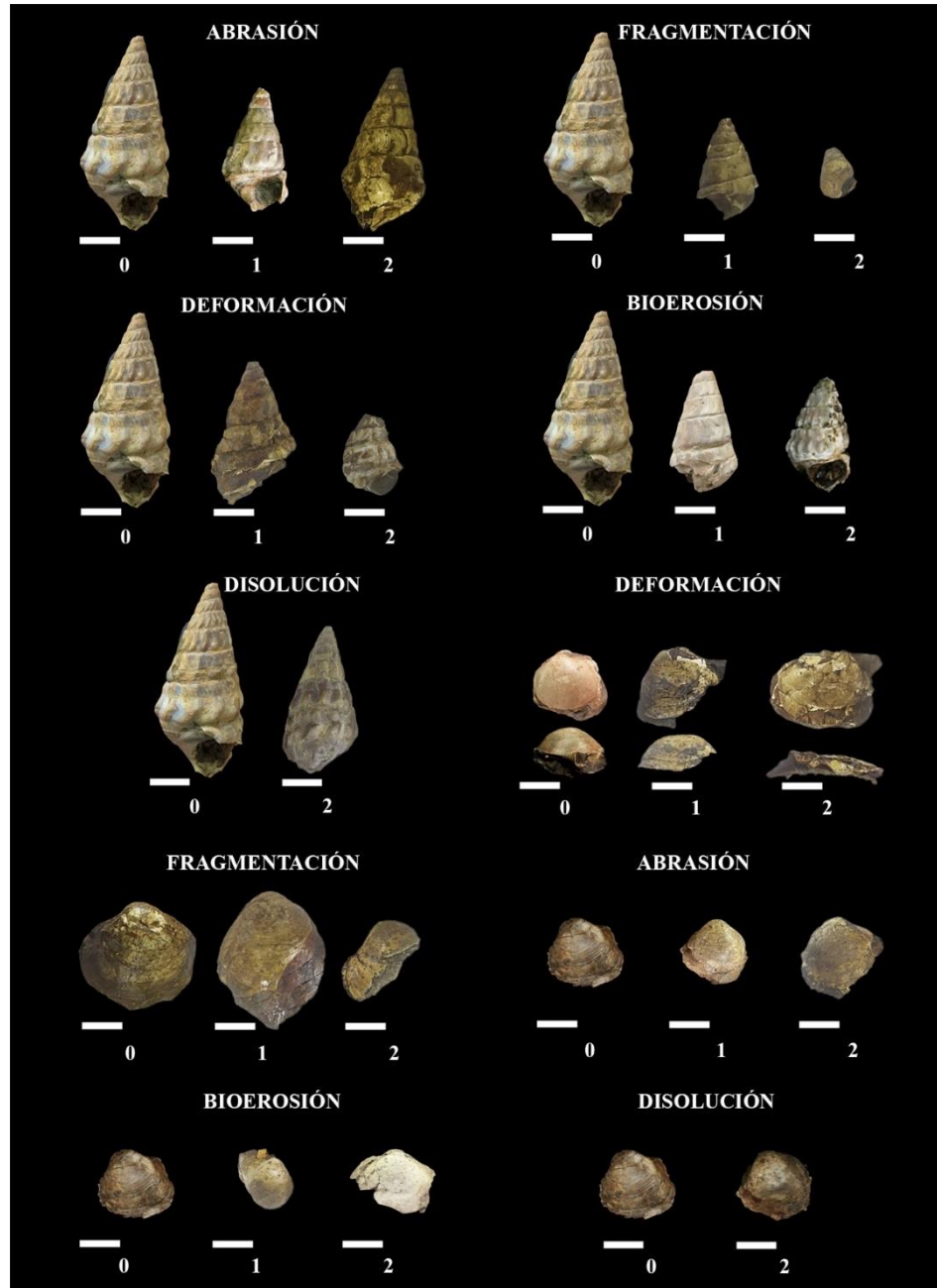
$$IT_i = \frac{n_i}{fN}$$

Donde $i=0,1,2$, y n_i = al número de total de especímenes puntuados con el grado i cuando se suman los parámetros cualitativos, N es el número total de especímenes por NRE y f el número de parámetros (tres), según lo estipulado en Gómez et al (2009).

El índice permite junto al grado de empaquetamiento y la disposición de los bioclastos, la definición de las tafofacies que son conjuntos de rocas sedimentarias caracterizados por combinaciones particulares, y rasgos de preservación de los fósiles que contienen (Speyer y Brett, 1986). A partir de la definición de las tafofacies se pueden profundizar en la interpretación paleoambiental del horizonte fosilífero de Los Corros.

Figura 7.

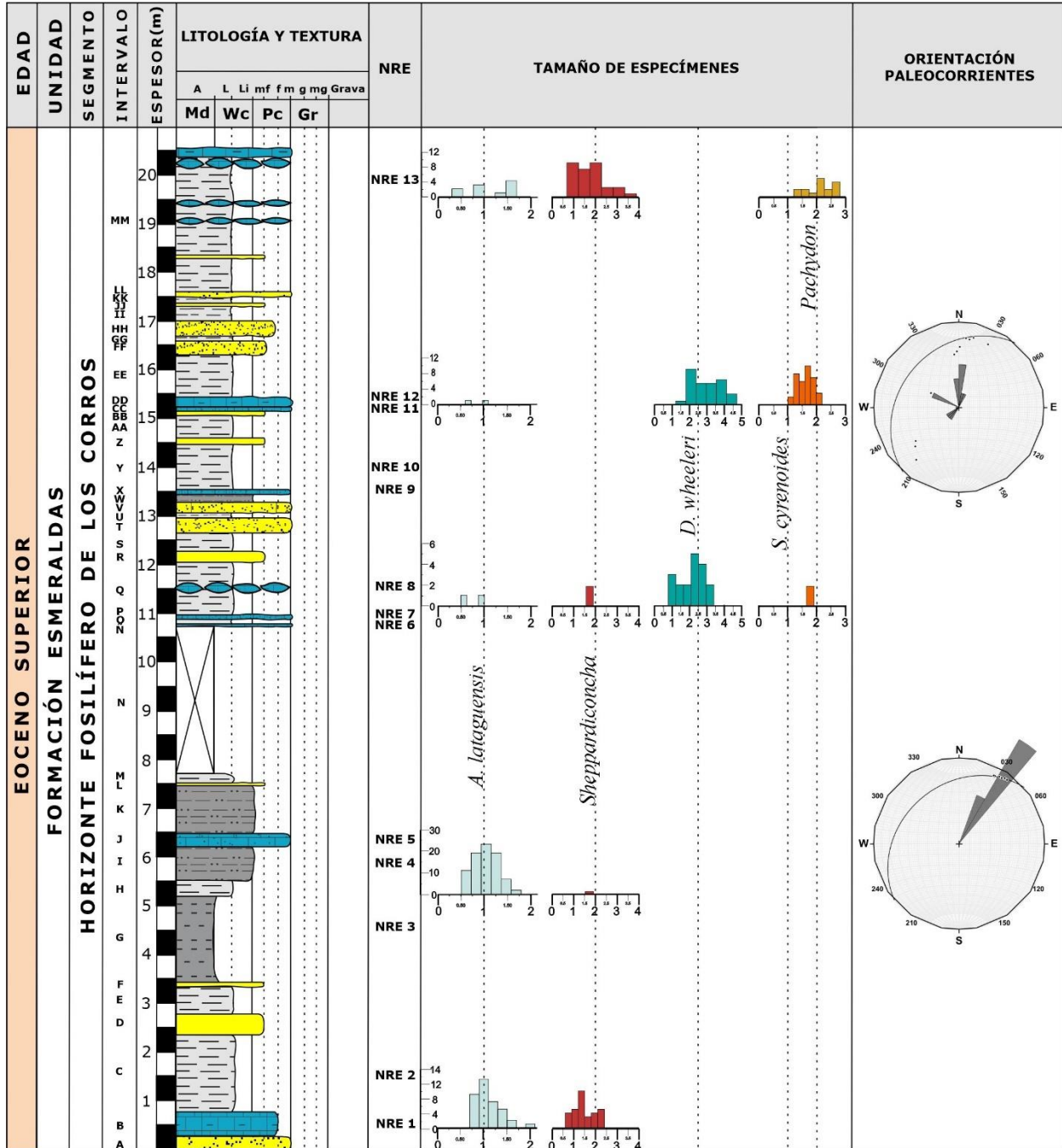
Parámetros tafonómicos cuantitativos



Nota. Parámetros tafonómicos evaluados: Fragmentación, deformación y Corrosión (abrasión, bioerosión y disolución), se representan cada uno de ellos en las especies de *Diplocyma wheeleri* y *Sogamosa cyrenoides* que son las más representativas. Todas las barras representan 1 cm.

Figura 8.

Columna estratigráfica compuesta



Nota. Columna estratigráfica con los NRE, tamaños de las especies y las direcciones de paleocorrientes.

4. Resultados

La sección estratigráfica de San Silvestre que tiene un espesor de 20,6 m, fue reelaborada con base a los intervalos descritos por Durán-Gómez (2024), y el muestreo de campo realizado en el presente trabajo, donde se recolectaron 27 muestras macroscópicas para el análisis paleontológico, petrográfico y contenido de materia orgánica (Figura 3 y Apéndice A). La sucesión consta de rocas siliciclásticas principalmente, como arcillolitas, lodolitas y limolitas de tonalidades negras a grisáceas (5Y4/1), dispuestas en capas tabulares de espesores medios a gruesos (entre 0,3 y 1,5 metros), con laminaciones paralelas y bioturbación moderada a alta, que se encuentran intercaladas con areniscas de grano muy fino a medio, de colores amarillos a verdes (10YG/2) y laminación paralela definida por los restos carbonosos. Los niveles fosilíferos corresponden a ruditas de matriz lodolítica con fósiles de gasterópodos y bivalvos bien preservados, mientras que las brechas biogénicas se caracterizan por una alta fragmentación de los fósiles y una matriz areno-limosa.

4.1 Descripción tafonómica de los Niveles de Referencia Estratigráficos (NRE)

Los NRE se seleccionaron y definieron según la composición litológica y contenido fosilífero particular (Figura 8), mostrando variaciones en el grado de empaquetamiento, la disposición y la geometría de las concentraciones fosilíferas. Asimismo, se identificaron las asociaciones de las principales especies de moluscos presentes en la sección, como los gasterópodos (*A. latanguensis*, *D. wheeleri* y *Sheppardiconcha*) y los bivalvos (*S. cyrenoides* y *Pachydon*) previamente reportados para la localidad por Durán-Gómez (2024).

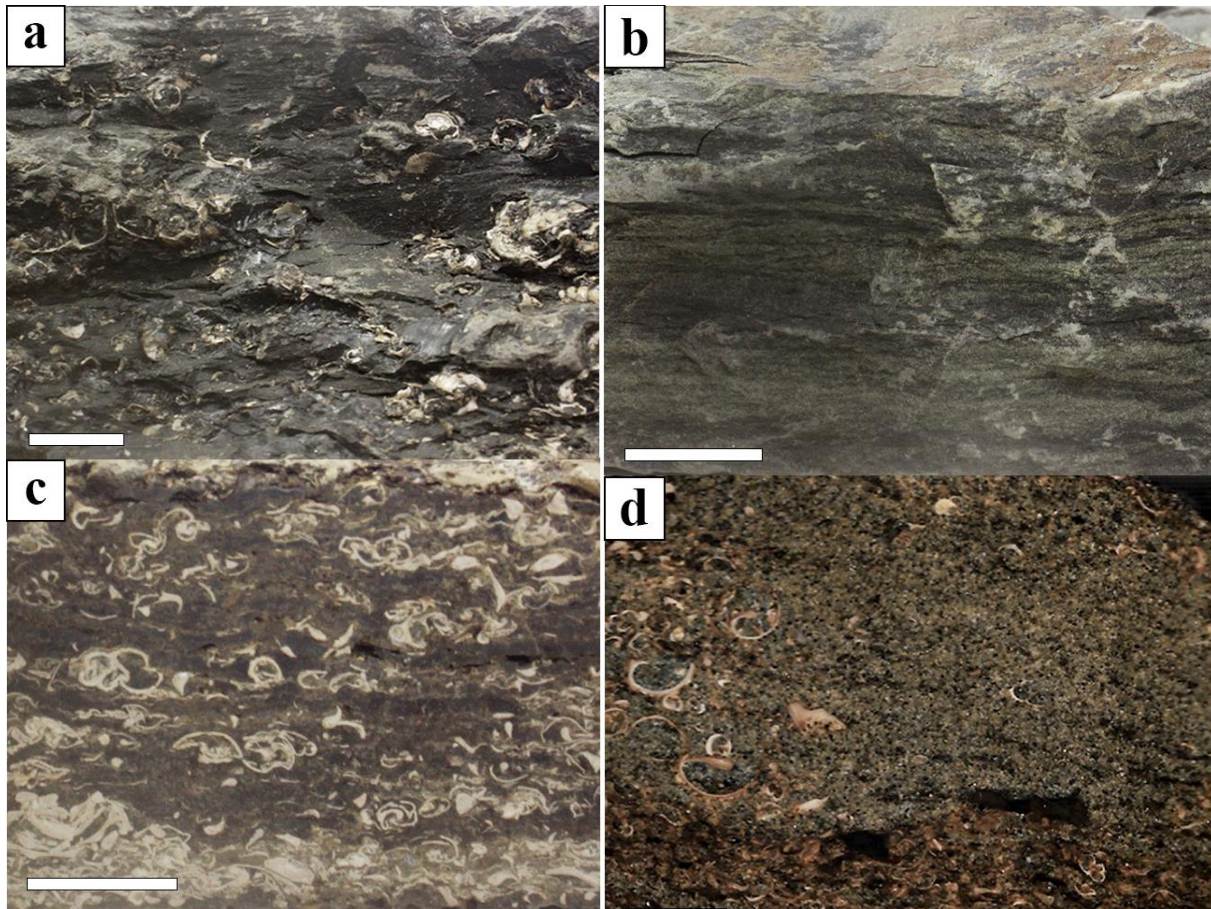
A continuación, se describen con más detalle los NRE de base a tope:

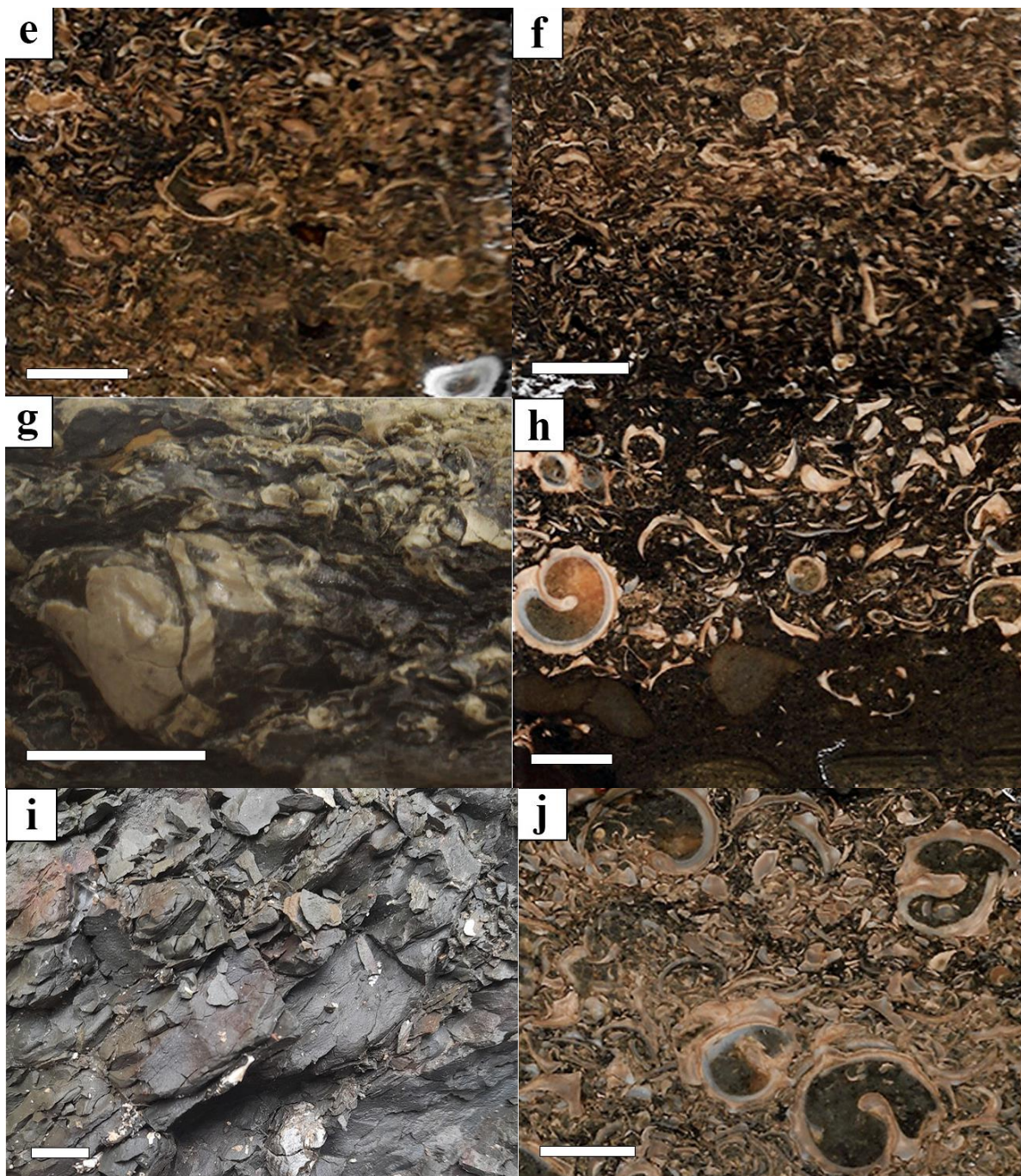
NRE 1 (0,30 m): El nivel se encuentra densa a pobremente empaquetado, con una orientación preferencial en sección (Figura 9a), de manera concordante, con los gasterópodos

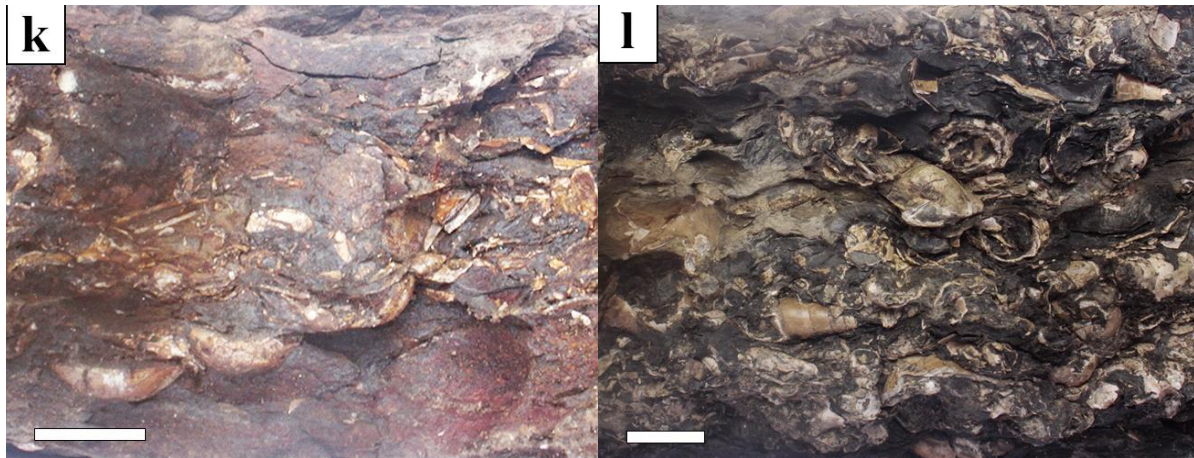
orientados de forma bimodal. Los moluscos que principalmente se encuentran son el género de gasterópodo *Sheppardiconcha*, los cuales están deformados por la presión litostática, con tamaños entre 0,6 a 2,4 cm, y ejemplares del gasterópodo *Aylacostoma latanguensis*, con tamaños entre 0,7 a 2,1 cm. Tridimensionalmente, la geometría de las concentraciones se encuentra a modo de capas, y de manera bidimensional se puede observar a modo de pavimento. La litología se clasificó como una lodolita fosilífera de color negro y moderadamente bioturbada, concordando con la interpretación previa de Durán-Gómez (2024) para este segmento.

Figura 9.

Niveles de referencia y secciones pulidas del horizonte fosilíferos de Los Corros







Nota. Representación a detalle de los NRE fosilíferos de la sección de la quebrada San Silvestre, a) NRE1, afloramiento, b) NRE2, afloramiento, c) NRE4, testigo de sección delgada, d) NRE5, sección pulida, e) NRE6, sección pulida, f) NRE7, sección pulida, g) NRE8, afloramiento, h) NRE9, sección pulida, i) NRE10, afloramiento, j) NRE11, sección pulida, k) NRE12, afloramiento, l) NRE13, afloramiento. Todas las barras de escala representan 1 cm.

NRE 2 (0,8 m): El nivel se compone de una lodolita negra grisácea de cemento silíceo con bioturbación moderada (Figura 9b). Presenta una laminación plano paralela principalmente definida por los restos fósiles de hojas y cutículas vegetales de monocotiledóneas y dicotiledóneas, previamente reportadas por Durán-Gómez (2024).

NRE 3 (3,43 m): Se trata de un nivel grueso de arcillolita verde grisácea, de cemento silíceo, con presencia de material carbonoso y óxidos concentrados especialmente hacia el tope. Se reportan restos de raíces, y fue previamente definido como un paleosuelo por Durán-Gómez (2024).

NRE 4 (5,53 m): En este nivel los fósiles se encuentran pobremente empaquetados, con una orientación en planta variable no distinguible. En sección, los fósiles se encuentran orientados, de manera concordante con la estratificación (Figura 9c). Se logran observar gasterópodos,

dominados por la especie *A. lataguensis* (tamaños entre los 0,6 y 1,8 cm) y ocasionalmente el género *Sheppardiconcha* (1,7 cm). De manera bidimensional la geometría se puede asociar a un pavimento y tridimensionalmente a lentes y cúmulos de conchas y fragmentos. La litología presente en la sección es una limolita con intercalaciones de lodolitas bioturbadas, mostrando una laminación ondulada continua paralela, con un aumento de aporte terrígenos hacia el tope. En su base, la acumulación de fósiles se encuentra de moderada a altamente bioturbada.

NRE 5 (6,29 m): Por su elevada competencia se le realizó una sección pulida (Figura 9d). El NRE5 es un estrato de composición mixta entre carbonatos y aporte terrígeno, teniendo una geometría tridimensional en forma de lentes, que vistos de planta se observan como alineamientos de fragmentos de conchas de *A. lataguensis*. El resto de los fósiles presentes son indiferenciables y están orientados de manera concordante con la laminación de la zona terrígena. El nivel se encuentra pobremente empaquetado y no se logra reconocer ninguna dirección preferencial desde la vista en planta. Se clasifica como una micrita fosilífera (Folk, 1974) o una packstone arenoso (Dumham, 1962).

NRE 6 (10,74 m): A este estrato se le hizo sección pulida por su competencia (Figura 9e). La capa está densamente empaquetada, y no se logra diferenciar una orientación preferencial en planta de los bioclastos. En sección, el nivel tiene una orientación en apilamiento con una disposición aleatoria, aunque ocasionalmente aparecen gasterópodos indiferenciables que están orientados de manera concordante entre 1 a 1,5 cm. La geometría de la capa de manera bidimensional se describe como un pavimento, y tridimensionalmente como una cama o capa de fragmentos de conchas. Debido a su alto nivel de fragmentación se le puede asociar a un ambiente de alta energía (tormentita), clasificándose como una biomicrita empaquetada (Folk, 1974) o como una packstone (Dumham, 1962).

NRE 7 (10,89 m): Debido a su competencia se le realizó una sección pulida (Figura 9f). El nivel corresponde a un estrato densamente empaquetado, con una orientación en sección de modo de apilamiento aleatorio, y una disposición variable. El nivel es biosoportado y está constituido principalmente por fragmentos de conchas, aunque ocasionalmente son visibles gasterópodos no mayores a un centímetro. Por su alta fragmentación se le asocia a un ambiente de alta energía (tormentita) y es clasificada como una bioesparita, en concordancia con lo propuesto por Durán-Gómez (2024) para este segmento.

NRE 8 (11,40 m): La capa se encuentra biosoportada, es densamente empaquetada, y está compuesta por fragmentos de gasterópodos de las especies *Diplocyma wheeleri* (tamaños entre 1,2 a 3,4 cm) y *A. lataguensis* (0,5 a 1 cm). Ocasionalmente aparece el género *Sheppardiconcha* (1,6 cm). También se encuentran bivalvos de 1,8 cm de la especie *Sogamosa cyrenoides*, los cuales se encuentran desarticulados y orientados en una disposición concordante. El NRE8 presenta una geometría bidimensional de pavimento y tridimensional de lentes y cúmulos (Figura 9g). Se clasificó como una rudita de matriz lodosa de color negro, moderadamente bioturbada, concordando con lo propuesto por Durán-Gómez (2024) para el segmento de la sección.

NRE 9 (13,46 m): El nivel al ser competente se le hizo sección pulida (Figura 9h). El nivel es densamente empaquetado y está compuesto por fragmentos de conchas de *D. wheeleri*, apiladas de manera concordante en su vista de sección. En planta, se encuentran gasterópodos completos orientados de forma bimodal con direcciones NE y SW (Figura 8), con tamaños que van desde 1,4 a 2,7 cm. Presenta una geometría bidimensional de pavimento y tridimensional en forma de cama o capa. Las conchas de los gasterópodos se encuentran rellenas por el sedimento, en los que se logran ver minerales opacos. La concentración de los fósiles presenta una alta fragmentación, indicándonos un nivel de alta energía (tormentita). La litología de esta capa se clasificó

originalmente como una brecha bioclástica por Durán-Gómez (2024), pero en este trabajo se definió como una biomicrita pobremente lavada (Folk, 1974) o como una packstone (Dumham, 1962).

NRE 10 (13,56 m): Se trata de un nivel grueso de lodolitas negras grisáceas, previamente reportado por Durán-Gómez (2024), con una bioturbación moderada a alta, un empaquetamiento disperso (Figura 9i), y con fósiles flotando de *S. cyrenoides* (1,6 cm) que están articulados y desarticulados. También, se encuentran en mayor medida ejemplares de *D. wheeleri* (2,2-2,9 cm) y ocasionalmente aparecen restos de peces.

NRE 11 (15,16 m): A este nivel se le hizo sección pulida debido a la competencia del estrato (figura 9j). La capa se encuentra densamente empaquetada, compuesta principalmente por fragmentos de conchas apilados y concordantes, con gasterópodos completos que están orientados de manera bimodal. Los restos de *D. wheeleri* presentan tamaños grandes de 2,5 cm, con las conchas rellenas de sedimento. De acuerdo a su geometría tridimensional sería una capa que indicaría un ambiente de alta energía (tormentita), debido a la alta fragmentación de las conchas. La litología de esta capa se clasificó previamente como una brecha bioclástica por Durán-Gómez (2024), pero en este trabajo se definió como una bioesparita mal calibrada (Folk, 1974) o una grainstone (Dumham, 1962).

NRE 12 (15,26 m): El nivel se encuentra densamente empaquetado, con una orientación en sección concordante y apilada (Figura 9k). La orientación en planta es variable, presenta una geometría bidimensional en forma de pavimentos, y tridimensional en forma de camas o capas. La fauna se encuentra dominada por bivalvos de la especie *S. cyrenoides* de tamaños 1 a 2,2 cm, especímenes de gasterópodos de *D. wheeleri* (1,7 a 4,7 cm), y en menor medida presenta especímenes de *A. lataguensis* (0,6 a 1,1 cm). Muchos de los bivalvos se encuentran articulados y

otros deformados por la presión litostática al igual que los especímenes de *A. lataguensis*. La litología es una lodolita negra con bioturbación moderada a alta, que en contraste fue clasificada previamente como una rudita de matriz lodosa por Durán-Gómez (2024).

NRE 13 (19,05 m): Se trata de una capa de lodolitas fosilíferas, de color negro con un alto nivel de bioturbación, intercaladas con al menos tres niveles fosilíferos de lentes y cúmulos de bivalvos y gasterópodos. Al tope de la capa se refiere un nivel fosilífero grueso (Figura 91), con espesores alrededor de 20 cm, que está densamente empaquetado, con una orientación en sección concordante y una orientación bimodal en planta de los gasterópodos. Presenta una geometría bidimensional como pavimentos de conchas y tridimensionalmente en camas o capas. Dentro de la fauna presente en la capa se encuentran especímenes de los gasterópodos *Sheppardiconcha* (0,7 a 3,9 cm) y *A. lataguensis* (0,3 a 1,7 cm), así como bivalvos deformados del género *Pachydon* (tamaños 1,2 a 2,8 cm).

4.2 Descripción petrográfica y diagenética

La descripción petrográfica y diagenética de las cinco secciones delgadas, muestran en general una matriz principalmente micrítica, con bioclastos fragmentados que en su mayoría son gasterópodos. También hay un aporte de material terrígeno con presencia de cemento calcáreo.

Las demás imágenes de la petrografía se encuentran recopilada en el Apéndice B.

Muestra ECR-18-P: se ubica a 5,55 metros en la base de la columna estratigráfica. La muestra está texturalmente biosoportada en su base y tope, con un armazón del 46,3%, y en la parte intermedia es lodosoportada (50,7% de matriz) y con un bajo contenido de cemento (0,7%). Presenta empaquetamiento cerrado, porosidad del 2,3% y está mal seleccionada, donde sus granos son subangulares a subredondeados, tamaño arena muy fina a fina.

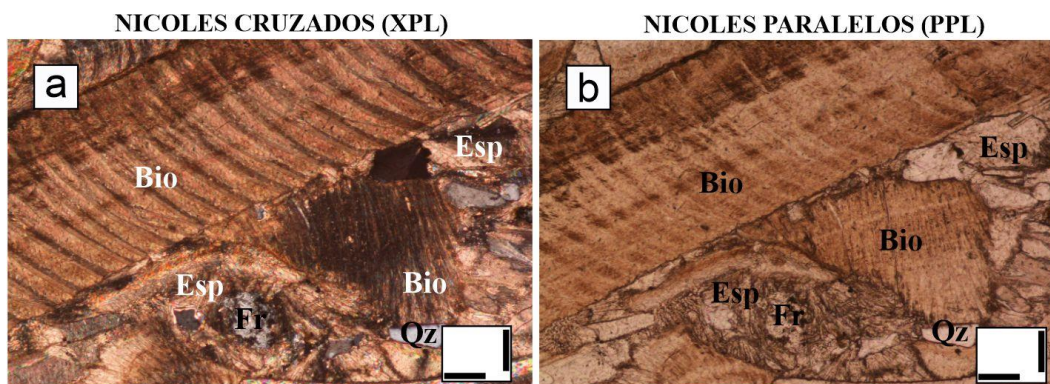
El armazón está compuesto por bioclastos (30,7%) y mayoritariamente por fragmentos de gasterópodos y ostrácodos. El 15,6% restante lo componen terrígenos como cuarzo (9,3%) el cual se presenta principalmente monocristalino, fragmentos líticos (1,3%), y minerales accesorios (4,7%) como fosfatos y microclina. La matriz se compone principalmente de lodo calcáreo (44,3%) y localmente lodo silíceo (6,3%), rellenando las conchas de los gasterópodos. El cemento que presenta tipo esparita, en agregado radial (Figura 10 i y j).

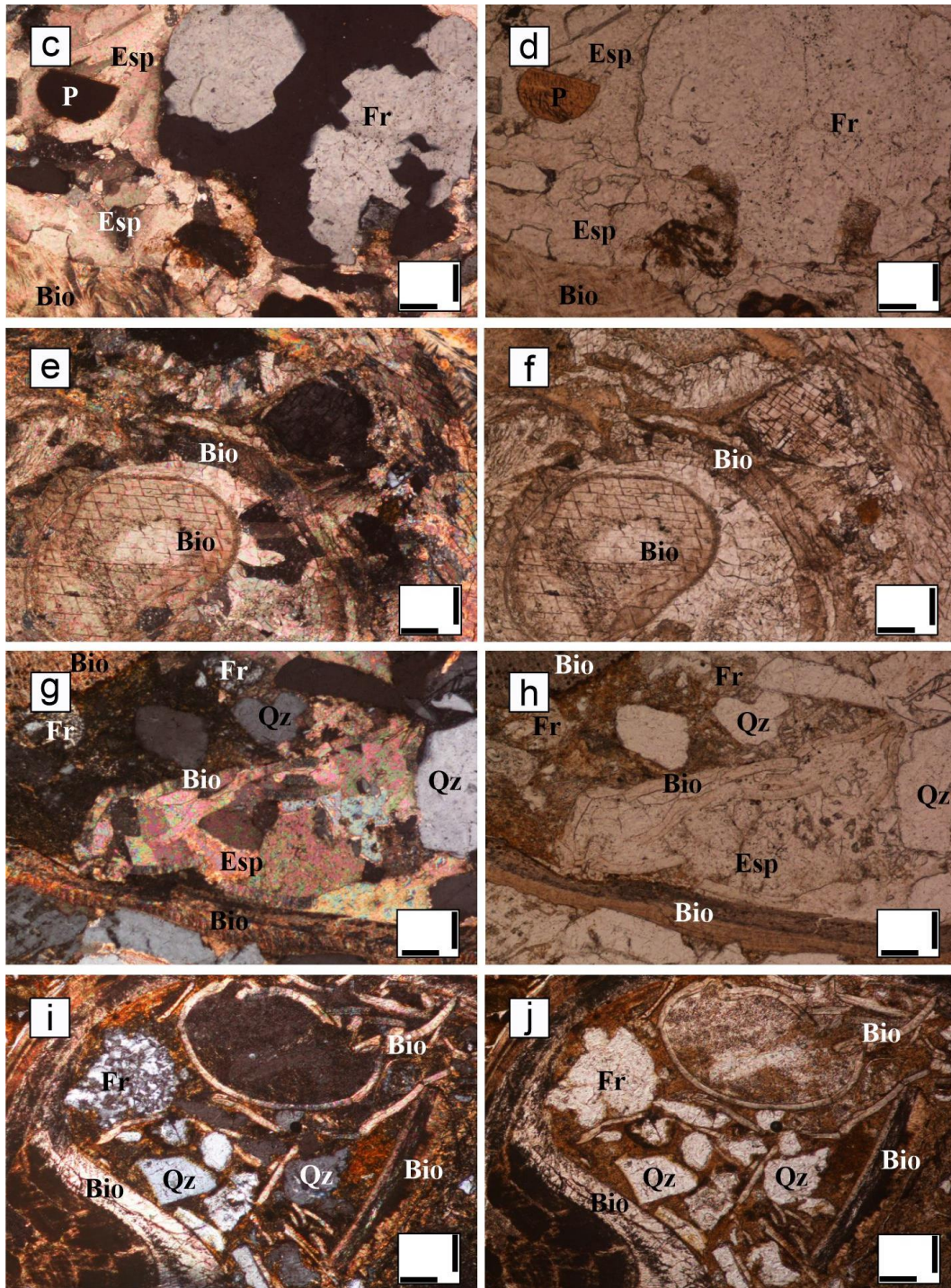
La muestra se clasificó como una biomicrita rala (Folk, 1974) y/o una wackstone (Dunham, 1972) (Tabla 2). También hay presente materia orgánica asociada a la laminación ondulosa y se observa recristalización tipo esparita en los bioclastos, indicando procesos diagenéticos tardíos.

Muestra ECR-13b-P: ubicada a 6,4 m de la base de la columna estratigráfica. Texturalmente presenta un armazón del 52,5%, granosoportado, de tamaño de arena fina, con formas angulares a subangulares, medianamente seleccionada y bien empaquetada, con una porosidad baja de 0,7%, con cristales de cemento (10,7%) creciendo en los espacios intergranulares, y presenta un 34,1% de matriz.

Figura 10.

Petrografía de los NRE competentes en el horizonte fosilífero de Los Corros





Nota. Las figuras a-b pertenecen a la muestra ECR-7b P, c-d pertenecen a la muestra ECR-9b P, e-f pertenecen a la muestra ECR-12b P, g-h pertenecen a la muestra ECR-13b P, i-j pertenecen a la muestra ECR-18 P. (Qz=Cuarzo, Fps=Feldespato, Fr=Fragmento de roca, P=Fosfatos,

Bio=Bioclastos, Esp=Esparita). El conteo de puntos se realizó con el aumento de 10X y cada barra de escala representa 100 micrómetros igual a 0,1mm.

El armazón tiene una composición mixta, con fragmentos bioclásticos (9,4%) de gasterópodos orientados, y con un aporte terrígenos marcado (43,4%), predominando el cuarzo (36,8%) monocristalino y en menor medida policristalino, los fragmentos líticos (5,7%) de origen metamórfico y de chert, así como feldespatos (0,7%) y minerales accesorios (0,3%) como fosfatos, moscovitas y minerales opacos (Tabla 2). El cemento pasa de ser silíceo, con enriquecimiento óxido y materia orgánica, a un cemento calcáreo (esparitización), con matriz principalmente micrítica (Figura 10 g y h).

Esta roca de composición mixta se clasificó como calcárea teniendo más del 50% de carbonatos (Cruz y Caballero, 2008), correspondiendo a una micrita fosilífera (Folk, 1974) o una packstone arenosa (Dumham, 1962). A medida que se avanza hacia el tope de la lámina se observa un leve aumento en el tamaño de grano de los terrígenos y bioclastos (granocreciente), definiendo laminaciones irregulares, y conchas en proceso de recristalización a esparita. Hacia la base existe un mayor aporte terrígeno, indicándonos un aporte continental y eventos energéticos mayores.

Muestra ECR-12b-P: se ubica a 10,7 m de la base de la columna estratigráfica. Es una roca con un armazón (64,7%) biosoportado, con granos tamaño arena fina a media, que comprende granos subangulares a subredondeados, pobremente seleccionados y bien empaquetados, con porosidad baja (0,7%), teniendo un 6,3% de cemento y 28,33% de matriz.

La muestra está compuesta por bioclastos (57%) que conforman la mayor parte del armazón. El 7,4% restante pertenece a terrígenos entre los que hay cuarzo (4,7%), feldespato (0,7%), fragmentos líticos (0,7%) y minerales accesorios (1,3%) como moscovita, microclina y

fosfatos (Tabla 2). La mayor parte de la matriz es lodo micrítico (26%), con enriquecimiento de óxidos de hierro derivado de la materia orgánica. Presenta lodo silíceo (2,3%) rellenando las conchas de los bioclastos, y algunas de ellas están rellenas de cristales de esparita en agregados radiales. Además, los bordes de los bioclastos hacia la base de la lámina presentan disolución, mientras al tope los bioclastos empiezan a cristalizar a esparita (Figura 10 e y f).

La roca se clasificó como una biomicrita empaquetada (Folk, 1974) o como una packstone (Dumham, 1962)).

Tabla 2.

Datos composicionales y clasificación de las secciones delgadas

Muestra	Altura (m)	Armazón					Matriz	Cemento	Porosidad	Clasificación	
		Biocl	Qtz	Fdp	FR	Acce				Folk (1974)	Dumham (1962)
ECR-M7b P	15,20	58,34	9	0,33	0,33	0,67	4,66	26,67	0	Bioesparita mal calibrada	Grainstone
ECR-M9b P	13,5	39,66	15,67	0	1,67	0	26,67	16,33	0	Biomicrota pobremente lavada	Packstone
ECR-M12b P	10,7	57,33	4,67	0,67	0,67	1,33	28,33	6,33	0,67	Biomicrota empaquetada	Packstone
ECR-M13b P	6,40	9,36	36,46	0,67	5,69	0,33	36,12	10,7	0,67	Micrita fosilífera	Packstone arenosa
ECR-M18 P	5,55	30,68	9,33	0,33	1,33	4,66	50,67	0,67	2,33	Biomicrota rala	Wackstone

Nota. Resumen de los porcentajes obtenidos de los conteos para la clasificación de las secciones delgadas.

Muestra ECR-9b-P: se ubica a 13,5 m de la base de la columna estratigráfica. La roca está pobremente seleccionada y bien empaquetada, con muy baja porosidad (<1%). Texturalmente, tiene un armazón del 57% biosoportado, pero hacia la base es granosoportada, con tamaños de arena fina a media y formas subangulares a subredondeados.

Composicionalmente la mayor parte del armazón corresponde a fragmentos de gasterópodos (40%) de tamaños centimétricos, y en menor proporción terrígenos (17,7%) como clastos de cuarzo monocristalino (16%) y líticos metamórficos (1,7%). La muestra presenta una matriz micrítica (27%), la cual es opaca por la presencia de óxidos y opacos (Figura 10 c y d). También presenta cemento calcáreo (16%), rellenando las conchas con cristales de esparita en conjunto de esparita en agregado radial (Tabla 2). Los bioclastos se encuentran orientados, y se están recrystalizando a esparita. Puntualmente, se observan fragmentos de conchas silicificadas, indicándonos un ambiente diagenético tardío. La orientación de los bioclastos y el aporte de terrígenos sugiere un ambiente de alta energía con aporte continental.

La roca se clasificó como una biomicrita pobremente lavada (Folk, 1974) o como una packstone (Dumham, 1962).

Muestra ECR-7b-P: se ubica a 15,2 m de la base de la sección. La muestra corresponde a una roca pobremente seleccionada y bien empaquetada, con muy poca porosidad (<1%). La muestra es biosoportada con un 69% de armazón, pero empobrecida en matriz con alrededor del 5%. El tamaño de los granos varía de arena muy fina a media, con formas subangulares a subredondeados y el cemento (27%) esparítico se encuentra rellenando los espacios interpartícula y los restos de gasterópodos (Tabla 2).

Composicionalmente el 58% del armazón está constituido por fragmentos de bioclastos (gasterópodos y posiblemente bivalvos), con un aporte de terrígenos del 10,3%, en los que principalmente encontramos cuarzo (9%) monocristalino y policristalino, feldspatos (0,3%), líticos (0,3%) y minerales accesorios (0,7%) como fosfatos (Figura 10 a y b). La matriz es micrítica y el cemento lo comprenden cristales de esparita, en conjunto con esparita en agregado radial. Además, los bioclastos se encuentran altamente fragmentados y recrystalizados a esparita, en

algunas zonas con disolución, y puntualmente se observan conchas en proceso de silicificación, sugiriendo un ambiente de depositación con alta energía y una influencia continental limitada, con procesos diagenéticos tardíos. La roca se clasificó como una bioesparita mal calibrada (Folk, 1974) y/o una grainstone (Dumham, 1962).

4.3 Geoquímica

Las muestras para el análisis geoquímico tuvieron la finalidad de abarcar la heterogeneidad de los niveles fosilíferos lodosos y arenosos (Tabla 3), midiendo el contenido de carbono orgánico total (COT).

Tabla 3.

Concentración de carbono orgánico total (COT; % p/p)

Muestra	Altura estratigráfica (m)	Descripción	%COT
ECR-4 Geo	19,09	Lodolita negra con fósiles	10,076
ECR-7a Geo	15,21	Brecha biogénica	0,275
ECR-10a Geo	11,84	Ruditas de matriz lodolítica	22,219
ECR-13a Geo	6,37	Brecha biogénica	0,259
ECR-16a Geo	0,43	Lodolita negra con fósiles	0,369

Nota. El muestreo fue procesado por el Laboratorio de Geoquímica de Petróleo (UIS, sede Guatiguará).

En general, las brechas biogénicas con un aporte siliciclástico más grueso y dominado por fragmentos de conchas muestran un nivel de COT bastante bajo, de alrededor de 0,2%, contrastando con las ruditas de matriz lodolítica y las lodolitas, que muestran un alto contenido de materia orgánica (valores entre el 10,076%, y 22,219%). Las lodolitas negras con fósiles de la

base (ECR-16a Geo) mostraron un contenido anómalo de materia orgánica de 0.369%, siendo bastante bajo teniendo en cuenta el tipo de litología y cantidad de organismos presentes.

5. Discusión

La información recolectada de los NRE lodolíticos de menor competencia y en los que fue posible individualizar el material fósil, permitió determinar los parámetros tafonómicos referidos en la Tabla 4. A partir de dichos parámetros, así como la observación colectada en los cinco niveles más competentes de litología arenosa y con alta fragmentación de los bioclastos, fue posible la definición de siete tafofacies (Tafofacies A-G). De forma complementaria, también se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos con la petrografía y los valores de %COT de este trabajo.

5.1 Tafofacies

En el presente trabajo se definieron un total de siete tafofacies, que son: (i) dos tafofacies especiales (A y B) descritas en campo y que se definieron por su contenido fósil diferente y su empaquetamiento característico; (ii) tres tafofacies definidas con base en las secciones pulidas (C, D y E) y; (iii) las tafofacies F y G (Figura 11), definidas por la determinación del índice (IT) y las características de los NRE de la Tabla 4.

Tafofacies A (NRE 2): Esta tafofacies especial está caracterizada por la presencia de niveles con restos de plantas como fragmentos de hojas y tallos, en una litología de lodolitas negras grisáceas intercaladas con areniscas de laminación plano paralela definidas. Se caracteriza por la presencia de los restos vegetales fosilizados, concordantes a la estratificación y con un empaquetamiento disperso.

Tabla 4.

Datos tafonómicos del horizonte fosilífero de Los Corros

Nivel	Taxon	Tamaño de los especímenes (mm)	Número de especímenes #	%	Deformación (%)					Corrosión (%)					Fragmentación (%)							
					0	1	2	0	1	2	0	1	2									
	Total por nivel	3,0-39,0	64	100	35	54,7	20	31,3	9	14,1	36	56,3	8	12,5	20	31,3	23	35,9	23	35,9	18	28,1
NRE13	<i>A. lataguensis</i>	3,0-17,0	10	15,63	4	40	4	40	2	20	8	80	1	10	1	10	3	30	3	30	4	40
	<i>Sheppardiconcha sp</i>	7,0-39,0	38	59,38	25	65,8	11	28,9	2	5,26	16	42,1	5	13,2	17	44,7	12	31,6	16	42,1	10	26,3
	<i>Pachydon sp</i>	12,0-28,0	16	25,0	6	37,5	5	31,3	5	31,3	12	75	2	12,5	2	12,5	8	50	4	25	4	25
	Total por nivel	6,0-47,0	71	100	41	57,7	23	32,4	7	9,86	31	43,7	14	19,7	26	36,6	31	43,7	30	42,3	10	14,1
NRE12	<i>A. lataguensis</i>	6,0-11,0	2	2,82	0	0	1	50	1	50	2	100	0	0	0	0	1	50	0	0	1	50
	<i>D. Wheeleri</i>	12,0-47,0	33	46,48	21	63,6	11	33,3	1	3,03	11	33,3	8	24,2	14	42,4	20	60,6	12	36,4	1	3,03
	<i>S. Cyrenoides</i>	10,0-22,0	36	50,7	20	55,6	11	30,6	5	13,9	18	50	6	16,7	12	33,3	10	27,8	18	50	8	22,2
	Total por nivel	5,0-34,0	24	100	14	58,3	4	16,7	6	25	17	70,8	3	12,5	2	8,33	11	45,8	6	25	7	29,2
NRE8	<i>A. lataguensis</i>	5,0-10,0	2	8,33	1	50	0	0	1	50	2	100	0	0	0	0	2	100	0	0	0	0
	<i>D. Wheeleri</i>	12,0-34,0	18	75,0	11	61,1	3	16,7	4	22,2	12	66,7	2	11,1	2	11,1	6	33,3	6	33,3	6	33,3
	<i>Sheppardiconcha sp</i>	16,0	2	8,33	0	0	1	50	1	50	2	100	0	0	0	0	1	50	0	0	1	50
	<i>S. Cyrenoides</i>	18,0	2	8,33	2	100	0	0	0	0	1	50	1	50	0	0	2	100	0	0	0	0
	Total por nivel	6,0-18,0	82	100	48	58,5	25	30,5	9	11	46	56,1	20	24,4	16	19,5	42	51,2	19	23,2	21	25,6
NRE4	<i>A. lataguensis</i>	6,0-18,0	81	98,78	48	59,3	24	29,6	9	11,1	45	55,6	20	24,7	16	19,8	41	50,6	19	23,5	21	25,9
	<i>Sheppardiconcha sp</i>	17,0	1	1,22	0	0	1	100	0	0	1	100	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0
	Total por nivel	6,0-24,0	68	100	12	17,6	26	38,2	30	44,1	44	64,7	13	19,1	11	16,2	21	30,9	26	38,2	21	30,9
NRE1	<i>A. lataguensis</i>	7,0-21,0	37	54,41	8	21,6	18	48,6	11	29,7	25	67,6	7	18,9	5	13,5	16	43,2	15	40,5	6	16,2
	<i>Sheppardiconcha sp</i>	6,0-24,0	31	45,59	4	12,9	8	25,8	19	61,3	19	61,3	6	19,4	6	19,4	5	16,1	11	35,5	15	48,4
	Total	3,0-47,0	309	100	150	48,5	98	31,7	61	19,7	174	56,3	58	18,8	75	24,3	128	41,4	104	33,7	77	24,9
	<i>A. lataguensis</i>	3,0-21,0	132	42,72	61	46,2	47	35,6	24	18,2	82	62,1	28	21,2	22	16,7	63	47,7	37	28	32	24,2
	<i>D. Wheeleri</i>	12,0-47,0	51	16,5	32	62,7	14	27,5	5	9,8	23	45,1	10	19,6	16	31,4	26	51	18	35,3	7	13,7
	<i>Sheppardiconcha sp</i>	6,0-39,0	72	23,3	29	40,3	21	29,2	22	30,6	38	52,8	11	15,3	23	31,9	19	26,4	27	37,5	26	36,1
	<i>S. Cyrenoides</i>	10,0-22,0	38	12,3	22	57,9	11	28,9	5	13,2	19	50	7	18,4	12	31,6	12	31,6	18	47,4	8	21,1
	<i>Pachydon sp</i>	12,0-28,0	16	5,18	6	37,5	5	31,3	5	31,3	12	75	2	12,5	2	12,5	8	50	4	25	4	25
Nivel	Empaquetamiento			Disposición	Bivalvos		Gasterópodos		Índice Tafonómico													
	Bajo	Medio	Alto		#	%	#	%	ITO		IT1		IT2									
NRE13				Concordante	16	25	48	75	31,3	48,96	17	26,56	15,7	24,48								
NRE12				Concordante	36	50,7	35	49,30	34,3	48,36	22,3	31,46	14,3	20,19								
NRE11				Concordante																		
NRE10				Concordante																		
NRE9				Concordante																		
NRE8				Concordante	2	8,33	22	91,67	14	58,33	4,33	18,06	5	20,83								
NRE7				Aleatorio																		
NRE6				Aleatorio																		
NRE5				Concordante																		
NRE4				Concordante	0	0	82	100	45,3	55,28	21,3	26,02	15,3	18,70								
NRE2				Concordante																		
NRE1				Concordante	0	0	68	100	25,7	37,75	21,7	31,86	20,7	30,39								

Nota. La tabla 4 presenta los datos tafonómicos descritos del material fósil que se individualizó de

los NRE más fosilíferos y de menor competencia para la valoración de los parámetros tafonómicos

(fragmentación, deformación y corrosión), utilizados para el cálculo del índice tafonómico (IT).

En cambio, para los NRE (en negrita) se describió el empaquetamiento y la disposición de los

fósiles.

Tafofacies B (NRE 10): Esta tafofacies especial se encuentra definida por la presencia ocasional de niveles fosilíferos con restos de vertebrados (peces) y moluscos dispersos en el nivel de manera concordante, como bivalvos de la especie *S. cyrenoides* (articulados y desarticulados), y gasterópodos de la especie *D. wheeleri*. Litológicamente, se encuentra compuesta por lodolitas negras grisáceas bioturbadas.

Tafofacies C (NRE 5): Se caracteriza por tener niveles con un empaquetamiento pobre a disperso y una disposición concordante de los restos de gasterópodos de *A. lantaguensis*, los cuales se encuentran deformados y en su mayoría fragmentados. Los bioclastos presentan una selección bimodal, y están cementados en una matriz de arenisca muy fina y competente, con un aporte terrígeno marcado.

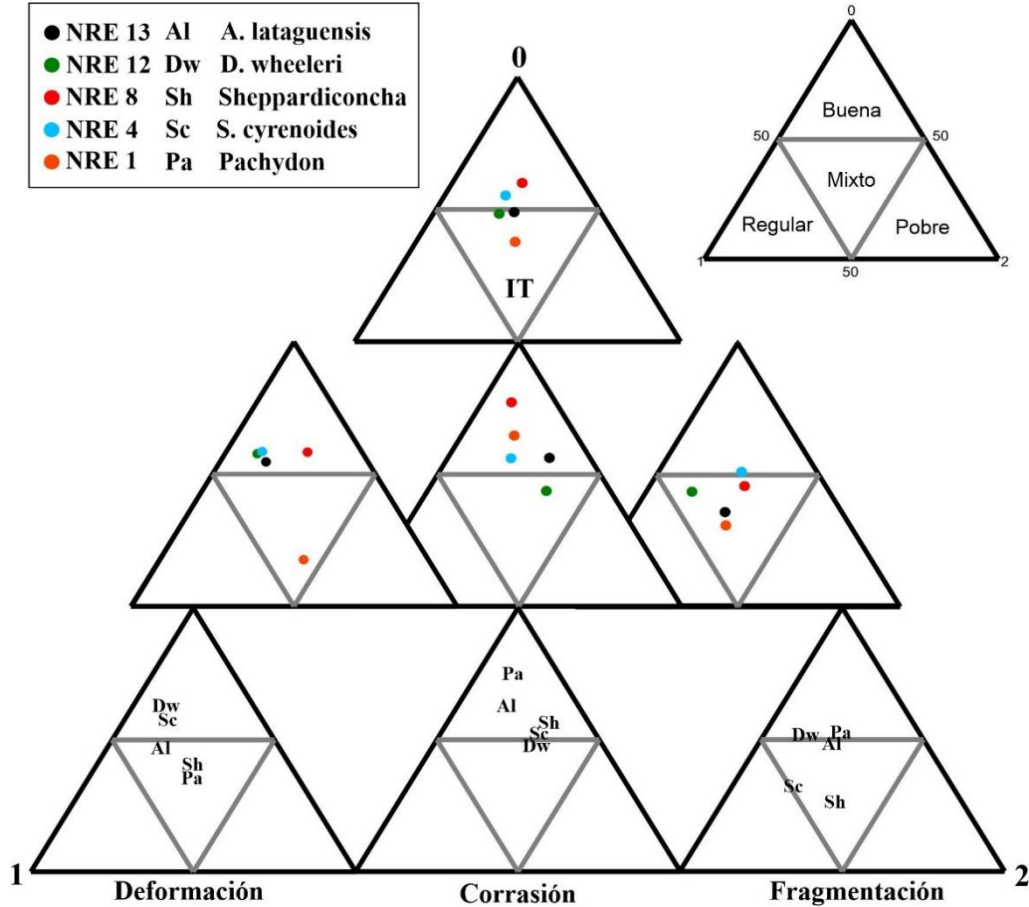
Tafofacies D (NRE 6 y 7): Está caracterizada por tener niveles densamente empaquetados y presentar una disposición aleatoria de los bioclastos. Los fósiles corresponden a gasterópodos indiferenciables, muy fragmentados y bien seleccionados, con baja deformación, pero una mayor corrosión. También se encuentran fragmentos de vertebrados y en general los niveles fosilíferos son bastantes competentes.

Tafofacies E (NRE 9 y 11): Se caracteriza por presentar niveles densamente empaquetados, bastante competentes y tener una disposición concordante de especímenes de gran tamaño del gasterópodo *D. wheeleri*. Esta tafofacies tiene una selección pobre, con una alta fragmentación, y no se observa deformación o una corrosión alta en los bioclastos.

Cabe resaltar que las tafofacies C, D y E tienen en común un bajo contenido de materia orgánica (COT ~ 0,2%), un aporte terrígeno claro y una alta fragmentación de los bioclastos.

Figura 11.

Tafogramas



Nota. Los tafogramas permiten ilustrar de mejor manera los patrones de los parámetros tafonómicos (deformación, corrosión, fragmentación) de los NRE 1, 4, 8, 12, 13 y entre los taxones reportados. Las diferencias se ven reflejadas en los valores (0, 1, 2), donde 0 indica una baja afectación y 2 indica alta afectación. El índice tafonómico (IT), el empaquetamiento y la disposición son las que definen las tafofacies F y G.

Tafofacies F (NRE 1 y 4): Se caracteriza por la presencia de niveles con gasterópodos bien seleccionados de la especie *A. lataguensis* y del género *Sheppardiconcha*, los cuáles presentan un patrón mixto y bueno debido a la alta deformación y fragmentación. La corrosión de los

especímenes es baja y da un patrón bueno, en los tafogramas mostrando un IT favorable entre mixto y bueno (Figura 11). Todos los fósiles están cementados por una matriz lodolítica negra bioturbada, con una disposición concordante a la estratificación, y un empaquetamiento pobre a denso. En los niveles de esta tafofacies también se evidencia un COT bajo (0,369%).

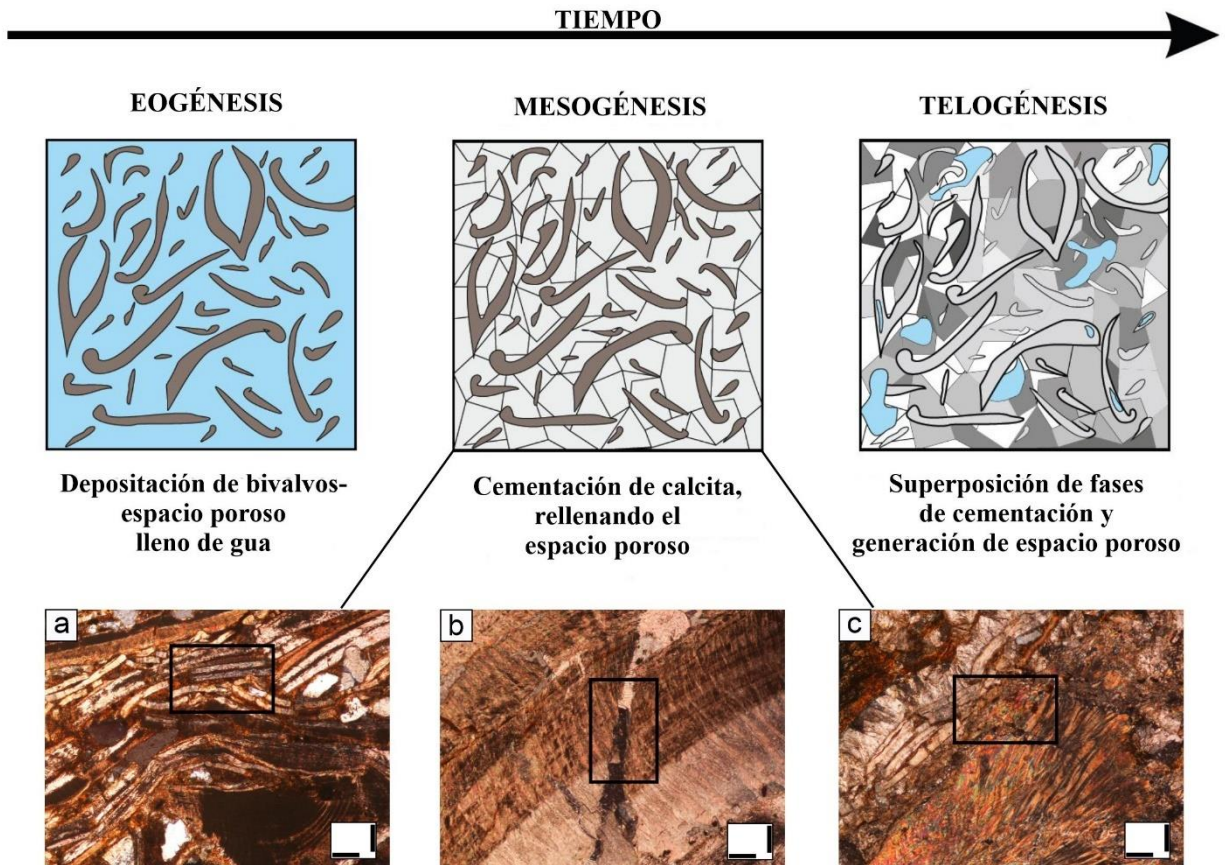
Tafofacies G (NRE 8, 12 y 13): Esta tafofacies se caracteriza por presentar niveles densamente empaquetados y tener una disposición concordante de los especímenes. Presenta moluscos como gasterópodos de las especies *A. latanguensis*, *D. wheeleri* y del género *Sheppardiconcha* y bivalvos como *S. cyrenoides* y el género *Pachydon*. Todos los especímenes presentan tamaños variables, siendo pobremente seleccionados. Los niveles de esta tafofacies presentan un IT entre mixto y bueno, con una deformación baja que indican un patrón bueno y una fragmentación mixta. La corrosión en cambio presenta un patrón entre mixto y bueno (Figura 11). La matriz en la que se encuentran los bioclastos de esta tafofacies es lodolítica, de color negro, con bioturbación, y contenidos altos de materia orgánica (COT >10%).

5.2 Interpretación Diagenética

La descripción petrográfica de las secciones delgadas y de los NRE en conjunto de las secciones pulidas muestra la evolución de un ambiente diagenético intermedio de mesogénesis (Figura 12). Esto, debido a que se observaron procesos de compactación, cementación, neomorfismo o recristalización y sustitución.

Figura 12.

Fases diagenéticas



Nota. Representación de las principales fases diagenéticas y procesos como compactación mecánica (a) ECR-18-P, fracturamiento (b) ECR-7b-P y compactación química (c) ECR-12b-P. Las barras de la escala representan 100 micrómetros o 0,1 mm. Tomado y modificado de Dal-bo et al, 2021.

En lo que respecta a la compactación mecánica, se evidencia deformación de bioclastos, debido a la presión litostática, especialmente de gasterópodos y ostrácodos, como se observa en la muestra ECR-18-P (Figura 12a). Además, la reducción del espacio poroso, indicaría una compactación temprana incluso antes de la cementación. Debido al aumento de presión confinante

al profundizarse la roca, los bioclastos pueden fracturarse como se observa en las muestras ECR-M7b-P y ECR-M9b-P (Figura 12b). En lo que respecta a la compactación química, esta se ve reflejada en la disolución de los bordes de bioclastos en niveles como ECR-12b-P, asociada al aumento de presión en un ambiente de enterramiento profundo (Figura 12c).

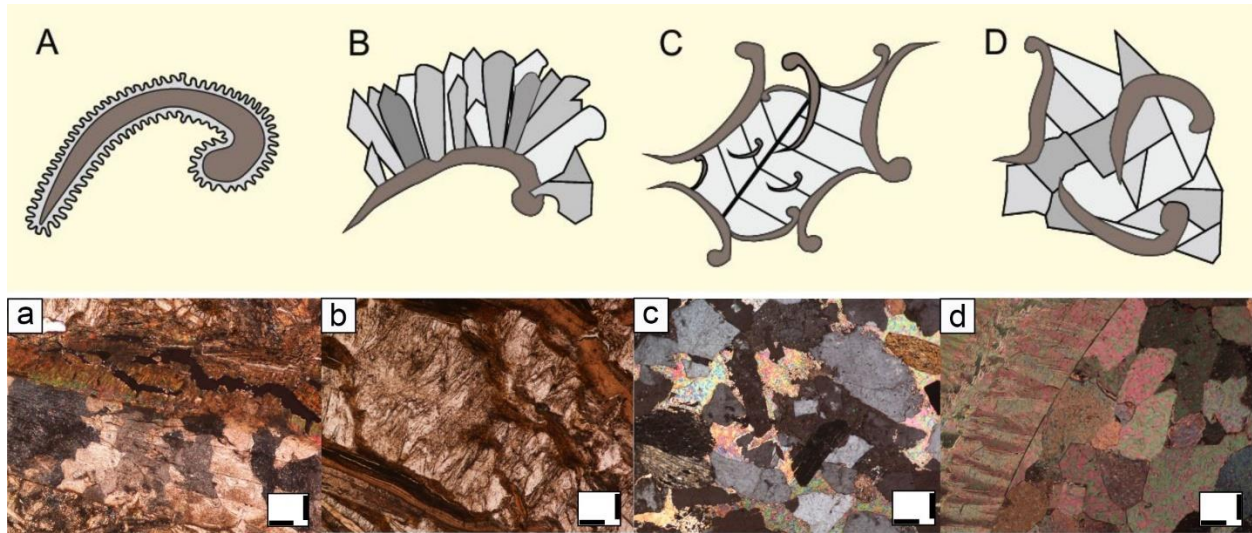
La cementación es dominante, principalmente con la presencia de cemento calcáreo en formas prismática, poiquilótopico y equante (Figura 13), lo que indicaría una precipitación en ambientes de aguas intersticiales sobresaturadas de carbonato de calcio. El cemento prismático al ser generado en los primeros estadios diagenéticos indicaría un ambiente de eogénesis (Dal-Bo et al., 2021). El cemento poiquilótopico se encuentra rellenando poros, espacios intergranulares y móldicos, mientras que el cemento equante de calcita esparítica se encuentra rellenando espacios porosos en el interior o entre los bioclastos (Figuras 13c-d). Este tipo de cemento en particular se forma durante la fase de mesogénesis (Dal-Bo et al., 2021). La transición de cementos silíceos a carbonáticos que se observó en la muestra ECR-13b-P estaría relacionada con el aumento del contenido de cuarzo monocristalino, mientras que los fragmentos líticos indicarían un evento de mayor aporte terrígeno.

En las muestras se observa que los bioclastos han presentado procesos de neomorfismo, al evidenciarse la transformación del aragonito de los bioclastos a un polimorfo más estable que es la calcita y que indicaría un ambiente de enterramiento somero. Además, en las muestras ECR-9b-P ECR-7b-P, se observan de manera muy localizada procesos de sustitución de bioclastos por sílice, implicando la circulación de fluidos con sílice durante la diagénesis temprana o intermedia (Dal-Bo et al., 2021). Por otro lado, la presencia de materia orgánica en la matriz micrítica de las muestras ECR-12b-P y ECR-18-P, junto con los óxidos de hierro y fósiles rellenos de sedimento,

sugiere condiciones reductoras intermitentes, favoreciendo la preservación de bioclastos y la diagénesis temprana en un ambiente disóxico.

Figura 13.

Tipos de cemento

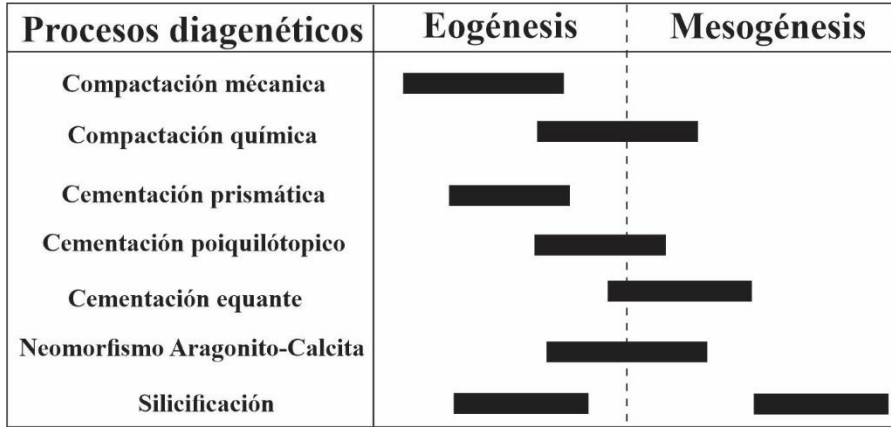


Nota. (A) Franja isópaca, (a) franja isópaca en la muestra ECR-12b-P, (B) franja prismática, (b) franja prismática en la muestra ECR-12b-P, (C) cemento poiquilótopico, (c) cemento poiquilótopico en la muestra ECR-13b-P, (D) cemento equante, (d) cemento equante en la muestra ECR-9b-P. Las barras de la escala representan 100 micrómetros o 0,1 mm. Tomado y modificado de Dal-Bo et al, 2021.

En conclusión, podemos decir que la combinación de los procesos diagenéticos observados indica un ambiente de enterramiento progresivo (Figura 14), con condiciones mecánicas y químicas variables que favorecieron la compactación inicial de los bioclastos en la diagénesis temprana, la cementación calcárea y la reducción de la porosidad en una diagénesis intermedia, así como la recristalización junto a la sustitución en etapas avanzadas de las diagénesis.

Figura 14.

Evolución de los procesos diagenéticos



Nota. Se muestran los diferentes procesos diagenéticos y la evolución progresiva del ambiente.

5.3 Interpretación paleoambiental del horizonte fosilífero de Los Corros

A partir de la identificación de las tafofacies y de los procesos diagenéticos que condicionaron el ambiente post enterramiento del horizonte fosilífero de Los Corros, las tafofacies descritas pueden agruparse en tres asociaciones faciales.

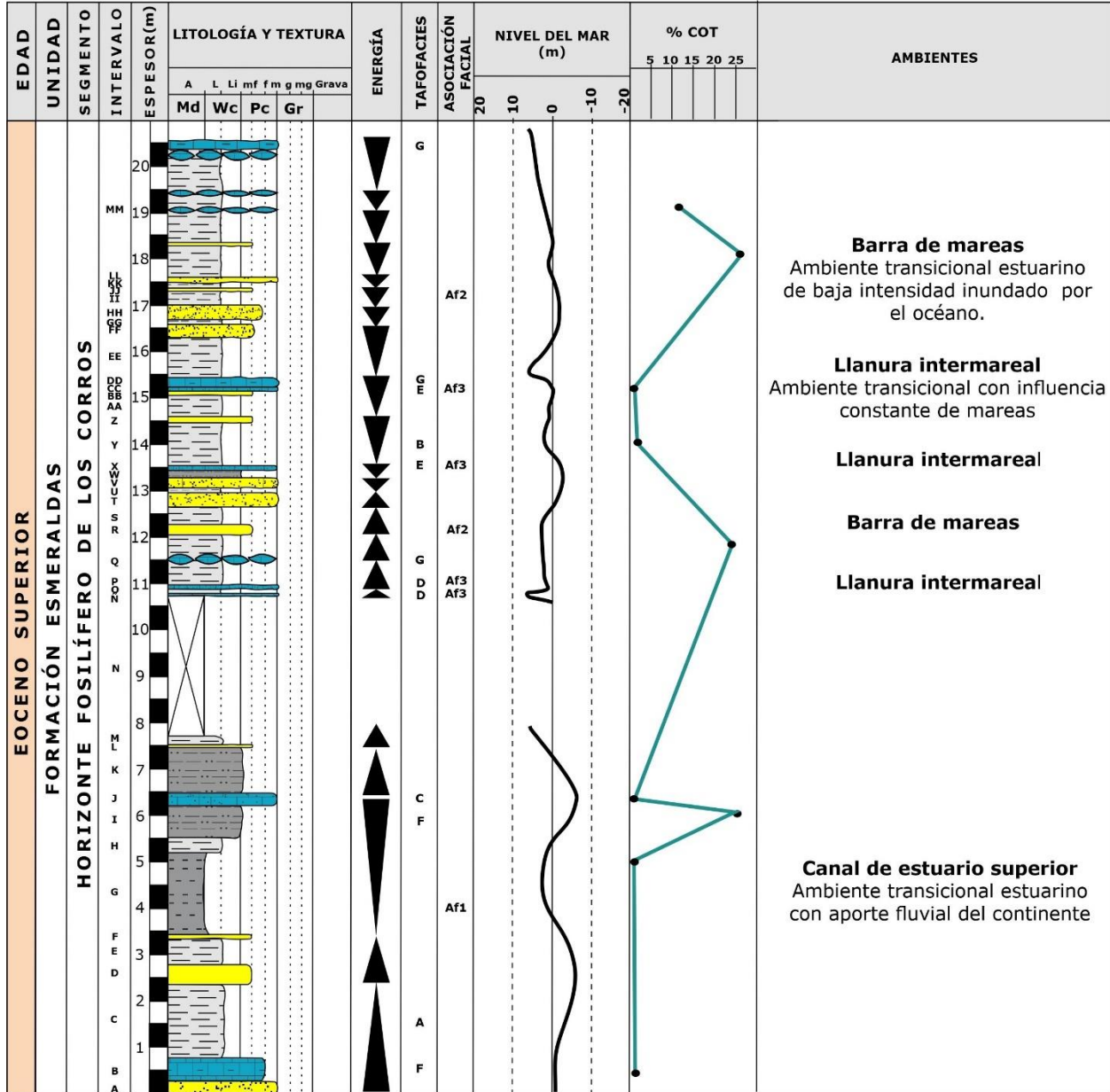
Asociación facial 1 (Af1): Dicha asociación comprende las tafofacies A, C y F. Af1 está representada por una sucesión finogranular de arcillolitas, lodolitas, limolitas y areniscas de grano muy fino a fino, con una tendencia granocreciente en general, y un aumento de energía, con aporte terrígeno, hacia la tafofacies C. En los niveles con lodolitas hay una mayor presencia de restos de plantas, definiendo laminaciones plano paralelas (tafofacies A). Esta asociación se caracteriza por la presencia de los moluscos del género *Sheppardiconcha* y de la especie *A. lataguensis* (Tafofacies F), los cuales presentan una baja corrosión, una alta deformación y posterior fragmentación, posiblemente causado por un enterramiento rápido (Kidwell, 1986).

En la interpretación paleoambiental de Durán-Gómez (2024), este autor relaciona la presencia común de los gasterópodos *Sheppardiconcha* y *A. lataguensis* con ambientes de aguas frescas. Cabe mencionar que los valores inusualmente bajos de %COT (Tabla 3) en la Af1 coinciden con la quimiofacies A que López (2025) propone para el segmento inferior del horizonte, y que relaciona con un predominio continental, sin ninguna influencia marina.

Asociación facial 2 (Af2): Esta asociación, comprende las tafofacies B, D, F y G, representando una intercalación de areniscas y lodolitas que evidencian una ciclicidad tanto en el aumento y la disminución de la energía, como en el tamaño de grano. Estas variaciones en las condiciones de energía se ven reflejadas en las tafofacies B y G, que se encuentran más densamente empaquetadas, albergan una mayor variedad faunística (*Sheppardiconcha*, *A. lataguensis*, *D. wheeleri*, *Pachydon*, *S. cyrenoides*), y nos muestran un aumento significativo de tamaño en los moluscos, con una corrosión más alta y una baja deformación. Además, el relleno de las conchas en los gasterópodos junto con una bioturbación alta, nos indicaría en Af2 un retrabajamiento o mezcla por variaciones en la energía del medio (Brett y Baird, 1986). Según Durán Gómez (2024) la asociación de *D. wheeleri* y *S. cyrenoides* en la selección de la Quebrada San Silvestre podría sugerirnos un ambiente más salobre, probablemente relacionado con ambientes transicionales de estuarios y marismas. Por otro lado, el mayor contenido de materia orgánica de Af2 (Tabla 3), nos indicaría una mayor productividad que permitió una mayor riqueza en la biodiversidad de moluscos. Basado en relaciones elementales como V/Al o Ni/Al presente en las rocas de la sección de San Silvestre, López (2025) sugiere condiciones subanóxicas y anóxicas que favorecieron la preservación de la MO para la quimiofacies B (10,74-16,31 m), y condiciones disóxicas y óxicas para la quimiofacies C (16,31-20,62 m), sugiriendo un dominio de ambientes transicionales estuarinos.

Figura 15.

Columna estratigráfica interpretativa



Nota. En esta columna se representan el nivel de energía de cada intervalo, las tafofacies y las asociaciones faciales con sus respectivos ambientes, también una propuesta de la superficie de inundación, también se integró a la gráfica de %COT los datos trabajados por Durán-Gómez (2024).

Asociación facial 3 (Af3): La tercera asociación la componen cuatro eventos puntuales de alta energía, asociados a tormentitas, que definen a las tafofacies D y E. Estas tafofacies presentan una alta fragmentación, pero a su vez también contienen gasterópodos rellenos, elementos comunes durante el retrabajo y mezcla del material (Brett y Baird, 1986). Igualmente, la disposición de los bioclastos en planta de la Af3, con dirección bimodal, indicaría que estos elementos estuvieron influenciados por posible actividad mareal, asociados a un ambiente de depositación litoral de llanura intermareal.

Para concluir, las tres asociaciones faciales estarían indicando que el ambiente de depositación si bien fue transicional, presentó aporte del continente debido a que en su mayoría son rocas siliciclásticas, con un aporte calcáreo de los organismos presentes. El horizonte fosilífero de Los Corros registraría entonces la transición de un ambiente con aporte terrígeno continental con baja energía hacia la base de la sección estudiada, soportado por la presencia de restos de plantas, con laminaciones plano paralelas y onduladas, los moluscos asociados a aguas frescas y un bajo nivel de materia orgánica. Posteriormente las condiciones de depósito mudaron hacia un ambiente de energía variable (posiblemente cíclico), representados por asociaciones más diversas de moluscos, una mayor concentración de estos y con evidencias de depredación. A su vez el aumento en el contenido de materia orgánica, y los eventos de tormentitas a lo largo de la parte media y superior del horizonte, nos evidenciarían una dinámica más cercana al mar, en una zona litoral de estuarios (Figura 15 y 16).

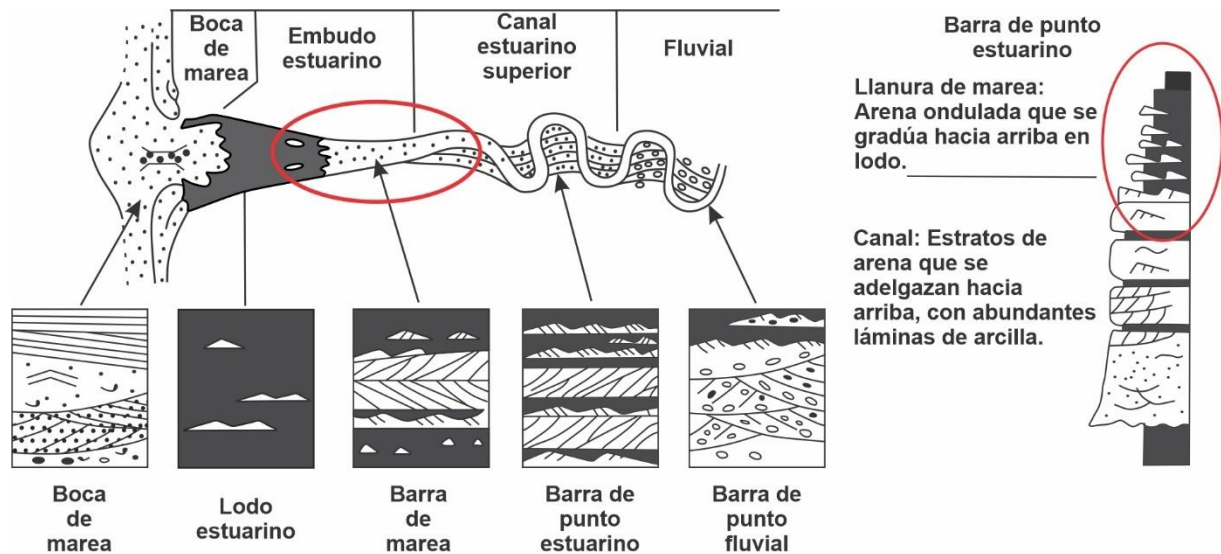
5.4 Extensión paleogeográfica del horizonte fosilífero de Los Corros

Para este trabajo se exploró de forma preliminar la continuidad lateral del horizonte en dirección hacia al noreste del Sinclinal de Nuevo Mundo. Producto de dicha exploración se localizaron al menos dos secciones más: Quebrada La Peligrosa (7°10'25.66"N 73°23'42.09"O), y

sección Uribe Uribe (7°14'35.92"N 73°21'29.52"O). En la primera se observó la posible continuidad de la tafofacies D mientras que en la segunda se reconoció el horizonte de una manera muy discreta, sin poder llegar a reconocer alguna de las tafofacies descritas. La sección de Uribe Uribe había sido previamente reportada por Caballero (2010), pero no ha sido descrito litológicamente.

Figura 16.

Diagrama de Ambiente depositacional para el horizonte fosilífero de Los Corros



Nota. Para el ambiente de deposición del horizonte fosilífero de Los Corros, se sugiere entre barras mareales y barras puntuales de estuario. Tomado y modificado de Walker, 2006.

Por otro lado, para establecer la extensión paleogeográfica del horizonte fosilífero de Los Corros en el subsuelo, y a futuro establecer correlaciones con las asociaciones faciales propuestas en la sección de San silvestre, se solicitó a la Litoteca Nacional del SGC los registros de una serie de pozos donde se sospechaba la presencia del horizonte. La Tabla 5 refiere los pozos solicitados, así como las profundidades donde tentativamente se encuentra el nivel. A futuro, se sugiere acceder

al registro fotográfico de los núcleos o al material en físico, con el fin de realizar una descripción de la sección y poder identificar las asociaciones faciales y las tafofacies que la definen.

Tabla 5.

Listado de pozos con presencia del horizonte fosilífero de Los Corros

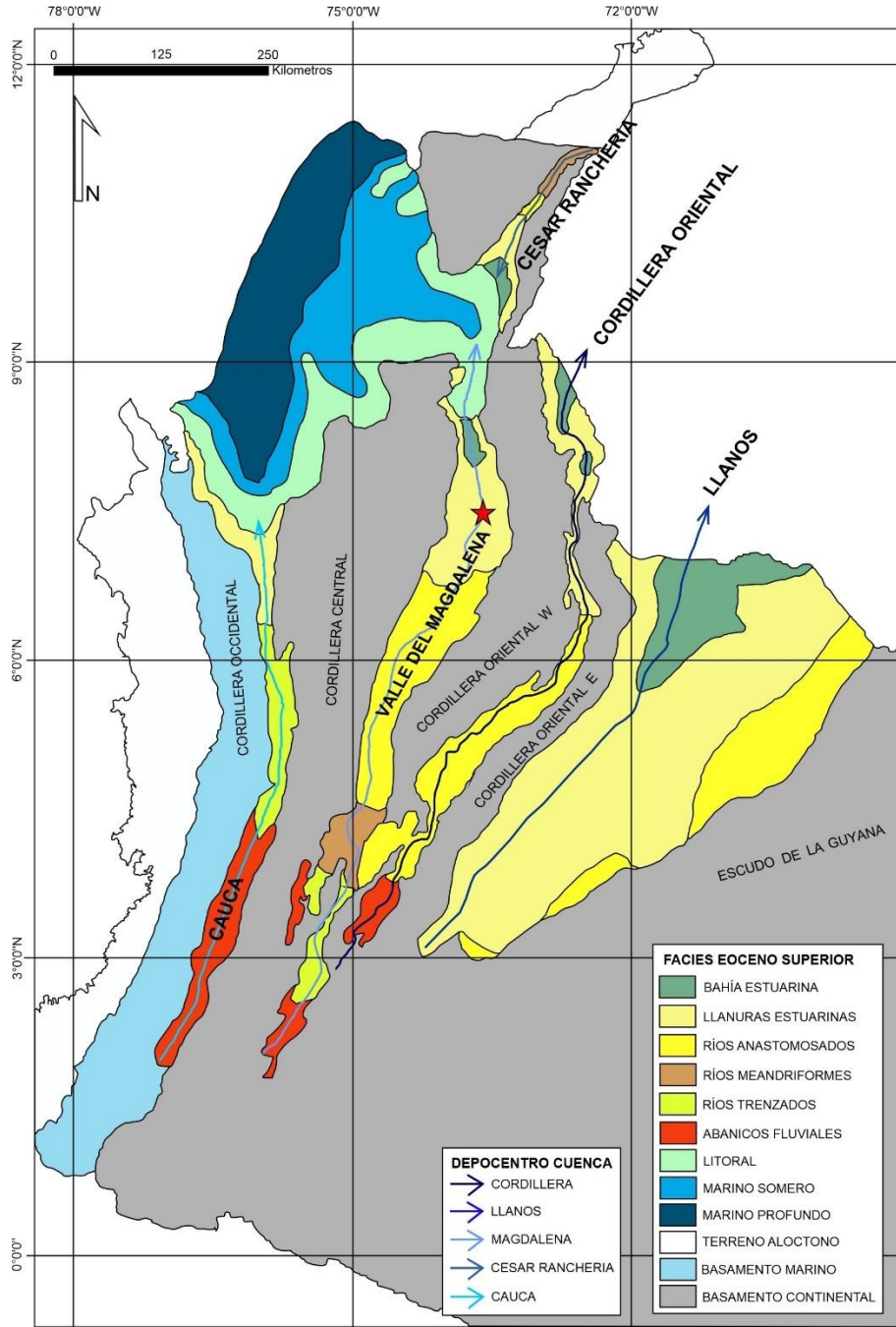
POZO	Coord. X	Coord. Y	Profundidad (ft)
EL DORADO-1	1042781	1294086	9520
BONANZA-2	1074429	1318140	2930
REGALO-1	1058634	1252762	7260-7300
CIRAMA-1	1054137	1271605	10670
LISAMA-10	1057334	1276142	8250

Nota. En los pozos solicitados al SGC, se reporta el horizonte fosilífero de Los Corros a la profundidad mostrada en la tabla en pies.

Finalmente, las interpretaciones paleoambientales propuestas con las asociaciones faciales, coinciden con las previamente propuestas por autores previos para el Eoceno de la Cordillera Oriental y el Piedemonte Llanero (Santos et al., 2008; Díaz-Poveda, 2016; Caballero et al., 2020; De La Parra et al., 2021; Figura 17). A su vez, las medidas de las paleocorrientes obtenidas con los bioclastos en la sección San silvestre coinciden con las estimaciones hechas por Caballero (2010) y Díaz-Poveda (2016) los cuales proponen que las sedimentitas de la Formación Esmeraldas registran un aporte metamórfico de la Cordillera Oriental y uno volcánico proveniente de la Cordillera Central. Por ende, las estimaciones de paleocorrientes basados en bioclastos comprenden una herramienta adicional para entender la evolución geológica de la sucesión del Cenozoico en el VMM.

Figura 17.

Contexto paleogeográfico durante el Eoceno Superior en Colombia



Nota. La zona representada muestra la influencia estuarina para el Valle Medio del Magdalena.

Tomado y modificado de Díaz-Poveda (2016)

6. Conclusiones

A partir de los análisis tafonómicos, petrográficos y geoquímicos del horizonte fosilífero de Los Corros se permitió llegar a las siguientes conclusiones:

La caracterización tafonómica de 13 Niveles Estratigráficos de Referencia (NRE), mediante descripción en campo, muestras de mano, secciones pulidas, valoración del material fósil y su composición litológica, permitió reconocer siete tafofacies (A-G), las cuales reflejan procesos variados de transporte, sedimentación y preservación del material fósil. Dichas observaciones que, en conjunto con la petrografía y geoquímica realizada en este trabajo, y los estudios paleontológicos y geoquímicos previos en la sección de San Silvestre, permitió establecer tres asociaciones faciales (Af1-Af3) para la sección de San Silvestre, las cuales sugieren que el horizonte fosilífero de Los Corros estuvo influenciado por condiciones variables de oxigenación y energía.

La Af1, que representa la primera sección de la columna, corresponde a un ambiente de canales de estuario medio a superior, con un aporte más continental y una energía no tan variable. La Af2 está representada por una ciclicidad en el tamaño de grano, mayor energía, y un aumento en el contenido de la materia orgánica y la bioturbación, sugiriendo un ambiente más alejado del continente, en una zona de baja energía. La baja fragmentación de los fósiles y su disposición indicarían proximidad del mar, en un ambiente de llanuras o barras mareales. Finalmente, la Af3 correspondería a eventos puntuales de tormentitas. Teniendo en cuenta la alta fragmentación de los bioclastos, el bajo contenido de MO y de matriz, con mayor presencia de cemento y gasterópodos rellenos orientados, podemos inferir para la Af3 un ambiente de alta energía de llanura intermareal.

A su vez se identificaron los procesos diagenéticos a los que fueron sometidos los estratos del horizonte fosilífero, observándose procesos de compactación mecánica y química, neomorfismo del aragonito de los bioclastos (reemplazo a calcita), eventos de sustitución por sílice de manera puntual, y la cementación de tipo prismática, poiquilótopico y equante. Todos estos procesos evidenciarían el paso de las rocas por los ambientes diagenéticos de eogénesis y etapas iniciales de la mesogénesis.

Por las observaciones indicadas, los datos tafonómicos y diagenéticos obtenidos en este estudio han servido para robustecer las interpretaciones paleoambientales que se han propuesto para la Formación Esmeraldas y el horizonte fosilífero de Los Corros, y pueden servir como base para futuras investigaciones que sigan contribuyendo al estudio y comprensión del contexto geológico y paleontológico del VMM.

Por ende, se recomienda a futuro la valoración tafonómica de los núcleos donde se haya registrado en el subsuelo la aparición del horizonte fosilífero Los Corros, así como en nuevos afloramientos en superficie para entender su extensión paleogeográfica de estos ambientes durante el Eoceno.

Referencias Bibliográficas

- Behrensmeyer, A. K., & Kidwell, S. M. (1985). Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, 11(1), 105-119.
- Caballero, V. (2010). Evolucion tectono-sedimentaria del sinclinal del nuevo mundo, cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena, Colombia, durante el oligoceno-mioceno. Tesis de grado para optar el título de Master en Geología.
- 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).
Obtenido de <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, Edits.) *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>
- Cantillo, J. (2024). Caracterización sedimentológica, paleontológica y paleoambiental de la formación El Salto, Cenomaniano, en la quebrada La Molinilla, Lebrija, Santander. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cruz, L. E., & Caballero, V. M. (2008). Manual de Laboratorio de Petrología Sedimentaria. *Universidad Industrial de Santander*.
- 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>
- Dal'Bó, P., Valle, B., Favoreto, J., Mendes, M., Rigueti, A. L., Borghi, L., & Porto Barros, J. P. (2020). *Coquinas da Formação Morro do Chaves: tafonomia, diagênese, porosidade e classificação*. Editora Albatroz, Rio de Janeiro.
- Díaz Poveda, L. (2016). *Evolución sedimentaria y estructural del Eoceno superior, Cordillera oriental de Colombia, Sur América*.
- Dunham, R. J. (1962). "Classification of carbonate rocks according to depositional textures". En *Classification of Carbonate Rocks, a Symposium*, editado por William E. Ham, 62-84. American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.1306/M1357>.
- Duran-Gómez, J. (2024). *Registro fósilífero del horizonte de Los Corros (Eoceno – Formación Esmeraldas) en inmediaciones de la represa de Hidrosogamoso*. Universidad Industrial de Santander.
- Efremov, J. A. (1940). *Taphonomy: a new branch of paleontology: Pan-American Geologist*, v. 74.
- ESRI. (2023). *World Imagery [Imagen]*. Escala 1:35000. QGIS.
- Fernández, S. R. (2001). *Tafonomía, fosilización y yacimientos de fósiles: modelos alternativos*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(2), 116-120.
- Folk, R. L. (1974). *Petrography of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company.
- Gomez, A. A., Jaramillo, C. A., 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.

- Kidwell, S. M., Fürsich, F. T., & Aigner, T. (1986). Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, 228-238.
- Kidwell, S. M., & Holland, S. M. (1991). Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*, 426-434.
- Kidwell, S. M., (1991). The stratigraphy of shell concentrations. In: Allison, P.A. et Briggs. D.E.G (Eds.). *Taphonomy: Relasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press. New York, p. 115-209.
- Lernau, O., & Ben Horin, M. (1994). Taphonomic curve and index: a preliminary exploration of a new concept. In *Fish exploitation in the past. Proceedings of the 7th meeting of the ICAZ fish remains working group* (pp. 17-24).
- López, M. (2025). Quimioestratigrafía del horizonte fosilífero de Los Corros (Formación Esmeraldas, Valle Medio del Magdalena). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/45061>
- Louterbach, M., Roddaz, M., Bailleul, J., Antoine, P. O., Adnet, S., Kim, J. H., ... & Baby, P. (2014). Evidences for a Paleocene marine incursion in southern Amazonia (Madre de Dios sub-Andean zone, Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414, 451-471.
- Martin, R. E. (1999). *Taphonomy: a process approach* (Vol. 4). Cambridge University Press.
- Martinez, 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>

- 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.
- Nichols, Gary. RG Walker & NP James (eds) 1992. *Facies Models. Response to Sea Level Change*. V3 409 pp. Publications, Department of Earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, St John's, Newfoundland, Canada. ISBN 0 919216 49 8. *Geological Magazine*, 1993, vol. 130, no 3, p. 405-406.
- 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.
- Pilsbry, H., & Olsson, A. (1935). Tertiary fresh-water mollusks of the Magdalena embayment, Colombia. *Ibid.*, 87, pp. 7-20, 5 pl., Philadelphia, 1-37.
- Rodríguez-Forero, G., Oboh-Ikuenobe, F., Jaramillo-Munoz, C., & Rueda-Serrano, M. (2012). Palynology of the Eocene Esmeraldas Formation, Middle. *Palynology*, 36, 96–111. doi:<https://doi.org/10.1080/01916122.2012.650548>
- Santos, C., Jaramillo, C., Bayona, G., Rueda, M., & Torres, V. (2008). Late Eocene marine incursion in north-western South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 264(1-2), 140-146.
- Sarmiento - Pérez, G., Puentes, J., & Sierra, C. (2015). Evolución Geológica y Estratigrafía del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena. *Geología Norandina*, 12.
- 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.