

Cartografía y análisis estratigráfico de la Formación Cumbre en el municipio de Curití y sus
alrededores, departamento de Santander

Jefferson Steven Diaz Villamizar, José Javier Márquez Prada

Trabajo de Grado para Optar por el título de Geólogo

Director:

Georgina Guzmán Ospitia

Geóloga PhD en Ciencias.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicoquímicas

Escuela de Geología

2020

Dedicatoria

A Dios en primer lugar por darme todo lo que soy y lo que tengo, siendo luz y guía en el camino de la vida.

A mis padres Alexander y Tilcia, quienes son mi apoyo y motivación, que han hecho lo posible e imposible por hacer de mí una buena persona y apoyar cada uno de mis sueños.

A mis abuelos Custodio y Celina mis segundos padres, de quienes aprendí todo lo que soy y el valor del amor.

A mis hermanos Jaime, Karen, Brayan, Abelardo y Harry, por cada momento compartido y bien vivido.

A toda mi familia y mi pueblo del alma La Vega.

A mis amigos Carlos Mario, Sebastián, José, Juangui, Katherine, Lorena y todas las personas que conocí en mi vida universitaria.

-Vive como si fueses a morir mañana. Aprende como si fueses a vivir para siempre. -Mahatma Gandhi.

Jefferson Díaz “yeyé”

Agradezco enormemente a Dios por haberme acompañado y ser guía no solo durante mi carrera sino durante toda mi vida y en la de mi familia siendo ente de luz y fortaleza permanente.

A mis padres Javier y Luz Clemencia quienes con su amor, paciencia, sacrificio y esfuerzo me han apoyado de forma incondicional y fundamental en cada etapa de mi vida siendo mis mayores ejemplos que seguir y las personas quienes más amo en la vida, sin ellos no llegaría a ser la persona que soy hoy en día.

A mis hermanas Juliana y Paz por estar siempre presentes, acompañándome y apoyándome diariamente.

A mi novia Daniela Mendoza, a mis amigos María Paula, Laura, Lina, Yeye, Sebas, Carlitos, Juangui por los grandes recuerdos y momentos vividos durante esta etapa universitaria y también a todas las personas que conocí a lo largo de la misma.

José Márquez

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen de manera sincera a la profesora Georgina Guzmán por ser nuestra directora y mentora; por su compañía, ideas y consejo en el desarrollo de este proyecto.

Al Geólogo Fabio Laverde, por sus aportes, sugerencias y conocimiento en campo.

Al Geólogo Gabriel Mendoza por su colaboración y disposición en el estudio de las trazas fósiles.

A nuestros compañeros y colegas Carlos Mario Alarcón, Juan Sebastián Gómez, Juank Gutiérrez, John García, Lorena García, Katherine Quintero, María Paula Infante, Daniela Mendoza; que aportaron y fueron de gran ayuda en todo este proceso

Tabla de Contenido

Introducción	17
1. Objetivos	18
Objetivo General.....	18
Objetivo Específicos	18
2. Justificación	19
3. Marco Geográfico	20
Localización	20
4. Marco Geológico Regional	21
Estratigrafía.....	22
Esquistos del Silgara (O1s).....	23
Formación Los Santos (K1ls)	23
Formación Cumbre (K1c).....	24
Formación Rosa Blanca (K1r)	25
Formación La Paja (K1p).....	26
Formación Tablazo (K1t).....	26
Geología Estructural	27
Falla del Suarez.....	27
Falla Curití	28
Sinclinal de las Vueltas.....	28

5. Marco Metodológico.....	28
Antecedentes	28
Formación Cumbre	28
Trabajo de Campo.....	34
Fase de laboratorio.....	35
Mapa Geológico.....	35
Columnas Estratigráficas	35
Petrografía.....	35
Análisis de facies	36
6. Resultados.....	37
Mapa	37
Estratigrafía Física	38
Municipio de Curití.....	38
Formación Los Santos (Parte superior).....	40
Formación Cumbre	45
Intervalo I:.....	45
Intervalo II:	46
Intervalo III:	48
Intervalo IV:.....	51
Intervalo V:	52

Petrografía.....	54
FCC-08.....	54
FCC-15.....	55
FCZ-1	56
Análisis Facial De La Sección De Curití	57
Litofacies lodosas.....	57
Litofacies arenosas.....	58
Iconofacies	59
Asociación de facies	59
Asociación de Facies F1:	59
Asociación de Facies F2:	60
Asociación de Facies F3:	61
Asociación de Facies F4:	61
Asociación de Facies F5:	62
Modelo e interpretación ambiental	63
7. Síntesis y Discusión	65
8. Conclusiones.....	70
9. Recomendaciones	71
Referencias citadas.....	72
Apéndices.....	78

Lista de Figuras

Figura 1. Localización de zona de estudio. Izquierda: Ubicación geográfica, tomado y modificado de Mantilla, et al. (2016). Derecha: Mapa de Santander con la ubicación del municipio de Curití	20
Figura 2. Columna generalizada de las unidades trabajadas. Tomado y modificado de Royero y Clavijo, 2001	27
Figura 3. Resumen de espesor y litología de trabajos y zonas relacionadas con la Formación Cumbre.....	32
Figura 4. Ejemplo de denominación de la litofacies.....	36
Figura 5. En las figuras A,B y C se observa el contacto entre los Esquistos del Silgara y la Formación Los Santos; D) Conglomerados basales de la Formación Los Santos.....	38
Figura 6. Aspecto del escarpe donde aflora el techo de la Formación Los Santos obsérvese bioperturbación sobre el plano de la capa; aquí se observa el espesor completo de la Formación Cumbre en la sección de Pescaderito municipio de Curití	40
Figura 7. Columna estratigráfica Formación Cumbre en el balneario Pescaderito	41
Figura 8. Capas de cuarzo-areniscas finas de la parte superior de la Formación Los Santos, en la sección de Pescaderito, Curití.	42
Figura 9. A: Capa tope con gran densidad de bioperturbación de la Formación Los Santos en la sección de Pescaderito, Curití. B: Icnofósiles con relieve negativo. C: icnofósiles con relieve positivo. D: Icnofósiles tuburales rellenos por la arenisca de esta capa. E: Icnofósiles tuburales huecos	44

Figura 10. A: Capas de areniscas muy fina a finas del intervalo I, donde se aprecian los aparentes lentes lodo-arenosos (rojo) y el nivel de lodolita endurecido(amarillo) relacionado con un posible paleosuelo? B: Lente lodo-arenoso fisil con manchas de azufre.	46
Figura 11. A: Espesor del intervalo II, mostrando las capas con geométrica cuneiforme con dirección de acuñaamiento opuesta (amarillo). B: Capas de lodo de geometría ondulosa, al tope areniscas con pequeños lentes de lodo, mostrando una estratificación mixta tipo	47
Figura 12. A: Resto ¿fósil? con un grado bajo de preservación, reemplazado por yeso. B: Thalassinoides perpendiculares a la laminación en las lodolitas	48
Figura 13. Capa de arenisca fina con incisión acanalada (N°15) la cual es rellena por un estrato de arenisca media-fina (N°16)	49
Figura 14. A: Conjuntos con distintos tipos de laminación progradando hacia el Oeste. B: Laminación ondulosa- paralela y plano-paralela. C: En vista oblicua, conjuntos con laminación plano-paralela e inclinada tangencial, separados por superficies irregulares. D: Laminación sinusoidal.	50
Figura 15. Icnofósiles presentes en el tope de la capa N°17.....	51
Figura 16. Afloramiento del intervalo 5	52
Figura 17. A: Oquedades generadas por la pérdida de intraclastos tamaño guijo de lodolita. B: Niveles de areniscas con mayor contenido de lodo y laminación ondulosa no en fase.....	53
Figura 18. En la foto de la parte izquierda se aprecia la diferencia de tamaño de grano que presenta la madriguera rellena con respecto al tamaño de grano de la muestra reflejado en la figura derecha.....	54

Figura 19. Sección delgada donde se aprecian granos de cuarzo en gran porcentaje y contenidos menores de Plagioclasa y zircones. En el rectángulo rojo de la figura de la derecha se aprecia un grano de cuarzo redondeado con borde de crecimiento autigeno 55

Figura 20. Triángulos de clasificación textural y composicional de Folk (1974). Izquierda: G: conglomerado; Gs: conglomerado arenoso; Gsm; Conglomerado arenolodoso; Gm: Conglomerado lodoso; Sg: arenisca conglomerática; Smg: arenisca lodosa conglomerática; Mg: Lodolita conglomerática; Sg: arenisca conglomerática; M(g): Lodolita ligeramente conglomerática; Ms(g): Lodolita arenosa ligeramente conglomerática; S(g): Arenisca ligeramente conglomerática; S: Arenisca; Sm: arenisca lodosa; Ms: Lodolita arenosa; M: Lodolita. Derecha: 1: Cuarzo arenita; 2: Subarcosa; 3: Sublitoarenita; 4: Arcosa; 5: Arcosa lítica; 6: Litoarenita Feldespática; 7: Litoarenita. 56

Figura 21. A) Gasterópodo reemplazado en óxidos de hierro; B) Cristales Idiomorfos de dolomita 57

Figura 22. Asociación de facies y subambientes relacionados. 59

Figura 23. Localización y espesor de las localidades donde se reconoce la Formación Cumbre. 66

Lista de Apéndices

Apéndice A. Mapa Geológico del Municipio de Curití. Escala 1:25.000 78

Apéndice B. Columna estratigráfica Formación Cumbre en el municipio de Curití..... 79

RESUMEN

TÍTULO: Cartografía y análisis estratigráfico de la Formación Cumbre en el municipio de Curití y sus alrededores, departamento de Santander*

AUTOR: Jefferson Steven Diaz Villamizar y José Javier Márquez Prada**

PALABRAS CLAVES: Sección Curití, Formación Los Santos, Formación Cumbre, Ambiente de transición, Facies.

DESCRIPCIÓN: Las rocas de la Formación Cumbre representan los primeros depósitos sedimentarios asociados a un mar epicontinental cretácico en los departamentos de Boyacá y Santander; marcando la transición entre las formaciones Arcabuco o Los Santos de ambiente continental y la Formación Rosa Blanca de ambiente marino. En la zona de Curití de manera concordante sobre una capa con alta bioperturbación correspondiente al tope la Formación Los Santos, se reconoce la Formación Cumbre con un espesor de 8 m aproximadamente compuesta por cuarzoareniscas finas a medias, lodolitas arenosas y lodolitas bioperturbadas. A partir de criterios sedimentológicos, estratigráficos e icnológicos se definieron 5 asociaciones de facies con las cuales se determinó que la Formación Cumbre en el sector de Curití se depositó en una zona intermareal dentro de una llanura mareal arenosa dominada principalmente por la acción de mareas. Las facies identificadas en la sección de Curití son atípicas a las que se reportan en distintos sectores para la Formación Cumbre, ya que en la mayoría de los trabajos esta formación se describe como un paquete de areniscas y fosilíferas con bivalvos, dientes de raya, pellets, cristales de pirita y con algunos rastros de dolomitización. Al igual el adelgazamiento de esta unidad hacia el Macizo de Santander, donde el máximo espesor reportado es de 26 m, hace que el rango estratigráfico para estas facies transicionales en la región de Santander queda abierto a futuros trabajos.

*Trabajo de grado

**Facultad Físico-Químicas, Escuela de Geología. Director Georgina Guzman Ospitia

ABSTRACT

TITLE: Cartography and Stratigraphic analysis of the Cumbre Formation in the Municipality of Curití and its surroundings, Department of Santander. *

AUTHOR: Jefferson Steven Diaz Villamizar & José Javier Márquez Prada **

KEYWORDS: Curiti section, Los Santos Formation, Cumbre Formation, Transitional environment, Facies.

DESCRIPTION: The rocks belonging to the Cumbre Formation represent the first sedimentary deposits associated with a Cretaceous epicontinental sea in the departments of Boyacá and Santander, indicating the transition between the Arcabuco or Los Santos Formations of continental environment and the Rosa Blanca Formation of marine environment. In the area of Curití, in a concordant manner, onto a layer with high bioperturbation corresponding to the top of the Los Santos Formation, the Cumbre Formation is recognized with a thickness of approximately 8 m composed of medium to fine quartz-sandstones, sandy lodolites, and bio-disturbed lodolites. Based on sedimentological, stratigraphic and ichnological criteria, five facies associations were defined, with these, it was determined that the Cumbre Formation in the Curití sector was deposited in an intertidal zone within a sandy tidal plain dominated mainly by the action of tides. The facies identified in the Curití section are atypical to those reported in different sectors for the Cumbre Formation since most of the research concerning this formation is described as a fossiliferous sandstone package with bivalves, teeth of stingrays, pellets, pyrite crystals and some traces of dolomitization. Besides, the thinning of this unit towards the Macizo De Santander, where the maximum thickness reported is 26 m, makes the stratigraphic range for these transitional facies in the Santander region pending on future work.

*Bachelor Thesis.

** Faculty of Physico-Chemical Engineering. School of Geology. Director: Georgina Guzman Ospitia

Introducción

La Formación Cumbre definida por Renzoni (1969) pertenece al registro sedimentario del Cretácico Inferior en zonas del departamento de Boyacá donde presenta su mayor espesor y hacia el Valle Medio del Magdalena en el departamento de Santander reconociéndose con un espesor reducido. En el municipio de Curití esta unidad no se menciona en la cartografía regional pero se evidencia en esta zona las unidades que tanto la infrayacen como suprayacen , la Formación Los Santos de ambiente continental y la Formación Rosa Blanca de ambiente marino respectivamente.

Mediante principios y análisis sedimentológico, estratigráfico, cartográficos a detalle de la sección aflorante en la zona del municipio de Curití, fue posible la descripción de las principales características de este intervalo, destacando atributos litológicos, sedimentológicos, icnológicos. En base a estas características se realizó un reconocimiento de facies y un análisis facial de La Formación Cumbre en el municipio de Curití entre el lapso transicional presente entre la Formación Los Santos y la Formación Rosa Blanca. Con esto se pretende hacer una contribución a las características sedimentológicas de la Formación en el departamento de Santander y comprender posibles condiciones ambientales de sedimentación en esta sección.

1. Objetivos

Objetivo General

- Identificar las características faciales de la Formación Cumbre en el Municipio de Curití y su significado genético.

Objetivo Específicos

- Revisar y analizar la cartografía de la Formación Cumbre en el área de estudio del Municipio de Curití.
- Determinar los contactos infrayacentes y suprayacentes asociados con esta formación.
- Identificar el ambiente de depósito de la Formación Cumbre en el sector del municipio de Curití.
- Analizar la posición y nomenclatura de la Formación Cumbre en la sucesión sedimentaria Cretácea basal en el área de Curití

2. Justificación

La sucesión sedimentaria del Cretácico Inferior en el Valle Medio del Magdalena se caracteriza por variaciones en las condiciones ambientales de depósito; variando de ambientes continentales transicionales y marinos, estos cambios evidenciados en la variabilidad de rasgos texturales y composicionales.

Estudios enfocados a la parte inferior del cretácico indican el desarrollo de dos formaciones importantes como lo son la Formación Los Santos y Formación Rosa Blanca, dadas en ambientes depositacionales continental y marino respectivamente; entre estas dos formaciones, se presenta la Formación Cumbre.

En el área de Curití esta formación no se menciona en la cartografía regional, probablemente, debido a que a la escala en que está la cartografía no es representativa; a pesar de que esta unidad se ha observado y cartografiado en el sur del Valle Medio del Magdalena y se menciona su presencia en el área de la Mesa de Los santos y Zapatoca con un espesor reducido, esto nos lleva a preguntarnos ¿La Formación Cumbre se reconoce en el área del municipio de Curití? ¿Como son las facies sedimentarias que se encuentran entre el tope de la Formación Los Santos y la base de la Formación Rosa Blanca? en el área de Curití y alrededores se menciona tanto la sucesión Cretácica Inferior como la Superior, planteándonos que es importante la verificación de la presencia de la Formación Cumbre ya que marca el cambio en las condiciones ambientales en la parte inferior de la sucesión cretácica.

3. Marco Geográfico

Localización

La zona de estudio se localiza hacia el norte de la Cordillera Oriental Colombiana, en el Departamento de Santander y en áreas pertenecientes al Municipio de Curití.

La sección de Curití se localiza al margen izquierdo de la Quebrada La Cajonera, 200 metros aguas arriba del lugar conocido como Balneario de Pescaderito en el Municipio de Curití dentro de la Provincia Guanentina y sobre la plancha 135-II-D según el IGAC, con coordenadas N:1222685, E:1114060.

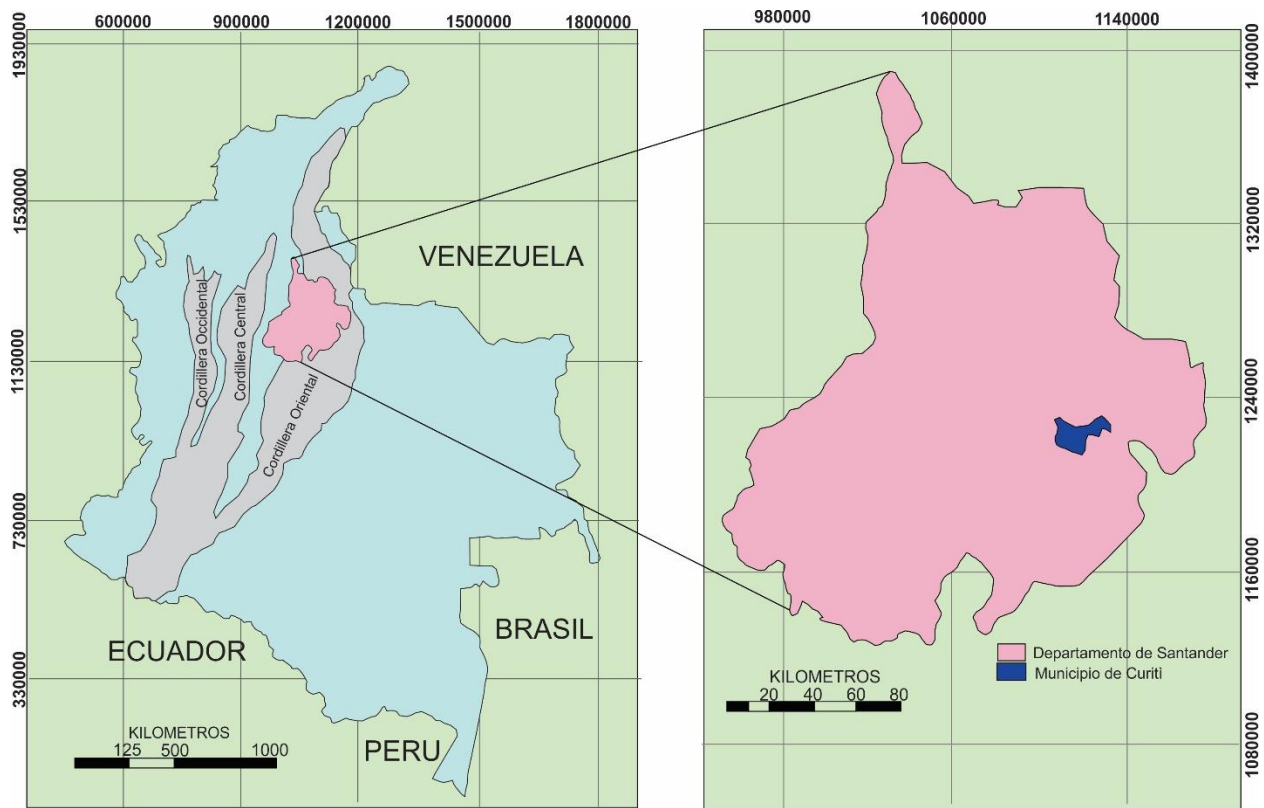


Figura 1. Localización de zona de estudio. Izquierda: Ubicación geográfica, tomado y modificado de Mantilla, et al. (2016). Derecha: Mapa de Santander con la ubicación del municipio de Curití

4. Marco Geológico Regional

Entre el Triásico Tardío y el Jurásico medio, se inicia a nivel mundial el rompimiento del supercontinente Pangea seguido de extensión *back-arc*, afectando de esta forma zonas en el territorio Colombiano y en el actual Valle Medio del Magdalena ocasionando un evento de *rifting* acompañado de vulcanismo explosivo, generador del espacio de acomodación sobre el que se depositarían varios miles de metros de secuencias de origen continental y causante de esfuerzos transtensionales/tensionales, generando un estiramiento litosférico dando origen a cuencas tipo graben de hasta 150 km de amplitud en el Valle Medio del Magdalena y el flanco oeste de la Cordillera Oriental (Subcuenca Tablazo-Magdalena) (Sarmiento-Rojas, 2001 y Sarmiento-Rojas et al. 2006), esta actividad ígnea constituye el preludeo de la apertura y conformación de la Cuenca Cretácica colombiana. Posteriormente en el Cretácico temprano ocurre la migración de la actividad ígnea al oeste de la Falla de Palestina y se inicia la conformación de la Cuenca Cretácica, la cual se expande de manera diferencial (Etayo *et al.* 1976; Fabre, 1985; Sarmiento-Rojas *et al.* 2006; 2011; Cediél *et al.* 2011, entre otros). Se desarrollan esfuerzos tensionales/transtensionales posiblemente relacionados a la extensión *back-arc*, cuencas extensionales y a una rápida subsidencia asociada al *rifting* que condujo a la depositación de potentes secuencias de rocas sedimentarias (Sarmiento, G., Puentes, J., y Sierra, C. 2015).

En la zona de la actual Cordillera Oriental de Colombia, la cual presenta mayor exposición de rocas de edad cretácica y es una de las tres ramificaciones pertenecientes a los Andes Colombianos, se formó durante el mesozoico una cuenca extensional y un amplio sistema de graben orientado aproximadamente a NNE-SSW, dividido en dos subcuencas: una occidental llamada cuenca Tablazo-Magdalena y otra rama oriental llamada cuenca del Cocuy, separadas por el Paleomacizo de Santander y Floresta, compuesto por rocas ígneo-metamórfico (Sarmiento-Rojas et al. 2006;

Etayo-Serna, 1968, Fabre, 1983; Sarmiento-Rojas, 2001). Inicialmente la sedimentación en estas cuencas para principios del Cretácico estaba caracterizada de forma terrígena, más adelante comenzaron a ser inundadas progresivamente y a profundizarse, debido a un mar epicontinental que ingresó por el occidente invadiendo en primer lugar la cuenca Cundinamarca y continuando hacia las subcuencas Tablazo-Magdalena y Cocuy (Etayo-Serna et al., 1969). Se observa un variado registro sedimentario en el Cretácico inferior desde facies asociadas a ambientes transicionales como costas y deltas; hasta facies calcáreas o terrígenas de grano fino de ambientes marinos -plataforma interna, media, externa y abanicos submarinos- (Cáceres et al., 2003) sustentando la forma de la cuenca en una plataforma abierta en dirección norte (Sarmiento, Puentes y Sierra, C. 2015).

El mar cretácico alcanza su mayor extensión hacia finales del Cretácico inferior (Aptiano-Albiano), llegando a sectores como el Valle Superior del Magdalena, zonas de Cesar-Ranchería, la Sierra Nevada del Cocuy y prologándose hasta Venezuela (Etayo-Serna *et al.*, 1969).

Las rocas cretáceas representan un ciclo transgresivo-regresivo importante con una superficie de inundación máxima cerca del límite Cenomaniano-Turoniano, que corresponde al nivel eustático Mesozoico máximo (Fabre, 1985; Villamil, 1993; Fig. 5). Superpuesto a esta tendencia a gran escala, existen varios ciclos transgresivos-regresivos más pequeños, lo que sugiere un nivel tectono-eustático relativo oscilante (Sarmiento-Rojas et al 2006).

Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas pertenecientes a la cuenca del Valle Medio del Magdalena y utilizadas en este trabajo se describen a continuación y su nomenclatura se presenta en la figura 2.

Esquistos del Silgara (O1s)

Según Pulido (1979) fue descrita por primera vez por Ward et. al.,(1973), como una secuencia de rocas metamórficas de grado bajo a medio, siendo su localidad tipo la Quebrada Silgara localizada al noreste del cuadrángulo H-12, donde se reconocen pizarras, filitas, metalimolitas, metaareniscas impuras, metagrawaca y metagrawaca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea, correspondientes todas a las facies esquistos verdes de metamorfismo regional.

En el área de estudio aflora en el extremo noreste de la plancha 135 según Pulido (1979), haciendo parte de la faja Piedecuesta-Aratoca, estudiada por Ward et. al., (1973). Con base en la sección entre Pescadero y Aratoca, observan, que cerca a esta última localidad el grado de metamorfismo es más bajo que en la parte inferior de la sección, pero sigue conservando semejanza con las del norte (Pulido, 1979)

Formación Los Santos (K1ls)

Denominada inicialmente como Formación Tambor por Hedberg (1931) en un informe inédito e introducido tiempo después en la literatura por Morales (1958), a una sección expuesta a lo largo del ferrocarril Bucaramanga-Puerto Wilches entre los kilómetros 92 y 95, cerca del caserío “El Tambor”. El nombre de la Formación Los Santos fue propuesto por Cediél (1968) para reemplazar el nombre de la Formación Tambor introducido por Morales (1958) a una sucesión que, según Cediél (1968), no correspondía a la original de Hedberg (1931) debido a que este último se refería a un conglomerado aflorando localmente en el cañón del Río Lebrija y no a la secuencia arenosa ampliamente conocida en la región de las Mesas y Cuestas y en el Valle Medio del Magdalena.

Cediél (1968) menciona que los estratos que fueron denominados Formación Tambor se hallan muy bien expuestos en la vereda El Pozo, en el camino del Roto sobre el escarpe sur en la Mesa de los Santos y propone esta como localidad tipo de la nombrada Formación Los Santos. Según

Pulido (1979) en el área de estudio aflora bordeando la mesa de Los Santos y Barichara alcanzando un poco al sur de la población de Curití.

La Formación Los Santos se compone en su parte basal de conglomerados y areniscas conglomeráticas, hacia la parte media y tope, está constituida principalmente por cuarzo arenitas y en menor proporción lodolitas y lodolitas arenosas (Pulido, 1979)

La Formación Los Santos tienen un origen continental, asociado a depósitos en diferentes ambientes de un sistema fluvial (Laverde, 1985). Se encuentra en contacto discordante con La Formación Jordán y en contacto aparentemente concordante con la Formación Girón y la Formación Cumbre (Laverde, 1985; Laverde y Clavijo, 1985). La edad asignada para la Formación Los Santos es Berriasiano (Etayo-Serna y Rodríguez, 1985).

Formación Cumbre (K1c)

Inicialmente Julivert (1958, p.37-39) describe y cartografía, sin asignar nombre a una potente serie de shales negras, carbonosas, piritosas y areniscas también oscuras o verdosas, reconocidas por encima de las areniscas basales de la Formación Arcabuco, limitado en la parte superior por un nivel calcáreo. Hubach (1953); Julivert (1958), han asignado a estas capas edad Valanginiana.

Su nombre es introducido por Renzoni (1967) a una sucesión que aflora en el descenso de la carretera Arcabuco-Moniquirá (sección tipo); para designar un conjunto de areniscas grises oscuras a verdes con intercalaciones de shales negros; infiere que sea de edad Valanginiana basado en información de Hubach (1953) y Julivert (1958).

Mendoza (1985) describe la Formación Cumbre en la sección tipo como una secuencia siliciclastica de grano fino que alcanza un espesor de 137 m, constituida por varios niveles de cuarzoarenitas, arenitas lodosas de cuarzo y lodolitas, que se encuentran reposando concordantemente sobre la Formación Areniscas de Arcabuco, a su vez, infrayace

transicionalmente a la Formación Rosa Blanca. Sobre el Municipio de Zapatoca, en la sección estratigráfica del alto “TU Y YO”, la Formación Cumbre suprayase a la Formación Los Santos e infrayase la Formación Rosa Blanca (Laverde y Clavijo, 1985)

Formación Rosa Blanca (K1r)

Según Morales (1958) el nombre fue originado por Wheeler (1929) en un informe inédito y derivado del Cerro Rosa Blanca, localizado a unos 5 km al norte del ángulo noreste de la Concesión de Mares, sin embargo, la sección tipo mejor estudiada y más aceptada se encuentra en el Rio Sogamoso, entre 1-1.5 km arriba de la localidad del Tablazo, compuesta por calizas duras, azuladas, de textura gruesa, fosilíferas, macizas, con muchas capas de margas de textura extremadamente fina en la parte superior, con un espesor de 425 m y edad Hauteriviano (Pulido, 1979)

La Formación Rosa Blanca ha sido cartografiada por diferentes autores en distintas zonas: en la región de Mesas y Cuestas por Zamarreño de Julivert (1958) describiendo detalladamente 318 m de estratigrafía de la formación ubicada al oeste de La Mesa de Los Santos.

En la zona de estudio según Pulido (1979) la Formación Rosa Blanca ocupa una gran extensión y está distribuida en una superficie aproximada de 300 km² haciendo parte de las planchas 135 y 151, y constituida por una sucesión de calizas grises oscuras a grises azulosas, macizas, duras, fosilíferas, con gran cantidad de nódulos piritosos, que varían entre 5 y 60 cm de diámetro, frecuentes en los niveles de caliza más arcillosos, reposando concordantemente sobre la Formación Cumbre en el Anticlinal de Cerro Negro y en el resto del área en contacto inconforme con la Formación Arcabuco, a su vez, infrayace concordantemente a la Formación La Paja.

Formación La Paja (K1p)

Según Morales (1958) la Formación fue descrita por primera vez por Wheeler (1929) en un informe inédito sobre la Quebrada La Paja afluente que ingresa al Río Sogamoso y esta compuesta por shales uniformemente negros, finamente laminados, ligeramente calcáreos, y comúnmente micáceos y limosos; el espesor de la formación varía mucho en el área con un máximo de 625 metros en la localidad tipo hasta una medición mínima de 125 metros, la relación estratigráfica con la Rosa Blanca subyacente es concordante y el contacto es relativamente agudo, la edad de la formación abarca desde el Barremiano y Aptiano al sur y Aptiano al norte (Pulido, 1979)

Según Pulido (1979) en la región de estudio la unidad aflora en una gran extensión, se subdividió en dos conjuntos: el inferior compuesto por una alternancia de areniscas y shales grises oscuros que corresponde al Miembro Inferior (Kimpa), descrita inicialmente por Renzoni y Ospina (1969), y el conjunto superior (Kip) constituido por una secuencia de shales de color negro a gris castaño e intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos hasta de 25 cm de diámetro, generalmente piritosos; esta suprayace a la Formación Ritoque 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 (1958) se dio el nombre de Calizas del Tablazo por primera vez por Wheeler (1929) en un informe inédito a las rocas que cubren la primera montaña al este del pueblo del Tablazo en el departamento de Santander, y la cual también está bien expuesta a lo largo del sendero que desde Tablazo conduce al Cerro Rosa Blanca ubicado al lado norte del río Sogamoso, consiste de capas macizas de calizas y margas extremadamente fosilíferas; con un rango de espesor entre 150 m en la sección tipo a 325 m en otras localidades; de edad del Aptiano superior – Albiano inferior según

su posición estratigráfica. Etayo (1968), mediante fauna colectada en la región entre Sáchica y Puente Samacá, la considera de edad Aptiano Superior – Albiano Inferior.

En el área de estudio esta formación tiene un mayor contenido arenoso tanto al norte como al sureste de la localidad tipo, conservando sin embargo características litológicas que permiten reconocerlo y cartografiarlo; esta formación infrayace conformemente al Simiti y descansa concordantemente a los shales de la Formación Paja. (Pulido, 1979)

Periodo	Edad	Unidad litoestratigrafica	Simbología	Litología	Descripción
CRETÁCICO	INFERIOR	FM. TABLAZO	K1t		Calizas masivas, arenisca cuarzosa de grano fino a muy fino y lodolitas silíceas a calcareas
		FM. PAJA	K1p		Lodolitas, areniscas y caliza maciza en menor proporción
		FM. ROSA BLANCA	K1r		Calizas gruesas, con intercalaciones de lodolitas calcareas
		FM. CUMBRE	K1c		Areniscas cuarzosas, de grano fino, con intercalaciones de lutitas y limolitas negras en ocasiones fosilíferas
		FM. LOS SANTOS	K1ls		Areniscas de cuarzo claras a naranjas de grano medio a grueso con intercalaciones de limolitas grises
PALEOZOICO	ORDOVICICO	ESQUISTOS DEL SILGARA	O1s		Filitas, esquistos y cuarcitas, en menor cantidad metavolcanicos: de bajo a medio grado de metamorfismo

Figura 2. Columna generalizada de las unidades trabajadas. Tomado y modificado de Royero y Clavijo, 2001

Geología Estructural

Falla del Suarez

Según Pulido (1979) es un accidente estructural importante que se orienta en forma paralela al cauce del Río Suarez en su margen izquierdo con dirección aproximada norte-sur y N30°E. La Falla del Suarez no presenta igual comportamiento a lo largo de su trazo, en cercanías a las poblaciones de El Hato-Galán pone en contacto estratos de la Formación Rosa Blanca con calizas

de El 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 es detallada por Ward, et al., (1973; p. 116)

Falla Curití

Tiene una dirección aproximada norte-sur, con una longitud cercana 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. Pulido (1980)

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 (Gómez e Infante, 2019)

5. Marco Metodológico

Antecedentes

Teniendo en cuenta la Guía Estratigráfica Internacional de Salvador (1994) se presenta una reseña de la estratigrafía de la Formación Cumbre

Formación Cumbre

Nombre y localidad tipo.

Nombre introducido por Renzoni (1967) a una sucesión que aflora en el descenso de la carretera Arcabuco-Moniquirá; para designar un conjunto de areniscas grises oscuras a verdes con intercalaciones de shales negros, redefinida posteriormente por Mendoza (1985)

Anteriormente este nivel sin denominación formal había sido cartografiado por Julivert (1958), describiendo que, en Arcabuco, por encima de esas areniscas basales pertenecientes a la Formación Arcabuco se apoya una potente serie de shales negros, carbonosos, piritosos y areniscas también oscuras o verdosas, este conjunto está limitado por encima por un nivel calcáreo. Posteriormente Etayo-Serna (1967) describe unas areniscas grises y shales negros piritosos con aspecto lenticular.

En otros estudios realizados en esta unidad litoestratigráfica, se han permitido reconocer la Formación Cumbre en distintas regiones del Macizo de Santander (Etayo-Serna, 1972; Pulido, 1979; Ulloa y Rodríguez, 1979; Renzoni et al., 1983; Renzoni, G., 1985; Laverde y Clavijo, 1985; Clavijo, J., 1985; Moreno, J., 1990; Reatiga, 2008)

Posición Estratigráfica.

En la carretera Arcabuco-Moniquirá, la Formación Cumbre se encuentra estratigráficamente debajo de la Formación Rosa Blanca y encima de la Formación Arcabuco (Renzoni, 1967; Mendoza, 1985)

En la plancha 170, Vélez, la Formación Cumbre aflora en distintos sectores siempre descansando sobre la Formación Arcabuco (Ulloa y Rodríguez, 1979).

La Formación Cumbre en la región de Contratación descansa en la Formación Arcabuco y se encuentra debajo de la Formación Rosa Blanca (Pulido, 1978).

En el Municipio de Zapatoaca, en la sección estratigráfica del alto “TU Y YO”, la Formación Cumbre suprayase a la Formación Los Santos e infrayase la Formación Rosablanca (Laverde y Clavijo, 1985). En la quebrada piedra Azul, del municipio de Lebrija la Formación Cumbre se presenta encima de la Formación Los Santos (Clavijo, 1985)

Espesor y Litología

Año	Autor	Localidad	Litología	Espesor
1958	Julivert	Arcabuco	Potente serie de shales negras, carbonosas, piritosas y areniscas también oscuras o verdosas	
1967	Renzoni	Localidad tipo en el descenso de la carretera Arcabuco-Moniquirá .	Consiste predominantemente de 21 metros de areniscas gris oscuras a verdes alternando con shales negros (se observan estructuras internas, laminación inclinada); siguen 108 metros de shales grises oscuros a negros, piritosos, con restos de vegetales y a veces con Lamelibranquios y Gasterópodos, intercalados por capas de arenisca gris verdosa a negra. No se encontraron Amonitas.	129 metros, mostrando variaciones en este.
1979	Ulloa y Rodríguez	Afora en el área de la plancha 170	Entre el flanco oriental del Anticlinal de Portones y el núcleo del Anticlinal de Sabanagrande está compuesta por areniscas cuarzosas, grises claras a carmelitas, con intercalaciones de lutitas negras. En el área del Anticlinal de La Pradera, esta formación se reconocen areniscas cuarzosas, sucias, verdosas, en estratos hasta de 1 metro de espesor, con intercalaciones de lutitas negras.	Entre el flanco oriental del anticlinal de Portones y el núcleo del Anticlinal de Sabanagrande con un espesor total varía entre 10 y 30 m. En el área del Anticlinal de La Pradera se observan unos 10 a 15 m de espesor de la unidad.
1979	Pulido	Distintos sectores de la plancha 151	En el Anticlinal de Cerro negro afloran niveles superiores constituidos por shales gris oscuros a negros piritosos, alternando con bancos delgados	La unidad fue reconocida en distintos sectores de la plancha 151 del Municipio de Charalá donde se estiman varios espesores:

			de arenisca grisosa, para el Anticlinal de Virolin consta de shales negros y limolitas grises oscuras muy piritosas. También la unidad aflora en la región de Contratación-Guacamayo, bordeando el cierre del Anticlinal de Los Cobardes constituida por niveles de arcillolita de color gris a verdoso, compactas, moscovíticas	En el Anticlinal de Cerro Negro aproximadamente 150 m, en el Anticlinal de Virolin un espesor aproximado de 80 m y un espesor variable en el Anticlinal de Los Cobardes de 100 m al sureste de Contratación, cerca de la Quebrada La Chimenea de 40 m y hacia el norte siendo no cartografiable de 10 m.
1985	Mendoza	Localidad tipo en el descenso de la carretera Arcabuco-Monquirá	Secuencia siliciclastica de grano fino, constituida por varios niveles de cuarzoarenitas, arenitas lodosas de cuarzo y lodolitas fosilíferas, este autor subdivide la Formación Cumbre en 13 litofacies	137 m
1985	Clavijo	Quebrada Piedra Azul	Se encuentra constituida por lodolitas gris oscuras, macizas, caracterizada por su contenido fósil y su notable dolomitización.	8 metros
1985 (a)	Renzoni	Quebrada Pujamanes	Predomina areniscas de color gris claro subordinadas y lodolitas de color gris medio prevalecientes	22 metros
1985 (b)	Renzoni	Por la carreteable de que Chima conduce a Contratación	Lodolitas grises oscuras prevalecientes y de arenitas grises subordinadas	154 metros
1985	Laverde y Clavijo	En el alto "TU Y YO" en el municipio de Zapatoaca	Compuesta por limolitas que varían de arenitas lodosas, lodolitas y horizontes delgados de caliche en cuerpos de geometría ligeramente ondulosa no en fase, con bivalvos, gasterópodos de espira alta, dientes de raya y coprolitos	26,6 metros
1990	Moreno	En el camino de	Está compuesta por pocas capas de cuarzoarenitas y areniscas	Espesor aproximado de 50 metros.

		La Belleza a Otro Mundo en el Valle de Rio Minero sobre el Anticlinal Portones	arcillosas con intercalaciones de limolitas arcillosas moradas y rojas.	
--	--	--	---	--

Figura 3. *Resumen de espesor y litología de trabajos y zonas relacionadas con la Formación Cumbre*

Contacto Inferior

Yace concordantemente sobre el techo de la Formación Areniscas de Arcabuco en la localidad tipo. (Renzoni, 1967; Mendoza, 1985)

Según Pulido (1979) la Formación Cumbre en la región de Contratación para la plancha 151 descansa en discordancia angular a la Formación Arcabuco.

En el área de la plancha 170, Vélez, la unidad se presenta en contacto discordante con la Formación Arcabuco (Ulloa y Rodríguez, 1979)

Reposa sobre la Formación Los Santos en la quebrada piedra Azul del municipio de Lebrija y al NW del municipio de Zapatoca en la sección estratigráfica “TU Y YO” (Clavijo, J., 1985; Laverde y Clavijo, 1985).

Contacto Superior

El contacto superior de la Formación Cumbre en el área de la localidad tipo se presenta transicional con la Formación Rosa Blanca, (Renzoni, 1967; Mendoza, 1985)

Según Pulido (1979) en el Anticlinal de Cerro Negro y en la región de Contratación para la plancha 151 de Charalá los niveles pertenecientes a la Formación Cumbre infrayacen concordantemente a calizas de la Formación Rosablanca.

Edad

Hubach (1953) y Julivert (1958), han asignado a estas capas edad Valanginiano. Según Renzoni (1967) se infiere que sea de edad Valanginiana basado en información anterior.

Ambiente

Etayo-Serna (1978) interpreta la unidad como una llanura de mareas mixta, con sedimentos acumulados sobre un antiguo frente deltaico subaéreo fósil.

Renzoni (1985b) propone a las capas lodolíticas gris oscuras anteriormente asignadas a la porción superior de la Formación Tambor como parte de la Formación Cumbre y este intervalo registra depósitos dejados por la entrada del mar cretácico y atribuibles a albuferas, a barras de barreras y al techo es un medio marino de aguas tranquilas y someras.

Clavijo (1985) describe que el posible ambiente que podría indicar la Formación Cumbre en el sector NW de Bucaramanga sobre la quebrada Piedra Azul, es asociado a ámbitos de aguas tranquilas o de poca agitación debido a la textura fina de los sedimentos, la existencia de bivalvos y gasterópodos y pellets pequeños; la notable dolomitización podría explicar a que se asocia a ambiente de llanuras de mareas.

Según Laverde y Clavijo (1985) en la sección estratigráfica “TU Y YO” del municipio de Zapatoca, la primera señal de la ingesión del mar cretácico puede referirse con la presencia de la Formación Cumbre, la cual debido a sus características texturales, de composición, contenido paleontológico son evidencias significativas de un ambiente de deposición de aguas tranquilas influenciadas por el mar, con episodios de exposición subárea durante considerable tiempo, lo que

permitió procesos de pedogénesis en climas semiáridos. Esto tiene lugar en pantanos o charcas someras cercanas a llanuras mareales.

Renzoni (1985a) describe que la Formación Cumbre inicialmente registra medios de depósitos en ambientes de aguas marinas tranquilas y someras, luego la progradación de un delta con medios de depósitos debido a ríos migrantes entre pantanos y al final la reinstalación de un ambiente marino poco profundo.

Aspectos Regionales

De acuerdo con Renzoni (1969), observándola sobre grandes áreas, la Formación Cumbre tiene forma de un grueso lentejón el cual lo interpreta como consecuencia de falta de depósito de partes de la formación o de acción erosiva en tiempo pre-Rosablanca, en las márgenes de la cuenca.

La Formación Cumbre, aflora en el área de la plancha 170, Vélez, en forma lenticular y sobre el área del Anticlinal de La Pradera aflora en forma de ventanas. (Ulloa y Rodríguez, 1979)

Trabajo de Campo

Inicialmente se realizó el reconocimiento y cartografía regional en el área localizada en el municipio de Curití y zonas aledañas sobre la plancha topográfica 135-II-D del IGAC a escala 1:25.000 en la cual se reconocieron las unidades geológicas aflorantes a partir de sus rasgos litológicos y geomorfológicos, con el objetivo de entender la distribución y relaciones entre las unidades aflorantes para la realización de dicho mapa. Posteriormente, se escoge la sección de la Formación Cumbre ubicada sobre esta misma plancha, en el sector del balneario Pescaderito en el municipio de Curití para describir, analizar e interpretar sus rasgos representativos.

Fase de laboratorio

Mapa Geológico

Teniendo como base la plancha topográfica 135-II-D del IGAC se realiza el mapa geológico escala 1:25.000 del municipio de Curití a través del programa ArcGIS y editado posteriormente en el programa Corel DRAW. El DEM utilizado se descargó de la página del ASF (Alaska Satellite Facility)

Columnas Estratigráficas

La columna estratigráfica de la sección de Curití en campo se realizó a escala 1:5, posteriormente una digitalización la columna estratigráfica mediante el programa COREL DRAW a escala 1:20. Las descripciones texturales y composicionales de las rocas sedimentarias al igual que la descripción de los afloramientos, fueron llevados a cabo por la metodología planteada en el Proyecto Cretácico (Etayo-Serna, 1985). Se tuvieron en cuenta los criterios de Campbell (1967) para trazar el espesor y las relaciones de los espesores de las capas. Para la referencia del color en el afloramiento y en las muestras de mano se basó en la carta de colores de Geological color chart (1991).

Petrografía

Se realizó el análisis petrográfico de 3 secciones delgadas de la Formación Cumbre, 2 de estas localizadas en la sección trabajada en Curití en el balneario Pescaderito y otra sección localizada en el municipio de Zapatoca y suministrada por la geóloga Georgina Guzmán Ospitia con el objetivo de conocer la variabilidad textural y composicional de la Formación Cumbre en estos sectores. Se tuvo en cuenta criterios de fábrica de la roca (Armazón, Matriz, cemento), características texturales y composicionales de los minerales.

Para la clasificación textural y composicional de las rocas sedimentarias terrígenas se utilizó Folk (1974). Para la clasificación de estas secciones se realizó conteo tradicional, distribuidos en toda la sección delgada, incluyendo armazón, matriz y cemento. En cada punto de conteo se tienen en cuenta la composición de la partícula y el tamaño, adicionando una descripción textural y composición general de las rocas.

Análisis de facies

Para la denominación de las litofacies se toma la metodología planteada por Maill (1978), donde el nombre de la litofacies inicia con una letra mayúscula que refleja la litología, que para este caso son L, A y G que corresponden a lodolitas, areniscas y guijos respectivamente; seguido una letra minúscula que indica la granulometría. Para hacer referencia a las estructuras sedimentarias se utilizan denominaciones como plano-paralela (p), ondulosa paralela (o), planar discontinua (d), inclinada tangencial (t), sinusoidal (s) y maciza (m). Se finaliza indicando la presencia de icnofósiles, utilizando la denominación thalassinoides (t)

Amfm**t**

Arenisca —
Muy fina —
Masiva —
Thalassinoides —

Figura 4. Ejemplo de denominación de la litofacies

6. Resultados

Mapa

Se realizó un mapa del municipio de Curití y zonas aledañas a escala 1:25.000 (Apéndice A) donde se identificó las formaciones Los Santos, Cumbre (No cartografiable a esta escala), Rosa Blanca, La Paja y Tablazo y la unidad metamórfica de edad ordovícica Esquistos del Silgara siendo el basamento de la secuencia sedimentaria. Posteriormente de la etapa de cartografía se logró determinar la sección estratigráfica de la Formación Cumbre en esta zona, 200 metros aguas arriba del Balneario conocido como Pescaderito sobre la Quebrada Cajonera y que será descrita más adelante.

Se hace un ajuste al mapa geológico de la plancha 135 de Pulido (1979) hacia la parte este del municipio de Curití, donde este autor pone en contacto la Formación Girón con la Formación Los Santos sobre las coordenadas X: 1.116.182, Y: 1.223.393, donde al realizar el trabajo de campo se determinó que estos conglomerados atribuidos a la Formación Girón hacen parte por sus características a los conglomerados basales pertenecientes a la Formación Los Santos según salida de campo realizada con el Geólogo Fabio Laverde en Septiembre de 2019 y están en contacto discordante con los Esquistos del Silgara (Figura 3) los cuales no se pueden cartografiar a la escala de 1:25.000 en este punto.

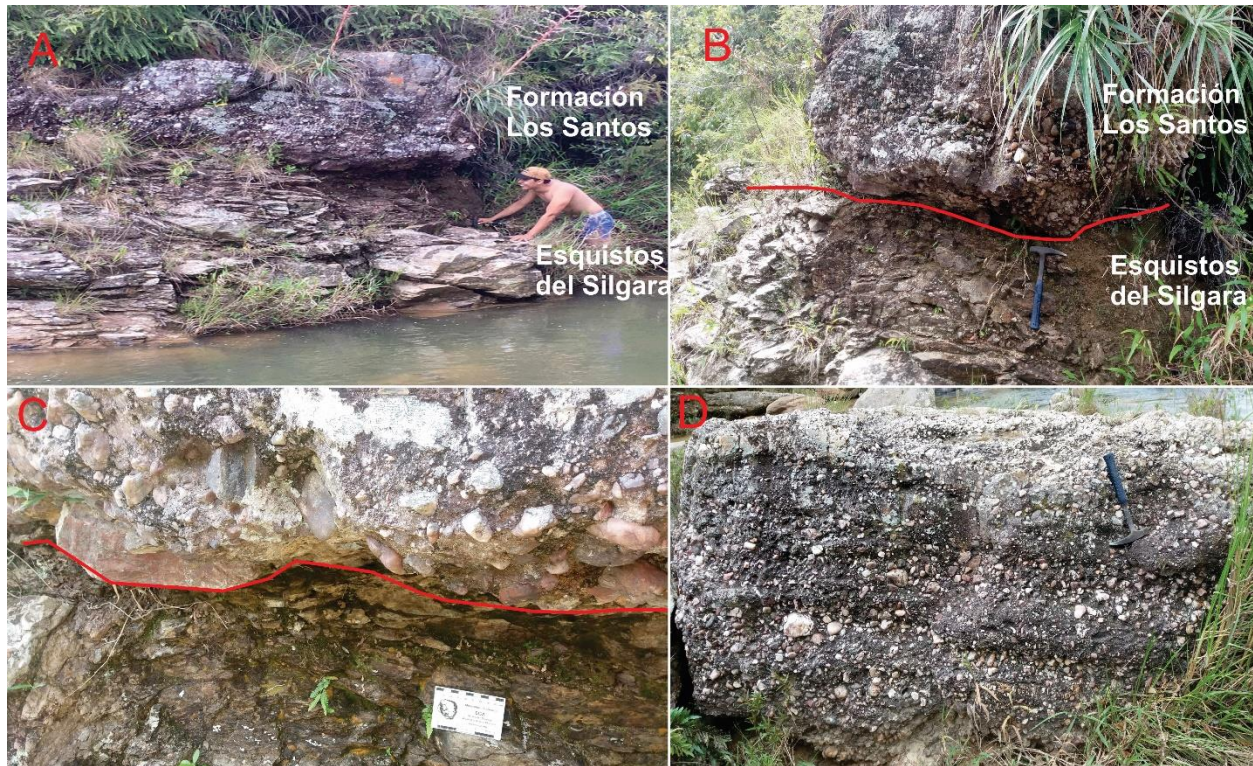


Figura 5. En las figuras A,B y C se observa el contacto entre los Esquistos del Silgara y la Formación Los Santos; D) Conglomerados basales de la Formación Los Santos

Estratigrafía Física

En esta parte del documento se hace una descripción de la localidad en la cual se identificó la Formación Cumbre en el municipio de Curití donde se realizó una descripción detallada, teniendo en cuenta sus características composicionales y texturales, al igual que sus estructuras sedimentarias, fosilíferas y biogénicas. También se tuvo en cuenta la forma de los estratos, sus relaciones, tipo de contacto entre ellos y las relaciones de campo con las formaciones adyacentes.

Municipio de Curití

La zona de estudio se encuentra al margen izquierdo de la Quebrada La Cajonera, unos 200m aguas arriba, tomando como punto de referencia el lugar conocido como Balneario de Pescaderito,

con coordenadas X:1114060, Y:1222685. En esta zona se desarrolla un escarpe de aproximadamente 12m de altura (Figura 4), en el que hacia la base se presentan capas de color amarillo-ocre con un espesor de 2,15m y gran cantidad de bioperturbación en el tope de estas, correspondiendo a capas del techo de la Formación Los Santos; suprayaciendo de manera concordante, se han reconocido cinco intervalos que en total tienen aproximadamente 7 m de espesor correspondientes a series de capas de areniscas muy finas de color amarillo-marrón (10YR 8/6) intercaladas con lodolitas de tonalidades grises, amarillas y verdes, pertenecientes a una secuencia sedimentaria de la Formación Cumbre. El contacto superior con la Formación Rosa Blanca no se pudo reconocer debido a que esta representada por un saprolito producto de la meteorización, pero en el cual se reconocen algunos rasgos primarios y presenta el típico color amarillento que desarrollan las rocas de esta formación cuando sufren procesos de meteorización. A continuación, se realiza una descripción más detallada de las unidades reconocidas en campo:



Figura 6. Aspecto del escarpe donde aflora el techo de la Formación Los Santos obsérvese bioperturbación sobre el plano de la capa; aquí se observa el espesor completo de la Formación Cumbre en la sección de Pescaderito municipio de Curití

Formación Los Santos (Parte superior)

En el techo de la Formación Los Santos en la sección de Curití (figura 5) se reconocen dos capas gruesas a muy gruesas texturalmente constituidas por areniscas finas macizas, intercaladas con una capa media de lodolita arenosa con contacto ondulado a gran escala y generando variaciones laterales en el espesor (Figura 6). Composicionalmente se caracterizan casi en su totalidad de granos de cuarzo subredondeados y bien calibrados, con algún contenido menor de micas, clasificándose como una cuarzo-arenita de grano fino.

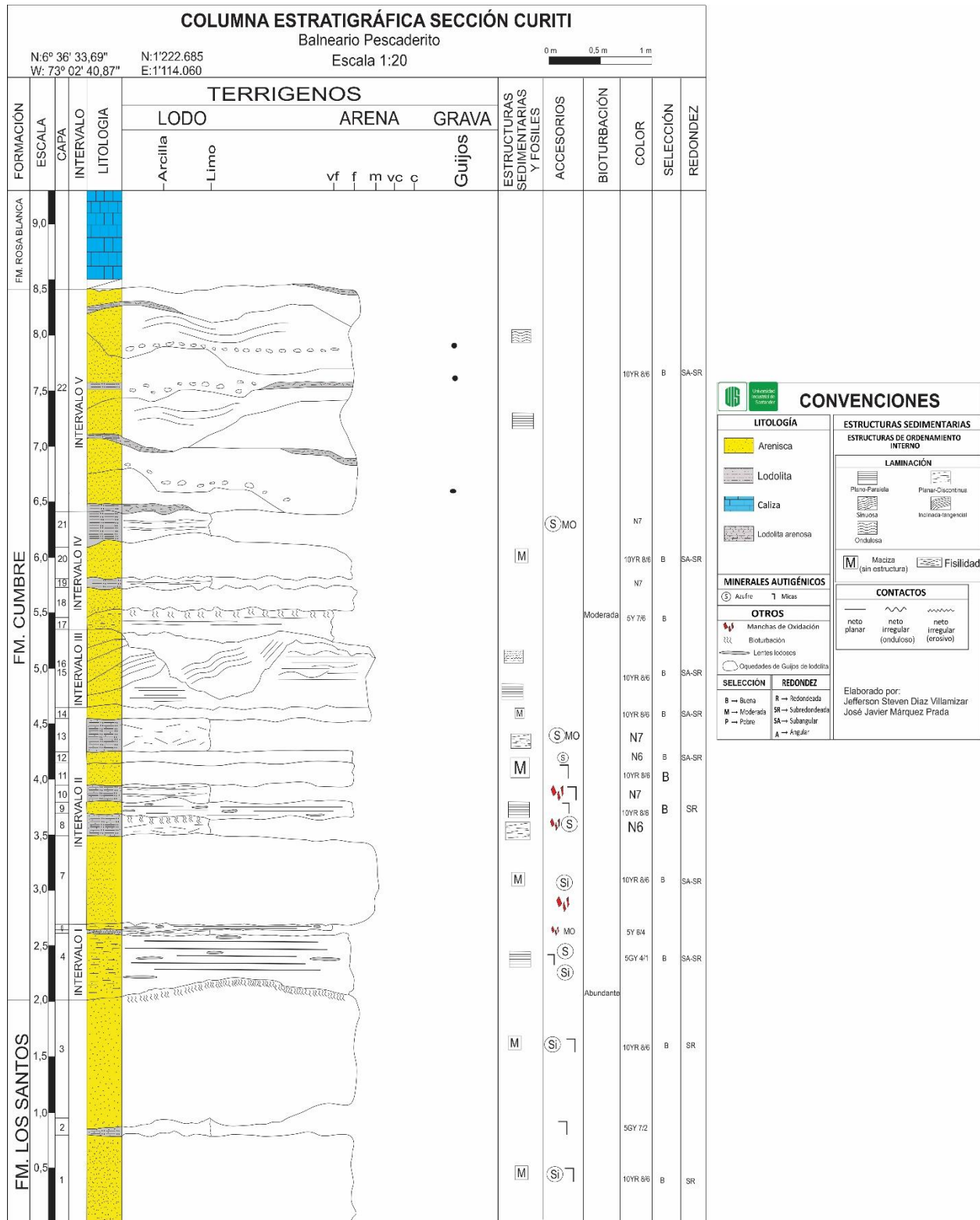


Figura 7. Columna estratigráfica Formación Cumbre en el balneario Pescaderito

En el tope de la última capa de arenisca se reconoce un rasgo destacado: una gran densidad y a la vez poca variedad de bioperturbación (Figura 7). Consiste en trazas fósiles que ocurren en posiciones diversas respecto a los planos de estratificación y que en sitios alcanzan a alterar casi completamente las estructuras sedimentarias primarias, algunos de estos icnofósiles tienen un relieve negativo llegando a medir hasta 10cm de largo y 1cm de ancho, otros un relieve positivo con longitudes hasta de 8cm de largo y 0.5cm de ancho. También se reconocen algunas con forma tubular, otras reflejando perforación o rellenadas, pero solo se alcanza a observar la parte superior de estos con un diámetro hasta de 2cm.



Figura 8. Capas de cuarzo-areniscas finas de la parte superior de la Formación Los Santos, en la sección de Pescaderito, Curitiba.

Estos icnofósiles se distinguen debido al contraste en color con la roca huésped, la cual es una arenisca de color naranja pálido (10YR 8/2), mientras las marcas de bioperturbación tienen unas tonalidades marrones a negro (Figura 7). Esta capa se ha tomado en varios trabajos como referencia del tope de la Formación Los Santos (Laverde, F., y Clavijo, J., 1985; Clavijo, J. 1985, Laverde, F. 1985 y Vargas et al., 1985), describen este segmento superior de esta formación y mencionan una capa de arenisca fina afectada por bioperturbación y asociada a pistas y madrigueras de icnofósiles encontradas en posiciones diversas respecto a la estratificación y que en sitios alcanzan a alterar casi completamente las estructuras sedimentarias primarias y asociada a *Scoyenia* (Vargas et al., 1985). Al igual Mendoza (1985) que describe la sección tipo de la Formación Cumbre, donde menciona que esta se sedimenta sobre una capa de areniscas con notoria bioperturbación con pistas horizontales que se entrecruzan que corresponde a la Formación Arcabuco descrita por Galvis y Rubiano (1985).

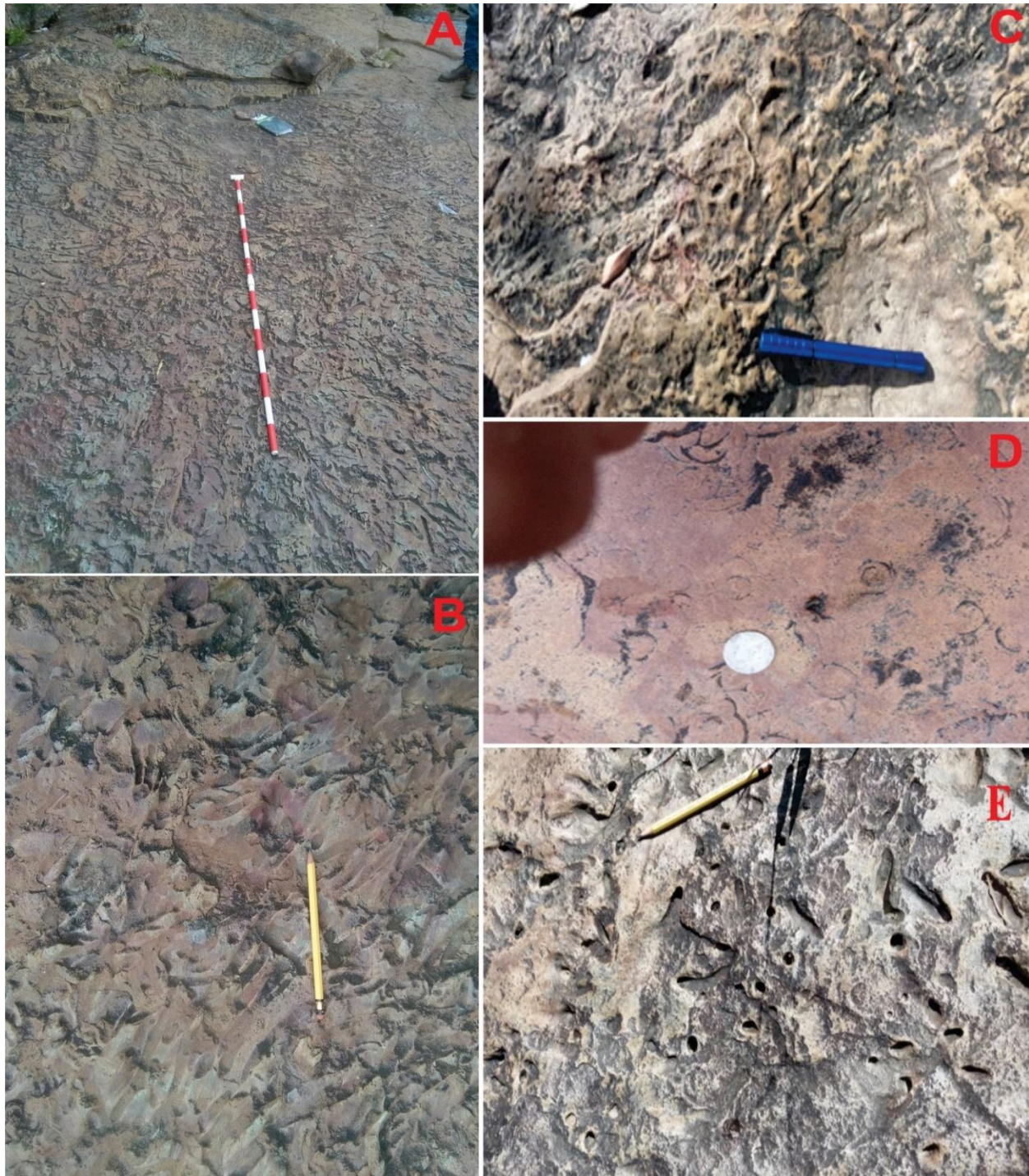


Figura 9. A: Capa tope con gran densidad de bioperturbación de la Formación Los Santos en la sección de Pescaderito, Curití. B: Icnofósiles con relieve negativo. C: icnofósiles con relieve positivo. D: Icnofósiles tuburales rellenos por la arenisca de esta capa. E: Icnofósiles tuburales huecos

Formación Cumbre

Sobre la capa definida como el tope de la Formación Los Santos, se deposita de manera concordante, una capa de arenisca fina limosa con laminación plano-paralela, que es el primer registro sedimentario de la Formación Cumbre. Dicha formación presenta un espesor de 7m, reconociéndose capas medianas, gruesas y muy gruesas. La geometría es principalmente ondulosa no en fase, cuneiforme y semi-tabular, con contactos ondulados cuando es entre arenisca-lodolita y erosivo cuando el cambio se da de lodolita a arenisca con algunas excepciones. Para lograr un mejor análisis desde el punto de vista sedimentológico su descripción se realiza mediante intervalos, así:

Intervalo I: Compuesto por las capas 4, 5 y 6 (Figura 5). Corresponde texturalmente a areniscas muy fina a finas limosas color verde amarillentas a naranja pálido (5GY 7/2, 10YR8/6), con granos bien seleccionados y subangulares a subredondeados; estas se ubican a la base y tope del intervalo; composicionalmente se caracterizan por un alto contenido de cuarzo y menor de 2% de micas. La laminación interna de las capas predominantemente es de forma plano-paralela, pero en algunas partes donde la concentración de lodo es mayor, se generan aparentes lentes lodo-arenosos con aspecto fisil, en los cuales se aprecia concentraciones con azufre entre los planos de fractura (Figura 8). Hacia la parte media del intervalo se reconoce un nivel de lodolita arenosa endurecido de color amarillo-ocre (5Y 6/4), donde abundan las manchas de azufre y oxidación junto con materia orgánica. El espesor de este intervalo es de 0,53m donde las areniscas finas limosas representan el 90% de la composición litológica del intervalo.



Figura 10. A: Capas de areniscas muy fina a finas del intervalo I, donde se aprecian los aparentes lentes lodo-arenosos (rojo) y el nivel de lodolita endurecido(amarillo) relacionado con un posible paleosuelo? B: Lente lodo-arenoso fisil con manchas de azufre.

Intervalo II: Se reconocen las capas de la 7 a la 14 (Figura 5) y tiene un espesor de 2m. Compuesto por la alternancia de capas delgadas a gruesas composicionalmente de areniscas y lodolitas, contactos de forma ondulosa y semi-tabular. Hacia la parte media del intervalo las capas son cuneiformes, acuñaándose en direcciones opuestas (Figura 9). Texturalmente se trata de areniscas finas y medias, bien calibradas, con estructura masiva dominante y color naranja pálido (10YR 8/6) , también se aprecia laminación plano-paralela incipiente y algunos pequeños lentes de lodo de 5cm de largo y 1cm ancho; composicionalmente corresponde a una cuarzo-arenita con 2% de micas como accesorio.



Figura 11. A: Espesor del intervalo II, mostrando las capas con geométrica cuneiforme con dirección de acuñamiento opuesta (amarillo). B: Capas de lodo de geometría ondulosa, al tope areniscas con pequeños lentes de lodo, mostrando una estratificación mixta tipo

Los niveles lodosos de color gris (N6, N7) presentan una pequeña fracción de arena muy fina, se reconoce laminación ondulosa paralela discontinua . Se observan algunas formas biogénicas ¿fósiles? muy mal preservadas y reemplazadas en yeso; icnofósiles en forma tubular rellenos del material sedimentario suprayacente de arenisca muy fina (6mm de diámetro) perpendiculares a la laminación (Figura 10), identificadas como *Thalassinoides*, de la Icnofacie *Glossifungites* (Gabriel Mendoza, comunicación escrita, diciembre 2019)



Figura 12. A: Resto ¿fósil? con un grado bajo de preservación, reemplazado por yeso. B: Thalassinoides perpendiculares a la laminación en las lodolitas

Intervalo III: Está compuesto por dos capas (15 y 16, Figura 5) con contactos irregulares, la capa inferior es una arenisca de textura fina, canaliforme, donde en los bordes alcanza un espesor de 0.7 m y en el centro alcanza 0.1 m, le suprayace la capa 16 de textura de arenisca media que se pierde hacia la derecha alcanzado un espesor de 0.1m y rellena el espacio de la capa infrayacente alcanzando un espesor de 0.6 m (Figura 11). Composicionalmente ambas

capas se clasifican como cuarzo arenitas con láminas lodosas de color naranja pálido (10YR 8/6).



Figura 13. Capa de arenisca fina con incisión acanalada (N°15) la cual es rellenada por un estrato de arenisca media-fina (N°16)

La estratificación interna de las capas está dada en conjuntos con laminación ondulosa-paralela y plano-paralela; de igual forma se reconoce en menor proporción laminación inclinada tangencial y sinusoidal. Estas laminaciones son notorias debido a la alternancia de láminas claras (hasta 10mm) con láminas oscuras (4mm). Los conjuntos muestran una migración hacia el oeste, acumulándose uno encima de otro de manera progradante con contactos irregulares (Figura 12).

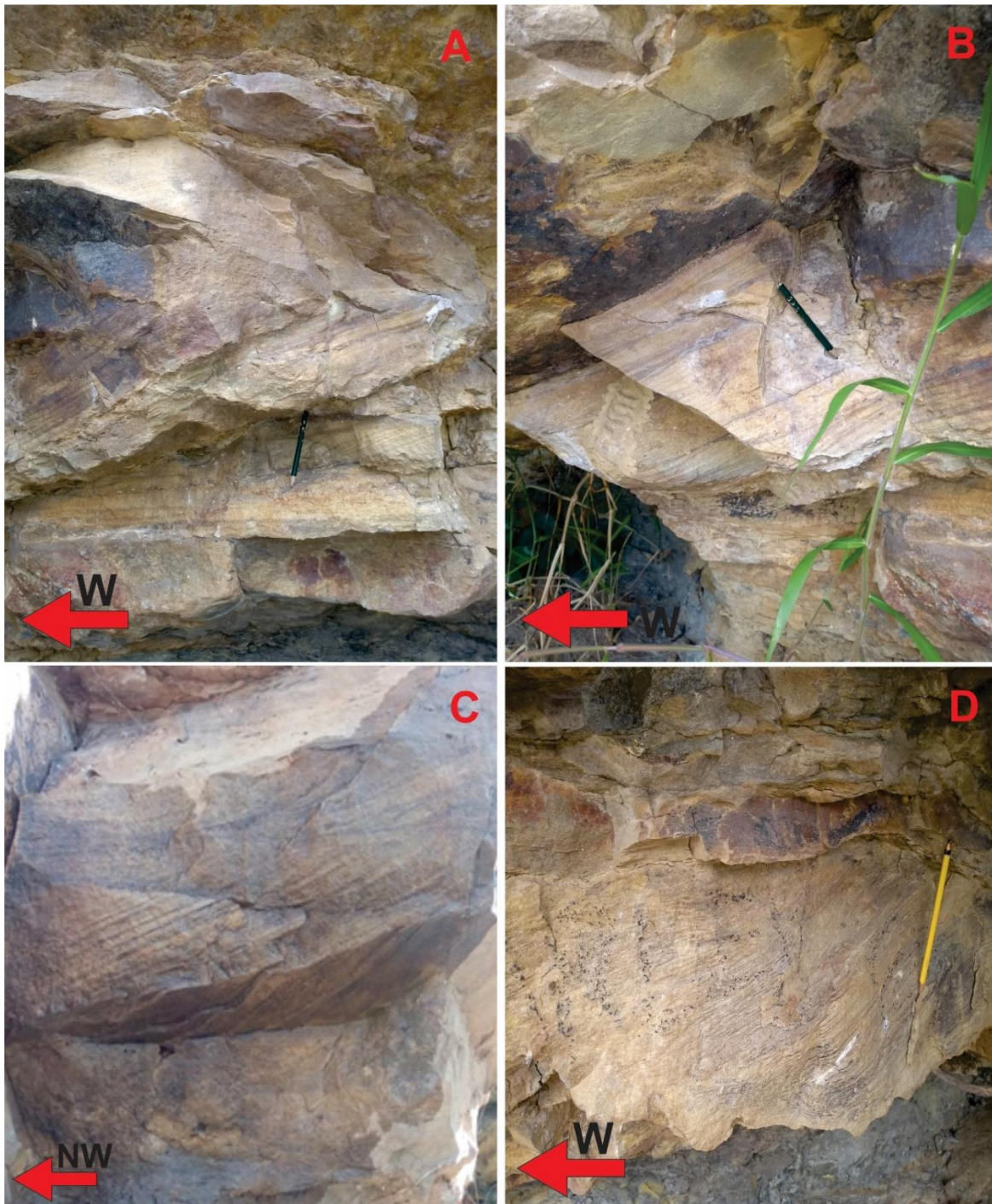


Figura 14. A: Conjuntos con distintos tipos de laminación progradando hacia el Oeste. B: Laminación ondulosa- paralela y plano-paralela. C: En vista oblicua, conjuntos con laminación plano-paralela e inclinada tangencial, separados por superficies irregulares. D: Laminación sinusoidal.

Intervalo IV: Representado en las capas 17 a la 21 (Figura 5) con un espesor de 1 m. Capas semitabulares con contactos ondulados e irregulares; aproximadamente el 80% corresponde composicionalmente a cuarzo arenitas de color amarillo a naranja pálido (5Y 7/6, 10YR 8/6) macizas textura grano muy fino a fino, bien calibrado, granos subredondeados a subangulares. Los niveles de lodolitas fisiles grises (N6, N7) con concentraciones de azufre y óxido, representan el 20% restante. La forma de los estratos es principalmente semi-tabular con contactos ondulados e irregulares. Se identifican Icnofósiles en la arenisca lodosa en forma tubular de color marrón oscuro en diferentes direcciones, identificadas como *Thalassinoides*, de la Icnofacie *Glossifungites* (Gabriel Mendoza, comunicación escrita, diciembre 2019) (Figura 13) se encuentra al techo de la capa N°17.



Figura 15. Icnofósiles presentes en el tope de la capa N°17

Intervalo V: Con un espesor de 2m es la parte superior de la Formación Cumbre en esta sección, paquete de estratos o capas amalgamadas con contactos irregulares y ondulados de cuarzo arenitas finas de color naranja pálido (10YR 8/6), con pequeños niveles de lodos grises de forma cuneiforme que no presentan una gran extensión (3m) (Figura 14)



Figura 16. Afloramiento del intervalo 5

Hacia la base de los niveles de areniscas se aprecian concentraciones de intraclastos tamaño guijo de lodolitas, que han sido removidos por la meteorización en la cara externa de la capa, dejando como evidencia oquedades. Se reconoce la estructura ondulosa no en fase y plano-paralela en menor proporción, se aprecia a escala de lámina y estrato. En dirección Oeste se

da un cambio lateral facial, marcado por un enriquecimiento en la fracción lodo presente en las cuarzo-arenitas (Figura 15).



Figura 17. A: Oquedades generadas por la pérdida de intraclastos tamaño guijo de lodolita.

B: Niveles de areniscas con mayor contenido de lodo y laminación ondulosa no en fase

Petrografía

FCC-08

Arenisca de grano muy fino a lodosa, bien calibrada, con granos sub-redondeados a sub-angulares en forma esférica en mayor proporción. Los contactos entre los granos son cóncavo convexo con cemento silíceo. La roca texturalmente se clasifica en estado inmaduro. Por el tamaño de grano muy fino a lodoso la matriz es la que compone principalmente la roca y es areno lodosa. Composicionalmente se presentan gran porcentaje de cuarzo y contenidos mucho menores de micas y algunos feldespatos plagioclasas. La muestra presenta una zona en la que se observa una concentración de cuarzo con tamaños de grano de arenisca muy gruesa y relacionado con una madriguera rellena con granos de cuarzo de mayor tamaño respecto de la roca (Figura 16). La roca se clasifica composicionalmente como una cuarzoarenita. (Figura 18)

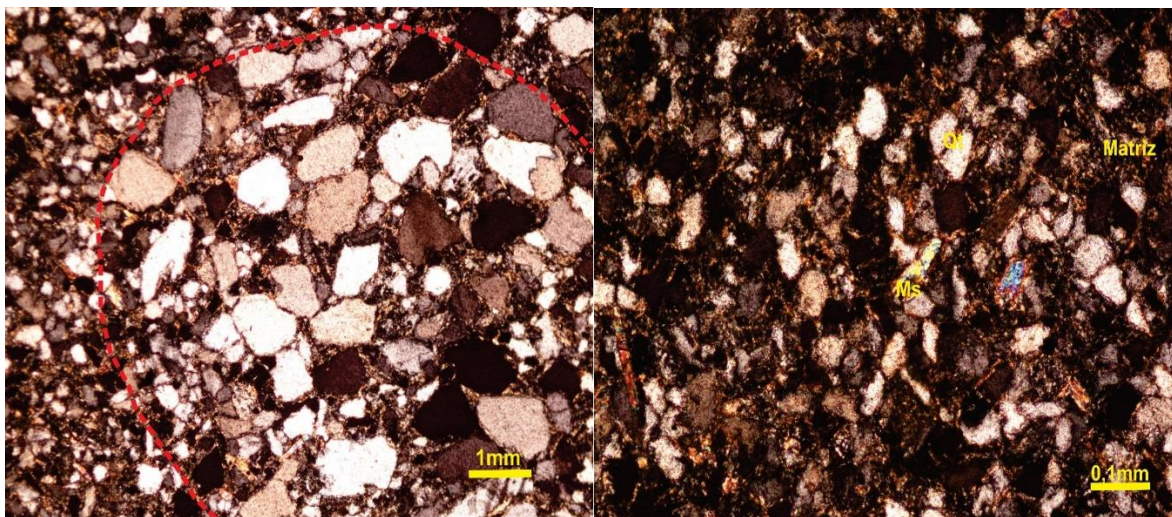


Figura 18. En la foto de la parte izquierda se aprecia la diferencia de tamaño de grano que presenta la madriguera rellena con respecto al tamaño de grano de la muestra reflejado en la figura derecha

FCC-15

Arenisca de grano medio bien calibrada, con granos sub-angulares a sub-redondeados de forma esférica en mayor proporción, con contactos cóncavo-convexo y algunas partes con contactos puntual. Es una roca madura texturalmente. El armazón de la roca constituye aproximadamente el 80% de la roca, está compuesta principalmente por granos de cuarzo y contenidos menores plagioclasa, biotita, zircones y óxidos; siendo una roca composicionalmente madura. Presenta una buena cementación por cuarzo secundario (autigénico) que forma bordes de recrecimiento en los granos detríticos de cuarzo (Figura 17). Se clasifica composicionalmente como una cuarzoarenita (Figura 18)

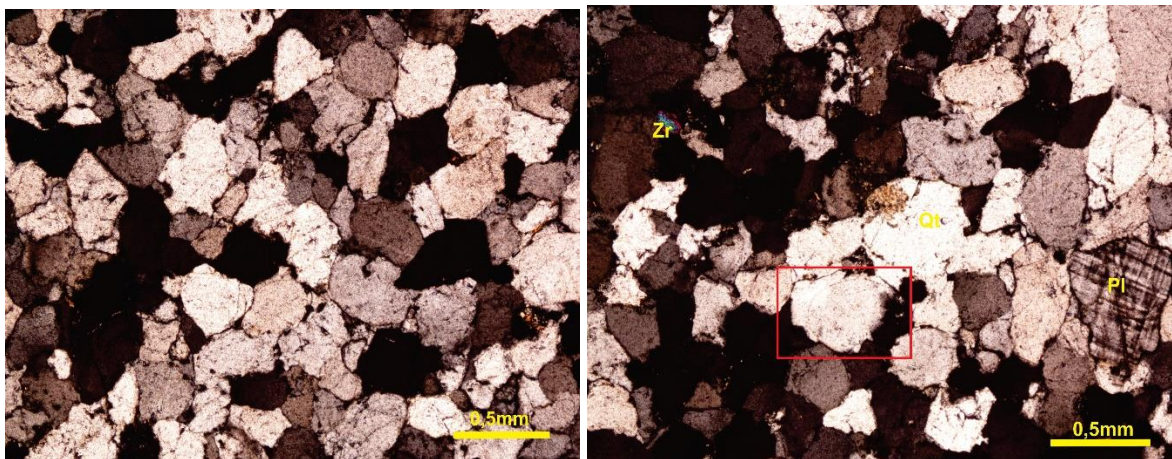


Figura 19. Sección delgada donde se aprecian granos de cuarzo en gran porcentaje y contenidos menores de Plagioclasa y zircones. En el rectángulo rojo de la figura de la derecha se aprecia un grano de cuarzo redondeado con borde de crecimiento autigeno

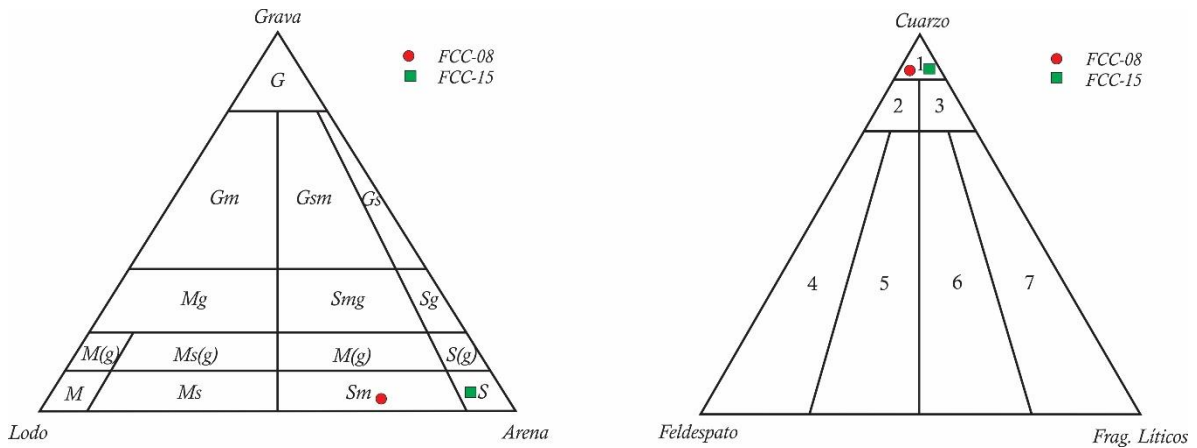


Figura 20. Triángulos de clasificación textural y composicional de Folk (1974). Izquierda: G: conglomerado; Gs: conglomerado arenoso; Gsm; Conglomerado arenolodoso; Gm: Conglomerado lodoso; Sg: arenisca conglomerática; Smg: arenisca lodosa conglomerática; Mg: Lodolita conglomerática; Sg: arenisca conglomerática; M(g): Lodolita ligeramente conglomerática; Ms(g): Lodolita arenosa ligeramente conglomerática; S(g): Arenisca ligeramente conglomerática; S: Arenisca; Sm: arenisca lodosa; Ms: Lodolita arenosa; M: Lodolita. Derecha: 1: Cuarzo arenita; 2: Subarcosa; 3: Sublitoarenita; 4: Arcosa; 5: Arcosa lítica; 6: Litoarenica Feldespática; 7: Litoarenita.

FCZ-1

Presenta cristales euhedrales de dolomita equigranulares desarrollando una fábrica idiopica. El contacto entre los cristales es tipo flotante a puntual, reconocidos sobre una matriz la cual por ser de un tamaño muy fino no se logra apreciar la composición y textura que presenta. En la lámina se encuentran fósiles reemplazados en óxidos de hierro (Figura 19). Composicionalmente la roca presenta un 92% de dolomita, clasificándose como una Dolomía.

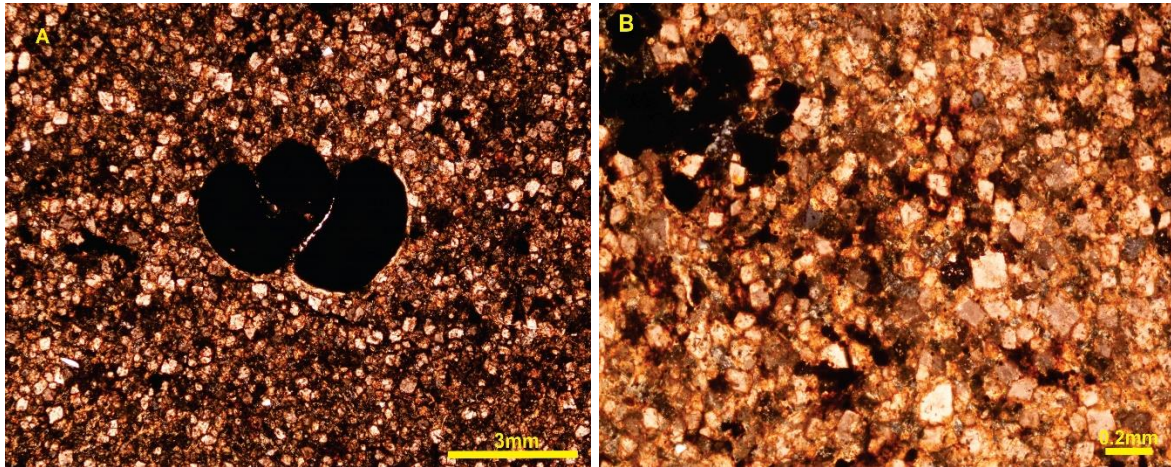


Figura 21. A) Gasterópodo reemplazado en óxidos de hierro; B) Cristales Idiomorfos de dolomita

Análisis Facial De La Sección De Curití

A la sección estratigráfica de la Formación Cumbre levantada en Curití se le realizó un análisis facial. La definición de estas litofacies se realiza de acuerdo con sus características texturales, composicionales, estructuras sedimentarias y geometría; y posteriormente se realiza una asociación facial para ser comparadas con modelos de facies propuestos en la literatura (Boggs, 2006; Millares, 2010; Dabrio, 1984; Mendoza, 1985; Eriksson, K et al. 2006; Armas y Sánchez, 2011; Ocampo-Diaz, et al. 2008; De Boer, 1998, Reineck, y Singh, 1975). Para las icnofacies fueron definidas de acuerdo con Buatois y Mángano (2011) e identificadas por el Geólogo Gabriel Mendoza a través de comunicación personal y escrita.

Litofacies lodosas

Lodolita fisil (Lf):

Presenta tonalidad grisácea

Lodolita con fracción arena muy fina con laminación planar discontinua y***Thalassinoides* (LAdt):**

Presenta tonalidad grisácea clara reconociéndose materia orgánica, parches de oxidación y azufre en los planos de laminación y en algunos niveles *Thalassinoides* y estructuras biogénicas (fósiles) reemplazadas en yeso.

Litofacies arenosas**Arenisca lodosa muy fina a fina maciza *Thalassinoides* (ALmffmt):**

Tonalidad naranja amarillenta, presencia de *Thalassinoides*.

Arenisca lodosa fina plano-paralela (ALfp):

Tonalidad grisácea verdosa. Presenta lentes lodo-arenosos con aspecto fisil los cuales presentan concentraciones de azufre en los planos de fisilidad y micas

Arenisca muy fina plano-paralela (Amfp):

Tonalidad naranja amarillenta

Arenisca muy fina maciza grisácea (Amfm):

Tonalidad grisácea Presencia de azufre y costras de oxidación

Arenisca fina con guijos de lodolita con laminación ondulosa no en fase (AGfo):

Tonalidad naranja amarillenta

Arenisca fina plano-paralela y ondulosa (Afpo):

En menor cantidad se observa laminación inclinada tangencial. Estas laminaciones son notorias debido a la alternancia de láminas claras (hasta 10mm) con láminas oscuras (4mm). Tonalidad naranja amarillenta

Arenisca fina a media maciza naranja amarillenta (Afm):

Presenta costras de oxidación. Tonalidad naranja amarillenta

Arenisca media con laminación sinusoidal e inclinada tangencial (Amst):

Intercalación de láminas oscuras de máximo 2 mm con láminas claras de 5 mm. Las láminas oscuras en algunas partes no son continuas, se cortan o sobreponen unas a otras. Tonalidad naranja amarillenta

Iconofacies

Thallasinoides (Glossifungites Iconofacie) (TG):

Formas tubulares perpendiculares a la laminación, rellenas del material sedimentario suprayacente. El máximo diámetro de las cavidades tubulares es de 6mm (Figuras 7B y 10).

Asociación de facies

Asociación de facies	Litofacies										Iconofacies	Subambientes
	Lf	Ladt	Almffmt	Alfp	Amfp	Afm	Agfo	Afpo	Afmm	Amst	TG	
AF1				X	X							Zona intermareal a supramareal
AF2		X			X	X			X		X	Zona intermareal
AF3								X		X		Zona intermareal
AF4	X		X						X		X	Zona intermareal
AF5	X						X					Zona intermareal a supramareal

Figura 22. Asociación de facies y subambientes relacionados.

Asociación de Facies F1: Corresponde al Intervalo I (Tabla 2) que en su mayoría está compuesto por areniscas muy finas a finas limosas con laminación plano-paralela; las cuales

se depositan sobre una superficie casi plana bioperturbada endurecida correspondiente al techo de la Formación Los Santos, que actúa como una superficie rígida fija sobre la cual a partir de un régimen de flujo bajo se puede desarrollar laminación plano-paralela (Dabrio, 1984); estas areniscas contienen lentes lodo-arenosos los cuales se pudieron formar en un medio sub-acuoso agitado permitiendo la sedimentación diferencial de los lodos (Villas et al., 2010). En la parte media del intervalo se aprecia un nivel de lodolita arenosa endurecido de color naranja-pardo, donde abundan las manchas de azufre y oxidación junto con materia orgánica, la cual se depositó bajo una tabla de agua mínima o casi nula; la generación de costras ferruginosas se vincula directamente con la presencia de plantas (Armas y Sanches 2011), y posibles procesos mínimos de pedogénesis, mostrados por las manchas de azufre y la materia orgánica mal preservada. Se interpreta como depósitos de zonas intermareales a supramareales.

Asociación de Facies F2: Esta asociación está compuesta principalmente por areniscas de grano fino a medio bien calibradas macizas, con intercalaciones de lodolitas arenosas con laminación discontinua bioperturbadas (Icnofacie TG) y representan el intervalo II de la columna, intercalaciones asociadas a fluctuaciones en el nivel de las mareas, las areniscas macizas muestran procesos sedimentarios a partir de flujos hypopicnales que representan el depósito rápido del sedimento, y la ausencia de estructuras sedimentarias presentes en mareas altas y periodos de alto oleaje (Ocampo-Díaz, et al. 2008); las lodolita arenosa, sugiere la depositación de sedimentos en un medio de régimen de flujo bajo que permiten la precipitación del material lodosos (Armas y Sánchez 2011). Depósitos de áreas intramareales las facies reflejan constantes fluctuaciones entre condiciones de alta energía (arena) transportada por corrientes de olas o mareas y condiciones de baja energía que genera

sedimentación por suspensión (Mendoza, 1985). La icnofacies *Glossifungites* está asociada comúnmente a sustratos lodosos, en ambientes marinos poco profundos a costeros (Buatois y Mángano, 2011). La presencia de thalassinoides significa un depósito marino costero arenoso (Crines, 1975). Se interpreta como depósitos de zonas intermareales.

Asociación de Facies F3: Esta asociación facial representa el intervalo III y está compuesta por areniscas de grano medio bien calibrada, con laminación heterolítica milimétrica, en distintos arreglos como laminación ondulosa-paralela y plano-paralela principalmente, pero la laminación inclinada tangencial y sinusoidal se aprecian en menor medida. La presencia de estratificación entrecruzada, tangencial a la base y/o sigmoidal, asociada con estratificación heterolítica puede ser asignada a una variedad de regímenes hidrodinámicos (Armas y Sánchez 2011). La sedimentación de cada lamina de arena se da durante los picos del flujo, mientras que la acumulación de las láminas de lodo se produce durante los periodos de agua estancada o en estado de calma, lo cual puede reflejar ciclos de mareas (Eriksson et al., 2006). Por lo tanto, las arenas laminadas de manera uniforme con limos y lodos laminados son formas de estratificación mucho más comunes en entornos intermareales que en otros. (DeBoer, 1998). La forma acanalada con bordes erosivos es asociada a un canal de marea, que se pueden desarrollar en las llanuras mareales y que son inundados cuando la marea sube (Boggs, 2006). La asociación se interpreta como depósitos de zonas intermareales.

Asociación de Facies F4: Corresponde al intervalo IV. Esta asociación está compuesta por la intercalación por areniscas macizas de grano muy fino a fino de buen calibrado con areniscas muy finas lodosas bioturbadas (Icnofacie TG), y lodolitas fisiles con manchas de azufre y costras de óxido. Una depositación rápida del material arenoso puede causar la ausencia de estructuras sedimentarias, dando un aspecto masivo a las capas de areniscas; todo

este proceso puede generarse a partir de flujos hypopicales causados por procesos de mareas altas y periodos de alto oleaje (Ocampo-Díaz, et al. 2008). Bajo condiciones de régimen de flujo bajo donde el agua se encuentra casi quieta, el material lodoso precipita (Armas y Sánchez 2011). La presencia de costras de óxidos y manchas de azufre evidencias periodos de exposición sub-aérea. La icnofacies *Glossifungites* está asociada a ambientes marinos poco profundos a costeros (Buatois y Mángano, 2011). Se interpreta como depósitos de zonas intermareales.

Asociación de Facies F5: Esta asociación está compuesta principalmente por areniscas de grano fino con variación tanto lateral como vertical a lodolitas arenosas, con intraclastos tamaño guijo de lodolitas en las partes basales de las capas; estas se encuentran separadas por capas delgadas de lodolitas con laminación planar discontinua. Esta asociación representa el intervalo V de la columna. Los intraclastos de tamaño guijo de lodolita son transportados como carga de fondo (Dabrio, 1984), durante periodos de flujo fuerte asociados a periodos de mareas altas donde alcanzan a inundar los canales mareales (Boggs, 2006). Los intraclastos de guijos lodosos son erosionados de las capas inmediatamente infrayacentes y se mezclan con arena fina que se deposita a medida que las condiciones hidrodinámicas disminuyen hasta permitir la decantación del material lodo-arenoso, generando el granodecrecimiento al interior de la capa. Los niveles de lodolitas pueden marcar desbordamientos de los canales mareales (Boggs, 2006) o cierres de ciclos en las subidas de marea, cuando las condiciones de régimen son bajas y se da la decantación de los lodos. Las capas con los guijos de lodo pueden asociarse a canales de marea de alta sinuosidad que se desarrollan en la parte más baja de la zona intermareal (Dabrio, 1984). Se interpreta esta asociación como depósitos de zonas intermareales a supramareal.

Modelo e interpretación ambiental

De acuerdo con la asociación e interpretación de las facies determinadas, se puede establecer que los sedimentos de la Formación Cumbre correspondientes a la sección de Curití probablemente fueron depositados en la parte intermareal de una llanura mareal predominantemente arenosa dominada por mareas. Estas llanuras se forman en zonas con influencia macromareal principalmente, donde los cuerpos arenosos que actúan como barrera a la influencia del oleaje o mareas se encuentran de manera casi perpendicular a la costa, permitiendo más interacción con la llanura mareal (Dabrio, 2010).

El inicio de la sedimentación se da sobre la superficie tope de la formación Los Santos, que presenta alta tasa de bioperturbación, asociada principalmente al icnofosíl *Taenidium* de la icnofacies *Scoyenia* (Fabio Laverde, comunicación escrita) típicas de ambientes continentales (Buatois y Mángano, 2011); esta superficie marca una pausa en la sedimentación permitiendo la gran proliferación de los organismos.

El inicio del avance progresivo del mar está marcado por la intercalación de areniscas y lodolitas, registrando periodos de oscilaciones en el nivel de afectación mareal; en ambientes dominados por mareas la alternancia de láminas de areniscas y lodolitas refleja los ciclos de ‘flujo’ y ‘reflujo’ (Plink-Björklund, 2005), y las arenas laminadas de manera uniforme con limos y lodos laminados (laminación heterolítica) son formas de estratificación mucho más comunes en entornos intermareales que en otros (deBOER 1998). El avance marino no fue una transgresión constante, tuvo periodos regresivos o interrumpidos, evidenciado por periodos de exposición sub-aérea e intermitencia en la depositación relacionados con la poca actividad mareal, permitiendo el desarrollo incipiente de plantas y organismos que puedan utilizar el sustrato no consolidado para realizar madrigueras de alimentación y vivienda

(Icnofacies *Glossifungites*), según Flügel (2010) los *Thalassinoides* son característicos de fondos blandos, subacuáticos, oxigenados, con una baja tasa de sedimentación.

La parte superior de la formación muestra una mayor influencia de las mareas, evidenciado por el desarrollo de canales mareales sinuosos con regímenes de flujos altos, que alcanzan a erosionar el sustrato infrayacente e incorporando hacia la base de la capa fragmentos de intraclastos de tamaño guijos. Tanto la zona intermareal como la supramareal están surcadas por una compleja trama de canales que constituyen el sistema de drenaje de la marea. (Villas et al., 2010). Posteriormente el dominio de mareas pasa a ser total sobre la llanura mareal, generando un ambiente con mayor influencia marina, en el cual se depositan las primeras capas de la Formación Rosa Blanca.

7. Síntesis y Discusión

“Formación” Cumbre

La Formación Cumbre denominada inicialmente por Renzoni (1969) en la sección tipo sobre la carretera que conduce de Arcabuco a Moniquirá en el departamento de Boyacá fue atribuida al rango de formación cumpliendo con características líticas, posición estratigráfica y cartografía según los atributos que presenta la Guía Estratigráfica Internacional (1994) y reconociéndose con un espesor de 137m por Mendoza (1985) quien la redefine posteriormente. Esta unidad presenta variabilidad y adelgazamiento en sentido norte siendo reconocida en el departamento de Santander en distintos trabajos (Clavijo, 1985; Laverde y Clavijo, 1985; Laverde, 1985) presentando un espesor no mayor a 27m (Figura 22), donde según Etayo-Serna et al. (1985) en esta zona norte apenas alcanza la categoría de miembro; por otra parte según Renzoni (1985) en la Quebrada Pujamanes, propone dar una individualización en esta zona para reconocerla como Formación Cumbre obedeciendo a la necesidad de diferenciar y resaltar la naturaleza lodolítica de esta secuencia con respecto a la fundamentalmente arenítica de la Formación Los Santos y a la calcárea de la Formación Rosa Blanca.

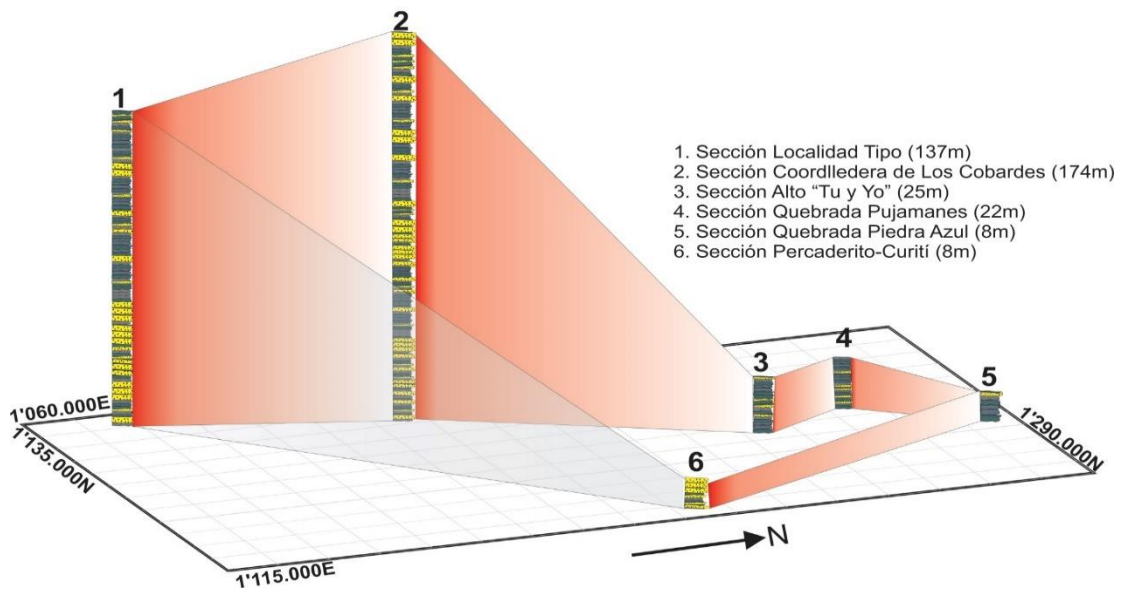


Figura 23. Localización y espesor de las localidades donde se reconoce la Formación Cumbre

A partir de los conceptos que propone la Guía Estratigráfica Internacional (1994) *“una formación es aquella unidad primaria litoestratigráfica utilizada para mapear, describir e interpretar la geología de una región; la viabilidad del mapeo y la delineación en secciones transversales es una consideración importante en el establecimiento de formaciones. Ninguna formación se considera justificable y útil que no se pueda delinear a la escala del mapeo geológico practicado en la región donde se propone la formación. Aunque la representación de una formación en mapas y secciones transversales por una línea etiquetada puede justificarse, la proliferación de unidades tan delgadas no es deseable”* de esta consideración se entiende que al mencionarse la viabilidad para mapear la geología en una región se considera que debe ser a una escala entendible y legible para esta zona. Por otro lado, un miembro es aquel rango que forma parte de una formación y se reconoce como una entidad con nombre dentro de la formación porque posee propiedades litológicas que la distinguen de las partes adyacentes de la formación. Una formación no necesita dividirse en miembros a menos que se sirva para un propósito útil (Guía Estratigráfica internacional, 1994). Considerando lo estipulado anteriormente por la guía estratigráfica, el rango formación no se debe atribuir al intervalo transicional entre la Formación Los Santos y la Formación Rosa Blanca definido como Formación Cumbre en el departamento de Santander, ya que los espesores reportados no son legibles en la representación cartográfica en mapas geológicos para la zona. Este cuerpo litológico cumple con los requisitos para el rango litoestratigráfico de miembro como lo propone Etayo-Serna et al. (1985), pero consideramos que aún no se tienen los suficientes datos para determinar a cuál unidad adyacente se debe vincular, ya que un miembro debe estar incluido dentro de una formación. Por esta razón se debe definir muy bien en el Valle Medio del Magdalena en el contacto en lo que se reconoce como Formación Los Santos y la suprayacente Formación Rosa Blanca.

A pesar de lo dicho anteriormente, en este trabajo se continúa utilizando el rango de Formación Cumbre y no se asigna otro rango o nombre informal para no complicar la nomenclatura de la secuencia estratigráfica cretácica basal en Santander.

Ambientes de depositación

Distintos autores han definido ambientes de sedimentación para la Formación Cumbre relacionados a características de ambientes transicionales de aguas tranquilas y someras con evidencia de mezclas de aguas salobres y aguas dulces (albuferas, barras de barrera, lagoon, llanuras de marea) (Clavijo, J. 1985; Laverde, F., y Clavijo, J., 1985; Laverde, F. 1985; Mendoza, H. 1985; Renzoni, G. 1985).

De acuerdo con las asociaciones de facies e interpretación ambiental establecida en este trabajo, esta unidad también se asocia a un ambiente transicional sobre la zona intermareal dentro de una llanura de mareas arenosa con mayor influencia de mareas. Adicionalmente se reconoce la presencia de *Thalassinoides* asociados a la icnofacies *Glossifungites* característicos de ambientes marinos someros y costeros. Renzoni (1985) reporta tres segmentos asociados a la Formación Cumbre reconociendo en los dos primeros, características silisiclasticas y la presencia de madrigueras e icnofósiles del tipo *Thalassinoides* que indican un depósito marino costanero arenoso. En este mismo segmento describe intraclastos orientados de arcillolitas del tamaño guijo grueso y estratificación interna plana y paralela. Lo anteriormente descrito por Renzoni (1985) se asemejan a las facies litológicas e icnofacies reconocidas en la sección de Curití definida en el presente trabajo.

En la Formación Cumbre en la sección de Curití, no se reconoce las facies lodosas fosilíferas mencionadas en la mayoría de los trabajos en los que se ha descrito la Formación Cumbre; donde estos niveles lodosos tienen un gran contenido de bivalvos, dientes de raya, pellets, oolitos y cristales de pirita. Esto puede asociarse a principalmente a dos causas: 1) Que no se pudieron reconocer debido a que el contacto superior con la Formación Rosa Blanca se encuentra cubierto y afectado por procesos de meteorización y 2) Cambios en las condiciones de sedimentación, que se pueden generar por la morfología costera y su relación con el rango de amplitud mareal (Dabrio, 2010). Esto implica que no siempre las Facies Transicionales Cumbre en la región de Santander, van a estar compuestas por cuarzoarenitas y lodolitas fosilíferas, sino en algunas partes como el caso de la sección de Curití, solo puede encontrarse cuarzoarenitas con intercalaciones de lodolitas con muy poco o nulo contenido fósil, pero que la influencia marina es evidenciada por la presencia de *Thalassinoides* asociados a la icnofacies *Glossifungites* típica de ambientes marinos someros y costeros.

Zamarreno de Julivert (1963) realiza un estudio detallado sobre la Formación Rosa Blanca al oeste de la Mesa de Los Santos, donde define una “zona de tránsito” entre la Formación Tambor (*sensu* Formación Los Santos) y la Formación Rosa Blanca, siendo esta zona caracterizada por cuarzoarenitas con presencia de dolomita y lutitas. Esta “zona de tránsito” es relacionada con la Formación Cumbre. De igual forma Clavijo (1985) sobre Quebrada Piedra Azul, reporta la presencia en la Formación Cumbre de limolitas con notable dolomitización explicando su presencia por la mezcla de aguas salobres y dulces. De acuerdo con el análisis de la lámina delgada perteneciente a la Formación Cumbre (FCZ-1) en el municipio de Zapatoca se reporta un alto contenido de dolomita en la muestra, pudiéndose clasificar como dolomía. La presencia de dolomita en diferentes sectores de la Formación

Cumbre en el Macizo de Santander evidencia de que esta tiene su origen por la posible mezcla de aguas salobres y dulces (Longman, 1980) en distintos ambientes transicionales.

8. Conclusiones

A partir de la cartografía realizada en el municipio de Curití a escala 1:25.000 se reconoce que la Formación Los Santos se encuentra en contacto inconforme con los Esquistos del Silgara. Por otro lado la Formación Cumbre no se pueden representar cartográficamente a esta escala debido a su poco espesor.

La Formación Cumbre en la sección de Curití se encuentran de manera concordante con la infrayacente Formación Los Santos y su contacto superior con la Formación Rosa Blanca no se pudo observar debido a la meteorización y también por lo que se encuentra cubierto

La capa que define el tope de la Formación Los Santos sobre la sección de Curití se caracteriza por una gran densidad de icnofósiles con poca variabilidad, relacionados al icnofósil *Taenidium* asociado a la icnofacies *Scoyenia* típica de ambientes continentales.

La Formación Cumbre sobre la sección de Curití se caracterizan por cuarzoarenitas de grano muy fino a fino con intercalaciones de lodolitas color gris a gris verdoso y desarrollo de *Thalassinoides* en diferentes niveles de lodolitas arenosas.

La Formación Cumbre en la sección de Curití son asociadas a un ambiente transicional de llanura mareal arenosa dominada por mareas, específicamente en una zona intermareal, esta idea también es soportada por la presencia de icnofacies *Glossifungites* característicos de ambientes marinos someros y costeros.

En distintas localidades donde se reconoce la Formación Cumbre la presencia de los niveles lodosos fosilíferos con contenido de bivalvos, dientes de raya, pellets, oolitos y cristales de pirita, es un buen indicador para determinar la influencia de mareas en esta formación. Pero en lugares donde las facies son principalmente siliciclasticas, caracterizadas por cuarzoarenitas con intercalaciones de lodolitas sin ningún contenido fósil como el caso de la sección de Curití, la presencia e identificación de icnofósiles es de gran importancia.

9. Recomendaciones

Se sugiere estudiar en detalle las localidades en la que se reconoce la Formación Cumbre en el departamento de Santander para definir las características que esta formación presenta en cercanías al Macizo de Santander para así esclarecer el uso apropiado del rango y nomenclatura.

Se recomienda para trabajos futuros de la Formación Cumbre, realizar análisis microfaciales para precisar las características sedimentológicas y ambientales de esta formación.

Se aconseja estudiar a mayor detalle los contactos suprayacentes e infrayacentes de la Formación Cumbre especialmente en la zona de Santander donde su espesor es reducido.

Se recomienda seguir utilizando el rango Formación en el departamento de Santander para estas facies transicionales hasta que no sea asignado un rango litoestratigráfico que cumpla con lo descrito en la Guía Estratigráfica Internacional.

Referencias citadas

- Armas, P., y Sánchez, M. L. (2011). Análisis estratigráfico secuencial de las formaciones Anacleto y Allen (Cretácico Tardío) en el borde nororiental de Cuenca Neuquina, Argentina. *Andean geology*, 38(1), 119-155.
- Boggs, S. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, New Jersey. University of Oregon.
- Cáceres, C., Cediél, F., y 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*, v.8 pp. 7– 26.
- Cardozo, E., Ramirez, C. (1985). Ambientes de depósito de la formación Rosablanca, áreas de Villa de Leiva. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F. (Eds.), *Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo XIII*, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 13p.
- Cediél, F. (1968). El Grupo Girón, una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental. *Boletín Geológico*, 16(1-3), 5-96.
- (2011). Major Tectono-Sedimentary Events and Basin Development in the Phanerozoic of Colombia. *Petroleum Geology of Colombia. Regional Geology*. ANH. Volume 1.
- Clavijo, J. (1985). La secuencia facial de la formación. Los Santos por la quebrada Piedra azul: registro de una hoya fluvial evanescente. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F. (Eds.), *Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo IV*, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 18p.

- 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. J. (1984). Sedimentación en costas siliciclásticas, deltas y mares someros. Ciclo de Seminarios de Sedimentología,(IGME, Ed), 1, 131-192.
- Dabrio, C. J., y Arche, A. (2010). Playas. Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1287.
- De Boer, P. L. (1998). Intertidal sediments: composition and structure. Intertidal deposits: river mouths, tidal flats and coastal lagoons. D. Eisma (ed.). CRC Press, Marine Science Series, 345, 361.
- Eriksson, K. A., Simpson, E. L., y Mueller, W. (2006). An unusual fluvial to tidal transition in the Mesozoic Moodies Group, South Africa: A response to high tidal range and active tectonics. *Sedimentary Geology*, 190(1-4), 13-24.
- Etayo-Serna, F., (1958). Proyecto Cretácico. Publicaciones geológicas especiales de INGEOMINAS. Capítulo I, p. 1-13.
- (1968). El Sistema Cretáceo en la Región de Villa de Leiva y Zonas próximas. *Geología Colombiana*, 5, 5-74.
 - (1978). Ideas para la interpretación de ambientes de sedimentación del Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva.-II Congreso Colombiano de Geología. Guía de Excursión, Bogotá.(1985): Paleontología Estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy en Etayo Serna, F, 8.
 - (1972) Cretaceous section: Villa de Leiva to Loma Piedra Gorda. In: 13th field conference, Colombian. Soc. Petr. Geol. Geoph: 35-59, 1 mapa. Bogotá.

Etayo-Serna, F., Renzoni, G. y Barrero, D. (1976). Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia. Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología.

Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F., y Pava, A. (1985). Proyecto Cretácico: contribuciones. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F. (Eds.), Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo XXVII, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá.

Fabre, A., (1983). La subsidencia de la Cuenca del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia) durante el Cretáceo y el Terciario Inferior. Primera parte: Estudio cuantitativo de la subsidencia. Geología Norandina, Bogotá 8, 49–61.

- (1985). Dinámica de la sedimentación Cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia). En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F. (Eds.), Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo XIX, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 20p.

Folk, R. L. (1980). Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company.

Gomez, J. y Infante, P. (2019). Caracterización sedimentológica y estratigráfica del contacto entre la Formación La Paja y la Formación Tablazo en el noreste de la Mesa de Barichara, Santander. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander

Laverde, F., y Clavijo, J. (1985). Análisis facial de la Formación Los Santos, según el corte de ‘Tu y Yo’(Zapatoca). En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaña, F. (Eds.), Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo V, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 12p.

Julivert, M. (1958). Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá Cordillera Oriental, Colombia. Boletín de Geología, (2).

Mantilla-Figueroa, L. C., García-Ramírez, C. A., y Valencia, V. A. (2016). Nuevas evidencias que soportan la escisión de la Formación Silgará y propuesta de un nuevo marco estratigráfico para el basamento metamórfico del Macizo de Santander (Cordillera Oriental de Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 320-336.

Mendoza, H. F. (1985). La Formación Cumbre-modelo de transgresión marina rítmica, de comienzos del Cretácico. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaño, F. (Eds.), *Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo IX, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 17p.*

Miralles, A. A. (2010). *Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria (Vol. 46)*. Editorial CSIC-CSIC Press.

Moreno, J. M. (1990). Stratigraphy of the Lower Cretaceous Rosa Blanca and Cumbre Formations, Utica Sandstone and Murca Formation, West Flank, Eastern Cordillera, Colombia. *-Geol. Colombiana*, 17, pp. 65-86, 9 figs., Bogotá.

Ocampo-Díaz, Y. Z. E., Jenchen, U., y Guerrero-Suastegui, M. (2008). Facies y sistemas de depósito del miembro arenoso Galeana (formación Taraises, Cretácico inferior, NE de México). *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 25(3), 438-464.

Plink-Bjorklundo, P.I.R.E.T (2005). Stacked fluvial and tide-dominated estuarine deposits in high-frequency (fourth-order) sequences of the Eocene Central Basin, Spitsbergen. *Sedimentology*, 52(2), 391-428.

Pulido, O. (1978)., *Geología de las planchas 135 (San Gil) y 151 (Charalá) cuadrángulo I-12*. INGEOMINAS Recuperado de <https://www2.sgc.gov.co>

- (1985). *Geología de la plancha 135 San Gil*. INGEOMINAS

Reineck, H.E., Singh, I.B. Depositional sedimentary environments. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg-New York: 1975

Renzoni, G. (1967). Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja.-INGEOMINAS, Informe no. 1546. También publicado en: 1981. Boletín Geológico de INGEOMINAS, 24(2), 31-48.

- (1985a). Paleoambientes en las Formaciones Arcabuco y Cumbre de la Cordillera de Los Cobardes. Publ. Espec., Ingeominas, Bogotá, 16. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaño, F. (Eds.), Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo X, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 14p.
- (1985b). Paleoambientes de la Formación Tambor en la Quebrada Pujámanes. En: Etayo-Serna, F., Laverde-Montaño, F. (Eds.), Proyecto Cretácico, contribuciones. Capítulo III, INGEOMINAS Publ. Esp. 16, Bogotá, 18p.

Renzoni, G., Ospina, C. (1969). Geología del cuadrángulo J-12. Servicio Geológico Nacional. Inf. 1546 36 p.

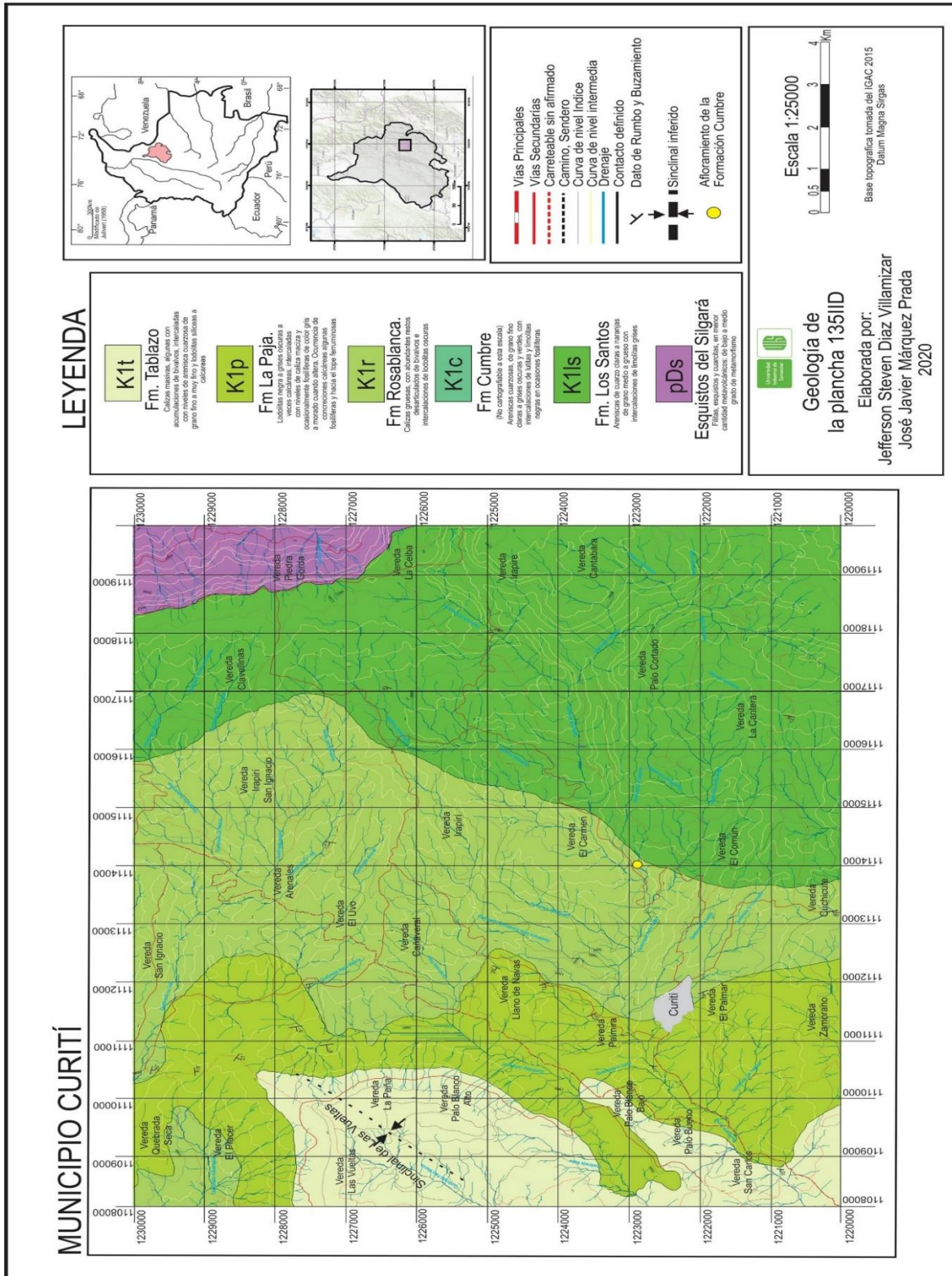
Salvador, A. (Ed.). (1994). International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure (No. 30). Geological Society of America.

Sarmiento-Rojas, L. F., (2001), Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models. Ph.D. Thesis Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, 297p.

- (2011), Geology and Hydrocarbon Potential: Middle Magdalena Basin, Petroleum Geology of Colombia, Volume 11, 193 p
- (2011), Geology and hydrocarbon potential: Eastern Cordillera Basin, Petroleum Geology of Colombia, Volume 7, 141 p

- Sarmiento-Rojas, L. F., Van Wess, J. D., y Cloetingh, S. (2006). Mesozoic transtensional basin history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes: Inferences from tectonic models. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(4), 383-411.
- Teichert, C. (1957). Concept of facies. *Bulletin of The American Association of Petroleum Geologist*. Vol. 42, pp. 2718-2744.
- Torres, J. A. V. (1994). *Estratigrafía: principios y métodos* (pp. 136-150). Rueda.
- Ulloa, C., y Rodríguez, E. (1979). *Geología de las planchas 170-Vélez y 190-Chiquinquirá*. Informe interno I-1794, INGEOMINAS. Bogotá, 45p.
- Vilas, F., Bernabeu, A., Rubio, B., y Rey, D. (2010). Estuarios, rías y llanuras intermareales. *Sedimentología: del proceso físico a la Cuenca sedimentaria*. Consejo Superior de investigaciones Científicas, Madrid, 619-674.
- Villamil, T., 1993. Relative sea level, chronology, and a new sequence stratigraphy model for distal offshore facies, Albian to Santonian, Colombia. In: Pindell, J.A., Drake, C.D. (Eds.), *Mesozoic-Cenozoic Stratigraphy and Tectonic Evolution of the Caribbean Region/ Northern South America: Implications for Eustasy from Exposed Sections of a Cretaceous-Eocene Passive Margin Setting*. *Geol. Soc. Amer. Memoir*, paper C-8.
- Wentwork, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments: *Journal of Geology* v.30, pp. 377-392.
- Wheeler, O. C. (1929). Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama, and La Paz Formations near the eastern part of The Mares Concession

Apéndices



MUNICIPIO CURITÍ

Geología de la plancha 135IID
Elaborada por:
Jefferson Steven Diaz Villamizar
José Javier Márquez Prada
2020

Apéndice A. Mapa Geológico del Municipio de Curití. Escala 1:25.000

