

Caracterización sedimentológica y estratigráfica del contacto entre la Formación La Paja y la
Formación Tablazo en el noreste de la mesa de Barichara, Santander.

Juan Sebastián Gómez Coronado

María Paula Infante Gómez

Trabajo de Grado para Optar el título de Geólogo

Director

Geóloga. Georgina Guzmán-Ospitia. PhD en Ciencias.

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas
Escuela de Geología
Bucaramanga
2019

A ti mamá, que con todo el esfuerzo y amor criaste a dos maravillosos seres.

Sebastián

Agradecimientos

Agradezco primero a mi familia, sin ellos no llegaría a ser la persona que soy hoy en día, a mis amigos Xiomara, Yeye, María Paula, Carlos Mario, Jose y Juan Pablo. Gracias por los recuerdos, las risas y los momentos vividos en estos 5 años de mi vida en Bucaramanga (Ciudad que amo con todo mi ser)

A la directora del proyecto Georgina Guzmán y demás profesores que conocí a lo largo de la carrera, como Germán Patarroyo y Jairo Clavijo, por tenderme la mano y escuchar las ideas y las preguntas que me mataban la cabeza.

A la UIS que será siempre mi alma mater, me permitió crecer como profesional y como persona. Y por último, a cada una de las personas que conocí a lo largo de mi vida universitaria, fueron años que disfruté al máximo.

Sebastián

Agradezco a Dios y a mi familia por su amor y apoyo incondicional, en especial a mi mamá que es mi guía y ejemplo

Infinitas gracias a la profesora Georgina Guzmán por ser mi mentora y directora de este proyecto durante estos años y a Sebastián, ya que sin él esto no hubiese sido posible.

A todos mis profesores y amigos que estuvieron presentes en este proceso.

María Paula

Tabla de contenido

Introducción	16
1. Objetivos	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. Justificación.....	17
3. Marco Geográfico	18
3.1 LOCALIZACIÓN	18
4. Marco Geológico Regional	21
4.1 ESTRATIGRAFÍA	22
4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	24
4.3 GEOMORFOLOGÍA	25
5. Glosario	27
6. Marco Metodológico	33
6.1 ANTECEDENTES	33
6.2 TRABAJO DE CAMPO.....	46
6.3 FASE DE LABORATORIO	47
ANÁLISIS PETROGRÁFICO.....	48
ANÁLISIS QUÍMICOS	49
7. Resultados	49
7.1 MAPA	49
7.2 ESTRATIGRAFÍA FÍSICA.....	50
7.2.1 SECCIÓN SAN GIL SOCORRO (SGS).....	50

	8
7.2.2 SECCIÓN CURIT SAN GIL (CSG).....	58
7.2.3 SECCIÓN BARICHARA (SMB)	66
PALEONTOLOGÍA	70
7.2.4 ASOCIACIÓN DE FACIES.....	73
7.2.5 INTERPRETACIÓN.....	75
AMBIENTE DE FORMACIÓN.....	77
8. Síntesis y Discusión	78
9. Conclusiones	81
10. Recomendaciones.....	83
Referencias	84
Apéndices	93

Lista de Tablas

Tabla 1: Resumen usado para el grado de contenido de Materia Orgánica, Tomado de Quiroga & Gainza (1990) en Arango y Castro (2015).....	33
Tabla 2: cantidad de muestras tomadas en cada una de las secciones y sus respectivo análisis	48
Tabla 3: Resumen petrográfico de las 4 muestras con sus respectivos segmentos	55
Tabla 4: Evaluación del TOC para las 2 muestras de la sección Socorro	57
Tabla 5: Resumen petrográfico de las 7 muestras del Segmento Curití.....	62
Tabla 6: Evaluaciones de TOC para las 2 muestras de la sección Curití	65
Tabla 7: Resumen petrográfico de las 2 muestras de la Sección Barichara	70
Tabla 8: Evaluación de las concentraciones de TOC para la sección de Barichara	72

Lista de Figuras

FIGURA 1: Mapas A) Regional de America del Sur (Basado en Julivert, 1958) B) Mapa de Santander con el área de estudio encerrada en el recuadro C) Mapa de las secciones levantadas en el área de la mesa de Barichara (Tomado de INGEOMINAS, 1985), la sección 1) Sección San Gil-Socorro 2) Sección Curití 3) Sección Barichara	20
FIGURA 2: Columna generalizada de las unidades trabajadas, tomado y modificado de Royero&Clavijo 2001	24
FIGURA 3: Expresiones geomorfológicas de las Formaciones Paja y Tablazo en el Salto del Mico, Barichara.	26
FIGURA 4: Cuadro resumen de los tipos de contactos geológicos	27
FIGURA 5: Ejemplo de biolaminitas producto de tapices de algas en shales, Tomado de Schieber et al., (2007; p 118)	28
Figura 6 Diagrama ternario de Lazar et al., 2015 donde se observan los diferentes espectros texturales que se pueden encontrar en las rocas de grano fino.....	31
Figura 7 Diagrama ternario de Lazar et al., 2015 donde se observan los diferentes espectros composicionales que se pueden encontrar en las rocas de grano fino.	32
FIGURA 8: Distribución geográfica de las Formaciones Paja y Tablazo basado en la cartografía 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano.....	41
FIGURA 9: Afloramiento del talud expuesto sobre la vía que conduce desde San Gil a Socorro. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)	50
FIGURA 10: Columna Estratigráfica sección Socorro. Escala 1 :50.....	52

FIGURA 11:Izq. Intercalaciones de lodolitas grises (A) y niveles competentes de calizas mudstone (B), Der. Niveles nodulares Ferruginosos	53
FIGURA 12: Intercalaciones de niveles de biolaminitas con láminas competentes arenosas ..	54
FIGURA 13: Izq. Niveles nodulares sin-sedimentarios asociados a Thalassinoides. Der. Nódulo arenoso de 20 cm de diámetro.....	54
FIGURA 14: Izq. Cambio de coloración y competencia entre los segmentos 2 y 3. Der. Intercalaciones entre Capas potentes de lodolitas arenosas calcáreas y niveles menos competentes de la misma litología	55
FIGURA 15; Afloramiento sobre la vía que conduce desde Aratoca a San Gil. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)	58
FIGURA 16: Columna estratigráfica sección Curití escala 1:50	59
FIGURA 17: Izq. Nivel de lodolitas con nódulos terrígenos Altamente diaclasada. Der. Amonita recolectada.....	60
FIGURA 18: Lodolitas gris oliva laminadas.....	61
FIGURA 19: Izq. Niveles calcáreos de apariencia nodular. Der. Calizas tipo Wackestone con conchas de bivalvos y serpulidos	62
FIGURA 20: Afloramiento del talud expuesto. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm La Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)	66
FIGURA 21 Columna estratigráfica sección Barichara, escala 1:50	67
FIGURA 22: Izq. Lodolitas negras laminadas con nódulos calcáreos Ferruginosos. Der. Láminas de lodolitas ricas en Azufre	68

FIGURA 23: Lodolitas negras fosilíferas con un nivel competente de caliza tipo wackestone con conchas de bivalvos y gasterópodos orientados	69
FIGURA 24: Izq. Molde externo del ejemplar encontrado en la sección de Barichara. Der. Contraparte del artrópodo que pertenece al clado Raninidae.....	71
FIGURA 25: Asociación de Facies de los 3 segmentos estudiados	73

Lista de Apéndices

Apendice A: Mapa Geológico escala 1:25.000.000 . Geologia de la Plancha 135II-D1&3	94
Apendice B: Petrografia Muestra SGS-M9	95
Apendice C: Petrografia Muestra SGS-M16	95
Apendice D: Petrografia Muestra SGS-M20	96
Apendice E: Petrografia Muestra SGS-20-2	96
Apendice F: Petrografia Muestra SGS-M24	97
Apendice G: Petrografia Muestra SGS-M24-2	97
Apendice H: Petrografia Muestra CSG-M3	98
Apendice I: Petrografia Muestra CSG-M7	98
Apendice J: Petrografia Muestra CSG-M7-2	99
Apendice K: Petrografia Muestra CSG-M9	99
Apendice L: Petrografia Muestra CSG-M10	100
Apendice M: Petrografia Muestra CSG-M11	100
Apendice N: Petrografia Muestra CSG-M13	101
Apendice O: Petrografia Muestra CSG-M13-2	101
Apendice P: Petrografia Muestra CSG-M16	102
Apendice Q: Petrografia Muestra SMB-M5	102
Apendice R: Petrografia Muestra SMB-M8	103

RESUMEN

TÍTULO: Caracterización sedimentológica y estratigráfica del contacto entre la Formación La Paja y la Formación Tablazo en el noreste de la Mesa de Barichara, Santander.*

AUTORES: Juan Sebastián Gómez Coronado** & María Paula Infante Gómez**

PALABRAS CLAVES: Contacto Geológico, Petrografía, Formación La Paja, Formación Tablazo, Límite Aptiano-Albiano

DESCRIPCIÓN

Las formaciones La Paja y Tablazo son una parte del registro sedimentario del mar epicontinental que invadió Colombia durante el Cretácico. Estas unidades han sido cartografiadas basadas en el cambio geomorfológico de lomas suaves, de la Formación La Paja; que infrayace a los escarpes tabulares de la Formación Tablazo.

Gracias a criterios petrográficos, sedimentológicos, estratigráficos y paleontológicos obtenidos de tres secciones en Socorro, Curití y Barichara se determinaron las siguientes asociaciones de facies.

(API- Formación La Paja I): Lodolitas grises con nódulos ferruginosos: Caracterizada por la predominancia de capas gruesas a medias de lodolitas negras con laminación ondulosa discontinua paralela, nódulos ferruginosos ocasionalmente calcáreos, con restos de bivalvos y gasterópodos.

(APJII- Formación La Paja II): Intercalaciones de lodolitas laminadas y areniscas de grano muy fino: Corresponde a una alternancia de capas gruesas de lodolitas oscuras con laminación paralela, ondulosa y capas medias competentes de areniscas muy finas o calizas; se reconocen amonitas, bivalvos, gasterópodos y artrópodos.

(ATI- Formación Tablazo I): Areniscas lodosas ligeramente calcáreas: Aumento de potencia y cambio de coloración de las rocas, además de un aumento progresivo de material carbonatado. Está compuesta por lodolitas arenosas hacia la base seguidas de areniscas lodosas ligeramente calcáreas y fosfáticas.

(ATII- Formación Tablazo II): Calizas Fosilíferas: Corresponde a niveles de calizas tipo wackestone y packstone de bivalvos desarticulados y fragmentados, gasterópodos y serpulidos.

La variación facial muestra un cambio paulatino durante el límite Aptiano-Albiano de una sedimentación restringida y de baja energía en ambientes intermareales bajos, produciendo niveles finos alternados con niveles arenosos de la Formación La Paja y que cambian a una sedimentación con mayor energía e influencia del mar abierto en un ambiente intermareal intermedio a alto depositando lodolitas arenosas, areniscas calcáreas y calizas. Gracias a esto el contacto se define como conforme gradual intercalado para la Mesa de Barichara.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Físico-Químicas, Escuela de Geología, Directora Geóloga. Georgina Guzmán-Ospitia. PhD en Ciencias.

ABSTRACT

TITLE: Sedimentological and stratigraphic characterization of the contact between the La Paja Formation and the Tablazo Formation in the northeast of the Mesa de Barichara, Santander.

AUTHORS: Juan Sebastián Gómez Coronado & María Paula Infante Gómez

KEY WORDS: Geological Contact, Petrography, Paja Formation, Tablazo Formation, Aptian – Albian Boundary.

DESCRIPTION

The Formations La Paja and Tablazo belong to the sedimentary record of the epicontinental sea that settled during the Cretaceous period. These units have been mapped mainly based on the sharp contrast between the gently slopes of La Paja Formation; and the overlaying cliffs of the Tablazo Formation.

Through petrographic, sedimentologic, stratigraphic, and paleontologic analysis of the data obtained from three stratigraphic sections measured in Socorro, Curití and Barichara, different facies associations could be established.

(AP1): Greyish mudstone with ferroan nodules: Consisting of coarse to medium beds of greyish mudstone with wavy discontinuous parallel lamination, ferroan nodules mainly of limestone with some bivalves and gastropods.

(APJII): Laminated mudstones interbedded with very fine grained sandstones: Corresponds to alternating coarse to very coarse beds of dark laminated mudstone and medium beds of dark, fine grained sandstones (some limestones). Ammonites, bivalves, gastropods and arthropods are recognized aging from upper Aptian to Albian.

(ATI): Slightly calcareous muddy sandstones: change in thickness and color, plus a progressive increase in carbonate and phosphatic material. It is composed of sandy mudstones towards the base followed by slightly calcareous and phosphatic mudstones with some remains of bivalves and algae.

(ATII): Fossiliferous Limestones: Corresponds to levels of limestones classified as wackestone and packstone of disarticulated and fragmented bivalves, gastropods and serpulids.

Facial variation shows a gradual change during the Aptian-Albian boundary of restricted and low energy sedimentation in low intertidal environments, which produced fine alternating levels with sandy levels of the La Paja Formation and then a change to a sedimentation with greater energy and influence from an open sea in an intermediate to high intertidal environment that forms coarse to very coarse, beds of sandy mudstones, calcareous sandstones and limestones. Thanks to this study the contact is defined as gradual contact for the Mesa de Barichara zone.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Físico-Químicas, Escuela de Geología, Directora Geóloga. Georgina Guzmán-Ospitia. PhD en Ciencias.

Introducción

Las Formaciones La Paja y Tablazo definidas por Wheeler en 1929 (en Morales *et al.* 1958) pertenecen al registro sedimentario del Cretácico inferior en toda la cuenca del Valle Medio del Magdalena. Estas unidades afloran a lo largo de la Mesa de Barichara y su contacto es fácilmente reconocible gracias a sus características geomorfológicas y litológicas contrastantes.

Mediante un análisis sedimentológico, petrográfico y estratigráfico a detalle de 3 segmentos aflorantes en esta zona, fue posible la descripción de las principales características de este intervalo, destacando atributos litológicos microscópicos, macroscópicos, paleontológicos y geoquímicos asociados a las variaciones en el contenido de materia orgánica total. En base a estas características se realizó un reconocimiento de facies y un posterior análisis facial que permitió correlacionar los segmentos estudiados e interpretar un posible ambiente de sedimentación de la cuenca durante el límite Aptiano- Albiano para así establecer una caracterización precisa de contacto. Con esto se pretende hacer una contribución a las características sedimentológicas del tope de la Formación La Paja y la base de la Formación Tablazo y proponer posibles condiciones de formación en la zona de estudio.

1. Objetivos

Objetivo General

Caracterizar sedimentológica, estratigráfica y petrográficamente el contacto entre la Formación La Paja y La Formación Tablazo, a partir de 3 secciones levantadas en los Municipios de Curití, San Gil y Barichara.

Objetivos Específicos

Reconocer e identificar cartográficamente las unidades que afloran en el Municipio de Curití y sus alrededores con el fin de caracterizar los límites de las unidades de interés.

Determinar las características litológicas y estratigráficas del tope de la Formación La Paja y la base de la Formación Tablazo mediante el estudio de muestras de mano y de secciones delgadas recolectadas en las tres secciones levantadas

Determinar las variaciones de contenido de materia orgánica en el tope de la Formación La Paja y la base de la Formación Tablazo

Realizar una correlación litoestratigráfica entre las 3 columnas estratigráficas levantadas a detalle

Proponer el posible ambiente de sedimentación del tope y base de estas dos formaciones.

Argumentar y comparar lo encontrado, mediante revisión bibliográfica en otras áreas donde se haya descrito este contacto.

2. Justificación

Las unidades del Cretácico inferior han sido reconocidas a nivel nacional por su interés geológico y económico, estas son consideradas las rocas generadoras en el sistema petrolífero del Valle Medio del Magdalena, saber cómo diferenciarlas y delimitarlas en superficie no solo contribuye al conocimiento geológico de las unidades litoestratigráficas de Colombia y la definición clara de sus límites, siendo además una herramienta útil en los estudios de subsuelo.

El contacto entre la Formación La Paja y la Formación Tablazo ha sido mencionado en repetidas ocasiones, sin embargo, se evidencian algunas diferencias en su definición; por esta razón en este trabajo se propone describir el contacto teniendo en cuenta la sedimentología, estratigrafía y petrografía, permitiendo a futuros investigadores tener más claridad acerca de las características litoestratigráficas del límite de estas dos formaciones.

3. Marco Geográfico

3.1 Localización

En la esquina NW de Sur América se localiza Colombia (Figura 1A) un país dividido por tres accidentes geográficos que corresponden de W a E a las Cordilleras Occidental, Central y Oriental respectivamente, cada una con una génesis e historia tectónica. La Cordillera Oriental está compuesta por rocas de afinidad continental que van de edades Proterozoicas hasta el Cuaternario (Servicio Geológico Colombiano, 2015)

Hacia la parte norte de la cordillera, se encuentra el departamento de Santander (Figura 1B), limitado al norte por los departamentos de Norte de Santander, Bolívar y Cesar, al este por Arauca y Casanare, al occidente por Antioquia y al sur por Boyacá. En la parte sur del

departamento de Santander, se encuentra la zona de estudio, más exactamente en la Mesa de Barichara (Julivert, 1958) delimitada al norte por el río Chicamocha, al oeste por el río Suárez, al sur por el inicio de los pliegues asociados al Anticlinal de Oiba y el Sinclinal de Chiquinquirá y al este por la falla de Curití; allí se encuentran los municipios de San Gil, Curití y Barichara (Figura 1C) los cuales aparecen en la plancha 135 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la cartografía 1:100.000 realizada por INGEOMINAS (1985).

La sección San Gil-Socorro se localiza en la vía principal que conduce desde el municipio de San Gil hasta Socorro, a 10 Km del municipio de San Gil, después de la entrada a la cantera Piedra del Sol, las coordenadas geográficas del punto son (6°31'31.99"N & 73°12'19.30"W).

La sección Curití-San Gil se localiza sobre uno de los afluentes de la quebrada Curití, a menos de 1 Km del ramal de la carretera principal que conduce del municipio de Curití a San Gil, sus coordenadas geográficas son (6°35'47.88"N & 73° 5'29.53"W).

La sección Barichara se encuentra localizada sobre la quebrada Barichara a la cual se puede acceder tomando el camino real que conduce al Municipio de Cabrera, sus coordenadas geográficas son (6°37'24.58"N & 73°13'57.26" W)

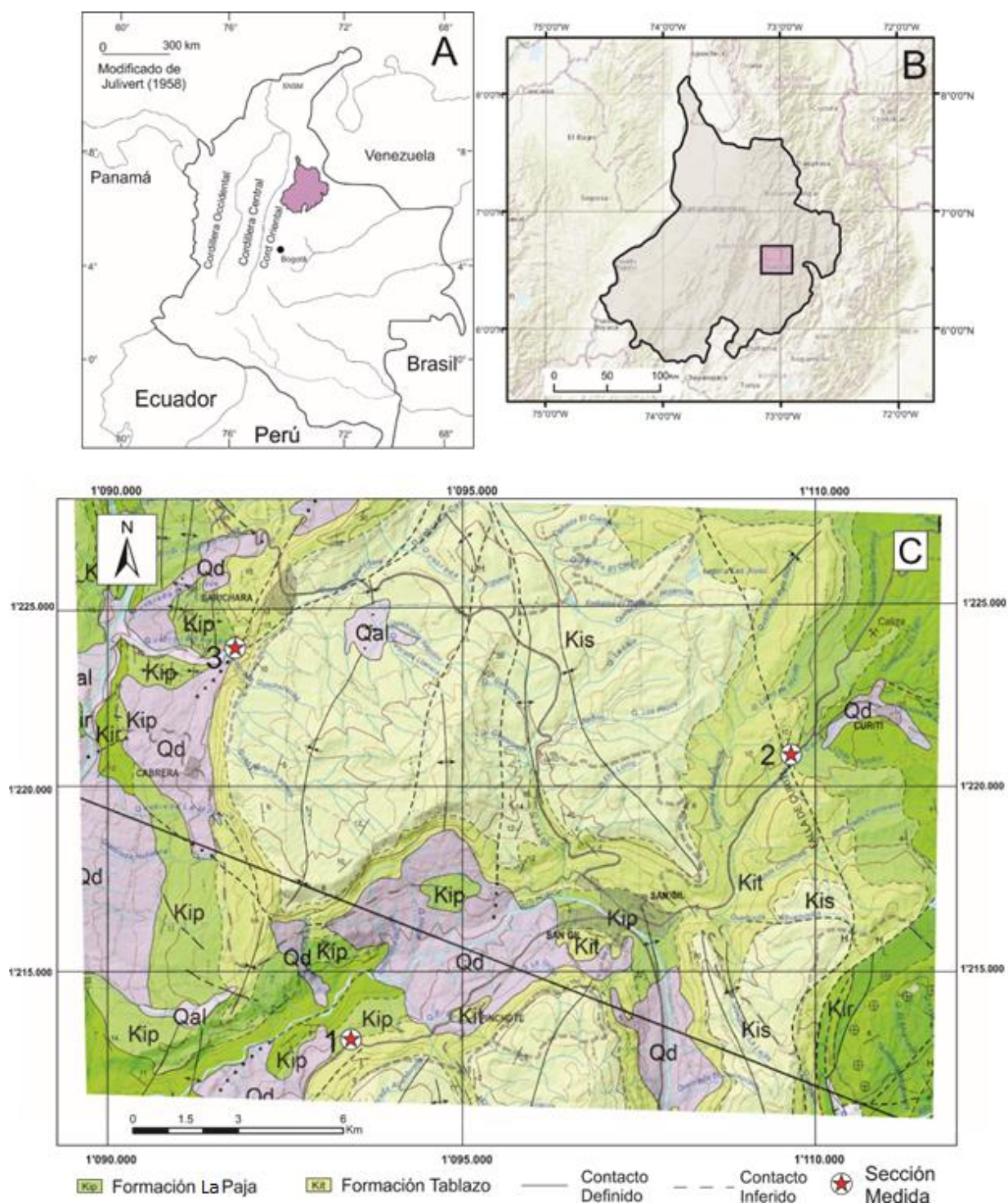


FIGURA 1: Mapas A) Regional de America del Sur (Basado en Julivert, 1958) B) Mapa de Santander con el área de estudio encerrada en el recuadro C) Mapa de las secciones levantadas en el área de la mesa de Barichara (Tomado de INGEOMINAS, 1985), la sección 1) Sección San Gil-Socorro 2) Sección Curití 3) Sección Barichara

4. Marco Geológico Regional

En el Triásico-Jurásico, se dio la separación del supercontinente Pangea que posiblemente fue el causante de esfuerzos transtensionales/tensionales que generaron un estiramiento litosférico dando origen a rifts de hasta 150 km de amplitud en las zonas de la actual Cordillera Oriental y Valle Medio del Magdalena (Sarmiento, 2011) Estas cuencas extensionales, posteriormente en el Cretácico Inferior evolucionaron a sistemas de cuencas *half-rift*, caracterizados por ser asimétricos y de mayor extensión que los generados en el Triásico-Jurásico y cuyo origen se asocia a un posible efecto de estiramientos asociados a un *back-arc* (Cooper *et al.*, 1995; Sarmiento, 2011) En la zona de la actual cordillera oriental se formaron dos subcuencas que corresponden a la Tablazo-Magdalena al occidente y Cocuy al este, separadas por un alto que corresponde al Macizo de Santander y Floresta (Etayo-Serna, 1968a)

Estas cuencas caracterizadas por una sedimentación continental para inicios del Cretácico Inferior comenzaron a ser inundadas gradualmente por un mar epicontinental que ingresó por el occidente inundando primero la cuenca de Cundinamarca y posteriormente las subcuencas Tablazo-Magdalena y Cocuy (Etayo-Serna *et al.*, 1969). El registro sedimentario fue diverso a lo largo del cretácico inferior con facies asociadas desde ambientes transicionales como costas y deltas; hasta ambientes marinos como plataforma interna, media y externa, abanicos submarinos (Cáceres *et al.*, 2003). Para finales del Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano) es cuando el mar Cretácico alcanza su mayor extensión, alcanzando el Valle Superior del Magdalena, sectores de Cesar-Ranchería, la Sierra Nevada del Cocuy y establece la conexión con Venezuela (Etayo-Serna *et al.*, 1969) En este periodo predominaba una sedimentación

marina marcada por abundantes niveles de rocas de grano fino y calizas las cuales algunas se cree que se desarrollaron en fondos anóxicos (Villamil & Arango, 1998) que favorecieron una preservación excepcional del registro fósil y acumulación de materia orgánica.

4.1 Estratigrafía

La nomenclatura de las unidades litoestratigráficas pertenecientes a la cuenca del Valle Medio del Magdalena resumidas en la Figura 2. Esta terminología fue la utilizada en este trabajo y es presentada a continuación.

Formación Rosa Blanca (K1r)

De acuerdo con Morales *et al.*, (1998) el nombre de la Formación Rosa Blanca fue propuesto por Wheeler en un informe inédito en 1929 el cual deriva del cerro Rosa Blanca, sin embargo, su localidad tipo se reconoce en el Rio Sogamoso, de 1 a 1.5 Km arriba de la localidad del Tablazo, está compuesta por calizas macizas, duras grises azulosas fosilíferas con capas de margas, alcanzando un espesor variable de aproximadamente 425m de edad Hauteriviano.

Pulido (1980), reporta para la zona de San Gil, la “Formación Rosablanca”, constituida por una sucesión de calizas grises oscuras a grises azulosas, macizas, duras, fosilíferas con nódulos piritosos los cuales se encuentran en niveles de caliza más arcilloso, se encuentra reposando concordantemente sobre la Formación Cumbre en el Anticlinal de Cerro Negro y en el resto del área se encuentra en contacto inconforme con la Formación Arcabuco, a su vez, infrayace concordantemente a la Formación La Paja.

Formación La Paja (K1p)

Nombre fue propuesto por Wheeler en 1929 a una sucesión de shales negros con laminación delgada ligeramente calcáreos, comúnmente micáceos y arcillosos aflorantes en la quebrada La Paja, de la cual recibe su nombre, su espesor es de 625m en la localidad tipo, esta se adelgaza

hasta los 125m, su edad es del Barremiano-Aptiano al sur y Aptiano al norte (Morales *et al.*, 1958).

Según Pulido (1980) para la zona de estudio la Formación La Paja consiste en una alternancia de shales grises claros a negros con nódulos lutíticos parcialmente calcáreos y areniscas grises a amarillentas, arcillosas y fosilíferas, esta es dividida en dos miembros, Miembro inferior (Kimpa) compuesto por una alternancia de areniscas arcillosas de grano fino y shales negros a amarillentos y Miembro superior (Kip) compuesto por lutitas negras con abundantes concreciones calco-piritosas y delgadas intercalaciones de caliza grisosa; esta suprayace a la Formación Ritoque la y cuando esta unidad se acuña o cambia de facies, se pone en contacto normal con las calizas del Rosa blanca. El límite superior con la Formación Tablazo es conforme y bien definido.

Formación Tablazo (K1t)

Según Morales *et al.*, (1958), Wheeler en 1929 llamó Calizas del Tablazo a las rocas aflorantes en la primera montaña al este del pueblo del Tablazo, departamento de Santander, compuesta por calizas macizas, calizas arenosas, arcillolitas y areniscas con un espesor de 150 m, de edad del Aptiano – Albiano inferior de acuerdo con su posición estratigráfica.

Para la zona de estudio, Pulido (1980) define que la Formación Tablazo adquiere un carácter más arenoso tanto al norte como al sureste de la localidad tipo; esta descansa concordantemente sobre la Formación La Paja e infrayace conformemente a la Formación Simití.

Formación Simití (K1s)

De acuerdo con Morales *et al.*, (1958) el nombre “Simití Shales” fue usado por primera vez por el Grupo de Intercol en 1953 para describir una sucesión de arcillolitas de color gris, localmente calcáreas con concreciones que alcanzan un tamaño de 3 metros en su tope, con un

espesor de 410 metros en la sección expuesta a lo largo de la orilla sur de la Ciénaga de Simití; Se le ha asignado una edad Albiano inferior, medio y superior basada en su registro fósil.

Pulido (1980) reporta que la Formación Simití (San Gil Superior) descansa conformemente a la Formación Tablazo e infrayace en concordancia a la Formación Chiquinquirá

Depósitos cuaternarios (Qal, Qd, Qt)

Se encuentran depósitos de terraza, aluviales y de derrubio, los cuales se observan a lo largo del Valle del Río Suarez y el Cañón del Río Chicamocha, son notorios los depósitos de derrubio de las laderas del Valle del Río Suárez entre los municipios de Socorro - Barichara - Galán y los del Cañón del Río Fonce al este del municipio de San Gil (Pulido, 1980).

Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Símbolo	Espesor	Litología	Descripción
CUATERNARIO			Qal-Qd-Qt			
CRETÁCICO	INFERIOR	FM. SIMITI	K1s	250-660m		Lodolitas y areniscas
		FM. TABLAZO	K1t	240-325m		Calizas, lodolitas y areniscas
		FM. LA PAJA	K1p	150-625m		Lodolitas principalmente areniscas y calizas en menor proporción
		FM. ROSA BLANCA	K1r	290-450m		Calizas y lodolitas calcáreas
		FM. CUMBRE	K1c	25-100m		Areniscas gris verdosas, cuarzosas, de grano fino, localmente lodosas
		FM. LOS SANTOS	K1ls	150-650m		Areniscas cuarzosas claras, localmente conglomeráticas y lodolitas pardo rojizas

FIGURA 2: Columna generalizada de las unidades trabajadas, tomado y modificado de Royero&Clavijo 2001

4.2 Geología Estructural

La zona de trabajo corresponde al área de las mesas, caracterizada por ser una región tabular que se extiende hasta Vélez (Julivert, 1958), esta no posee una alta complejidad estructural, sin embargo, cabe destacar ciertas estructuras relevantes.

Falla del Suarez

Sistema estructural de gran importancia con tendencia NE-SW que generalmente se encuentra de forma paralela al cauce del Río Suarez. La Falla del Suárez no presenta igual comportamiento a lo largo de su trazo. A la altura de las poblaciones de El Hato – Galán, Pulido (1980) reporta que pone en contacto estratos de la Formación Rosa blanca con calizas del Tablazo y shales del Simití, levantándose siempre el labio occidental, con un desplazamiento vertical estimado entre 400 y 700 m. La falla al norte del área de estudio, hacia Bucaramanga que es donde es originada es detallada por Ward *et al.*, (1973; p. 116).

Falla Curití

Según Pulido (1980): “Esta posee una dirección aproximada norte-sur, con una longitud cerca a los 45 km a partir de Ocamonte para terminar al este de la localidad de Jordán, sobre el Cañón del Chicamocha, donde presenta características de simple lineamiento. Localmente el plano de falla es de ángulo alto e inclinación hacia el oeste y solo afecta a rocas del Cretácico Inferior”

Sinclinal de las Vueltas

Estructura sinforma encontrada al NW del Municipio de Curití, siendo un pliegue cuyo eje está orientado NE-SW que se extiende hacia el SW El núcleo corresponde a la Formación Tablazo donde afloran niveles arcillosos y arenosos con tendencia casi horizontal, hacia los flancos se encuentra aflorando en capas con buzamientos mayores a 10° pertenecientes a las Formaciones Rosa blanca y La Paja.

4.3 Geomorfología

En esta sección se distinguen los rasgos geomorfológicos de la zona de estudio donde cabe desatacar la expresión de las Formaciones La Paja y Tablazo.

Formación La Paja

La Formación La Paja se caracteriza por definir pendientes suaves, onduladas y vegetadas acorde con la textura fina de sus sedimentos (Figura 3), localmente se presentan pequeños escarpes debido a la presencia de paquetes competentes de espesor de hasta de 50 cm; Se encuentran haciendo parte de lomas aisladas que muestran cierto escalonamiento consecuencia las intercalaciones de niveles competentes e incompetentes; o de lomas continuas que corresponderían a estructuras regionales.

Formación Tablazo

La Formación Tablazo se caracteriza por definir pendientes escarpadas, acantilados y laderas poco vegetadas debido a que son rocas de textura gruesa y competente, principalmente areniscas calcáreas y calizas (Figura 3) Estas expresan una morfología tabular que se observa a lo largo de la mesa de Barichara y se puede seguir de manera regional, aflorando al N del municipio de San Gil y al NW de Curití.



FIGURA 3: Expresiones geomorfológicas de las Formaciones La Paja y Tablazo en el Salto del Mico, Barichara.

5. Glosario

En esta sección se muestran las definiciones encontradas en literatura que diferentes autores han usado en la descripción de las rocas sedimentarias encontradas en campo.

Contacto Geológico

La definición del contacto se realizó basada en una recopilación bibliográfica que se encuentra resumida en la Figura 5

Tipos de Contactos según Vera, 1994 y Boggs, 2006		
1.Conformes Caracterizado por una sedimentación continua, generalmente paralela, cuyas capas están formadas una sobre otra por uno o más eventos depositacionales que no han sufrido interrupción.	1.1 Netos Separan capas de diferentes litologías distinguibles, la mayoría de estos contactos coinciden con los planos primarios de estratificación, los cuales se formaron como resultado de cambios rápidos en las condiciones de deposición locales.	
	1.2 Graduales Se caracteriza por el cambio de una litología a otra siendo menos marcado que los contactos netos, lo que refleja un cambio progresivo en las condiciones de depósito.	1.2.1 Progresivo Ocurren cuando una litología grada dentro de la otra, por medio de cambios progresivos ó más o menos uniformes en el tamaño de grano, composición mineral u otras características físicas
2.Inconformes Caracterizados por una sucesión de rocas que no poseen una relación temporal continua, es decir que hay un faltante de registro que puede abarcar miles a millones de años y se origina ya sea por erosión o no deposición.	2.1 Discordancia Angular Se caracteriza por que los estratos tienen una relación angular no paralela entre ellos y son separados por una superficie erosiva.	1.2.2 Intercalado Se producen debido al incremento en la aparición del número de capas delgadas interestratificadas de otra litología que aparece posteriormente en la sección.
	2.2 Disconformidad Se caracteriza por estratos separados por una superficie erosiva marcada, irregular y de nivel regional	
	2.3 Paraconformidad Se caracteriza por ser un faltante de tiempo en estratos paralelos donde no hay una marcada superficie de erosión. Esta se puede identificar principalmente por paleontología.	
	2.4 Inconformidad Se caracteriza por rocas estratificadas depositadas sobre rocas ígneas o metamórficas más antiguas y que han sido sometidas a procesos de erosión.	

FIGURA 4:Cuadro resumen de los tipos de contactos geológicos

Biolaminita

Término introducido por Schieber *et al.*, (2007) para hacer referencia a las estructuras o fábricas relacionadas con la interacción de tapices microbianos (Microbial Mats) y el fondo marino. Estos tapices están formados por polímeros extracelulares y se forman sobre el sustrato, haciendo parte de los llamados Biofilms (Krumbein *et al.*, 2003) que son los responsables de los cambios físicos y químicos del sustrato lodoso mediante la bioestabilización, regulación, aglutinamiento, entrapamiento y unión de partículas por lo que son de gran importancia ya que en cierta medida controlan la sedimentación.

Estos tapices se caracterizan por ser superficies microbianas que favorecen la preservación de la materia orgánica gracias a la interfaz geoquímica reductora que generan sobre el fondo marino, tener morfologías onduladas o arrugadas y una continuidad lateral (Figura 6) que puede ser afectada por eventos de sedimentación.

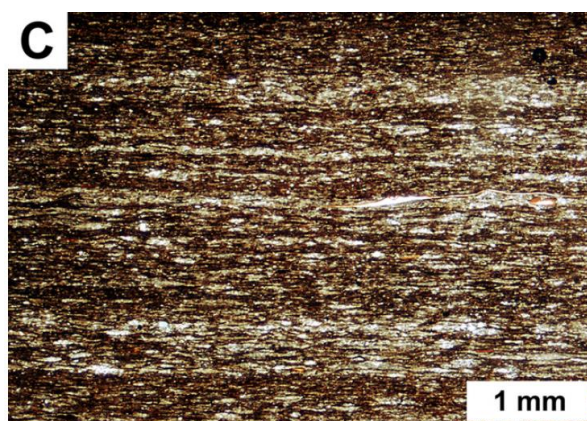


FIGURA 5: Ejemplo de biolaminitas producto de tapices de algas en shales, Tomado de Schieber *et al.*, (2007; p 118)

Neomorfismo

Folk (1965) introduce este término para hacer referencia a cualquier transformación entre un mineral y el mismo o su polimorfo por productos de disolución y reprecipitación. Ejemplos de neomorfismo son aragonito fibroso remplazado por espar, lodo calcáreo alterando a calcita de 2

micrones o una concha de braquiópodo alterando a espar en mosaico. Cabe destacar que la recristalización hace parte del neomorfismo, ya que es un proceso donde hay cambios en el tamaño, forma y estructura del grano o cristal sin alterar su composición original, en los casos donde el material original no puede ser identificado con respecto al neoformado es cuando el término es más apropiado

Los términos 1) recristalización e 2) inversión se usan como lo indica Folk (1965) 1) Cuando petrográficamente se encuentra que una especie mineral se mantiene composicionalmente igual a lo largo de su transformación 2) Cuando la calcita reemplaza el aragonito que hacía parte de la composición original de una concha

Microspar

Definido por Folk (1965) como producto de recristalización de lodo calcáreo, formando cristales con límites a veces observables en otras ocasiones difusos que están entre los 2-3 micrones hasta los 30 micrones. Según Flugel (2004) el microespar es producto de una diagénesis meteórica, asociado a fluidos de baja salinidad o de exposición subárea.

Clasificación de rocas finas de Lazar *et al.*, (2015)

La terminología utilizada para describir las rocas de grano fino es de gran debate debido a que no se ha estandarizado por la alta ambigüedad en términos como shale que se ha utilizado de manera general para describir a las rocas de grano fino y a las rocas de grano fino que presentan fisilidad o Arcillolita (Claystone) ha sido usado como término que hace referencia a rocas compuesta principalmente por minerales arcillosos (illita, sericita, etc) o a rocas detríticas compuestas por granos tamaño arcilla. Debido a que las rocas encontradas en las secciones pertenecían a las rocas sedimentarias de grano fino (rocas con predominancia de granos menores

a 63 micrones) se decidió usar la clasificación de Lazar *et al.*, 2015 que busca estandarizar la clasificación de las rocas finas y consideramos que se adapta a la necesidad de este trabajo.

En la clasificación textural de Lazar *et al.*, (2015) se sugiere usar el término lodolita (mudstone) como nombre genérico para todas las rocas sedimentarias de grano fino (más del 50% de grano fino) y se utiliza como miembros finales de un diagrama ternario (Figura 7) a los granos tamaño arena, lodo grueso (Limo grueso) y lodo fino (Arcilla + Limo muy fino)

Arenisca (Sandstone): Se entiende como aquellas rocas cuya proporción de arena supera el 75 % y puede estar mezclado con lodo grueso o fino. Arenisca Lodosa (Muddy Sandstone): Aquellas rocas en las cuales el porcentaje de arena está entre 50% - 70% y ya posee un porcentaje significativo de lodo grueso o fino.

Lodolita Arenosa (Sandy Mudstone): Se entiende como las rocas donde el lodo (fino+grueso) superan el 50% y se encuentra una proporción de arena entre el 50% -25%.

Lodolita Gruesa (Coarse Mudstone): Roca donde predomina el lodo grueso (2/3 de la roca) y la proporción de arena es casi despreciable.

Lodolita Fina (Fine Mudstone): Roca donde predomina el lodo fino (2/3 de la roca) y la proporción de arena es casi despreciable.

Lodolita Media (Medium Mudstone): Roca que posee lodo fino y grueso en proporciones que no alcanzan el 66% de la roca y la proporción de arena es casi despreciable.

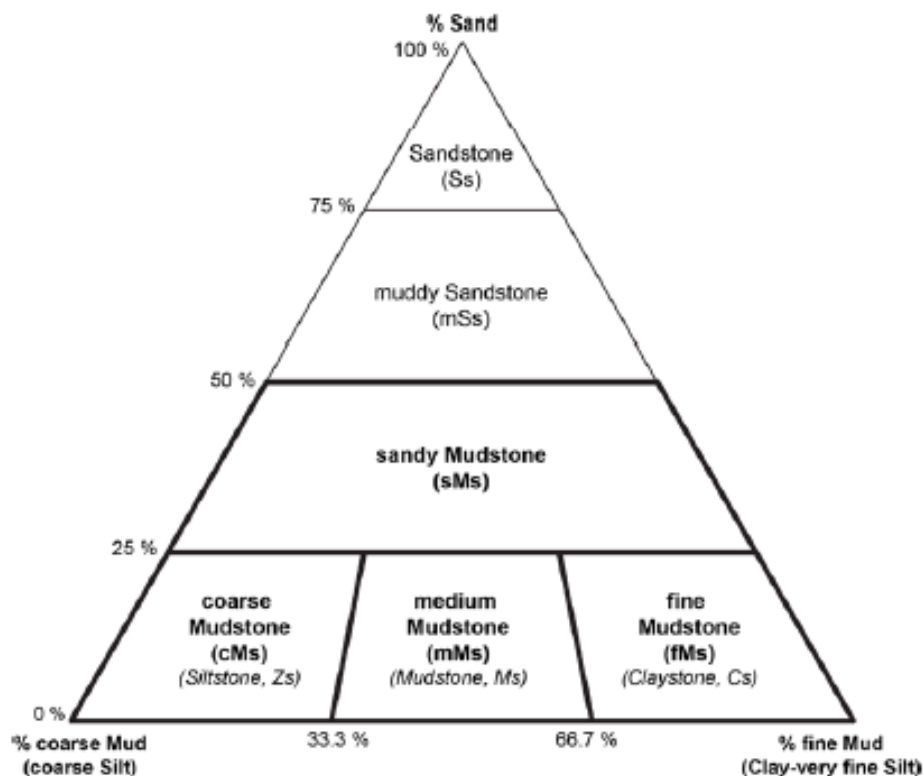


Figura 6 Diagrama ternario de Lazar *et al.*, 2015 donde se observan los diferentes espectros texturales que se pueden encontrar en las rocas de grano fino.

Composicionalmente Lazar *et al.*, 2015 propone un diagrama ternario (Figura 8) donde los miembros finales corresponden a cuarzo total, carbonato total (e.g., calcita, dolomita, ankerita, etc) y arcilla total (e.g., Caolín, Illita, Sericita, Clorita, Smectita, etc)

En esta clasificación se asigna el nombre principal (Arcilloso, Silíceo o Calcáreo) si uno de los componentes es mayor del 50 %, se pueden combinar nombres (e.g., Arcillo-Silíceo, Silíceo-Calcáreo, etc) si ninguno de los componentes es mayor al 50%. La composición se puede modificar con otros adjetivos en casos especiales cuando predominan otros componentes como materia orgánica, óxidos de hierro, sulfuros, fosfatos, entre otros.

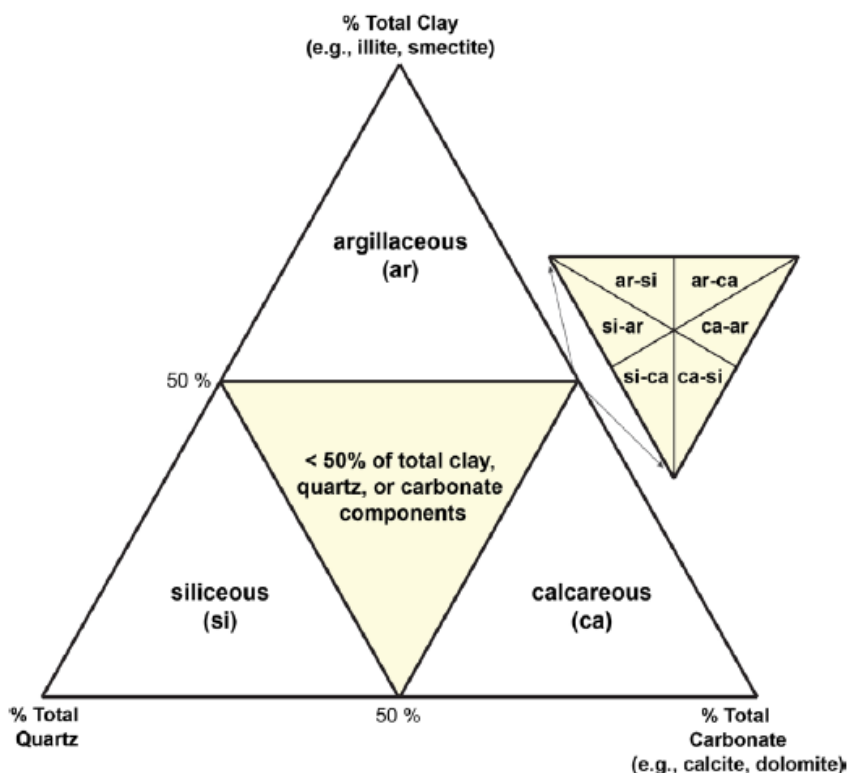


Figura 7 Diagrama ternario de Lazar et al., 2015 donde se observan los diferentes espectros composicionales que se pueden encontrar en las rocas de grano fino.

Adicionalmente, si es requerido se puede modificar el nombre con otras observaciones como contenido y tipo de fósil, estructuras sedimentarias, color y grado de bioperturbación.

Glaucionitización

Según McRae (1972) el proceso de glauconitización consiste en la absorción de potasio y hierro de una capa degradada de silicatos en un medio potencial reductor, este puede producirse por la descomposición de la materia orgánica lo que conduce a la oxidación de pellets fecales y desechos de foraminíferos, por lo que es frecuente la glauconitización de estos materiales; este proceso tiende a formar glauconitas maduras monomineralicas, oscuras y con un índice de hidratación y refracción menor. También se puede formar por la “sustitución epigenética” la cual consiste en el reemplazamiento de calcita por glauconita principalmente

En general, la formación de la glauconita puede deberse a la alteración de rellenos internos por descomposición orgánica, la conversión de remanentes en pellets fecales, la transformación de la biotita, la aglomeración de material de tamaño arcilla, la precipitación o alteración de superficies minerales las cuales dan glauconita pigmentaria y procesos de reemplazamiento.

Evaluación TOC

La evaluación del contenido de Carbono Orgánico Total (TOC) se basó en los valores propuestos en la Tabla 1, que son tomados de Quiroga & Gainza (1990) en Arango y Castro (2015)

Tabla 1: Resumen usado para el grado de contenido de Materia Orgánica, Tomado de Quiroga & Gainza (1990) en Arango y Castro (2015)

% TOC Rocas Detríticas	%TOC Rocas Calcáreas	Grado Evaluación
0-0.5	0-0.125	Pobre
0.5-1	0.125-0.25	Regular
1-2	0.25-0.5	Buena
2-4	0.5-1	Muy Buena
4-8	1-2	Excelente

6. Marco Metodológico

6.1 Antecedentes

La recopilación bibliográfica se realizó siguiendo el formato de Flórez & Carrillo (1994), donde se hace una síntesis del nombre, extensión, características geológicas (litología,

paleontología, edad, espesor, subdivisiones límites, génesis) de las unidades de interés de acuerdo con los criterios establecidos por varios autores, los cuales fueron importantes en el desarrollo de este trabajo.

Formación La Paja

Proponentes

Wheeler (1929) en un informe inédito según Morales *et al.*, 1958

Derivación del Nombre

Su nombre (Paja Formation) deriva de la Quebrada La Paja, afluente del Río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. (Morales *et al.*, 1958)

A través del tiempo el nombre de esta unidad ha sido denominada por un gran número de autores como Formación La Paja, Formación Paja, Pay Shales, La Paja sale y Pay Shale

Localidad Tipo

Su localidad tipo se encuentra expuesta en el banco norte de la quebrada La Paja, justo en la desembocadura del río Sogamoso (Morales *et al.*, 1958), de acuerdo con Ward *et al.*, (1973) se encuentra donde esta corriente entra al río Sogamoso 1km arriba del puente en el Tablazo

Posición Estratigráfica y Edad

De acuerdo con Morales *et al.*, (1958) infrayace a la Formación Tablazo y suprayace la Formación Rosa Blanca, le asigna una edad de Barremiano-Aptiano al sur y Aptiano en el norte. Jimeno & Yepes (1963) le dan una edad del Aptiano, según Etayo-Serna (1964; 1965) “Los datos conocidos de la Formación La Paja indican que su edad es más moderna hacia el norte, y que en la localidad tipo representa parte del Aptiano”. En el área de Villa de Leyva su edad es Hauteriviano superior al Aptiano superior suprayaciendo a la Formación Ritoque e infrayaciendo a la Formación San Gil Inferior.

“La base de la Formación Paja sería oblicua respecto al tiempo. El límite superior parece más constante ya que en todo momento parece ser que la parte alta de la Formación encierra faunas aptianas sin que sea posible establecer con precisión el límite Aptiano-Albiano... La Formación Paja en La Mesa de Los Santos abarca el Barremiano y el Aptiano, su equivalente en Villa de Leiva abarcaría también el Hauteriviano”. (Julivert *et al.*, 1968)

La base de la Formación Paja, en cercanías de Barichara, representa el Barremiano inferior (Patarroyo, 1997) mientras el tope de la misma, en la cantera de Cementos Argos (Curití) tiene una edad de Aptiano inferior con base en amonitas (*Colchidites*; Gaona *et al.*, 2013). Para sectores de Barichara y Villanueva se determina un rango desde Barremiano inferior hasta Aptiano superior (Herrera, 2016)

Descripción Geológica

La sección tipo según Morales *et al.* (1958) está compuesta por shales uniformemente negros de laminación fina, ligeramente calcáreos y comúnmente micáceos y arcillosos, la parte inferior contiene concreciones de caliza, septarias y venas de calcita. La parte superior se encuentra cubierta por suelo o por un gran talud perteneciente a la Formación Tablazo.

Según Royero & Clavijo (2001) para la región de Santander la Formación se compone de lutitas y shales gris oscuros a azulosos, fosilíferos, con intercalaciones de areniscas de grano fino y pequeñas intercalaciones de calizas grises, localmente arenosas, fosilíferas.

En la mesa de los Santos Julivert (1964) la caracteriza como lutitas con yeso y nódulos calcáreos y alguna capa delgada (10 a 20 cm) de caliza muy fina. Para las mesas de Los Santos y Barichara, según Jimeno & Yepes (1963) la Formación consiste de arcillas pizarrosas, grises verdosas, azules y negras. Cuando están alteradas presentan una coloración rojo-violáceas,

yesíferas, frecuentemente calcáreas, fosilíferas y fisiles, abundan las concreciones calco arenosas, intercaladas con lechos menores de calizas arcillosas y areniscas calcáreas de grano fino.

Moreno & Sarmiento (2002) para la zona de Barichara describen una sucesión de lodolitas en capas muy gruesas con intercalaciones de bioesparitas, arenitas de cuarzo fosilíferas y limolitas de cuarzo. De acuerdo con Pinto *et al.* (2007) para la zona de Curití se encuentran limolitas físiles de color negro y rojizo, niveles delgados de limolitas y arcillolitas negras con presencia de impresiones de fósiles y concreciones. Los shales negros presentan alto contenido de materia orgánica y se encuentran intercalados con margas de espesores de 30 cm. Para la misma zona, Reatiga (2008) describe capas medias de limolitas fisiles de color negro, calcáreas intercaladas con capas medias de geometría tabular de margas color grisáceo. En la cantera de cementos Argos, Gaona *et al.*, (2013) reporta de arcillolitas negras, arcillolitas calcáreas, intercaladas con calizas de textura mudstone. De acuerdo con Herrera (2006) la sección compuesta levantada para esta Formación en la zona de Villa Nueva-Barichara, se compone de lodolitas negras, físiles con concreciones, post deposicionales y piritosas, intercaladas con capas delgadas, frecuentemente lenticulares, de micrita y biomicrita, hacia la parte media, se encuentran fracturas paralelas a la estratificación, rellenas de cristales de yeso fibroso.

Espesor

El espesor reportado varía entre 125-625m alcanzando este último en la quebrada La Paja, su localidad tipo (Morales *et al.*,1958); en la región de Villa de Leyva su espesor es de 900m (Etayo-Serna, 1964); en la sección Sáchica-Tunja su espesor es de 900 m y en el sector noroccidental aflora una sucesión de 600m (Renzoni *et al.*,1967). Para el sector de Barichara, tiene un espesor aproximado de 200 m -Sur de la Mesa de los Santos- (Tellez 1964), en esta misma zona, la sucesión medida en las quebradas Agua blanca, Chivatera y Chivatera dañina,

presenta un espesor de 280 m (Jimeno & Yepes,1963). En la mesa de los Santos está constituida por 300 m (Julivert *et al.*,1964). El espesor aproximado en la zona de Curití es de 133m (Reatiga, 2008). En la sección Barichara - Villanueva, la Formación La Paja, tiene un espesor de 343 metros (Herrera, 2016).

Subdivisiones

En la región de Villa de Leyva se designan tres (3) miembros para esta formación, el miembro Lutitas negras inferiores, Arcillolitas abigarradas y Arcillolitas con nódulos huecos (Etayo-Serna, 1964). En Boyacá, a partir de Arcabuco y Togui, se define un miembro denominado Paja arenoso, el cual yace sobre la Formación Ritoque y por debajo de 300m de shales negros a su vez cubiertos por la Formación San Gil inferior, “se estima que este miembro sea un desarrollo facial local de la parte baja de nuestra Formación Paja “(Renzoni *et al.*,1967). En la región de San Gil, Pulido (1980) la divide en dos (2) miembros: Miembro inferior (Kimpa) compuesto por una alternancia de areniscas arcillosas de grano fino y shales negros a amarillentos y Miembro superior (Kip) compuesto por lutitas negras con abundantes concreciones calco-piritosas y delgadas intercalaciones de caliza grisosa.

Paleontología:

Según Morales *et al.*, (1958), en la región de San Gil y la Mesa de Los Santos la Formación La Paja contiene *Nicklesia* en la parte más inferior, *Pulchellia*, en posición algo más alta y más altos aún *Heteroceras* y *Santandericeras*; y finalmente, *Chelonicerases* y *Colombiceras*.

De acuerdo con Jimeno & Yepes (1963) se encuentran amonitas de *Chelonicerases* sp. *Chelonicerases* aff. *Cornuelianum*, *Colombicera* sp., *Colombicera* *rotundatum*, *Acantohoplites* *pulcher*, *Prochelonicerases* *albrechti-a* *ustriae*, *Dufrenoya* *lexana*, *Colombicera* *Alexandrinum*. *Deshayesites* *stutzseri*, *Parahoplites* aff. *Obloqus*.

Etayo-Serna (1968c), reporta en la zona de Villa de Leyva, amonitas de *Hamulina*, *Phylloceras*, *Cheloniceras*, *Australiceras*, *Colombiceras*, *Dufrenoyia*, *Procheloniceras*, *Heinzia*, *Karsteniceras*, *Nicjesia*, *Pedioceras*, *Pseudohaploceras*, *Gargasiceras* y *Lamelibranchios* con valva delgada.

Patarroyo (2000) Registra para la base de esta Formación restos de bivalvos de concha delgada, gasterópodos, peces y amonitas de *Nicklesias*, *Cheloniceras* (*Epicheloniceras*) sp., *Desayesites* sp., *Dufrenoyia* sp, entre otras.

Hoedemaeker (2004) Reporta para las áreas de Guane y Barichara especies de amonitas de *Douvilleiceras* and *Neodeshayesites*

Herrera (2016) describe la presencia de foraminíferos, bivalvos y restos de peces y amonitas de *Nicklesia*, *Gerhardtia*, *Parahoplites*, *Cheloniceras*, *Colombiceras* y *Dufrenoyia*

Génesis

De acuerdo con Morales *et al.*, (1958) las condiciones ambientales de formación que prevalecieron durante el tiempo del Paja (Paja time) representan un comienzo de profundización gradual del mar en el sur y progresivamente en el norte. Hubach (1957) define que “La Formación Paja aparece como expresión de facies y de transgresión que incluye regionalmente el Rosa Blanca y parte del Tablazo”. Jimeno & Yepes (1963) lo definen como un ambiente de tipo pandonerítico a lagunal árido restringido por barras, siendo menor la entrada de agua del mar a las pérdidas por evaporación. Se designa un ambiente de sedimentación tranquila y fondo reductor (Etayo-Serna, 1978 en Ballesteros & Nivia, 1985).

Según Pulido (1980) esta unidad se forma en un ambiente marino de aguas poco profundas y circulación restringida, con un desarrollo de facies en la parte baja a material arenoso cuya posible fuente sean los altos topográficos del área de Santander, de acuerdo con Sarmiento *et al.*,

(2016) se estima que su depósito tuvo lugar en un ambiente de mar abierto, epicontinental con influencia restringida de material terrígeno. Gaona (2015) reporta un avance del mar Barremiano hacia el norte del Valle Medio del Magdalena, el valle del Cesar y hacia el oriente del Macizo de Santander, que produjo depósitos diacrónicos de carbonatos de aguas someras y shales de plataforma media (Fm. La Paja).

Por último, Herrera (2016) señala que, siguiendo evidencias litológicas, en general se observan transiciones en el nivel del mar, presentando frecuentes oscilaciones eustáticas entre ambientes de plataforma y shoreface. El ambiente se caracteriza por presentar aporte restringido de terrígenos y condiciones reductoras, permitiendo la precipitación de pirita, moscovita y adicionalmente, explicando la baja diversidad, poca cantidad y tamaño relativamente pequeño en los foraminíferos.

Correlación

Según Morales (1958) la Formación Paja (*Paja Formation*) se correlaciona con “*the Paja of the Empresa*”, la “*La Paja de Socony*”, una sección sin nombre denominada “*shale section of Shell*”, a la parte inferior de “*Velez formation de Richmond*”, y con el “*lower Villeta de Texas*” en el área de Velasquez. Se correlaciona también con la parte superior del “*Basal Limestone group de Intercol*” en el área de Totumal.

Representa los dos pisos inferiores del grupo de Villeta (Hubach, 1957). La Formación Paja y su miembro Paja arenoso se correlacionan con parte de la Formación Tibasosa (Renzoni *et al.*, 1967), debido a que la Formación La Paja adelgaza mucho de este a oeste, no hay unidad formacional para relacionarla en la sección de la cuenca de Maracaibo (Ward *et al.*, 1973), Según Royero & Clavijo, (2001) se puede correlacionar con una parte de la Formación Tibú-Mercedes.

Límites

Inferior: Suprayace a la Formación Rosa Blanca en contacto concordante y neto (Morales *et al.*, 1958). Suprayace en forma concordante a la Formación Rosa Blanca (Jimeno & Yepes, 1963). La Formación Paja se apoya sobre el Rosa blanca (Julivert *et al.*, 1964). En las zonas de Sáchica y Tunja yace sobre la Formación Ritoque (Renzoni *et al.*, 1967). Suprayace hacia el sur a la Formación Ritoque y cuando hay un acuñaamiento se pone en contacto normal con las calizas del Rosa blanca (Pulido, 1980).

Superior: Definido de diferentes maneras por varios autores: como conforme y gradacional para el área tipo y la zona de la mesa de Barichara (Morales *et al.*, 1958; Jimeno & Yepes, 1963; Pinto *et al.*, 2007), neto concordante en la mesa de Barichara (Téllez, 1964; Pulido, 1980; Moreno & Sarmiento, 2002) concordante en Barichara (Hoedemaeker, 2004), infrayacente a la Formación San Gil inferior en el área de Sáchica-Tunja (Renzoni *et al.*, 1967) e infrayacente y neto en el área de Sáchica (Moreno & Sarmiento, 2002).

Aspectos Regionales

De acuerdo con Morales *et al.*, (1958), las colinas compuestas de estos shales, al ser muy incompetentes, se desploman en los valles; las laderas resistentes son raras.

La Formación La Paja (o Paja) ha sido cartografiada por toda la Región de Mesas y Cuestas donde frecuentemente es yesífera, este carácter yesífero constituye un rasgo particular de la sedimentación del Barremiano en esta área. La extensión geográfica de esta formación es la parte Norte del Valle Medio del Magdalena y la Región de Mesas y Cuestas. (Julivert, 1958a; 1958b; Jimeno & Yepes, 1963, en Julivert, 1968).

Patarroyo (1998), propone que la extensión de la Formación La Paja, se restringe a la parte central de Colombia y hacia el este por la Falla de Boyacá, la cual muestra continuidad lateral de sus características litológicas dentro de la Cuenca Cretácica.

Para la cartografía de INGEOMINAS realizada entre los años 1977 y 2012, se reporta la Formación La Paja desde la zona más septentrional correspondiente a Bocas del Rosario hasta la parte meridional equivalente a Tunja (Figura 4)



FIGURA 8: Distribución geográfica de las Formaciones La Paja y Tablazo basado en la cartografía 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano

Formación Tablazo

Proponente del nombre

Wheeler en un informe inédito según Morales *et al.*, 1958

Derivación del Nombre

Se llamó a las Calizas del Tablazo (Tablazo Limestone) a las rocas aflorantes en la primera montaña al este del pueblo del Tablazo, departamento de Santander. Adicionalmente está bien expuesto a lo largo del camino del Tablazo al Cerro Rosa Blanca (Al norte del río Sogamoso; Morales *et al.*, 1958)

En otros estudios realizados en esta unidad se han utilizado otros nombres como “*The Tablazo Limestone*” (Anderson, 1945), “*Conjunto San Gil*” (Hubach, 1953), “*Calizas del Tablazo*” (Hubach, 1957; Julivert, 1958a) “*Formación Tablazo*” (Jimeno & Yepes, 1963; Julivert, 1960 & 1964; Tellez, 1964; Pulido, 1980; Patarroyo P 1997; Royero & Clavijo, 2001; Moreno & Sarmiento, 2002; Hodemaker, 2004 y Gaona *et al.*, 2015) “*Formación Calizas del Tablazo*” (Etayo-Serna, 1964) y “*Formación San Gil inferior*” (Etayo-Serna, 1965).

Localidad Tipo

La sección tipo de la Formación Tablazo se encuentra en el Tablazo, donde la carretera de Bucaramanga hacia San Vicente atraviesa el río Sogamoso,

que corta el risco formado por estas rocas. (Ward *et al.*, 1973)

Posición Estratigráfica y Edad

Según Morales *et al.*, (1958) en el área del río Sogamoso no se encontraron amonitas por lo que la edad fue inferida por posición estratigráfica, las Calizas del Tablazo se encuentran suprayaciendo las rocas de la Formación La Paja de edad Aptiano Superior e infrayaciendo shales del Albiano, por lo que se asume una edad Aptiano – Albiano inferior.

Para Etayo-Serna (1968) las rocas aflorantes en Villa de Leyva suprayacientes a la Formación La Paja e infrayacentes a la Formación San Gil superior que corresponden a la correlacionable

Formación San Gil inferior a las cuales les asigna una de edad Aptiano Superior – Albiano inferior

Descripción Geológica

En el área cercana a San Vicente; está compuesta de calizas macizas, calizas arenosas, arcillolitas y areniscas (Morales *et al.*, 1958) Para la zona de San Gil, donde Hubach (1957) definió el Conjunto San Gil, reporta areniscas, areniscas calcáreas y calizas de 2 hasta 8 m de espesor que alternan con estratos de esquistos arcillosos oscuros de grueso análogo; en el área de Villanueva Jimeno & Yepes (1963) describen calizas fosilíferas, concrecionarias, micáceas, claras a grises, gruesamente estratificadas en bancos de 4 a 13 m de espesor, intercaladas con niveles menores de arcillas pizarrosas y areniscas calcáreas; Tellez (1964) para la carretera que conduce de San Gil a Barichara separa a la Formación Tablazo en 3 niveles: primero un nivel basal de margas y caliza sin areniscas (Para la zona SE reporta el cambio de todas las calizas por niveles de areniscas), segundo un nivel medio compuesto por calizas masivas y areniscas muy calcáreas intercaladas con niveles de arcillolitas, margas y areniscas; y tercero un nivel principalmente arcillo-arenoso donde ambas litologías se encuentran en la misma proporción. Y por último, en la zona de Barichara, Moreno & Sarmiento (2001) divide a la Formación Tablazo en 5 segmentos (Ver Síntesis estratigráfica)

Espesor

El espesor de la formación se hace mayor hacia el S, en el área tipo, en el poblado del Tablazo, se registra un espesor de 150 m (Morales *et al.*, 1958), para el área de la Mesa de Barichara se midieron espesores de 350 m (Julivert, 1958) y 330 m (Téllez, 1964); en la vía Guane – Barichara el espesor es de 360 m (Moreno & Sarmiento, 2001) y 300 m en el área de Villanueva (Jimeno

& Yepes, 1963). Para el área de Boyacá (Etayo-Serna, 1968) reporta un espesor de 480 m en la correlacionable Formación San Gil Inferior.

Paleontología

Las calizas del Tablazo de Wheeler (1929) en Morales *et al.*, (1958) en el área de la sección tipo son ricas en grandes pelecípodos como *Trigonia hondana* Lea, pero no se han encontrado fósiles indicadores de edad. Según Téllez (1964) en el área de la Mesa de los Santos y W de la Mesa de Barichara el contacto neto entre las Formaciones La Paja y Tablazo es marcado por un nivel fosilífero de *exogyras*.

Génesis

Para el área del Río Sogamoso Wheeler, 1929 en Morales *et al.*, (1958) basado en fósiles asigna un ambiente de formación nerítico superior. Royero & Clavijo (2001) interpretan que las rocas de la Formación Tablazo se formaron en condiciones neríticas, poco profundas; para el área de Barichara, Moreno & Sarmiento (2001) interpretan que el ambiente de formación correspondió a sucesiones normales de frente costero progradacionales y retrogradacionales en las que cada sucesión individual lodo - limo - arena define un ciclo, caracterizado por un aumento de la energía actuante sobre el fondo de sedimentación y la disminución progresiva de la profundidad de agua.

Correlación

Las Calizas del Tablazo según Morales *et al.*, (1958) se puede correlacionar con el “Tablazo Ridge Limestone” de Socony, La Caliza del Alto Bolívar de Shell, El Villeta de Texas y con el miembro calcáreo usado por Intercol en el área de Totumal.

Adicionalmente, se encuentra una equivalencia de la Formación Tablazo con la Formación San Gil (Hubach, 1957) o Caliza de San Gil (Julivert, 1958) que luego es formalizada como

Formación San Gil inferior para el área de Boyacá (Etayo-Serna, 1968) En el área de Duitama que corresponde a plancha 171 de INGEOMINAS, se cartografía la Formación San Gil Superior, pero también se establece una correlación con una parte de la Formación Tibasosa (Renzoni & Rosas, 1967)

En la Cuenca Catatumbo se correlaciona cronoestratigráficamente con las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente (Royero & Clavijo, 2001)

Límites

Inferior: Definido por diferentes autores: como conforme y gradacional para el área tipo y la zona de la mesa de Barichara (Morales *et al.*, 1958; Jimeno & Yepes, 1963; Pinto *et al.*, 2007), neto concordante en la mesa de Barichara (Téllez, 1964; Pulido, 1980; Moreno & Sarmiento, 2002) concordante en Barichara (Hoedemaeker, 2004), infrayacente a la Formación San Gil inferior en el área de Sáchica-Tunja (Renzoni *et al.*, 1967) e infrayacente y neto en el área de Sáchica (Moreno & Sarmiento, 2002).

Superior: En el área de la sección tipo, el contacto se define como concordante y relativamente neto (Morales *et al.*, 1958) Adicionalmente, en el área de las mesas el contacto entre las Formaciones Tablazo y Simití es oblicuo (Julivert, 1968); el contacto con la suprayacente Formación Simití es concordante en Santander (Royero & Clavijo, 2001) para el área de Sáchica, Boyacá se observa que el contacto es neto (Moreno & Sarmiento, 2002)

Aspectos Regionales

Para la cartografía de INGEOMINAS, se reporta la Formación Tablazo desde la zona más septentrional correspondiente a Tamalameque, Cesar hasta la parte meridional equivalente a Chiquinquirá, Boyacá donde en la plancha de Duitama y Tunja, cambia a la Formación San Gil Inferior (Figura 4). En las Plancha 172 de Paz de Río que se cartografía Une, o la Plancha 189 de

La Palma donde la Formación Tablazo cambia de facies a lo que llaman Conjunto Arenoso Lutítico que es equivalente a la Formación San Gil Inferior (Rodríguez & Ulloa, 1994)

Esta formación se caracteriza por expresarse regionalmente como fuertes flancos escarpados que contrastan con las suaves pendientes de la Formación La Paja.

6.2 Trabajo de Campo

Se realizó una cartografía regional sobre la plancha topográfica 135-II-D del IGAC a escala 1:25.000 donde se ubicaron las unidades geológicas aflorantes de acuerdo con sus rasgos litológicos y geomorfológicos, se tomaron datos estructurales con una brújula tipo Brunton y se ubicaron los puntos por medio de un GPS.

Por medio de la cartografía realizada y en base en la plancha geológica 135 de San Gil (INGEOMINAS, 1980) se reconocieron tres (3) secciones donde afloraba el contacto entre las Formaciones La Paja y Tablazo (San Gil- Socorro (SGS); Curití-San Gil (CSG); Barichara(SMB)) y se levantaron tres columnas estratigráficas respectivamente a escala 1:10 por el método de medición directa con un bastón de Jacob (Compton, 1985), los datos se registraron en un formato propuesto donde se tuvieron en cuenta las características litológicas, composicionales, estructurales y morfológicas de las capas; se recolectaron un total de 63 muestras las cuales fueron orientadas y rotuladas mediante una nomenclatura que facilitara su reconocimiento (*Nombre de la sección-bastón-número de muestra*).

El reconocimiento del contacto entre estas dos formaciones se basó en criterios de localización, rasgos geomorfológicos característicos de cada formación (competencia), diferencia de colores y litología. Para reconocer el carácter calcáreo de las rocas se utilizó ácido clorhídrico (HCl) en concentración del 10% y para el reconocimiento de los fosfatos se utilizó Molibdato de Amonio y Ácido clorhídrico.

La descripción de muestras en campo se realizó basados en la clasificación de Dunham (1962) para rocas calcáreas y Folk (1980) para rocas terrígenas, para determinar el tamaño de los constituyentes se utilizó la escala de Wentworth (1922).

Para la referencia del color en el afloramiento y en las muestras de mano se utilizó la carta de colores de Geological color chart (1991); para trazar el espesor de capa se tuvieron en cuenta los criterios de Campbell (1967).

Se realizó un registro fotográfico de las características más relevantes observadas con su respectiva escala.

6.3 Fase de laboratorio

Mapa Geológico

El mapa geológico se realizó en el programa ArcGIS, fue editado mediante el programa COREL DRAW, el DEM se tomó de la página del UAF (Alaska Satellite Facility)

Columnas Estratigráficas

Las columnas estratigráficas fueron digitalizadas mediante el programa COREL DRAW a escala 1:50 en base a el modelo normalizado de columna estratigráfica propuesto por Vera (1994, p.100). La leyenda se realizó en base a los criterios de color y granulometría propuestos por Lazar *et al.*, (2015) posteriormente se hizo una descripción por segmentos para cada sección, agrupando paquetes litológicos de características similares y a lo reportado en la bibliografía.

Descripción y análisis de muestras:

La descripción de muestras de mano se realizó basados en la clasificación de Dunham (1962) para rocas calcáreas y Folk (1980) para rocas terrígenas, cada muestra se encuentra debidamente marcada, localizada en el mapa, ubicada en la columna estratigráfica, clasificada y fotografiada en un catálogo de muestras.

Tabla 2: cantidad de muestras tomadas en cada una de las secciones y sus respectivo análisis

Sección/Muestras	Muestras de mano	Sección Delgada	Análisis químico
<i>SGS</i>	25	4	4
<i>CSG</i>	18	7	2
<i>SMB</i>	20	2	1
TOTAL	63	13	7

Los criterios de continuación, forma y geometría de las láminas y capas se realizaron con base en el esquema de Campbell (1967) y el porcentaje de bioperturbación en muestra de mano y sección delgada se estimó con base en los cuadros comparativos de Pemberton *et al.*, (1992)

Análisis Petrográfico

Para la descripción de las 13 secciones delgadas se realizó un conteo de aproximadamente 300 puntos, espaciados 1mm en la horizontal y 2 mm en la vertical de base a tope. Se tuvo en cuenta criterios de fábrica de la roca (Armazón, Matriz, cemento), características texturales y composicionales de los minerales, los cuales se registraron en un formato propuesto.

Las muestras fueron teñidas con Ferrocianuro Potásico y Rojo de Alizarina S, para el reconocimiento de los tipos de carbonatos presentes. (Lindholm & Finkelman, 1972)

Se reconocieron los 3 constituyentes principales (terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos) y se utilizó la clasificación fundamental de las Rocas sedimentarias propuesta por Folk (1980) para determinar el tipo de roca. Para el reconocimiento de los constituyentes aloquímicos se utilizaron los criterios y conceptos de Flügel (2010) y Scholle & Ulmer-Scholle (2003).

Para la clasificación petrográfica de las secciones delgadas se empleó un cálculo porcentual de las variaciones texturales y composicionales de las rocas basados en la clasificación propuesta por Lazar *et al.*, (2015) para rocas terrígenas de grano fino y Folk (1980) para las rocas calcáreas.

Se utilizaron microscopios petrográficos binoculares de luz transmitida y reflejada, se usó el software Microscope Imaging Software de Leica para la toma de las fotografías del grupo de investigación de (GIGBA) de la Universidad Industrial de Santander.

Las secciones fueron escaneadas en el Instituto Colombiano de Petróleo (ICP)

Para la síntesis petrográfica de cada sección se utilizó el formato propuesto por Lazar *et al.*, (2015 p. 174).

Análisis Químicos

Se realizó un análisis de TC, TOC y Azufre total por combustión en un horno de alta temperatura con detección infrarroja no dispersiva DNIR (Analizador LECO SC-144DR) en laboratorio de geoquímica del petróleo de la Universidad Industrial de Santander, para este análisis se trituraron 10gr de muestra las cuales fueron posteriormente pulverizadas en un mortero de ágata, secadas y pesadas.

7. Resultados

7.1 Mapa

El mapa realizado a escala 1:25.000 de la zona oeste de Curití (Ver Apéndice A) permitió identificar las Formaciones Los Santos, Rosa Blanca, La Paja y Tablazo; proponer un plegamiento llamado Sinclinal de Las Vueltas (nombre que recibe por un caserío cercano).

Gracias a esta cartografía fue que se logró identificar la sección estratigráfica, en uno de los afluentes de la quebrada Curití y que será descrita más adelante.

7.2 Estratigrafía física

7.2.1 Sección San Gil Socorro (SGS)

Ubicada en la vía que conduce desde San Gil a Socorro, consta de un talud expuesto de 10 metros de espesor en donde se observa la variación de competencia y color entre las dos unidades (Figura 9), la cual consta de 3 segmentos descritos macroscópicamente, que complementados con análisis microscópicos, paleontológicos y geoquímicos permitieron determinar 3 facies (**SP1, SPJ2 y ST1**).



FIGURA 9: Afloramiento del talud expuesto sobre la vía que conduce desde San Gil a Socorro. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm La Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)

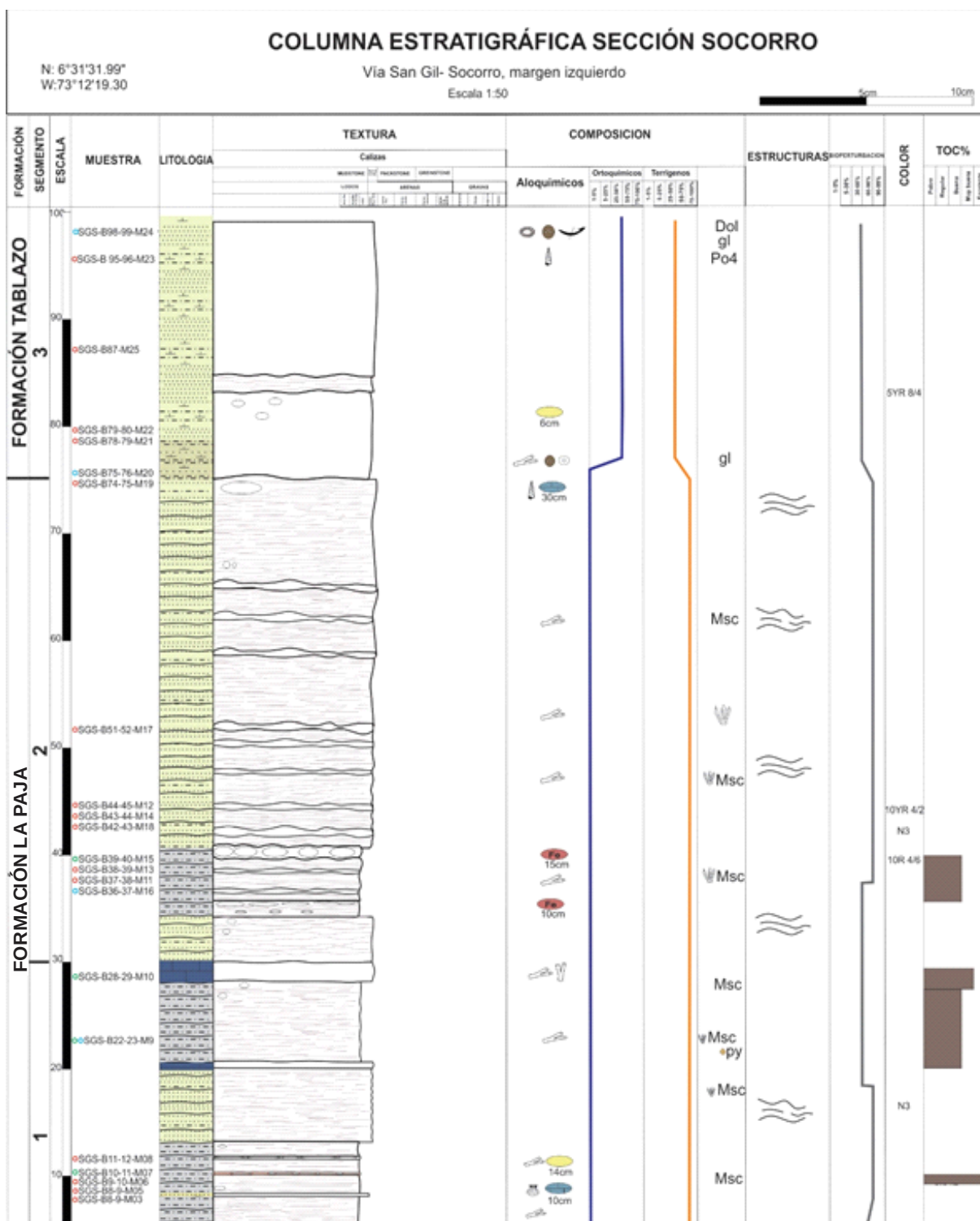
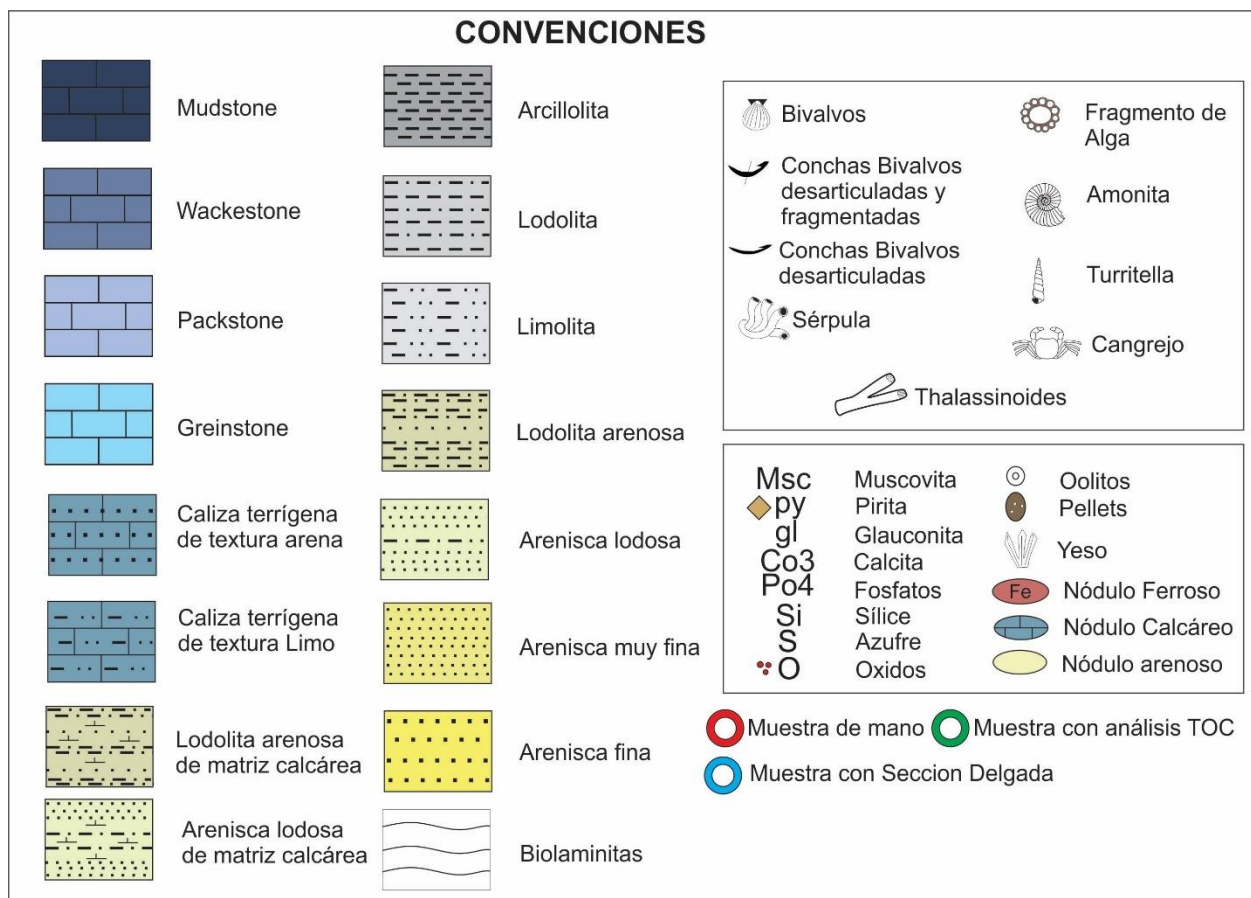


FIGURA 10: Columna Estratigráfica sección Socorro. Escala 1 :50



Descripción macroscópica (Figura 10)

Segmento 1

Constituido por capas medias a gruesas con contactos ondulados netos continuos, de lodolitas grises (N3) con laminación interna ondulosa paralela discontinua, intercaladas con capas medias de caliza maciza tipo mudstone de color gris oscuro (N3) que meteorizan a colores pardos (Figura 11). Tanto en las lodolitas como en las calizas, ocasionalmente se reconocen madrigueras de *Thalassinoides*; en la parte inferior del segmento se encuentran dos niveles de nódulos ferruginosos de diámetros no mayores a 14 cm, en el primer nivel a 50 cm de la base se

encontraron moldes de gasterópodos de espira larga tipo *Turritella*. A lo largo del segmento se reconocen nódulos calcáreos aislados rodeados por las láminas internas de las lodolitas, algunos contienen moldes de bivalvos que no superan los 2 cm de longitud. También se reconoce moscovita (<5%), sulfuros (pirita), yeso relleno de venas o como agregado cristalino

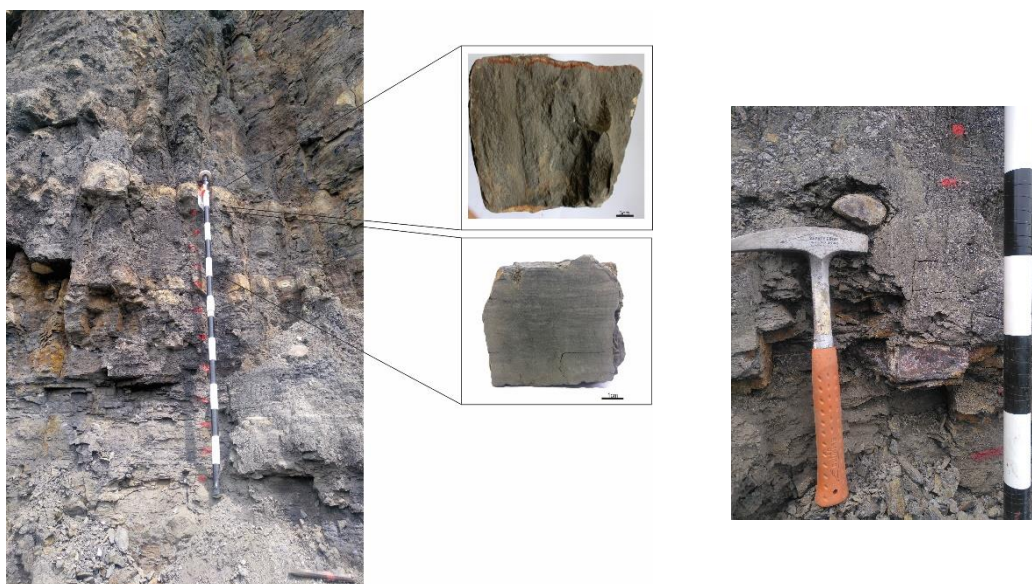


FIGURA 11: Izq. Intercalaciones de lodolitas grises (A) y niveles competentes de calizas mudstone (B), Der. Niveles nodulares Ferruginosos

Segmento 2

Compuesto por capas medias a muy gruesas estratocrecientes de lodolitas grises (N3) intercaladas con capas medias de areniscas de textura muy fina con contactos ondulados netos continuos (Figura 12), de color marron amarillento (10 YR 4/2). Hacia la base se encuentran dos capas de lodolitas con nódulos ferruginosos de hasta 15 cm. Tanto en las lodolitas como en las areniscas se reconocieron madrigueras de *Thalassinoides* a lo largo de todo el segmento, hacia el tope se observan nódulos aislados envueltos por la laminación de las lodolitas. El tope de este segmento está marcado por un nódulo arenoso de 30 cm de diámetro (Figura 13), en este se encontraron gasterópodos y bivalvos que no superaban los 2 cm de longitud.



FIGURA 12: Intercalaciones de niveles de biolaminitas con láminas competentes arenosas



FIGURA 13: Izq. Niveles nodulares sin-sedimentarios asociados a *Thalassinoides*. Der. Nódulo arenoso de 20 cm de diámetro

Segmento 3

Se caracteriza por la presencia de dos capas gruesas de areniscas calcáreas separadas por una capa de arenisca físil con contactos ondulados netos continuos (Figura 14). La capa inferior de colores amarillos grisáceos (5Y 8/4) posee nódulos arenosos de 6 cm de diámetro, la capa superior se caracteriza por la presencia de bioclastos de bivalvos y fosfatos. Todo el segmento se encuentra bioperturbado y presenta zonas de acumulación de materia orgánica.



FIGURA 14: Izq. Cambio de coloración y competencia entre los segmentos 2 y 3. Der. Intercalaciones entre Capas potentes de lodolitas arenosas calcáreas y niveles menos competentes de la misma litología

Descripción microscópica

En la siguiente tabla (Tabla 3) se resumen las características de la petrografía realizada a 4 muestras recolectadas de esta sección (Figura 10), la descripción detallada permitió definir su clasificación textural, composicional y sus respectivas microfacies (Ver apéndice B)

Tabla 3: Resumen petrográfico de las 4 muestras con sus respectivos segmentos

MUESTRA	SEGMENTO	Ortoquímicos		Aloquímicos							Terrígenos								Mat orgánica	Fosfatos	Porosidad	TOTAL	TIPO DE ROCA
		Micrita	Esparit a	Oolitos	Pellets	Fósiles				Cuarzo	Lítico s	Arcilla	Mosco vita	Opac os	Zircó n	Clorita	Glaucon ita	Turmal ina					
						Bv	Gp	Algas	Sin Id														
SGS- M9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	49%	tz	tz	7%		1%	tz	-	-	38%	-	4%	99%	Lodolita media silicea rica en materia orgánica
SGS M16	2	-	-	-	-	-	-	-	-	43%	-	26%	7%	2%	tz	tz	tz	tz	22%	-	-	100%	Lodolita media silicea rica en materia orgánica
SGS- M20	3	-	-	tz	7%		-	-	-	53%	-	9%	5%	4%	2%	tz	2%	2%	12%	-	5%	100%	Lodolita arenosa silicea con materia orgánica.
SGS M24	3	32%	-	tz	2%	1%	-	-	-	47%	-	-	2%	-	-	-	1%	-	-	14%	1%	100%	Arenisca lodosa calcarea

Microfacies SGS-M9-Segmento 1: “Lodolita Media silicea” (Medium Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) de color gris oscuro (N3) composicionalmente se encuentra cuarzo, materia orgánica y moscovita; laminación plano paralela discontinua marcada por la concentración de materia

orgánica y moscovitas paralelas a la estratificación; pobremente bioperturbada; zircones y cloritas como minerales accesorios.

Microfacies SGS-M16-Segmento 2: “Lodolita Media arcillosa” (Medium Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) de color gris oscuro (N3), con laminación paralela ondulosa discontinua, marcada por diferencias composicionales entre Biolaminitas oscuras y láminas de cuarzo detritico, las muscovitas se encuentran paralelas a la estratificación, moderadamente bioperturbada, accesorios trazas de minerales opacos, clorita y zircones.

Microfacies SGS-M20-Segmento 3: “Lodolita Arenosa silicea” (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) con moscovita, abundante materia orgánica y fosfatos, hacia la base es ligeramente laminada, láminas planas discontinuas, relictos de pellets que han sido glauconitizados; pobremente bioperturbada.

Microfacies SGS-M24-Segmento 3: “Arenisca lodosa” (Muddy Sandstone; Lazar *et al.*, 2015), de composición silíceo-calcárea con laminación discontinua ondulosa no paralela, su matriz está compuesta por calcita y ankerita, cemento dolomítico, con bioclastos fragmentados, donde se reconocen conchas de bivalvos, algas, pellets glauconitizados; altamente bioperturbada.

Paleontología

Aunque esta sección se caracteriza por su escaso contenido fósil, en el segmento 1 se encuentran moldes de gasterópodos posiblemente *Turritella (Haustator) columbiana* (Jaworski, 1938; en Luque 2012), mientras que en el segmento 3 se observan moldes de bivalvos, *Turritellas* y *oogonias* correspondientes a fragmentos de algas carófitas (Scholle & Ullmer-Scholle, 2003; p.19)

Análisis de TOC

Se presenta en la Tabla 4 las concentraciones porcentuales de carbono orgánico total (TOC) correspondientes a los segmentos 1 y 2 y su evaluación se basa en la Tabla (2)

Tabla 4: Evaluación del TOC para las 2 muestras de la sección Socorro

Muestra	Segmento	Concentración % [p/p]	Desviación estándar	Evaluación
SGS-M7	1	8.542	0.034	Excelente
SGS-M9	1	1.559	0.003	Buena
SGS-M10	1	3.675	0.087	Muy Buena
SGS-M15	2	1.251	0.010	Buena

Facies

Facies SP1(Socorro La Paja 1): Lodolitas grises laminadas intercaladas con niveles de calizas tipo mudstone.

Corresponde al segmento 1 anteriormente descrito y a la microfacies **SGS-M9**. Se distingue de las facies suprayacentes por la baja concentración de fósiles, la presencia de niveles nodulares ferruginosos, nódulos calcáreos aislados, yeso en agregados y venas, el contenido de materia orgánica varía de buena a excelente

Facies SP2 (Socorro La Paja 2): Alternancia entre areniscas de grano fino y lodolitas biolaminadas

Corresponde al segmento 2 anteriormente descrito y a la microfacies **SGS-M16**, se distingue de la facies anterior por una alternancia entre niveles lodosos y arenosos, aumento en la bioperturbación y mayor aporte siliciclástico, el contenido de materia orgánica es bueno.

Facies ST1(Socorro Tablazo 1): Lodolitas y Areniscas lodosas calcáreas.

Corresponde al segmento 3 y a las microfacies **SGS-M20** y **SGS-M24**, se distingue de las facies infrayacentes por un aumento en la granulometría, cambios composicionales con aportes

calcáreos y fosfáticos, potencia de las capas y presencia de aloquímicos como pellets, oolitos, fósiles de algas carófitas y bivalvos fragmentados.

7.2.2 Sección Curit San Gil (CSG)

Ubicada sobre uno de los afluentes de la Quebrada Curití, al margen derecho de la carretera que conduce de Aratoca a San Gil, se encuentra expuesto un afloramiento donde basado en la diferencia entre las competencias de las rocas se ubica el contacto entre las formaciones La Paja y Tablazo (Figura 15). Donde se reconocieron 3 segmentos descritos macroscópicamente, que complementados con análisis microscópicos, paleontológicos y geoquímicos permitieron determinar 3 facies (**CP1, CT1 y CT2**)



FIGURA 15; Afloramiento sobre la vía que conduce desde Aratoca a San Gil. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm La Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)

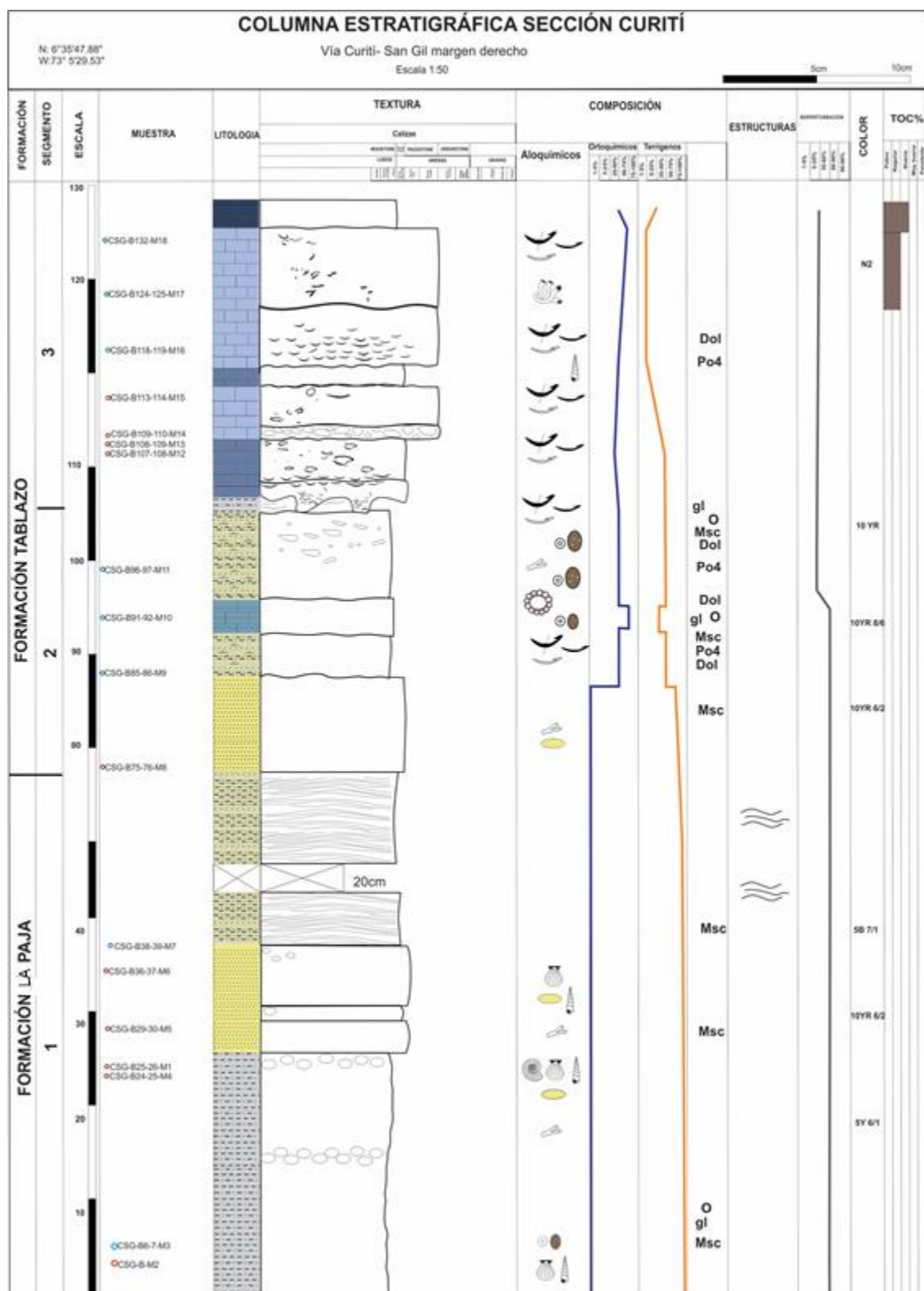


FIGURA 16: Columna estratigráfica sección Curití escala 1:50

Descripción macroscópica (Figura 16)

Segmento 1

Constituido por capas gruesas de geometría tabular con contactos netos irregulares de lodolitas de color gris oliva (5Y 6/1) con laminación interna ondulosa paralela discontinua, en su parte media se encuentran niveles nodulares de composición arenosa. Las lodolitas, presentan moldes externos de bivalvos y *turritellas* orientados de forma paralela a la estratificación, los niveles nodulares algunos fosilíferos contienen moldes de amonitas (Figura 17); hacia la mitad del segmento se encuentran niveles medios de areniscas de textura muy fina, macizas, competentes de colores marrones amarillentos (10 YR 6/2) con nódulos arenosos fosilíferos aislados, seguidas por un nivel medio menos competente de lodolitas grises azulosas (5B 7/1) con laminación interna ondulosa paralela continua (Figura 9), en todo el segmento se reconocen ocasionalmente madrigueras no identificadas, se encuentra moscovita (<5%) y algunos óxidos. Suprayacido por un cubierto de 2 m de espesor.



FIGURA 17: Izq. Nivel de lodolitas con nódulos terrígenos Altamente diaclasada. Der. Amonita recolectada



FIGURA 18: *Lodolitas gris oliva laminadas*

Segmento 2

Capas gruesas competentes de geometría tabular en contactos netos ondulosos continuos. Hacia la base encontramos un nivel de arenisca de textura muy fina de tonalidades marrones amarillentas (10YR 6/2) con bivalvos altamente fragmentados, ligeramente bioperturbada, encima de este nivel se encuentran tres capas gruesas de areniscas calcáreas con fosfato, color naranja amarillento (10YR 8/6), con fragmentos desarticulados de bivalvos.

Segmento 3

Se compone de capas gruesas de geometría tabular en contactos ondulosos netos continuos. Hacia la base de este segmento, se encuentra un nivel de 30 cm de arcilla que aparentemente fue socavada por el depósito suprayacente (de calizas, madrigueras??), seguido de capas de calizas tipo wackestone y packstone, con conchas fragmentadas de bivalvos de orientación predominantemente oblicua a la estratificación, serpúlidos y gasterópodos; color negro grisáceo (N2) intercaladas con niveles calcáreos de apariencia nodular de 20 cm (Figura 19)



FIGURA 19: Izq. Niveles calcáreos de apariencia nodular. Der. Calizas tipo Wackestone con conchas de bivalvos y serpúlidos

Descripción microscópica

En la siguiente Tabla 5 se resumen las características de la petrografía realizada a 4 muestras recolectadas de esta sección (Figura 16), la descripción detallada permitió definir su clasificación textural, composicional y sus respectivas microfacies (Apéndice F)

Tabla 5: Resumen petrográfico de las 7 muestras del Segmento Curití

MUESTRA	SEGMENTO	Oroquimicos		Aloquimicos						Terrigenos										Mat organica	Fosfatos	Porosidad	TOTAL	TIPO DE ROCA
		Micrita	Esparita	Oolitos	Pellets	Fósiles				Cuarzo	Líticos	Arcilla	Moscovita	Opacos	Zircón	Clorita	Glaucanita	Turmalina						
						Bv	Gp	Algas	Sin Id															
CSG- M3	1	-	-	tz	tz	-	-	-	10%	40%	-	47%	3%	tz	-	tz	tz	-	-	-	-	100%	Lodolita de tamaño medio arcillosa silicea	
CSG-M7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	53%	-	34%	2%	1%	3%			tz	-	-	8%	100%	Lodolita arenosa silicea	
CSG M9	3	33%	-	tz	tz	-	-	-	1%	51%	-	-	1%	1%	-	tz	tz	tz	-	13%		100%	Lodolita arenosa silicea ligeramente calcárea	
CSG-M10	3	52%	-	-	2%	-	-	tz	1%	43%	-	-	tz	2%	-	tz	tz	tz	-	-	-	100%	Biomicrita terrigena de granos de cuarzo tamaño limo	
CSG M11	3	31%	-	-	-	-	-	-	1%	52%	-	-	1%	2%			1%	tz	-	12%	-	100%	Lodolita arenosa silicea ligeramente calcárea	
CSG M13	4	38%	-	tz	3%	12%	-	tz	-	33%	-	-	1%	-	1%	-	1%	-	2%	10%	tz	100%	Biomicrita de bivalvos con terrigenos tamaño arena fina	
CSG- M16	4	52%	-	-	-	43%	1%	-	-	4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	Biomicrita de bivalvos y gasteropodos	

Microfacies CSG-M3-Segmento 1: “Lodolita media” (Medium Mudstone; Lazar *et al.*, 2015)

de composición arcillosa- silicea rica en materia orgánica con laminación ondulosa no paralela

discontinua marcada por la orientación de las moscovitas, contine bioclastos tamaño limo altamente fracturados, oolitos y pellets; está débilmente bioperturbada y esta se reconoce por la tendencia de los granos a formar estructuras circulares, minerales accesorios trazas de glauconita, clorita y óxido.

Microfacies CSG-M7-Segmento 1: “Lodolita Arenosa silícea” (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) de composición silicea y matriz sericítica; su estructura es maciza, está débilmente bioperturbada aparéntemente criptobioperturbación. Minerales accesorios trazas de moscovita, opacos, zirrones y turmalinas.

Microfacies CSG-M9-Segmento 2: “Lodolita arenosa silícea” (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) compuesta por cuarzos monocristalinos, matriz sericítica rica en materia orgánica, fosfatos, cemento calcáreo de calcita, ankerita y dolomita; contiene pellets, oolitos glauconitizados, bivalvos fragmentados; su estructura es maciza, débilmente bioperturbada, accesorios traza de moscovita, opacos, clorita, glauconita y turmalina.

Microfacies CSG-M10-Segmento 2: Biomicrita terrígena (Folk, 1962) con matriz micrítica y cemento dolomítico, granos de cuarzo monocristalino tamaño limo, bioclastos de tamaño arena gruesa sin orientación, pellets, algas carófitas?, minerales opacos (<2%), moderadamente bioperturbada, minerales traza de moscovita, clorita, glauconita y turmalina.

Microfacies CSG-M11-Segmento 2: “Lodolita arenosa silícea” (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015), compuesta por granos de cuarzo monocristalino, matriz calcárea de composición calcítica-ferrosa, cemento dolomítico y fosfatos; contiene bioclastos altamente fragmentados y pellets; su estructura es maciza y está altamente bioperturbada; presenta minerales de moscovita, óxidos y glauconita (<2%) además de trazas de turmalina.

Microfacies CSG-M13-Segmento 3: Biomicrita terrígena de bivalvos (Folk, 1962) los terrígenos corresponden a granos de cuarzo monocristalino de textura fina, fragmentos de bivalvos tamaño arena gruesa a muy gruesa que flotan en una matriz micrítica, con cemento dolomítico y fosfatos; presenta pellets, oolitos, restos de algas; minerales opacos, moscovita y glauconita (<2%); las conchas están altamente fragmentadas; se encuentra debilmente bioperturbada.

Microfacies CSG-M16-Segmento 3: Biomicrita de bivalvos y gasterópodos (Folk, 1962), compuesta por bivalvos algunos tipo *Ceratostreon* y gasterópodos de tamaños arena fina a gruesa sin orientación flotando en una matriz micrítica rica en materia orgánica, con cemento dolomítico; algunas conchas presentan neomorfismo, silicificación o están piritizadas; presenta un ligero aporte terrígeno de granos de cuarzo monocristalino (<4%).

Paleontología

El segmento 1 se caracteriza por la ocurrencia de nódulos terrígenos con moldes de *Turritella* *Haustator columbiana* (Jaworski, 1938 en Luque, 2012) menores a 2 cm y moldes de bivalvos sin identificar en asociación con las amonitas identificadas como *Riedelites obliquum* (Riedel, 1938) pertenecientes al Aptiano superior (Profesor F. Etayo-Serna, comunicación escrita, septiembre de 2019).

En el segmento 3 se encontraron bivalvos, algunos correspondientes al grupo de grifeidos *Ceratostreon* (G. Guzmán, comunicación personal, septiembre de 2019), y otros que no pudieron ser identificados, además gasterópodos, *oogonias?* mencionadas anteriormente (Ver segmento 3 Socorro) y serpúlidos.

Adicionalmente, en el Sinclinal de las Vueltas se encontró un ejemplar mal conservado de *Neodeshayesites Albertoalvarezi* (Etayo-Serna,1975) de edad Albiano inferior?. (Profesor F. Etayo-Serna , comunicación escrita, septiembre del 2019)

Análisis de TOC

Se presenta en la tabla 6 las concentraciones porcentuales de carbono orgánico total (TOC) correspondientes al segmento 3 y su evaluación se basa en la Tabla 2

Tabla 6: Evaluaciones de TOC para las 2 muestras de la sección Curití

Muestra	Segmento	Concentración % [p/p]	Desviación estándar	Evaluación
CSG-M17	3	0.230	0.052	Regular
CSG-M18	3	0.465	0.01	Buena

Facies

Facies CP1(Curití La Paja 1): Intercalación de lodolitas medias y areniscas de grano muy fino

Corresponde al segmento 1 anteriormente descrito y a las microfacies **CSG-M3** y **CSG-M7**. Se distingue de las facies suprayacentes por su granulometría fina, su contenido fósil de bivalvos, gasterópodos y amonitas y su composición siliciclástica.

Facies CT1 (Curití Tablazo 1): Lodolitas arenosas ligeramente calcáreas

Corresponde al segmento 2 y a las microfacies **CSG-M9**, **CSG-M10** y **CSG-M11**. Se diferencia de las otras facies por su composición mixta de terrígenos y calcáreos, aporte fosfático y presencia de aloquímicos como pellets, oolitos, fragmentos de algas carófitas? y bivalvos fragmentados.

Facies CT2 (Curití Tablazo 1): Niveles de calizas fosilíferas

Corresponde al segmento 3 y a las microfacies **CSG-M13** y **CSG-M16**. Su característica dominante es el cambio composicional de niveles mixtos a niveles predominantemente carbonatados con abundante contenido fósil de bivalvos y gasterópodos. El contenido de materia orgánica varía de regular a buena.

7.2.3 Sección Barichara (SMB)

Ubicado sobre la quebrada Barichara, en la zona aledaña al Salto del Mico, se encuentra en un talud expuesto escarpado, perteneciente a la meseta de Barichara el cual reposa sobre un nivel grisáceo lodoso menos competente. (Figura 20). Consta de 3 segmentos descritos macroscópicamente los cuales complementados con análisis microscópicos, paleontológicos y geoquímicos permitieron determinar 3 facies (**BP1**, **BPJ2** y **CT1**)



FIGURA 20: Afloramiento del talud expuesto. Se observa el contacto entre las lodolitas grises (Fm La Paja) y las areniscas amarillas competentes (Fm Tablazo)

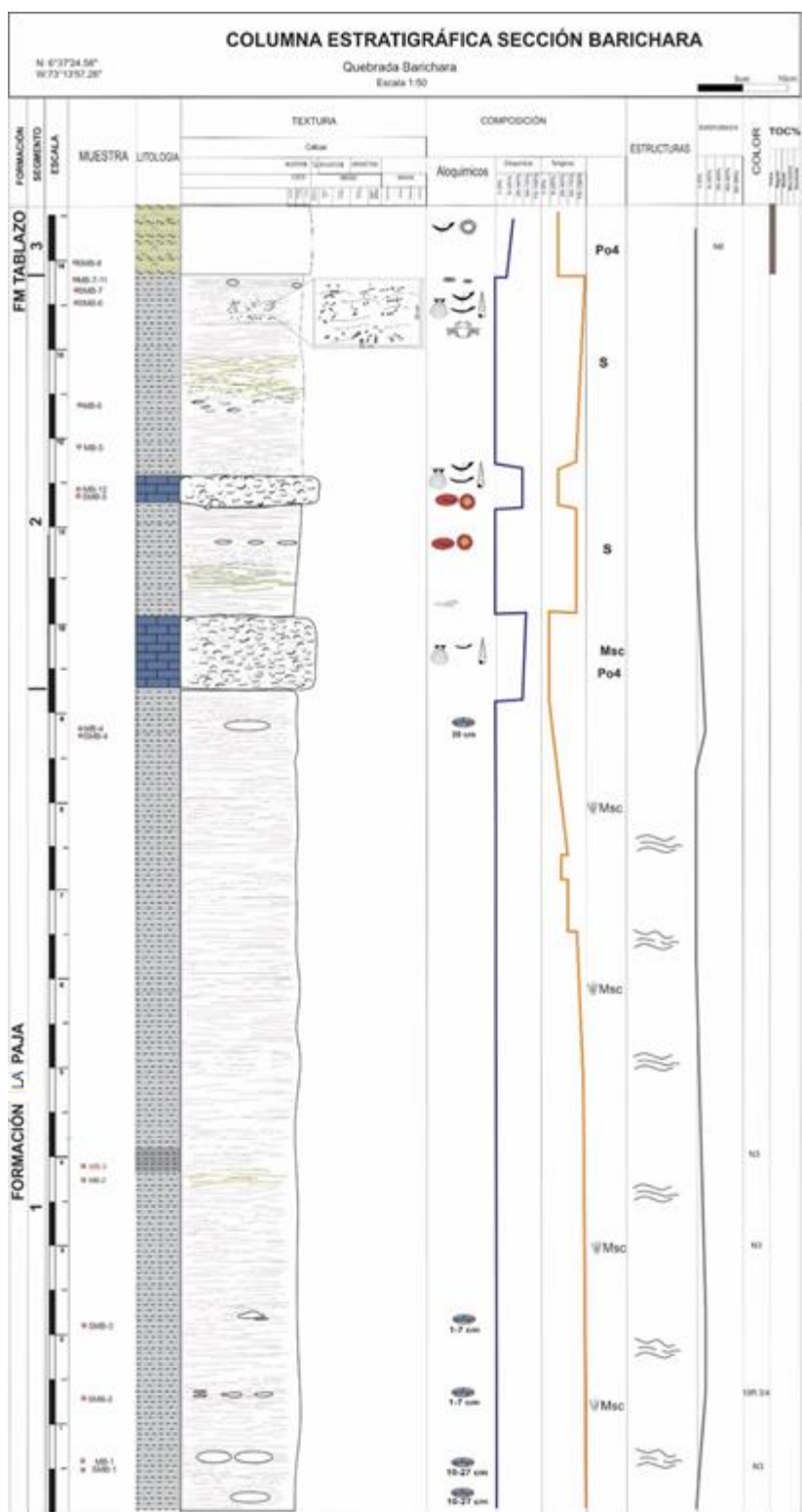


FIGURA 21 Columa estratigráfica sección Barichara, escala 1:50

Descripción macroscópica (Figura 21)

Segmento 1

Compuesto por capas gruesas a muy gruesas de lodolitas color negro (N3) físiles, de laminación interna ondulosa paralela discontinua, ocasionalmente ricas en azufre (Figura 22) con nódulos calcáreos de morfologías variables recubiertos de pátinas ferruginosas de color rojo (10R 3/4) los cuales están rodeados por las láminas internas de las lodolitas. Hacia la base los nódulos son elipsoidales y con tamaños hasta 27 cm de diámetro, hacia el tope, se presentan formas alargadas, menos uniformes y de menor tamaño (1-7cm). Se reconoce la presencia de moscovita y yeso en agregados cristalinos (<5%) generalmente sobre los planos de fisilidad.



FIGURA 22: Izq. Lodolitas negras laminadas con nódulos calcáreos Ferruginosos. Der. Láminas de lodolitas ricas en Azufre

Segmento 2

Se compone de capas gruesas de lodolitas color negro (N3) físiles de laminación interna ondulosa discontinua paralela intercaladas con capas medias a gruesas de caliza tipo wackestone con fosfatos, gasterópodos y bivalvos desarticulados orientados paralelos a la estratificación (Figura 23). Ocasionalmente las lodolitas contienen láminas con alta concentración de azufre y

ligero contenido de moscovita. En la base de este segmento se encontraron nódulos elipsoidales piritosos y hacia el tope nódulos esféricos fosilíferos, en los niveles lodosos se encontraron bivalvos, *turritellas* y artrópodos orientados paralelamente a la estratificación, algunas conchas conservaban su molde externo y otras estaban altamente fragmentadas. En las capas de caliza se observa presión-disolución, que enmascara las características de la roca.



FIGURA 23: Lodolitas negras fosilíferas con un nivel competente de caliza tipo wackestone con conchas de bivalvos y gasterópodos orientados

Segmento 3

Se compone de capas gruesas a muy gruesas en contacto neto irregular de areniscas ligeramente calcáreas, macizas ligeramente biperturbadas: color gris (N6)

Descripción microscópica

En la siguiente tabla (Tabla 7) se resumen las características de la petrografía realizada a 2 muestras recolectadas de esta sección (Figura 21), la descripción detallada permitió definir su clasificación textural, composicional y sus respectivas microfacies (Ver apéndice L)

Tabla 7: Resumen petrográfico de las 2 muestras de la Sección Barichara

MUESTRA	SEGMENTO	Ortoquímicos		Aloquímicos				Terrígenos										Mat orgánica	Fosfatos	Porosidad	TOTAL	TIPO DE ROCA	
		Micrita	Esparita	Oolitos	Pellets	Fósiles				Cuarzo	Líticos	Arcilla	Moscovita	Opacos	Zircón	Clorita	Glauconita						Turmalina
						Bv	Gp	Algas	Sin Id														
SMB-M5	2	44%	-	-	-	29%	3%	-	2%	1%	-	-	-	3%	-	-	-	-	11%	4%	4%	100%	Biomicroesparita de bivalvos y gasterópodos
SMB-M8	3	36%	-	-	-	-	-	tz?	1%	45%	tz	-	3%	-	1%	tz	1%	tz	-	10%	2%	99%	Lodolita arenosa silicea

Microfacies SMB-M5-Segmento 2: biomicroesparita de bivalvos y gasterópodos, mal calibrada, compuesta por bioclastos de bivalvos y gasterópodos de tamaño arena gruesa que flotan en una matriz microesparítica de composición calcítica, contiene fosfatos y opacos (<4%); los bioclastos se encuentran orientados de forma paralela a la estratificación y contiene un ligero aporte terrígeno de granos de cuarzo monocristalinos

Microfacies SMB-M8-Segmento 3: “Lodolita Arenosa Silicea” (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015). Compuesta por granos de cuarzo monocristalino en una matriz calcárea de composición calcítica-ankerítica; contiene fosfatos, minerales secundarios de moscovita y glauconita; bioclastos altamente desarticulados y fragmentados y algas carófitas, su estructura es maciza, además presenta trazas de clorita y turmalina.

Paleontología

Hacia el tope del segmento 2, en un nivel de grano muy fino se encontró, restos moderadamente preservados de un artrópodo (Figura 24)

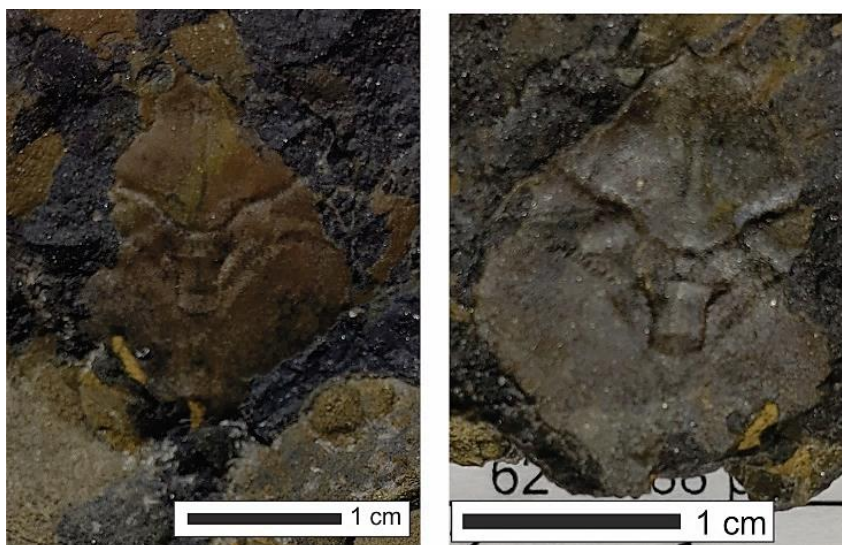


FIGURA 24: Izq. Molde externo del ejemplar encontrado en la sección de Barichara. Der. Contraparte del artrópodo que pertenece al clado Raninidae.

Estos restos de cangrejo pertenecen a los *Raninidae* (De Haan, 1839) y *Brachyura* los cuales son un grupo de cangrejos caracterizados por su morfología desigual y patas planas (J. Luque, comunicación escrita, 4 de septiembre de 2019) Adicionalmente en estos niveles se encontraron en asociación con *Turritella* (*Haustator*) columbiana (Jaworski, 1938 en Luque 2012).

Comparando las características morfológicas del espécimen encontrado, este tiene altas similitudes con el *Colombicarcinus laevis* (Karasawa *et al.*, 2014) que reporta un espécimen caracterizado por un caparazón casi equidimensional, finamente granulado, pobremente ornamentado en su parte dorsal; o el *Planocarcinus olssoni* (Luque *et al.*, 2012) que corresponde a las características de caparazones anchos y ornamentados de los Necrocarcinidae. Estos géneros de Raninoideos corresponden a 2 de los 6 conocidos a nivel mundial de los cuales 4 han sido descubiertos en Colombia (Luque *et al.*, 2012).

A la especie *Colombicarcinus laevis* se le asigna un rango temporal del Cretácico Inferior, específicamente Aptiano (Karasawa *et al.*, 2014) asimismo al género *Planocarcinus* se le asigna una edad de Aptiano Superior (Luque *et al.*, 2012)

Análisis de TOC

Se presenta en la Tabla 8 las concentraciones porcentuales de carbono orgánico total (TOC) correspondientes al segmento 3 y su evaluación se basa en la Tabla 2.

Tabla 8: Evaluación de las concentraciones de TOC para la sección de Barichara

Muestra	Segmento	Concentración % [p/p]	Desviación estándar	Evaluación
SMB-M8	3	0.319	0.003	Pobre

Facies

Facies BP1(Barichara La Paja 1): Lodolitas grises laminadas con nódulos ferruginosos

Corresponde al segmento 1 anteriormente descrito. Se distingue de las facies suprayacentes por la predominancia de niveles lodosos, la presencia de nódulos ferruginosos y yeso en agregados.

Facies BPJ2(Barichara LaPaja 2):

Correspondiente al segmento 2 y a las microfacies **SMB-M5**, se distingue de las otras facies por la ocurrencia de niveles calcáreos y su alto contenido fosilífero de bivalvos, gasterópodos y artrópodos.

Facies BT1(Barichara Tablazo): Lodolita arenosa ligeramente calcárea

Se distingue por un aumento en la potencia de las capas y aumento en la concentración de carbonato y fosfatos y por la presencia de algas carófitas. Su contenido de materia orgánica es pobre

7.2.4 Asociación de Facies

Basados en las facies descritas anteriormente para cada sección, se agruparon aquellas que tenían características texturales, composicionales, paleontológicas y de estructuras comunes. (Figura 25).

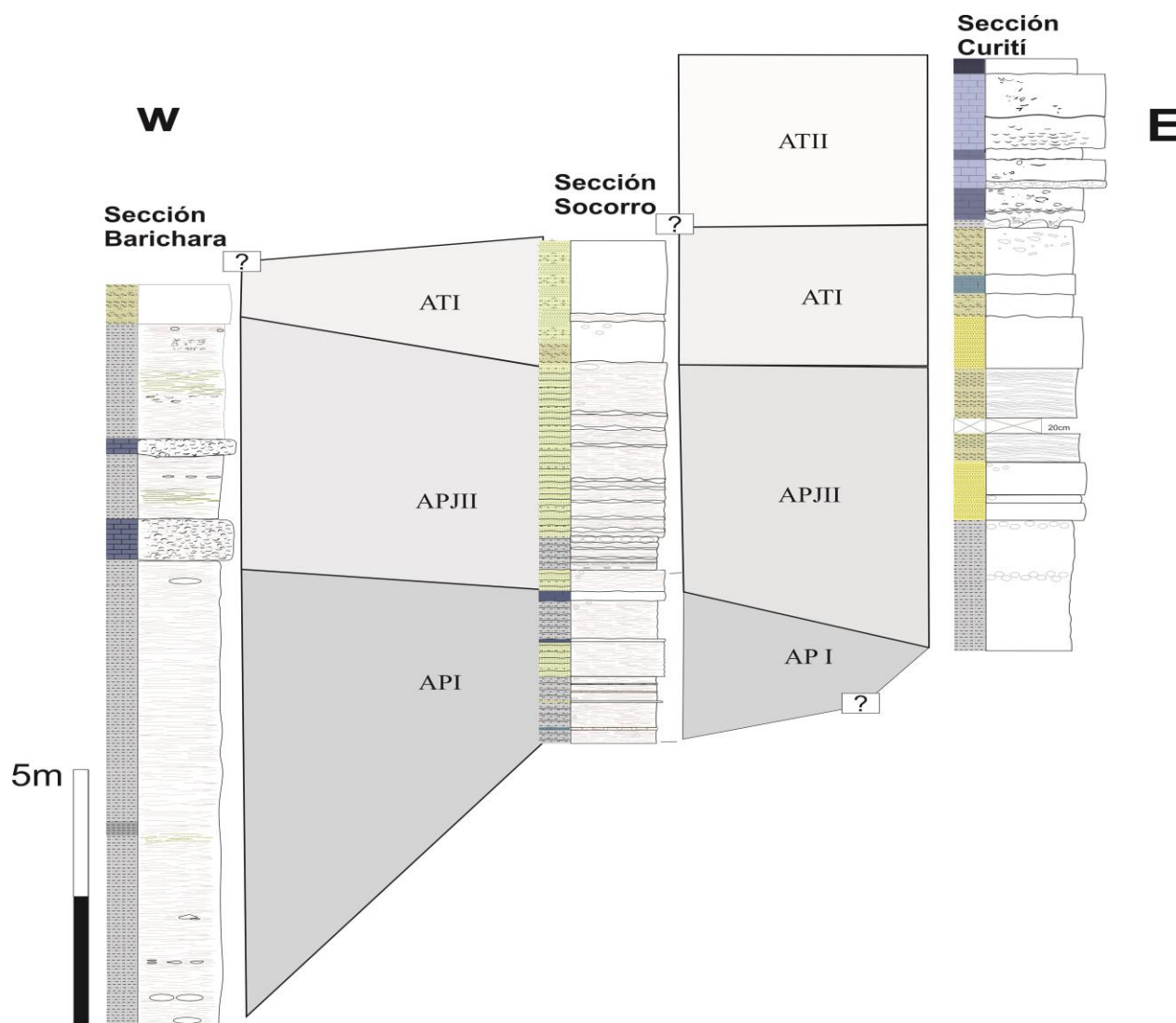


FIGURA 25: Asociación de Facies de los 3 segmentos estudiados

Asociación de facies La Paja I (API): Lodolitas grises con nódulos ferruginosos

Esta asociación corresponde a las facies **SP1** de Socorro y **BP1** de Barichara, la sección de Curití se encuentra cubierta y no se pudo correlacionar (Figura 25). Caracterizada por la

predominancia de capas gruesas a medias de lodolitas negras con laminación ondulosa discontinua paralela que rodea nódulos ferruginosos ocasionalmente calcáreos de tamaños y morfologías variables con restos de bivalvos y gasterópodos.

Asociación de facies La Paja II (APJII): Intercalaciones de lodolitas laminadas areniscas de grano muy fino.

Esta asociación corresponde a las facies **SPJ2** de Socorro, **BPJ2** de Barichara y **CP1** de Curití, sin embargo, se observa una variación en las facies **BPJ2**, ya que en vez de encontrar niveles arenosos se encuentran niveles calcáreos (Figura 25). Corresponde a una alternancia de capas gruesas de lodolitas oscuras con laminación paralela, ondulosa y capas medias competentes de areniscas muy finas o calizas; en el registro fósil se reconocen amonitas, bivalvos, gasterópodos y artrópodos.

Asociación de facies Tablazo I (ATI): Areniscas lodosas ligeramente calcáreas

Asociación correspondiente a las facies **BT1**, **ST1** y **CT1** de las secciones Barichara, Socorro y Curití respectivamente (Figura 25). Caracterizada por el fuerte cambio en la potencia y coloración de las rocas, además de un aumento progresivo de material carbonatado. Está compuesta por lodolitas arenosas hacia la base seguidas de areniscas lodosas ligeramente calcáreas y fosfáticas.

La alta concentración de fosfatos (>10%), la aparición de una matriz calcárea y la ocurrencia de restos de algas carófitas fueron los criterios principales utilizados para establecer un nivel de referencia que permitió correlacionar los 3 segmentos.

Asociación de facies Tablazo II (ATII): Calizas Fosilíferas

Las características topográficas y geomorfológicas de las secciones Barichara y Socorro no permitieron observar estas facies directamente, no obstante, en la quebrada de la sección Curití

fue posible describir las rocas de las facies **CT2** (Figura 25), definidas como calizas tipo wackestone y packstone de bivalvos desarticulados y fragmentados, gasterópodos y serpúlidos.

7.2.5 Interpretación

API: Lodolitas grises con nódulos ferruginosos

En algunos de los nódulos ferruginosos se observó la estructura original de madrigueras rellenas por sedimentos ricos en materia orgánica de composición similar a la de la matriz en la que se encuentra, esta acumulación de sedimentos favoreció la nucleación que dio origen a los nódulos en una etapa diagenética temprana (Fürsich, 1973). Otras evidencias de diagénesis temprana es la morfología heterogénea de los nódulos y la laminación que los rodea. De acuerdo con Flügel (2010) los *Thalassinoides* son característicos de fondos blandos, subacuosos, oxigenados, con una baja tasa de sedimentación y baja energía asociados a zonas intramareales y supramareales poco profundos (Dabrio, 2010; Fürsich, 1973) que permitieron la depositación de las lodolitas grises y la colonización por diferentes organismos como cangrejos y bivalvos.

APII: Intercalaciones de lodolitas laminadas y areniscas de grano muy fino.

Las biolaminitas corresponden al producto de tapices microbianos que se forman sobre el sustrato marino en condiciones energéticas y de sedimentación muy bajas, los cuales, gracias a sus características físicas, atrapan el poco flujo de sedimento entrante en la cuenca, por lo tanto esta asociación se podría interpretar como variaciones entre condiciones de baja y alta energía, la primera marcada por poca oxigenación, permitiendo el crecimiento de estos tapices sobre el fondo marino, y la segunda generada por un mayor flujo de sedimentos en las cuales se formaron niveles detríticos que interrumpieron el crecimiento de estos tapices (Schieber *et al.*, 2007) favoreciendo la colonización de organismos que interactuaban con el sustrato y una posterior recolonización de la superficie por los tapices, iniciando un nuevo ciclo. Entre los tapices y el

sustrato se genera una interfaz geoquímica que causa condiciones reductoras, favoreciendo la formación de minerales ‘anóxicos’ como piritita y carbonatos férricos (Schieber *et al.*, 2007).

La variación local en la sección de Barichara de esta asociación y sus características como el mal calibrado, el poco espesor de las capas, su poca extensión aérea, la orientación preferencial de las conchas de bivalvos y gasterópodos paralelas a la estratificación, los bordes redondeados de las conchas, entre otros, sugieren un aumento de la energía en las condiciones de depósito que se podría asociar a flujos por acción de olas de tormenta, caracterizados por transportar las partículas en carga de fondo, causando fragmentación y abrasión de los bioclastos (Puga-Bernabéu & Aguirre, 2017). La baja energía que favoreció la sedimentación de las lodolitas fue la misma que permitió la buena preservación de fósiles como gasterópodos y artrópodos.

ATI: Areniscas lodosas ligeramente calcáreas

La presencia de glauconita es un indicador de las condiciones ambientales en la cuenca durante la depositación, su formación está restringida por condiciones de temperatura y oxigenación, las cuales varían entre 15 a 20°C en medios reductores, con profundidades no mayores a 15m (Mcrae, 1972), los oolitos caracterizados por poseer un crecimiento concéntricos son interpretados como producto de ambientes marinos someros de alta energía (Flügel, 2010).

La ocurrencia de la dolomita se ha asociado a ambientes submareales someros, en una etapa diagenética temprana previa a la compactación en la que se genera una mezcla de aguas (meteóricas y marinas), mientras que la ocurrencia de carbonato férrico se da como un producto diagenético tardío, que se forma en ambientes reductores con pH de 7-8 (Flügel, 2010)

La mezcla composicional entre sedimentos de origen siliciclástico y carbonatado presente en estas facies es un problema común en varias cuencas actuales y antiguas, la formación de estas rocas probablemente se dio por eventos de olas de tormenta que erosionaron carbonatos formados

en áreas como arrecifes o bancos compuestos, redepositándolos en zonas continentales como llanuras mareales. (Mount, 1984).

ATII: Calizas Fossilíferas

Los restos recristalizados de serpulidos, bivalvos y gasterópodos orientados de manera oblicua (ocasionalmente recta) a la estratificación, el fraccionamiento de las conchas y el espesor de las capas sugieren que las rocas podrían corresponder a las llamadas Tsunamitas que son rocas formadas por un flujo de muy alta energía que lleva una matriz densa y rica en sedimentos hacia el continente, estas se caracterizan por su amplia distribución geográfica por tanto habría que estudiar a escala regional estos niveles y buscar evidencias que soporten esta hipótesis. (Puga-Bernabéu & Aguirre, 2017). En las conchas de los bivalvos se encontraron cristales de pirita que son formados en columnas de sedimentos intermitentemente anóxicas con alto suministro de materia orgánica, estas conchas pueden ser erodadas, transportadas y re sedimentadas (Lazar *et al.*, 2012), lo que soportaría la idea de que no fueron formadas *in situ*.

Ambiente de Formación

Se sugiere que el tope de la Formación La Paja (API), ocurrió en un ambiente de sedimentación tranquila en un medio reductor, restringido, asociado a una zona submareal a intermareal baja, de ambiente cálido y alta salinidad con algunas oscilaciones asociadas a eventos de mayor energía. Hipótesis que concuerda con lo propuesto por (Etayo-Serna, 1968c; Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas, 1985).

La transición entre la Formación La Paja y la Formación Tablazo (APJII-ATI) durante el límite Aptiano- Albiano, estaría marcado por un aumento gradual en la energía del medio posiblemente debido a cambios en el nivel del mar, asociado a un ambiente de sedimentación de zonas intermareal intermedio a alto bajo condiciones de temperaturas cálidas, reductoras poco

profundas, con aporte de bioclastos transportados desde zonas más profundas. La presencia de niveles con gasterópodos orientados de manera bimodal sugiere una influencia de acción de olas de resaca, mostrando un fondo agitado con suficiente energía para mover las conchas desde partes más profundas.

Moreno & Sarmiento (2002), reportan que el contacto entre la Formación La Paja y la Formación Tablazo para las secciones de Barichara y Sáchica evidencia una tendencia de disminución de espacio de acomodación asociando las lodolitas de la Formación La Paja a fondos tranquilos de costa afuera y a las arenitas fosilíferas y bioesparitas de la Formación Tablazo a fondos costeros agitados de aguas poco profundas tipo frente de playa, indicando el inicio de un sistema de bajo nivel (regresión).

Guerrero (2002) establece que durante el Barremiano- Aptiano hubo un aumento en el nivel del mar, asociando a la Formación La Paja a un ambiente de offshore proximal a rampa media, mientras que los estratos del Albiano temprano (Formación Tablazo) se depositaron durante una caída rápida del nivel relativo del mar y un bajo nivel del mar, sin embargo, debido a las diferencias en la subsidencia local y en las tasas de sedimentación, en algunas áreas se incluye la parte superior del Aptiano tardío.

8. Síntesis y Discusión

El contacto entre estas dos unidades ha sido reconocido principalmente por las contrastantes expresiones geomorfológicas características de cada unidad; la Formación La Paja, compuesta principalmente por lodolitas negras, presenta una expresión geomorfológica de lomas suaves, mientras que la Formación Tablazo consta de areniscas tabulares y calizas competentes que

forman escarpes. Diferentes autores lo definen como: conforme y gradacional para el área tipo y la zona de la Mesa de Barichara (Morales *et al.*, 1958; Jimeno & Yepes, 1963; Pinto *et al.*, 2007), neto concordante en la Mesa de Barichara (Téllez, 1964; Pulido, 1980; Moreno & Sarmiento, 2002) concordante en Barichara (Hoedemaeker, 2004), infrayacente a la Formación San Gil inferior en el área de Sáchica-Tunja (Renzoni *et al.*, 1967) y neto en el área de Sáchica (Moreno & Sarmiento, 2002).

A lo largo de este trabajo, se tuvo en cuenta los rasgos composicionales, texturales, estructurales, estratigráficos, paleontológicos, geoquímicos y geomorfológicos de las rocas pertenecientes al tope de la Formación La Paja y a la base de la Formación Tablazo y en base a los conceptos y definiciones estratigráficas (Figura 5), se pudo establecer que: el contacto muestra una sedimentación continua de facies ligeramente más profundas, asociada a ambientes tranquilos y aislados de baja oxigenación, influenciado por eventos mareales que paulatinamente cambia a la formación de facies caracterizadas por intercalaciones de litologías competentes e incompetentes, formadas en ambientes intermareales (Fm La Paja), hasta que migra a un régimen de sedimentación de ambientes dominados por alta energía con alto aporte de bioclastos transportados desde la cuenca hacia la costa y un aporte siliciclástico significativo que dio origen a potentes paquetes de areniscas de composición mixta (Fm Tablazo). Por lo tanto, el contacto se define como conforme, gradual, intercalado. Hipótesis que concuerda con lo reportado para la zona de Barichara por (Hubach, 1957; Jimeno & Yepes, 1963; Pinto *et al.*, 2007) y contradice a otros autores que lo definen como neto (Tellez, 1964; Pulido, 1980; Moreno & Sarmiento, 2002).

En un contexto regional, para la zona de Villa de Leyva, Etayo-Serna (1968a) describe el contacto “Con cambio transicional respecto a la facies lutítica descrita se desarrolla una facies calcáreo-arenosa rica en moluscos con concha robusta (en la F. Calizas de San Gil)”, en este

trabajo Formación Tablazo; mientras en la sección tipo se define como concordante gradacional o gradual (Morales *et al.*, 1958; Ward *et al.*, 1973).

Según del Código Estratigráfico Norteamericano (2010) *“Los contactos entre rocas cuya composición presente contrastes muy marcados constituyen límites apropiados para las unidades líticas, pero algunas rocas pasan gradualmente o están interdigitadas con otras de diferente litología. Es por ello que algunos límites son necesariamente arbitrarios. Generalmente estos límites son diacrónicos.*

Por lo tanto, bajo estos criterios, en el presente trabajo se define: el tope de la Formación La Paja está compuesto por intercalaciones entre lodolitas grises oscuras y capas de areniscas de colores grises más claros estratocrecientes en contacto con una capa gruesa de lodolita arenosa de cuarzo con fosfatos en una matriz calcárea, caracterizada por su alta competencia y su cambio de color a marrón amarillento que corresponde a la base de la Formación Tablazo.

Por otro lado, la Formación Tablazo fue propuesta por Wheeler en 1929 (en Morales *et al.*, 1958) estableciéndolo como “Tablazo Limestone” cuyo nombre varió a “Caliza del Tablazo” (Julivert, 1958), Formación Tablazo (Julivert, 1960, 1961; Tellez, 1964; Pulido, 1980; Moreno & Sarmiento, 2002)

Hubach (1953) definió a las calizas, areniscas y esquistos arcillosos “Conjunto San Gil” desde San Gil (Santander) hasta Sutamarchán (Boyacá), posteriormente, este mismo autor en 1957 adopta la nomenclatura propuesta por Wheeler en 1929 (en Morales 1958) empleando el término “Formación Tablazo”, afirmando que “el Tablazo de la Cuenca del Carare (actualmente Valle Medio del Magdalena) es el equivalente de la Formación San Gil del Valle del Suarez que forma los escarpes de la zona de San Gil- Socorro”. Otros Autores también respaldan la sinonimia entre las Calizas de San Gil y las del Tablazo (Julivert, 1968; Moreno & Sarmiento, 2002)

Etayo-Serna (1968a) de acuerdo con lo propuesto por Hubach (1953) para el área de Boyacá, específicamente para la región de Villa de Leyva, eleva de rango el “Conjunto San Gil” a “Formación San Gil Inferior” y designa a esta unidad junto con la “Formación San Gil Superior” (equivalente a Formación Simití) como Grupo San Gil, estableciendo que el nombre de estas formaciones cambia debido a un cambio lateral facial, sin tener en cuenta lo discutido por Hubach (1957). El término de “Formación San Gil Inferior” es empleado en la cartografía realizada por INGEOMINAS, en las planchas 171 Duitama y 191 de Tunja. Sin embargo, en el área de San Gil y en algunas zonas de Boyacá, se utiliza la nomenclatura propuesta por Wheeler en 1929, de la misma manera que en el Mapa geológico generalizado del Departamento de Boyacá de INGEOMINAS (1997).

Según la regla de prioridad y conservación de los nombres bien establecidos del Código Estratigráfico Norteamericano (2010) “los nombres no deben modificarse sin explicar la necesidad de hacerlo” y aunque Etayo-Serna (1968a) haya atribuido el cambio de nombre de esta Formación a un cambio lateral facial, es necesario establecer un atributo geológico o geográfico que esclarezca y delimite el cambio de nomenclatura hacia el área de Boyacá por lo que se sugiere usar el nombre de Formación Tablazo.

9. Conclusiones

Con la información obtenida de las secciones de Socorro, Curití y Barichara, el contacto entre las formaciones La Paja y Tablazo se pudo definir como concordante gradual intercalado, consecuencia de un cambio paulatino de la sedimentación restringida y de baja energía en ambientes intermareales bajos, que produjo los niveles finos alternados con niveles arenosos de la

Formación La Paja y que cambian a una sedimentación con mayor energía e influencia del mar abierto en un ambiente intermareal intermedio a alto que deposita potentes paquetes de lodolitas arenosas y areniscas calcáreas.

El solapamiento de las facies arenosas calcáreas sobre facies de lodolitas laminadas y areniscas silíceas, sería el resultado de una caída del nivel del mar durante el límite Aptiano-Albiano.

Cartográficamente se propone como nivel de referencia de la base de la Formación Tablazo en la zona de la Mesa de Barichara, a la capa gruesa de lodolita arenosa de cuarzo con fosfatos en una matriz calcárea, caracterizada por su alta competencia, bajo contenido de materia orgánica y fósiles como fragmentos de bivalvos y algas carófitas que se puede encontrar en Socorro, Curití y Barichara.

Las concentraciones de materia orgánica de la Formación La Paja están entre 1.251% - 8.542% correspondientes a manifestaciones buenas a excelentes como potencial para ser roca generadora, mientras la Formación Tablazo tiene concentraciones entre 0.230% - 0.465%, evaluadas como pobres a buenas como potencial para ser roca generadora.

En la Mesa de Barichara las rocas de la Formación La Paja donde se encontraron los fósiles de amonitas y cangrejos se les asigna edad Aptiano Superior, mientras a la Formación Tablazo, se le asigna una posible edad Albiano basada en la amonita *Neodeshayesites Albertoalvarezi* (Etayo-Serna, 1975). Las capas más jóvenes de la Formación La Paja son de alto interés paleontológico ya que en estas se han encontrado varios especímenes de *Raninidae* que son cangrejos cuya historia evolutiva no es bien entendida, por lo que este trabajo puede servir como base para buscar más niveles fosilíferos similares.

La correlación de las tres secciones estudiadas permite tener un registro estratigráfico detallado más completo en la Mesa de Barichara, que al ser comparado con el registro al norte en la sección tipo y al sur en el área de Boyacá muestran altas similitudes que se podrían interpretar como el ingreso y expansión gradual del mar Cretácico.

El nombre de Formación San Gil Inferior no debería ser usado hasta que se demuestre que tiene un atributo geológico o geográfico que justifique el cambio de nomenclatura.

10. Recomendaciones

Uso de métodos como el de Difracción y fluorescencia de rayos X para determinar la composición de las arcillas, SEM para determinar mineralogía y relaciones espaciales de los cementos carbonatados y etapa de dolomitización o catodoluminiscencia para ver la alteración de las conchas y determinar si pueden ser usadas o no para isotopía estable.

Prospección paleontológica rigurosa que permita profundizar en el registro bio y cronoestratigráfico de estas dos unidades, especialmente en el límite Aptiano-Albiano

Medir en otras secciones estratigráficas el contacto entre estas formaciones con el fin de comparar con lo reportado en este trabajo y determinar si hay variaciones a escala regional.

Con argumentos sedimentológicos y estratigráficos definir las características de las Formaciones Tablazo y San Gil inferior, en otras áreas hacia el sur, con el fin de esclarecer el uso apropiado de la nomenclatura.

Referencias

- Anderson J.L, (1945). – Petroleum Geology of Colombia, South America. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., vol. 29, nº 8, pp. 1065-1142, 30 fig., Tulsa.
- Arango, J.P., Castro, O.A. (2015). Caracterización Geoquímica y petrofísica de la Formación Paja en la sección Guane-Barichara, Departamento de Santander. Universidad Industrial de Santander.
- Atuesta Ortiz, D.A., & Quiñónez, C.A.S (2018). Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica del contacto entre las formaciones Rosablanca y Paja en la Mesa de Barichara, Santander.
- Ballesteros, I., & Nivia, A. (1985). La Formación Ritoque: Registro sedimentario de una albufera de comienzos del Cretácico. Etayo-Serna-Serna F. & Laverde, F., eds. Proyecto Cretácico. Publ. Geol. Esp, 16, 1-1
- Barragán, R., Campos-Madrigal, E., Ferrusquía-Villafranca, I., López-Palomino, I., & Tolson, G. (2010). Código estratigráfico norteamericano. Universidad National Autonoma de Mexico.
- Boggs Jr, S. (2014). Principles of sedimentology and stratigraphy. Pearson Education.
- Cáceres, C., Cediel, F., & Etayo-Serna, F. (2003). Mapas de distribución de facies sedimentarias y armazón tectónico de Colombia a través del Proterozoico y del Fanerozoico. Bogotá, Colombia, Ingeominas, 40.
- Campbell, C. (1967). Lamina, laminaset, bed, and bedset. Sedimentology, 8, 7– 26.

- Color, M. (2009). Geological Rock Color Chart. Munsell Color, Grand Rapids, MI
- Compton, R. (1985). *Geology in the Field*. Wiley Press, New York, pp. 229 – 234.
- Dabrio, C. (2010). Plataformas Silisiclásticas. In: *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*, 2nd ed. Madrid: Alfredo Arche, pp.503-561. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Cooper, M. A., Addison, F. T., Alvarez, R., Coral, M., Graham, R., Hayward, A. B., ... & Pulham, A. J. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and middle Magdalena Valley, Colombia. *AAPG bulletin*, 79(10), 1421-1442.
- Dickey P.A, (1941). Pre-Cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 25, nº 9, pp. 1789-1795, 1 fig., Tulsa.
- Dunham, R. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: W.E. Ham (Ed.). *Classification Of Carbonate Rocks*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem,1, 108 – 121
- Etayo-Serna, F.(1964). Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. *Boletín de Geología*, (16-17), 5-142.
- .. (1965). Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas. *Boletín de Geología*, (21), 19-32.
- . (1968a): El Sistema Cretáceo en la Región de Villa de Leiva y Zonas Próximas.- *GEOLOGÍA COLOMBIANA*, NO. 5, P. 5 - 74, BOGOTÁ.

- . (1968b). Apuntaciones acerca de algunas amonitas interesantes del Hauteriviano y del Barremiano de la region de Villa de Leiva (Boyaca, Colombia, SA). Boletin de Geología, (24), 51-70
- .ed. (1994) Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena: Bogotá, Universidad Nacional de Colombia
- Etayo-Serna, F., & Renzoni, G. y Barrero, D., 1969. Contornos sucesivos del mar cretácico en Colombia. En Memorias Primer Congreso Colombiano de Geología, Bogotá (p. 217-252).
- Flügel, E. (2004). Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Springer Science & Business Media
- Forero, H., & Sarmiento, L. F. (1985). La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leiva. En Etayo-Serna and F. Laverde (Eds), Proyecto Cretácico-Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS, Bogotá, Colombia XVIII1-XVII16.
- Folk, R. L. (1965). Some aspects of recrystallization in ancient limestones
- . (1980). Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company.
- Fürsich, F. T. (1973). Thalassinoides and the origin of nodular limestone in the Corallian Beds (Upper Jurassic) of southern England. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, 140, 33-48.

- Gaona-Narvaez, T., Florentin, J. M. M., & Etayo-Serna, F. (2013). Geochemistry, palaeoenvironments and timing of Aptian organic-rich beds of the Paja Formation (Curití, Eastern Cordillera, Colombia). Geological Society, London, Special Publications, 382(1), 31-48
- Gaona Narváez, T. (2015). El Cretácico sedimentario al este de la Falla de San Jerónimo. Servicio Geológico Colombiano. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33: 421-429. Bogotá.
- Guerrero, J. (2002). A proposal on the classification of systems tracts: application to the allostratigraphy and sequence stratigraphy of the Cretaceous Colombian Basin. Part 2: Barremian to Maastrichtian. Geología Colombiana, 27, 27-49
- Herrera Martinez, L. (2016). Estratigrafía De La Formación Paja En Barichara, Santander. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Hoedemaeker, P. J. (2004). On the Barremian-lower Albian stratigraphy of Colombia. Scripta Geologica, 128, 3-15
- Hubach, E. (1953). Condiciones geológicas de las variantes de carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba. Deptos Santandery Boyacá-Servicio Geológico Nacional, Informe, (952).

- . (1957). Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia:(enumeración regional, de más reciente a más antiguo) (Vol. 1212). Ministerio de Minas y Petróleos, Instituto Geológico Nacional
- Jaworski, E. 1938. Gasterópodos del Cretácico inferior de Colombia. Estudios Geológicos y Paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia, 3: 109-112.
- Jimeno, A. & Yepes, J. (1963): Estudio de las reservas yesíferas de la región de los Santos – Batán Villanueva. - Boletín Geológico, Servo Geol. Nal., vol. XI, N. 1-3, p. 261- 285, 2 figs., 7 cuad. Bogotá. (PDF) Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica del contacto entre las formaciones Rosablanca y Paja en la Mesa de Barichara, Santander.
- Julivert, M. (1958). La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia SA). Boletín de Geología, (1)
- . (1960). Geología de la región occidental de García Rovira. Boletín de Geología, (5), 5-32.
- . (1968). La estratigrafía del Cretáceo al W del Macizo de Santander (parte N del Valle Medio del Magdalena y región de Mesas y Cuestas). Léxique Stratigraphique International, CNRS - UISG, Paris, V(4a, Colombie):100 – 108.
- Julivert, M.; Barrera, D. & Navas, G. (1964): Geología de la Mesa de Los Santos.- Boletín de Geología, UIS, N. 18, p. 5- 11, 2 figs. Bucaramanga.
- Karasawa, H., Kobayashi, N., Goda, T., Ohira, N., & Ando, Y. (2014). A diversity for crabs (Decapoda) from the middle Pleistocene Atsumi Group, Japan. Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, 40, 55-73.

- Krumbein, W. E., Brehm, U., Gerdes, G., Gorbushina, A. A., Levit, G., & Palinska, K. A. (2003). Biofilm, biodictyon, biomat microbialites, oolites, stromatolites geophysiology, global mechanism, parahistology. In Fossil and recent biofilms (pp. 1-27). Springer, Dordrecht.
- Lazar, O. R., Bohacs, K. M., Schieber, J., Macquaker, J. H., & Demko, T. M. (2015). Mudstone Primer: Lithofacies variations, diagnostic criteria, and sedimentologic-stratigraphic implications at lamina to bedset scales. SEPM (Society for Sedimentary Geology)
- Lindholm, R. C., & Finkelman, R. B. (1972). Calcite staining; semiquantitative determination of ferrous iron. *Journal of Sedimentary Research*, 42(1), 239-242.
- Luque, J., Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E., Jaramillo, C., & Cameron, C. B. (2012). The oldest frog crabs (Decapoda: Brachyura: Raninoida) from the Aptian of northern South America. *Journal of Crustacean Biology*, 32(3), 405-420
- Luque, J. (2014). A new genus and species of raninoidian crab (Decapoda, Brachyura) from the Lower Cretaceous of Colombia, South America *Bellcarcinus* gen. nov. *Scripta Geologica*, (147).
- . (2015). The oldest higher true crabs (C rustacea: D ecapoda: B rachyura): insights from the Early Cretaceous of the A mericas. *Palaeontology*, 58(2), 251-263.
- McRae, S.G., 1972. Glauconite. *Earth-Sci.Rev.*, 8:397-440..
- Morales, L. G. (1958). General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia: South America.

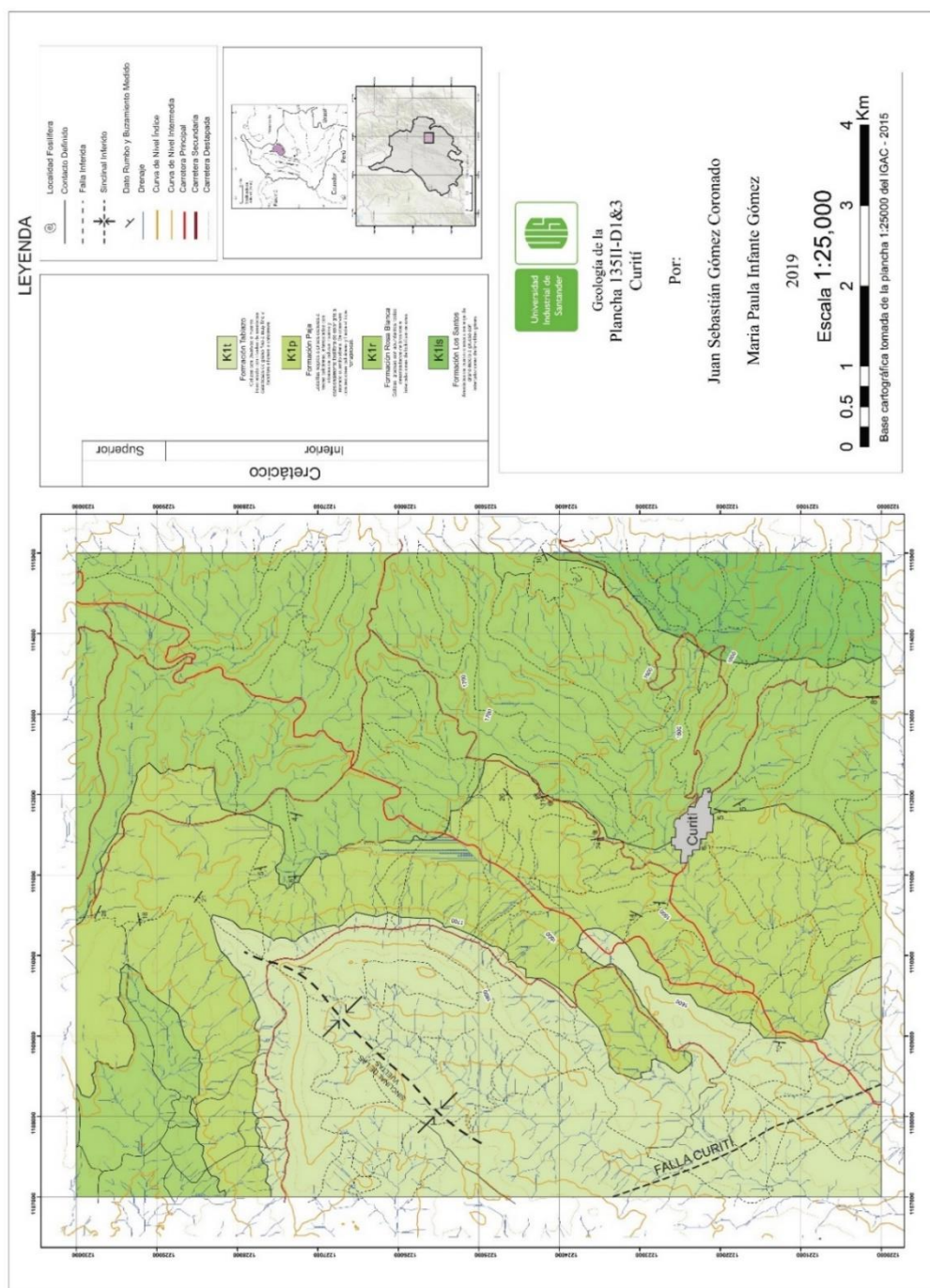
- Moreno, G., & Sarmiento, G. (2002). Estratigrafía Cuantitativa de las Formaciones Tablazo y Simití en las localidades de Sáchica (Boyacá) y Barichara-San Gil (Santander), Colombia. *Geología Colombiana*, 27, 51-74
- Mount, J. F. (1984). Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology*, 12(7), 432-435.
- Patarroyo, P. (1997): Barremiano Inferior en la base de la Formación Paja, Barrica, Santander-Colombia. *Geología Colombiana*, 22, pp. 135 – 138.
- . (1998): New aspects of the Early Cretaceous Paja Formation in Central Colombia, South America. –*Zbl. Geol. Paläont. Teil I*; 1997 (3-6): 547-558; Stuttgart.
- . (2000): Distribución de amonitas del Barremiano de la Formación Paja en el sector de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia). *Bioestratigrafía.- Geología Colombiana*, 25, pp 149-162. Bogotá
- . (2009). Amonitas de un nivel de alta energía del Barremiano inferior en la Formación Paja de los sectores de Villa de Leyva (Boyacá) y de Vélez (Santander). *Boletín de Geología*, 31(2).
- Patarroyo-Camargo, G.D., Patarroyo, P. & Sánchez-Quinónez, C.A. (2009): Foraminíferos bentónicos en el Barremiano inferior de la Formación Paja (Boyacá-Santander, Colombia): Evidencias preliminares de un posible bioevento.- *GEOLOGÍA COLOMBIANA*, 34, pp. 111-122, 5 Figs., Bogotá.
- Pemberton, S.G. (1992). Applications of ichnology to petroleum exploration: A core workshop.

- Pinto, J., Clavijo, J., Gomez, S., Gutierrez, D., Mora, J., Rojas, N., Morales, C., Velandia, F., Hincapié, G., Forero, H., Duarte, R., Vargas, M & De Bermoudes, O. (2007). Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la Mesa de los Santos, sector noreste de Curití y borde occidental del Macizo de Santander, Departamento de Santander. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 145p. Bucaramanga.
- Puga-Bernabéu, Á., & Aguirre, J. (2017). Contrasting storm-versus tsunami-related shell beds in shallow-water ramps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 471, 1-14.
- Pulido, O. (1979). Geología de las planchas 135 San Gil y 151 Charalá; Departamento de Santander. Ingeominas, Informe 1802. Boletín Geológico No. 23 2: 39-78. Bogotá D.C (PDF) Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica del contacto entre las formaciones Rosablanca y Paja en la Mesa de Barichara, Santander.
- Reatiga, G. (2008). Cartografía geologica 1:25000 de Noreste de Curití. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Renzoni, G., & Rosas, H. (1967). Mapa geológico de la Plancha No 171–Duitama. Escala 1: 100.000. Ingeominas. Bogotá.
- Renzoni, G., Rosas, H. & Etayo-Serna, F. (1967.)Geología de la plancha 191 Tunja. Escala 1.100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Royero, M. J., & Clavijo, J. (2001): Memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Santander, escala 1:400.000. Ingeominas, 256.

- Sarmiento, L. F., (2011), Geology and Hydrocarbon Potential: Middle Magdalena Basin, Petroleum Geology of Colombia, Volume 11, 193 p
- Sarmiento, G., Puentes, J., & Sierra, C. (2015). Evolución geológica y estratigrafía del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena. *Geología Norandina*, 12, 51-82
- Schieber, J., Bose, P. K., Eriksson, P. G., Banerjee, S., Sarkar, S., Altermann, W., & Catuneanu, O. (Eds.). (2007). Atlas of microbial mat features preserved within the siliciclastic rock record (Vol. 2). Elsevier.
- Scholle, P. y Ulmer – Scholle, D. (2003). A color guide to the petrography of carbonate rocks: Grains, texturas, porosity, diagenesis. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 77, 459.
- Tellez, N. (1964): Geologia de la mesa de Barichara.- Boletín de Geologia, UIS, N. 18, p. 12-21, 2 fig. Bucaramanga.
- Vera, J. A. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Editorial Rueda.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H., & Gómez, E. (1973). Mapa Geológico de Colombia Cuadrángulo H-12, Bucaramanga.
- Wentworth, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*.30, 377- 392.
- Zamarreño De Julivert (1963). Estudio petrográfico de las calizas de la Formación Rosablanca de la región de la Mesa de los Santos. *Boletín de Geología*, (15), 5-34.

Apéndices

Apéndice A: Mapa Geológico escala 1:25.000.000 . Geología de la Plancha 135II-D1&3



Apéndice B: Petrografía Muestra SGS-M9

MUESTRA SGS-M9, SECCIÓN SOCORRO, SANTANDER, COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Textura: Lodolita Media (Medium Mudstone) con una lámina de arenisca de grano muy fino.

Laminación: Laminación plano paralela discontinua marcada por Biolaminitas.

Composición: Silíceo

Productos Diagenéticos: Fracturas rellenas de Yeso

Cemento: Silíceo

Nódulos: No presenta

Índices de Bioperturbación: 1-2

Trazas Fósiles: Madrigueras alargadas donde los granos están más empaquetados.

Fósiles: NP

Otros: Zircones y cloritas

Facies: "Lodolita Media silíceo" (Medium Mudstone; Lazar et al., 2015) de color gris oscuro (N3) composicionalmente se encuentra cuarzo, materia orgánica y moscovita; laminación plano paralela discontinua marcada por la concentración de materia orgánica y moscovitas paralelas a la estratificación; pobremente bioperturbada; zircones y cloritas como minerales accesorios.



Apendice C: Petrografía Muestra SGS-M16

MUESTRA SGS-M16 SECCIÓN SOCORRO, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Paja

Textura: Lodolita media (Medium Mudstone)

Laminación: Plano paralela, discontinua, ondulosa

Composición: Arcilla, cuarzo, materia orgánica (biolaminitas)

Productos Diagenéticos: NP

Cemento: Silíceo

Índices de Bioperturbación: 3(moderadamente bioperturbada)

Trazas Fósiles: Madrigueras alargadas las cuales se evidencian por el reordenamiento de los granos de cuarzo y muscovita

Fósiles: No

Otros: Muscovita, clorita zircones

Facies: Lodolita Media arcillosa" (Medium Mudstone; Lazar et al., 2015) de color gris oscuro (N3), con laminación paralela ondulosa discontinua, marcada por diferencias composicionales entre Biolaminitas oscuras y láminas de cuarzo detrítico, las muscovitas se encuentran paralelas a la estratificación, moderadamente bioperturbada, accesorios trazas de minerales opacos, clorita y zircones.



Apéndice D: Petrografía Muestra SGS-M20

MUESTRA SGS-M20, SECCIÓN SOCORRO, SANTANDER, COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior
Formación: Paja

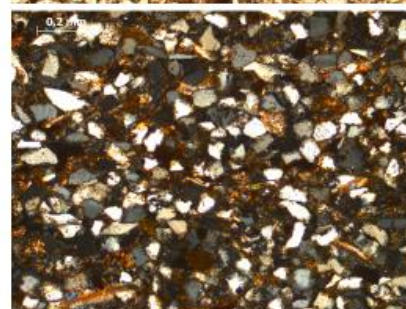
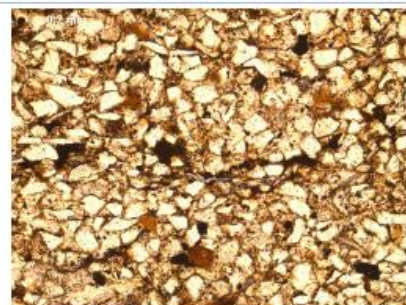
Textura: Lodolita Arenosa (Sandy Mudstone)
Laminación: Ligeramente lamina hacia la base
Composición: Silicea

Productos Diagenéticos: Glauconitización
Cemento: Silíceo
Nódulos: No presenta

Índices de Bioperturbación: 2
Trazas Fósiles: Madrigueras en sección transversal, se observa aumento contenido MO, Pellets fecales? y porosidad

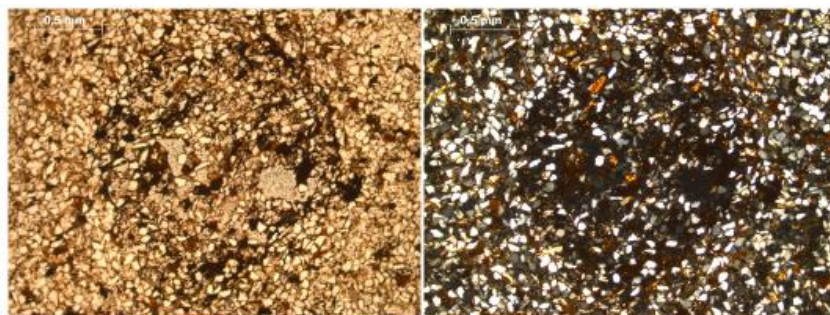
Fósiles: NP
Otros: Zircones, Turmalina y Glauconita Detritica.

Facies: "Lodolita Arenosa silicea" (Sandy Mudstone; Lazar et al., 2015) con moscovita, abundante materia orgánica y fosfatos, hacia la base es ligeramente laminada, láminas planas discontinuas, relictos de pellets que han sido glauconitizados; pobremente bioperturbada.



Apéndice E: Petrografía Muestra SGS-20-2

MUESTRA SGS-M20, SECCIÓN SOCORRO SANTANDER COLOMBIA



Microfotografía en nicoles cruzados con 4x de aumento mostrando la sección transversal de una madriguera. En esta se ve el aumento de la concentración de pellets fecales?, MO y porosidad.

Apendice F: Petrografia Muestra SGS-M24

MUESTRA SGS- M24 SECCIÓN SOCORRO, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Arenisca Lodosa calcárea

Laminación: Aparente laminación discontinua ondulosa no paralela marcada por bandas de materia orgánica y orientación de las muscovitas

Composición: calcárea-Silíceo

Productos Diagenéticos: Glauconitización

Cemento: calcareo, composición Dolomítica

Nódulos: Np

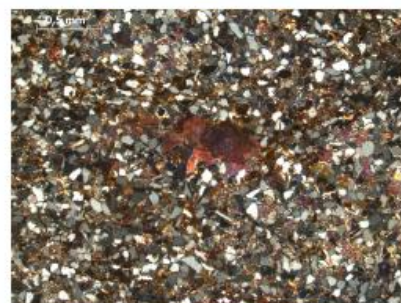
Índices de Bioperturbación: 4

Trazas Fósiles:

Fósiles: Bioclastos, algas (Canofitas), restos de bivalvos, pellets

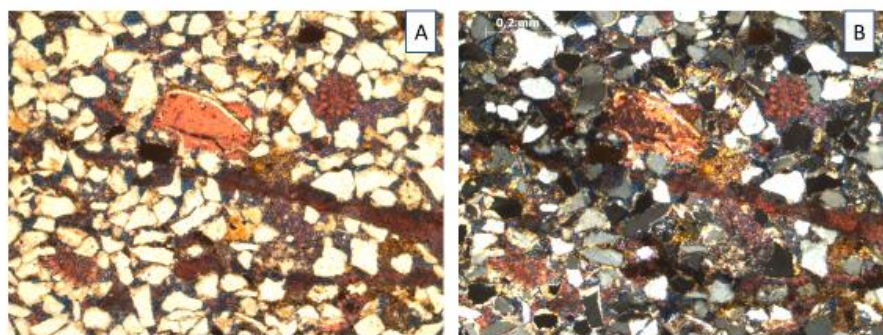
Otros: Muscovita, glauconita, turmalina, zircones, agregados de óxidos ferruginosos, opacos

Facies: "Arenisca lodosa" (Muddy Sandstone; Lazar et al., 2015), de composición silíceo-calcárea con laminación discontinua ondulosa no paralela, su matriz está compuesta por calcita y ankerita, cemento dolomítico, con bioclastos fragmentados, donde se reconocen conchas de bivalvos, algas, pellets glauconitizados; altamente bioperturbada.



Apendice G: Petrografia Muestra SGS-M24-2

MUESTRA SGS-M24, SECCIÓN SOCORRO SANTANDER COLOMBIA



Microfotografía en nicols A) cruzados y B) paralelos con 4X de aumento, se observan bioclastos fragmentados, restos de algas calcáreas de coloraciones rosadas debido a la tinción de la muestra, granos de cuarzo y la composición ferruginosa de la matriz calcárea.

Apéndice H: Petrografía Muestra CSG-M3

MUESTRA CSG-M3 SECCION CURITÍ, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Paja

Textura: Lodolita media (Medium Mudstone)

Laminación: Ondulosa, no paralela, discontinua

Composición: Arcillosa-Silicea

Productos Diagenéticos: Glauconitización

Cemento: Calcareo (Calcítico, Ankerítico)

Nódulos: NP

Índices de Bioperturbación: 1-2 Marcada por la tendencia de los granos a formar estructuras circulares

Trazas Fósiles: Criptobioperturbación

Fósiles: Bioclastos de Bivalvos y Gasterópodos, pellets y oolitos, bioclastos reemplazados por pirita

Otros: Muscovita, Clorita, Glauconita, óxidos

Microfacies: Lodolita media (medium Mudstone) de composición arcillosa-silicea rica en materia orgánica, de laminación ondulosa, no paralela, discontinua marcada por la orientación de las muscovitas, la bioperturbación es débil y está evidenciada por la tendencia de los granos a formar estructuras circulares, presenta bioclastos tamaño limo altamente fracturados, oolitos y pellets.



Apéndice I: Petrografía Muestra CSG-M7

MUESTRA CGS-M7, SECCIÓN CURITÍ, SANTANDER, COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación:

Textura: Lodolita arenosa (sandy Mudstone)

Laminación: NP

Composición: Silicea

Productos Diagenéticos: No

Cemento: Silíceo

Nódulos: NP

Índices de Bioperturbación: 1-2?

Trazas Fósiles: Arreglo de granos asociado a Criptobioperturbación

Fósiles: NP

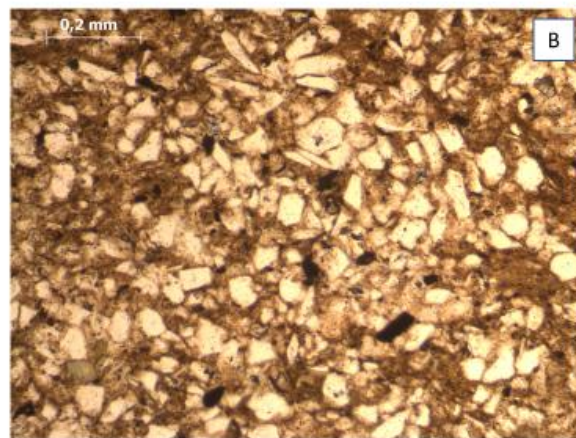
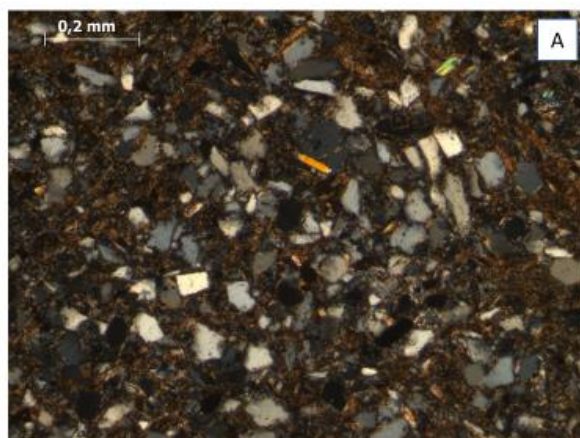
Otros: Zircones, materia orgánica y Turmalinas

Facies: "Lodolita Arenosa silicea" (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) de composición silicea y matriz sericitica; su estructura es maciza, está débilmente bioperturbada aparentemente criptobioperturbación. Minerales accesorios trazas de moscovita, opacos, zircones y turmalinas.



Apéndice J: Petrografía Muestra CSG-M7-2

MUESTRA CGS-M7, SECCIÓN CURITÍ, SANTANDER, COLOMBIA



Microfotografía en nicols A) cruzados y B) paralelos con 10x de aumento lo que parece ser criptoperturbación ya que se observa un arreglo no natural de los granos de cuarzo.

Apéndice K: Petrografía Muestra CSG-M9

MUESTRA CSG-M9 SECCION CURITÍ, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Lodolita arenosa (sandy Mudstone)

Laminación: Masiva

Composición: Silíceo y fosfático?

Productos Diagenéticos: Glauconitización

Cemento: Calcareo, Ankerita

Nódulos: NP

Índices de Bioperturbación: 1-2

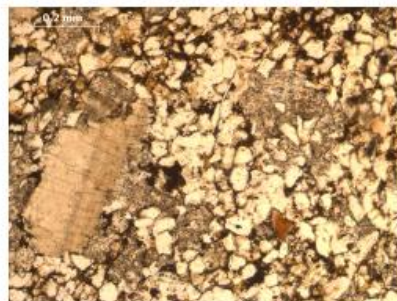
Trazas Fósiles:

Fósiles: Bioclastos fragmentados

Otros: Muscovitas, Glauconita, Clorita, Turmalina, óxidos

Facies: "Lodolita arenosa silíceo" (Sandy Mudstone; Lazar *et al.*, 2015) compuesta por cuarzos monocristalinos, matriz sericitica rica en materia orgánica, fosfatos, cemento calcáreo de calcita, ankerita y dolomita; contiene pellets, oolitos glauconitizados, bivalvos fragmentados; su estructura es maciza, debilmente bioperturbada, accesorios traza de moscovita, opacos, clorita, glauconita y turmalina

Interpretación:



Apendice L: Petrografia Muestra CSG-M10

MUESTRA CSG-M10 SECCION CURITÍ, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Biomicrita terrígena de granos de cuarzo tamaño limo

Laminación: Masiva

Composición: Calcárea

Productos Diagenéticos:

Cemento: Dolomítico

Nódulos: NP

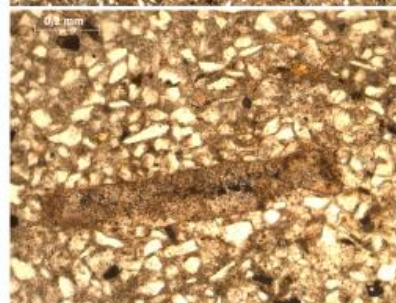
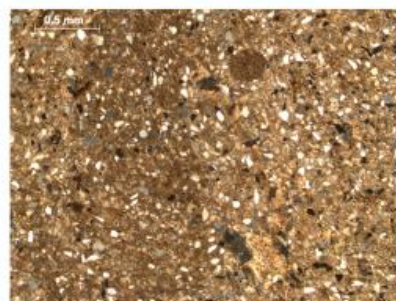
Índices de Bioperturbación: 3

Trazas Fósiles: Estructuras circulares de composición distinta a la matriz que lo rodea

Fósiles: Bioclastos fragmentados de bivalvos, pellets, Posible erizo o alga?

Otros: Opacos, glauconita, clorita, turmalina, óxidos de hierro

Facies: Biomicrita terrígena (Folk, 1962) con matriz micrítica y cemento dolomítico, granos de cuarzo monocristalino tamaño limo, bioclastos de tamaño arena gruesa sin orientación, pellets, algas carófitas?, minerales opacos (<2%), moderadamente bioperturbada, minerales traza de moscovita, clorita, glauconita y turmalina.



Apendice M: Petrografia Muestra CSG-M11

MUESTRA CSG M11

SECCION CURITÍ, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Lodolita Arenosa (Sandy Mudstone)

Laminación: Plano paralela, discontinua, ondulosa

Composición: Silicea fosfatos?

Productos Diagenéticos: Glauconitización

Cemento: Dolomítico

Nódulos: NP

Índices de Bioperturbación: 4

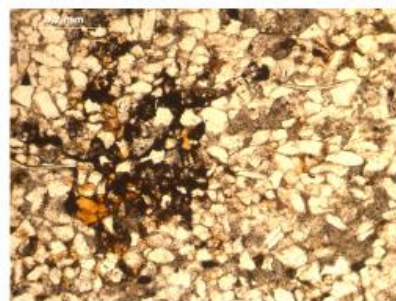
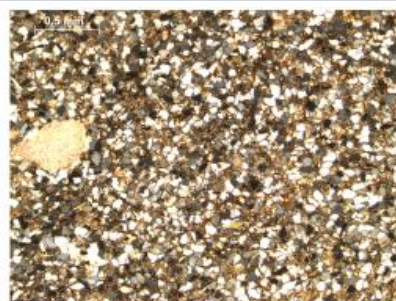
Trazas Fósiles:

Fósiles: Bioclastos

Otros: Muscovita, Turmalinas, Glauconita, Clorita, Circones, Titanita, óxidos

Facies: "Lodolita arenosa silicea" (Sandy Mudstone; Lazar et al., 2015), compuesta por granos de cuarzo monocristalino, matriz calcárea de composición calcítica-ferrosa, cemento dolomítico y fosfatos; contiene bioclastos altamente fragmentados y pellets; su estructura es maciza y está altamente bioperturbada; presenta minerales de moscovita, óxidos y glauconita (<2%) además de trazas de turmalina.

Interpretación:



Apendice N: Petrografia Muestra CSG-M13

MUESTRA CGS-M13, SECCIÓN CURITÍ, SANTANDER, COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Biomicrita de bivalvos con terrígenos tamaño arena fina

Laminación: Inclínada Discontinua

Composición: Calcárea

TOC:....wt%

Productos Diagenéticos: Glauconitización de Pellets

Cemento: Silíceo-Dolomítico?

Nódulos: NP

Índices de Bioperturbación: 1

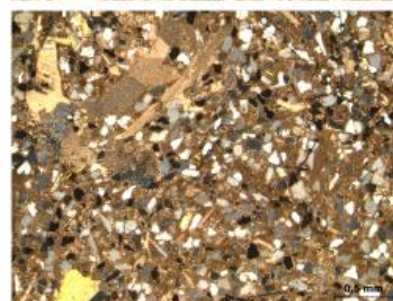
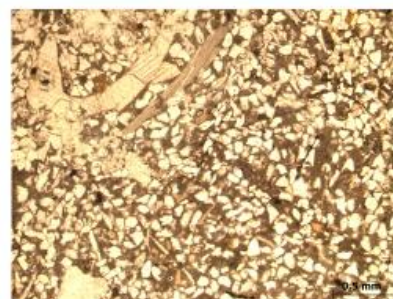
Trazas Fósiles: NP

Fósiles: Fragmentos de Bivalvos de hasta 2 mm , Restos de Algas?

Otros: Oolitos, Zircones y Glauconitas Detriticas

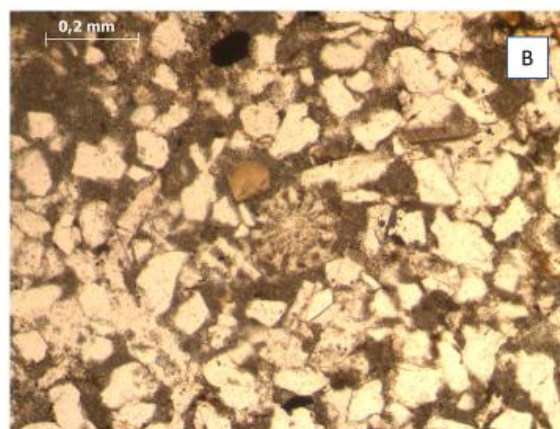
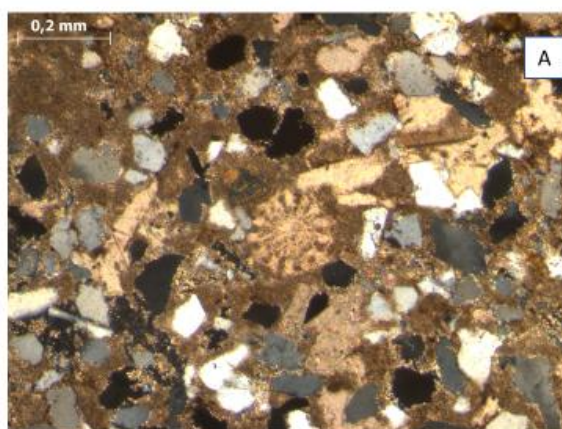
Facies: : Biomicrita terrígena de bivalvos (Folk, 1962) los terrígenos corresponden a granos de cuarzo monocristalino de textura fina, fragmentos de bivalvos tamaño arena gruesa a muy gruesa que flotan en una matriz micritica, con cemento dolomítico y fosfatos; presenta pellets, oolitos, restos de algas; minerales opacos, moscovita y glauconita (<2%); las conchas están altamente fragmentadas; se encuentra debilmente bioperturbada.

Interpretación:



Apendice O: Petrografia Muestra CSG-M13-2

MUESTRA CGS-M13, SECCIÓN CURITÍ, SANTANDER, COLOMBIA



Microfotografía en nicolas A) cruzados y B) paralelos con 10x de aumento se observan restos de algas, cuarzo monocristalino cementados, fragmentos de bivalvos y pellets glauconitizados.

Apendice P: Petrografia Muestra CSG-M16

MUESTRA CSG-M16 SECCION CURITÍ, SANTANDER COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Tablazo

Textura: Biomicrita de bivalvos y gasterópodos

Laminación: NP

Composición: Calcárea

Productos Diagenéticos: Neomorfismo y Silisificación

Cemento: Dolomítico

Nódulos: NP

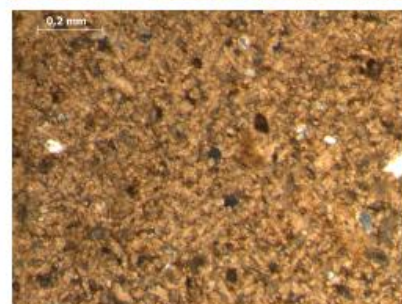
Índices de Bioperturbación: 0

Trazas Fósiles: NP

Fósiles: Conchas de bivalvos fragmentados, gasterópodos

Otros: Presenta granos de cuarzo monocristalino de tamaño lodo

Facies: Biomicrita de bivalvos y gasterópodos (Folk, 1962), compuesta por bivalvos algunos tipo *Ceratostreon* y gasterópodos de tamaños arena fina a gruesa sin orientación flotando en una matriz micrítica rica en materia orgánica, con cemento dolomítico; algunas conchas presentan neomorfismo, silicificación o están piritizadas; presenta un ligero aporte terrígeno de granos de cuarzo monocristalino (<4%).



Apendice Q: Petrografia Muestra SMB-M5

MUESTRA SMB-M5, SECCIÓN BARICHARA, SANTANDER, COLOMBIA

Edad: Cretácico Inferior

Formación: Paja

Textura: Biomicroesparita de Bivalvos y Gasterópodos.

Laminación: NP

Composición: Calcárea

Productos Diagenéticos: Presión-Disolución, venas de Cuarzo

Cemento: Calcareo

Nódulos: NP

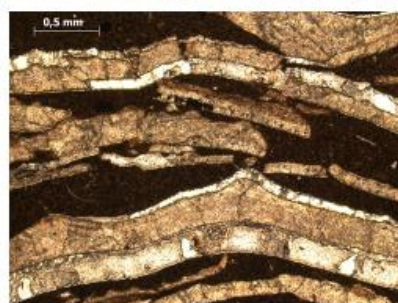
Índices de Bioperturbación: 1

Trazas Fósiles: NP

Fósiles: Fragmentos de Bivalvos de hasta 1 cm y gasterópodos de hasta 0.5 mm en sección transversal

Otros: Cuarzo

Facies: biomicroesparita de bivalvos y gasterópodos (Folk 1962), mal calibrada, compuesta por bioclastos de bivalvos y gasterópodos de tamaño arena gruesa que flotan en una matriz microesparítica de composición calcítica, contiene fosfatos y opacos (<4%); los bioclastos se encuentran orientados de forma paralela a la estratificación y contiene un ligero aporte terrígeno de granos de cuarzo monocristalinos



*Apendice R: Petrografia Muestra SMB-M8***MUESTRA SMB-M8, SECCIÓN BARICHARA, SANTANDER, COLOMBIA****Edad:** Cretácico Inferior**Formación:** Tablazo**Textura:** Lodolita Arenosa (Sandy Mudstone)**Laminación:** NP**Composición:** Siliceous**Productos Diagenéticos:** Disolución y Neomorfismo**Cemento:** Calcáreo**Nódulos:** NP**Índices de Bioperturbación:** 1-2**Trazas Fósiles:** NP**Fósiles:** Fragmentos de Bivalvos de hasta 2 cm y restos de algas**Otros:** Glauconitas, Materia Orgánica

Facies: "Lodolita Arenosa Silicea" (Sandy Mudstone; Lazar et al., 2015). Compuesta por granos de cuarzo monocristalino en una matriz calcárea de composición calcítica-ankerítica; contiene fosfatos, minerales secundarios de moscovita y glauconita; bioclastos altamente desarticulados y fragmentados y algas carófitas, su estructura es maciza, además presenta trazas de clorita y turmalina.

