

Estratigrafía y Petrografía del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación La  
Paja en el municipio de Zapatoca, Santander

Andrés Felipe Rojas Mantilla

Trabajo de grado para optar el título de geólogo

Directora

Ana Milena Cardozo Ortiz

Geóloga

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2019

## **Dedicatoria**

*Quiero agradecer a dos personas que siempre han estado en mi vida, me brindaron todo su cariño, su amor y que gracias a ellos soy la persona quien soy. Dedico este logro a mis queridos abuelos, Cecilia Martínez Gonzales y Miguel Ángel Mantilla Mantilla que en paz descansen. Dos personas que me criaron cuando niño, me dieron múltiples consejos y me enseñaron a cómo afrontar los diversos retos de la vida. Gracias a ellos, he podido formarme como una persona íntegra y un buen profesional y por ellos he podido alcanzar mis metas y sueños que me he propuesto. Por esto y mucho más agradezco nonita querida y te agradezco mucho nonito querido, espero que donde te encuentres estés orgulloso de mí.*

*También agradezco inmensamente a mis padres, Wilson Antonio Rojas Vergel y Gloria Cecilia Mantilla Martínez, quienes desde pequeño me han dado todo su amor y cariño, doy gracias por todos sus esfuerzos y sacrificios que han realizado por mis hermanos y por mí, viendo cómo día a día a pesar de todo siempre estuvieron ahí para nosotros, por todos sus sabios consejos y enseñanzas que me han permitido construirme como persona y ahora como un futuro profesional. Gracias a ellos aprendí que la vida no es fácil, es un camino largo y duro por recorrer, pero que, con dedicación, esfuerzo y siempre soñando se puede alcanzar todo lo que nos proponemos y podemos llegar a tener la vida que tanto queremos. Gracias por todo papitos lindos y a pesar de lo mucho que molestas papá gracias.*

*Gracias por todo*

*Andrés Felipe Rojas Mantilla*

## **Agradecimientos**

A la profesora Ana Milena Cardozo, quien siempre estuvo dispuesta a brindar su ayuda y quien siempre me asesoró en todas las inquietudes y durante la realización de este proyecto.

A la profesora Georgina Guzmán, quien con su mayor disposición me brindó la ayuda y orientación en el planteamiento del proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander y a todos los profesores que estuvieron presentes en mi formación, por todo su tiempo y enseñanzas que me ayudaron a crecer como persona y profesional.

A mis amigos María Daniela Traslaviña, Natalia Isabel Villalba, Diana Katherine Salazar y Martin Andrés León por toda su paciencia, por la ayuda y consejos brindados.

A Juan José Rondón por su ayuda y colaboración en el trabajo de campo.

A César por su colaboración en el préstamo de las instalaciones y laboratorios.

A las secretarias Rosita y Martica por toda su ayuda y disposición en colaborarme en todos los procesos que requería.

A mi familia, mis padres, mis tíos y mis abuelos quien siempre estuvieron presentes, dispuestos a colaborarme y ayudarme en los momentos que más necesité.

## Contenido

Introducción .....	21
1.Planteamiento del problema.....	22
2.Justificación .....	22
3. Objetivos .....	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4. Generalidades.....	24
4.1 Ubicación .....	24
5. Antecedentes .....	25
5.1 Formación Rosablanca.....	25
5.1.2 Posición Estratigráfica .....	26
5.1.3 Espesor.....	26
5.1.4 Litología.....	26
5.1.5 Contacto inferior .....	27
5.1.6 Contacto superior. ....	27
5.1.7 Edad .....	27
5.2 Formación Paja .....	28
5.2.2 Posición Estratigráfica. ....	29

5.2.3 Espesor .....	29
5.2.4 Litología .....	29
5.2.5 Contacto inferior. ....	29
5.2.6 Contacto superior. ....	30
5.2.7 Edad. ....	30
6. Metodología .....	30
6.1 Primera Fase: Recopilación y análisis de la información .....	30
6.2 Segunda Fase: Trabajo de campo .....	31
6.3 Tercera Fase: Trabajo de oficina.....	31
6.3.1 Descripción y caracterización de las muestras.....	31
6.3.2 Análisis Petrográfico.....	32
6.3.3 Identificación de Microfacies y ambientes de deposición. ....	32
6.4 Cuarta Fase: Elaboración del Informe Final .....	32
7. Resultados .....	32
7.1 Sección estratigráfica Galán .....	35
7.1.1 Segmento 1. Facies de Wackestone de Bivalvos intercalados con lodolitas calcáreas. ....	38
7.1.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-1.....	39
7.1.2 Segmento 2. Facies Lodolitas físis, micáceas intercaladas con areniscas de grano muy fino bioperturbadas y oxidadas.....	41
7.1.2.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-4.....	42

7.1.2.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-8.....	44
7.2 Sección Mirador de los Guanes .....	46
7.2.1 Segmento 1. Facies Cuarzo arenitas de grano fino con presencia de oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con bioperturbación moderada.....	50
7.2.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-A.....	50
7.2.1.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-C.....	52
7.2.2 Segmento 2. Facies Cuarzo arenitas de grano muy fino con oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con intercalaciones de lodolitas altamente bioperturbadas.....	55
7.2.2.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-I.....	56
7.2.3 Segmento 3. Facies lodolitas fisiles con intercalaciones de cuarzo areniscas de grano muy fino/wackes de oolitos con fragmentos de algas, equinodermos y gasterópodos.....	58
7.2.3.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-J.....	58
7.2.3.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-Ñ.....	60
7.3 Sección Cueva del Nitro .....	62
7.3.1 Segmento 1. Facies lodolitas negras físciles con intercalaciones de mudstone.....	64
7.3.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-CV1.....	64
7.3.1.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-CV2.....	67
7.4 Análisis de Facies .....	68
7.4.1 Facies 1: Wackestone de Bivalvos intercaladas con lodolitas calcáreas.....	68
7.4.2 Facies 2: Lodolitas físciles, micáceas intercaladas con areniscas de grano muy fino bioperturbadas y oxidadas. (LAmff).....	68

7.4.3 Facies 3: Cuarzoarenitas de grano fino con presencia de oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con bioperturbación moderada. (Af).....	69
7.4.4 Facies 4: Cuarzoarenitas de grano muy fino con oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con intercalaciones de lodolitas altamente bioperturbadas. (AmffL) .....	69
7.4.5 Facies 5: lodolitas fisiles con intercalaciones de cuarzo areniscas de grano muy fino/wackes de oolitos con fragmentos de algas, equinodermos y gasterópodos. (LAmff).....	69
7.4.6 Facies 6: lodolitas negras físis con intercalaciones de mudstone. ....	70
7.5 Condiciones y Ambiente de Formación.....	72
8. Conclusiones .....	75
9. Recomendaciones .....	75
Referencias Bibliográficas .....	76

## Lista de Figuras

Fig. 1 Mapa de Localización área de trabajo (recuadro en rojo) municipio de Zapatoca, Santander. .....	24
Fig. 2 Mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio, Municipio de Zapatoca. ....	33
Fig. 3 Evidencias del control estructural de la zona de campo. (A) Afloramiento de lodolitas, plano de diaclasa N70°E/68SE. (B) Afloramiento de lodolitas con micropliegues. (C) Afloramiento de lodolitas, diaclasas N20°E/80°SE. (D) Afloramiento de areniscas con dos planos de diaclasamiento N10°E/80°SE y N80W/70°NE.....	34
Fig. 4. Mapa geológico, la línea amarilla representa la zona correspondiente a la sección estratigráfica Galán. ....	36
Fig. 5. Poligonal abierta de la sección Galán.....	37
Fig. 6. Columna estratigráfica de la sección Galán. ....	38
Fig. 7. En las figuras A, C, D se observa la secuencia intercalada entre las lodolitas calcáreas de bivalvos (litologías menos competentes) y los paquetes tabulares de wackestone de bivalvos correspondiente al segmento 1, la base del levantamiento estratigráfico. ....	39
Fig. 8. Láminas delgada muestra AR-1. Figura A (Nicoles // 5x) y A' (N. Cruzados 5x) Se observan algas, bivalvos y gasterópodos reemplazados en calcita en una matriz micritica. Figura B (N. // 5x) y B'(N. X 5x) se aprecian fragmentos de bivalvos reemplazados en calcita y equinodermos en microesparita. ....	40
Fig. 9 Láminas delgada muestra AR-1. Figura C y C' Se observan briozoarios, algas, y foraminíferos en micrita. Figura D y D' se aprecian fragmentos de bivalvos reemplazados en calcita y equinodermos oxidados en microesparita .....	41

- Fig. 10 A) Afloramiento en el que se observa lodolitas fisiles, micáceas, alternadas con areniscas de grano muy fino, micáceas, bioperturbadas. B) Afloramiento de capas de areniscas de grano muy fino, micáceas. Se realiza un zoom en el recuadro amarillo, imagen C, en el que se observa a detalle las areniscas, contacto ondulado, con niveles de lodolitas. D Capa de areniscas de grano muy fino, micácea bioperturbada ..... 42
- Fig. 11 Láminas delgada muestra AR-4. Imágenes de la izquierda en Nicoles cruzados 5X y las imágenes de la derecha en Nicoles paralelos 5X. En las imágenes se observan zonas con presencia de matriz de lodo ferruginoso. .... 43
- Fig. 12 Láminas delgada muestra AR-4 Se observan zonas compuesta por materiales de tamaño lodo y arcilla, producto de la bioperturbación de los organismos. .... 44
- Fig. 13 Láminas delgada muestra AR-8. Imágenes de la izquierda en Nicoles cruzados 5X y las imágenes de la derecha en Nicoles paralelos 5X ..... 45
- Fig. 14 Láminas delgada muestra AR-8. Se observa como algunos minerales como las moscovitas se están incorporando en la matriz de composición sericitica, biotítica. En la Imagen C C' se observa bioperturbación, zona compuesta por materiales tamaño limo y arcillas, presencia de óxidos y lodos ferruginosos. .... 46
- Fig. 15 Mapa Geológico. La línea amarilla representa la zona de la sección estratigráfica Mirador de los Guanes ..... 47
- Fig. 16 Poligonal abierta de la sección Galán..... 48
- Fig. 17 Columna estratigráfica sección Mirador de los guanes ..... 49
- Fig. 18 Afloramiento del segmento 1, sección Mirador de los Guanes. La imagen de la derecha corresponde a un zoom del afloramiento de la izquierda, se aprecia un nivel con alta bioperturbación, Thalassanoides de 0,5 a 1 cm de diámetro. .... 50

- Fig. 19 Muestra AR-A. En la figura A (Nicoles X aumento 5x) -A' (Nicoles // aumento 5x) se presenta una zona de materiales más finos, producto de bioperturbación. .... 51
- Fig. 20 Muestra AR-A. En la figura A (Nicoles X) -A' (Nicoles //) se presenta una zona de materiales más finos, producto de bioperturbación. Imagen B (Nicoles X) B'(Nicoles //) se aprecian Oolitos ferruginosos con núcleo de cuarzo. C C' presencia de algas y la figura D (Nicoles X) D'(Nicoles //) presencia de equinodermos y algas. .... 52
- Fig. 21 Muestra AR-C segmento 1. En las figuras A (Nicoles x) A'(Nicoles //) B (Nicoles x) B'(Nicoles //) y C (Nicoles x) C'(Nicoles //) Se observa la presencia de equinodermos y espinas de equinodermo. La figura D(Nicoles x) D'(Nicoles //) corresponde a una zona de material retrabajado producto de la bioperturbación. .... 54
- Fig. 22 A) Afloramiento de areniscas competentes, de grano muy fino intercalado con capas de areniscas muy fino-lodosas bioperturbadas. B. Capa de areniscas muy fina-limosa bioperturbadas. C. Afloramiento en el que se observa capas masivas de cuarzo areniscas interestratificado con capas más fisiles de grano muy fino a limosas. D. Zoom del recuadro amarillo de la imagen C. 55
- Fig. 23 Muestra AR-I. Imágenes de la izquierda en Nicoles Cruzados aumento 5X e imágenes de la derecha en Nicoles paralelos aumento 5X. C-C' Se observa fragmentos de algas..... 57
- Fig. 24 Afloramientos correspondientes al segmento 3 de la sección Mirador de los Guanes. Interestratificación de Areniscas de grano muy fino con lodolitas fisiles micáceas..... 58
- Fig. 25 Muestra AR-J. A (Nicoles X aumento 5x) A' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas y equinodermos. B (Nicoles X aumento 5x) B'(Nicoles // aumento 5x) presencia de algas y oolitos ferruginosos con núcleo de cuarzo..... 59

- Fig. 26 Muestra AR-J. C (Nicoles X aumento 5x) C'(Nicoles // aumento 5x) presencia de equinodermos y gasterópodos. D (Nicoles X aumento 5x) D'(Nicoles // aumento 5x) presencia de algas, equinodermos y oolitos..... 60
- Fig. 27 Muestra AR-Ñ. Imagen A (Nicoles X aumento 5x) A'(Nicoles // aumento 5x) presencia de oolitos y pellets ferruginosos. B (Nicoles X aumento 5x) B'(Nicoles // aumento 5x) presencia de briozoos ..... 61
- Fig. 28 Muestra AR-Ñ. Imagen C (Nicoles X aumento 5x) C' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas, oolitos ferruginosos. Imagen D (Nicoles X aumento 5x) D'(Nicoles // aumento 5x) presencia de algas. .... 62
- Fig. 29 Mapa geológico. El círculo amarillo representa la ubicación de la sección estratigráfica Cueva del Nitro ..... 63
- Fig. 30 Columna estratigráfica sección Cueva del Nitro ..... 63
- Fig. 31 Afloramiento en el que se observa la secuencia entre lodolitas fisiles, micáceas y ligeramente calcáreas de color negro con mudstone..... 64
- Fig. 32 Muestra AR-CV1. En la imagen A (Nicoles X aumento 5x) A' (Nicoles // aumento 5x) presencia de bivalvos y algas en una matriz micritica. .... 65
- Fig. 33 Muestra AR-CV1. B (Nicoles X aumento 5x) B' (Nicoles // aumento 5x) presencia bivalvos y algas en una matriz micritica. En la imagen C (Nicoles X aumento 5x) C'(Nicoles // aumento 5x) presencia de equinodermos y bivalvos. Se presenta un espécimen con silicificación. D (Nicoles X aumento 5x) D' (Nicoles // aumento 5x) bivalvo con Silicificación en los bordes.66
- Fig. 34 Muestra AR-CV2. Mudstone de bivalvos, presencia de microesparita y materia Orgánica. Imágenes tomadas en un aumento de 5x. Imagen de la izquierda en nicoles X, imágenes de la derecha en nicoles // ..... 67

Fig. 35 Sección Galán, Análisis Facial .....	70
Fig. 36 Sección Mirador de los Guanes, Análisis Facial .....	71
Fig. 37 Sección Cueva del Nitro, Análisis Facies.....	72
Fig. 38 Modelo del ambiente de deposición del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja .....	73
Fig. 39 Modelo del ambiente de deposición del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja .....	74

## **Apéndices**

Apéndice A. Mapa Geológico

Apéndice B. Poligonal Galán

Apéndice C. Columna Estratigráfica Galán

Apéndice D. Fotos Lámina AR-1

Apéndice E. Fotos Lámina AR-4

Apéndice F. Fotos Lámina AR- 8

Apéndice G. Poligonal Mirador de los Guanes

Apéndice H. Columna estratigráfica Mirador de los Guanes

Apéndice I. Fotos Lámina AR-A

Apéndice J. Fotos Lámina AR-C

Apéndice K. Fotos Lámina AR-I

Apéndice L. Fotos Lámina AR-J

Apéndice M. Fotos Lámina AR-Ñ

Apéndice N. Columna estratigrafía Cueva del Nitro

Apéndice Ñ. Fotos Lamina AR-CV1

Apéndice O. Fotos Lamina AR-CV2

Apéndice P. Modelo del ambiente de Deposición del contacto entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja

Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS

## Glosario

**Asociación de Facies:** corresponden a la distribución ordenada de facies, las cuales se encuentran relacionadas. Esta agrupación de facies tiene que cumplir dos condiciones, la primera es que las facies que la conforman se encuentren juntas, y la segunda que estén genéticamente relacionadas (Vera, 1994)

**Armazón:** Material que soporta la roca, generalmente de mayor tamaño o las más abundantes. (Cruz & Caballero 2007)

**Selección:** Es la medida de uniformidad o de variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria o sedimento. Es el reflejo directo de la energía de un medio y de su capacidad para seleccionar los tamaños de las partículas que transporta y deposita. (Cruz & Caballero 2007)

**Estratigrafía:** Estudio de las rocas para determinar el orden y tiempo de los eventos en la historia de la tierra: provee el periodo de tiempo que permite interpretar rocas sedimentarias en términos de ambientes dinámicos. (Nichols, 2009)

**Estrato:** Un estrato geológico es una capa de roca caracterizada por ciertas propiedades litológicas o atributos que la hace distinguible de las otras capas adyacentes. Los estratos adyacentes pueden ser separados por planos visibles de estratificación o límites menos perceptibles de cambios en la litología. (Guía estratigráfica internacional, 1976)

**Facies:** Cuerpo de roca con características específicas que reflejan las condiciones bajo las cuales fueron formadas. (Reading & Levell 1996). La descripción de las facies involucra la documentación de todas las características litológicas, texturales, sedimentológicas y de contenido fósil que ayuda a determinar los procesos de formación. (Nichols, 2009)

**Material Siliciclástico:** Compuestos por fragmentos que resultan de la meteorización y erosión de rocas antiguas. Estos materiales pueden proveer información de la historia del transporte del material y el ambiente de deposición. (Nichols, 2009)

**Matriz:** Material de menor tamaño que se apila en los intersticios dejados por el armazón, cuando este es grueso, se el conoce con el nombre de matriz, se excluye en esta consideración las rocas que se componen mayoritariamente por lodo. (Cruz & Caballero 2007)

**Oolito:** Estructura sedimentaria que consiste en granos de carbonato, generada por concreción alrededor de un núcleo. Usados para el estudio y análisis de los cambios en la química del agua marina a lo largo de la historia de la tierra. (Diaz & Eberli, 2018)

**Sedimentología:** Estudio de los procesos de formación, transporte y deposición de material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos y que eventualmente forma rocas sedimentarias. (Nichols, 2009)

## Resumen

**TITULO:** Estratigrafía y Petrografía del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja en el municipio de Zapatoca, Santander

**AUTOR:** Andrés Felipe Rojas Mantilla

**PALABRAS CLAVES:** Contacto, Formación Rosablanca, Formación Paja, Estratigrafía.

**DESCRIPCIÓN:** Se realizó la descripción de la secuencia sedimentaria correspondiente al contacto entre el tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja en la Vereda Las Flores, en el municipio de Zapatoca, Santander, Colombia. A partir de los estudios realizados fueron designadas 3 secciones estratigráficas de referencia en el área de trabajo denominadas de la siguiente manera, Sección 1: Mirador de los Guanes, Sección 2: Cueva del Nitro y Sección 3: Vía Galán. En cada sección se hizo un levantamiento estratigráfico, se analizaron en base a sus características litológicas y paleontológicas. Posteriormente, se realizaron diez secciones delgadas empleadas para el análisis petrográfico, con el fin de caracterizar el contacto entre las dos Formaciones. El contacto entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja en el área de estudio no es homogéneo, hacia la parte oeste de la zona es un contacto conforme, neto entre calizas tipo Wackestone y lodolitas micáceas; hacia la parte este se evidencia un contacto conforme transicional entre areniscas de grano muy finas y lodolitas fosilíferas. Se determinaron seis facies presentes en las secuencias. El análisis facial determinó que las condiciones del medio de deposición corresponden a un ambiente transicional, marino somero, oxigenado, saturado, de mediana a baja energía y correlacionándose con un ambiente mixto de *lagoon* para las litologías siliciclástica, de plataforma carbonatada para las calizas tipo *Wackstone* y *Mudstone*, y depósitos transgresivos para las limolitas y arcillolitas micáceas.

### **Abstract**

**TITLE:** Estratigrafía y Petrografía del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja en el municipio de Zapatoca, Santander

**AUTHOR:** Andrés Felipe Rojas Mantilla

**KEYWORDS:** Contacto, Formación Rosablanca, Formación Paja, Estratigrafía, Petrografía.

**DESCRIPTION:** The description of the sedimentary sequence corresponding to the contact between the top of the Rosablanca Formation and the base of the Paja Formation in the town of Zapatoca, Santander, Colombia was made. Three sections were selected in the study area, Section 1: Mirador de los Guanes Section, Section 2: Cueva del Nitro Section and Section 3: Galán Section, a stratigraphic column was realized and analyzed based on its lithological and paleontological characteristics. By using thin sections, a petrographic analysis was carried out in order to characterize the contact between the two formations. The contact between the Rosablanca Formation and the Straw Formation in the study area is not homogeneous, towards the western part of the area it is a compliant, net contact between Wackestone limestones and myceous lodolites; towards the eastern part, a transitional conformal contact between very fine grain sandstones and fossiliferous lodolites is evident. Six facies present in the sequences were defined and according to facial analysis the conditions of the environment were infered as shallow, oxygenated and saturated medium to low energy, aqueous environment and correlated with a mixed environment of lagoon for siliciclastic, carbonated platform lithologies of Wackstone and Mudstone type limestones and transgressive deposits for mudstone and micaceous claystone.

## **Introducción**

Con el siguiente trabajo se pretende aportar y complementar conocimiento geocientífico del Valle de Magdalena Medio en el departamento de Santander, municipio de Zapatoca, en la Vereda Las Flores. Se realizó la caracterización del contacto superior de la Formación Rosablanca y el contacto inferior de la Formación Paja al sur y sureste de la cabecera municipal de Zapatoca, presentando afloramientos de rocas sedimentarias, cuyas capas poseen buzamientos horizontales a subhorizontales mostrando las relaciones entre estas dos Formaciones. Para esto, se realiza un estudio sedimentológico, estratigráfico y petrográfico con el fin de obtener una caracterización del contacto, así como también el análisis del ambiente de sedimentación.

La metodología utilizada para desarrollo de este trabajo consistió en las siguientes etapas: recopilación y análisis de la información geológica de la zona, la planeación y preparación de trabajo de campo, obtención de muestras y datos, análisis estratigráfico y petrográfico y posteriormente la determinación de microfacies e interpretación del ambiente de sedimentación.

Las rocas se clasificaron textural y composicionalmente tomando como referencia las clasificaciones de Folk (1974) para las rocas siliciclástica y Dunham (1962) para las rocas carbonatadas.

## **1.Planteamiento del problema**

Los estudios estratigráficos, sedimentológicos, petrográficos y paleontológicos son importantes en el estudio de las unidades geológicas para poder relacionar las unidades entre si y establecer el posicionamiento en el tiempo. El contacto entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja es bien definido a lo largo de las zonas aflorantes, según Patarroyo (1997), el contacto superior de la Formación Rosablanca con la base de la Formación Paja en el municipio de Zapatoca, debe ser tomado entre el último conjunto de biomicritas y las primeras lodolitas negras fisiles, con delgadas interposiciones de micritas o biomicritas, sin embargo, en el municipio de Zapatoca se observan diversos afloramientos que exponen el contacto superior de la Formación Rosablanca con la base de la Formación Paja que al observarse con detenimiento este contacto varía lateralmente, evidenciándose zonas en las que se yuxtapone una litología predominantemente calcárea perteneciente al tope de la Formación Rosablanca con una litología siliciclástica de la Formación Paja y en otras zonas la yuxtaposición de litología siliciclástica del tope de la Formación Rosablanca con una litología siliciclástica de la Base de la Formación Paja.

## **2.Justificación**

El planteamiento y la realización de este trabajo tiene como fin contribuir al conocimiento geológico aportando un análisis detallado que permita conocer como es la relación estratigráfica entre la Formación Rosa Blanca y la Formación La Paja en el área de estudio en el municipio de Zapatoca, Santander.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Caracterizar el contacto superior de la Formación Rosablanca e inferior de la Formación Paja al sur y sureste de la cabecera municipal de Zapatoca en la Vereda Las Flores.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Definir las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio mediante la realización de la cartografía geológica detallada.
- Identificar las características geológicas de las unidades geológicas aflorantes mediante el levantamiento de tres secciones estratigráficas que incluye el contacto entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja
- Analizar estratigráfica y petrográficamente el tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja.
- Determinar las microfacies presentes e interpretar el ambiente de sedimentación.

## 4. Generalidades

### 4.1 Ubicación

El área de trabajo está ubicada en la vereda las Flores en el municipio de Zapatoca, Departamento de Santander, Colombia (Fig. 1). La zona está delimitada por las coordenadas planas con origen en Bogotá, E 1088000 – E 1092000 en el eje X y las coordenadas N 1242000 a N 1245000 en el eje Y.

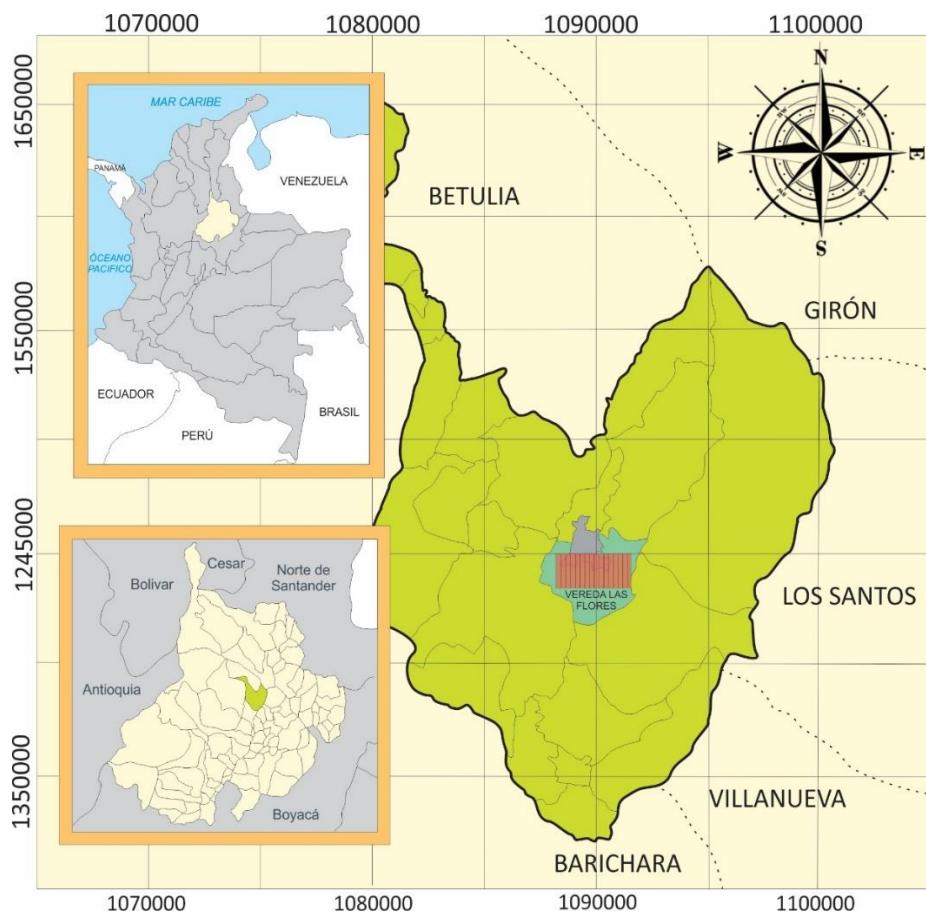


Fig. 1 Mapa de Localización área de trabajo (recuadro en rojo) municipio de Zapatoca, Santander.

La sección estratigráfica 1: Mirador de los Guanes está localizada al sureste del municipio, en la vía que comunica la cabecera municipal con el Mirador de los Guanes. La sección estratigráfica 2: Vía Galán, fue levantada al suroeste del municipio, en la vía que conduce a Zapatoaca con Galán. La sección estratigráfica 3: Cueva del Nitro, fue levantada en las inmediaciones de la entrada de la Cueva del Nitro.

Las litologías presentes en esta zona corresponden a la Formación Rosablanca y la Formación Paja, en las que se observaron rocas carbonatadas tipo *Mudstone*, *Wackstone* y rocas siliciclásticas, areniscas y lodolitas.

## 5. Antecedentes

### 5.1 Formación Rosablanca

**5.1.1 Nombre y Localidad tipo.** La Formación Rosablanca inicialmente fue descrita por Wheeler (1929) como una secuencia de calizas masivas y fosilíferas, con presencia de niveles de arenitas calcáreas, margas fosilíferas y algunos niveles de chert aflorantes en el cerro Rosablanca ubicado a cinco kilómetros al noreste de la concesión de Mares.

En diversos estudios realizados en esta unidad litoestratigráfica se ha empleado el nombre Formación Rosablanca (De Porta, 1956; Zamarreño de Julivert, 1963; Pulido, 1979, 1985; Reatiga, 2008; Gaona *et al.*, 2013; Patarroyo, 2017 y Atuesta, 2018).

Wheeler (1929)	Morales (1958)	Zamarreño de Julivert (1963)	Pulido (1985)	Patarroyo (2017)	Atuesta (2018)
Rosa Blanca Formation	Rosa Blanca Formation	Formación Rosablanca	Formación Rosablanca	Formación Rosablanca	Formación Rosablanca

De acuerdo con la información anterior se empleará la utilización de Formación Rosablanca.

**5.1.2 Posición Estratigráfica.** Según Wheeler (1929), la Formación Rosablanca se encuentra infrayaciendo estratigráficamente a la Formación Paja en la quebrada La Paja, afluentes del Río Sogamoso. Morales (1958) describe que la Formación Rosablanca está estratigráficamente debajo de la Formación Paja en el Río Sogamoso. Según Zamarreño de Julivert (1963) en el cañón del Río Sogamoso, al oeste de La Mesa de los Santos, la Formación Rosablanca se encuentra estratigráficamente debajo de la Formación Paja.

**5.1.3 Espesor.** En la localidad tipo, Cerro Rosa Blanca, la Formación Rosablanca cuenta con una secuencia de 412 metros de espesor (Wheeler, 1929). Según Morales et al., 1958, la Formación Rosa Blanca en el Río Sogamoso cuenta con un espesor de 425 metros, sin embargo, presenta una variación en su espesor. En el cañón del río Sogamoso, Zamarreño de Julivert (1965) describe una sucesión completa de la Formación Rosa Blanca que cuenta con 318 metros de espesor.

**5.1.4 Litología.** En el cerro Rosablanca, Wheeler (1929) describe a la Formación Rosablanca como una secuencia de calizas masivas y fosilíferas, con presencia de niveles de arenitas calcáreas, margas fosilíferas y algunos niveles de chert.

La Formación Rosablanca en el Río Sogamoso está constituida por una secuencia de calizas masivas, fosilíferas, de textura gruesa y que presenta tonalidades gris azulosas con presencia de capas de margas que gradan a calizas de textura fina y arcillosa hacia el tope (Morales *et al.*, 1958).

Zamarreño de Julivert (1968) describe la Formación Rosablanca en la quebrada La Hondura, afluentes del Río Sogamoso, como una secuencia caracterizada por calizas masivas, con intercalaciones de margas y *shales*, así como también la presencia de niveles arenosos en la parte alta de la secuencia.

Pulido (1979) menciona que en dos secciones levantadas en la Quebrada la Caisa (Plancha 151 de Charalá) se destacan litologías arenosas, contrastantes con la sección tipo en el Río Sogamoso, estos niveles arenosos fueron igualmente observados por Taborda (1965), en la Concesión de Mares y por Ward *et al.* (1973), en la sección de Cuesta Rica (Cuadrángulo H-12). Por lo tanto, Pulido (1979) interpreta estas litologías arenosas como lentejones dentro de la Formación Rosablanca.

**5.1.5 Contacto inferior.** Según Morales *et al.* (1958), en el Río Sogamoso la Formación Rosablanca suprayace a la Formación Tambor, el contacto entre estas dos Formaciones es concordante.

**5.1.6 Contacto superior.** Según Morales *et al.* (1958), en el Río Sogamoso la Formación Rosablanca es suprayacida por la Formación Paja y el contacto entre estas dos Formaciones es concordante.

En la quebrada La Hondura, en el cañón del Río Sogamoso, Zamarreño de Julivert (1968) menciona que el contacto superior de la Formación Rosablanca se da entre un nivel de calizas lumaquéllicas constituyente de la parte más alta de esta Formación con unas lutitas negras de la Formación Paja.

Patarroyo (1997) menciona que el límite entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja debe ser tomado entre el último conjunto grueso de biomicritas (Formación Rosablanca) y las primeras lodolitas negras fisiles, con delgadas interposiciones de micritas o biomicritas (Formación Paja).

**5.1.7 Edad.** La edad de la Formación Rosa Blanca varía. Morales *et al.* (1958) proponen un rango de edad entre el Hauteriviano-Barremiano en base a correlación fósil, en la zona

comprendida entre el puente del Río Fonce y su confluencia con el Río Suarez, la edad de esta Formación es Hauteriviano en base a la asociación fósil de *Acenthodiscus*, *Crioceras*, *Favrella*, *Kilianella*, *Olcostephanus*, *Turmanniceras*, *Trigonia transitoria quintucoensis Weaver*, *Natica of. bulimoides Weaver*, *Texaster roulini Agassiz*.

Según Etayo (1964) la edad de la Formación Rosablanca podría corresponder a Valanginiano superior y tentativamente podrían corresponder a una zona de Hauteriviano inferior en base a consideraciones bioestratigráficas.

Julivert (1968) menciona que la Formación Rosablanca es oblicua respecto a las líneas isócronas, presentando una edad de Barremiano en el Norte del Valle del Magdalena Medio, Hauteriviano en la región de la Mesa de los Santos-San Gil y una edad de Valanginiano hacia Villa de Leyva.

## 5.2 Formación Paja

**5.2.1 Nombre y Localidad tipo.** La Formación Paja fue inicialmente descrita por Wheeler (1929) para referirse a los *shales* negros laminados aflorantes en la quebrada La Paja, un afluente del Río Sogamoso.

En diversos estudios realizados en esta unidad litoestratigráfica se ha empleado el nombre Formación Paja (Morales et al., 1958; Pulido, 1979; 1985; Reatiga, 2008; Gaona et al., 2013; Patarroyo, 2017 y Atuesta, 2018). En este trabajo se empleará la utilización de Formación Paja.

Wheeler (1929)	Morales (1958)	Pulido (1985)	Patarroyo (2017)	Atuesta (2018)
Paja Formation	Formación La Paja	Formación Paja	Formación Paja	Formación Paja

**5.2.2 Posición Estratigráfica.** En la sección tipo, en la quebrada La Paja, Wheeler (1929) describe como la Formación La Paja se encuentra suprayaciendo a la Formación Rosablanca e infrayaciendo a la Formación Tablazo.

Morales *et al.* (1958) describen que en la sección tipo en la quebrada La Paja, en afluentes del río Sogamoso la Formación Paja se encuentra estratigráficamente encima de la Formación Rosablanca y debajo de la Formación Tablazo.

Zamarreño de Julivert (1963) describe en la quebrada Lagunetas en la Mesa de los Santos la Formación Paja se encuentra suprayaciendo a la Formación Rosablanca.

**5.2.3 Espesor.** En la sección tipo de la Formación Paja, Morales *et al.* (1958) mencionan cómo esta Formación varía su espesor significativamente en el área, teniendo rangos entre 125 metros hasta 625 metros de espesor.

**5.2.4 Litología.** Morales *et al.* (1958) describen cómo en la localidad tipo, la Formación Paja se encuentra caracterizada por una sucesión de *shales* uniformemente negros, ligeramente laminados, ligeramente calcáreos y comúnmente micáceos y arcillosos con presencia de concreciones de caliza y venas de calcita en la parte inferior de la Formación.

**5.2.5 Contacto inferior.** En la localidad tipo, en la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso el contacto inferior de la Formación Paja con la Formación Rosablanca es concordante y neto. (Morales *et al.*, 1958)

En la quebrada La Hondura, en el cañón del río Sogamoso, Zamarreño de Julivert (1968) menciona que el contacto superior de la Formación Rosablanca se da entre un nivel de calizas lumaquéllicas constituyente de la parte más alta de esta Formación con unas lutitas negras de la Formación Paja.

Patarroyo (1997) menciona que el límite entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja debe ser tomado entre el último conjunto grueso de biomicrofitas (Formación Rosablanca) y las primeras lodolitas negras fisiles, con delgadas interposiciones de micritas o biomicrofitas (Formación Paja)

**5.2.6 Contacto superior.** Al norte del río Sogamoso entre el pueblo Tablazo y el cerro Rosablanca se encuentra el contacto superior de la Formación Paja con la Formación Tablazo, el cual es concordante y gradacional (Morales *et al.*, 1958).

**5.2.7 Edad.** La edad de la Formación Paja según Morales *et al.* (1958) corresponde entre el Barremiano y el Aptiano en base a las sucesiones paleontológicas (*Nicklesia (lower Barremian)*, *Pulchellia (middle Barremian)*, *Heteroceras and Santandericeras (upper Barremian)* y ammonites *Cheloniceras* y *Colombiceras (Aptiano)*)

Patarroyo (1997) reporta para el área de Barichara, una edad de Barremiano inferior para la Formación Paja en base a amonitas (*Nicklesia*, *Pseudohaploceras*, *Valdedorsella* y *Karsteniceras*) y además agrega que no todos los autores consideran el mismo límite y edad entre las Formaciones, lo cual se presenta una heterocronidad en el contacto.

## 6. Metodología

El siguiente trabajo de investigación se desarrolló en cuatro etapas, las cuales se presentan a continuación:

### 6.1 Primera Fase: Recopilación y análisis de la información

En esta etapa, se llevó a cabo la recolección y revisión bibliográfica. El objetivo es obtener la información geológica existente, los cuales incluyen memorias explicativas, trabajos de grado, informes y artículos científicos con el fin de realizar una identificación del problema y así poder planificar el trabajo de campo de una manera óptima.

## **6.2 Segunda Fase: Trabajo de campo**

Inicialmente se realizó el reconocimiento de campo, a partir de dos mapas topográfico a escala 1:10.000, 120-III-D-4 y 120-IV-C-3 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se identificaron las zonas favorables para realizar toma de datos, así como sus rutas y zonas de acceso. A partir de 35 estaciones de campo, georreferenciadas a partir de un GPSmap 64 marca Garmin y ubicadas en el mapa, se definen las secciones favorables, se realiza el levantamiento del contacto en tres puntos utilizándose la técnica del bastón de Jacob para poder obtener los espesores de las sucesiones.

Se llevó a cabo un análisis detallado, tomándose muestras a lo largo del levantamiento para obtener un control de los contrastes presentes junto con un registro fotográfico de cada tramo de las secciones estratigráficas.

Las descripciones de las rocas terrígenas fueron llevadas a cabo a partir de imágenes comparativas para obtener tamaño de grano, esfericidad y redondez (Powers, 1963). Se hizo la clasificación en campo utilizándose los diagramas de Folk (1974). Las rocas carbonatadas, fueron analizadas y clasificadas según Dunham (1962).

## **6.3 Tercera Fase: Trabajo de oficina**

**6.3.1 Descripción y caracterización de las muestras.** Se llevó a cabo la clasificación textural y composición de las muestras de mano, se empleó la tabla de colores Geological Rock Color-Chart de Munsell (2009), se utilizó la escala de Wentworth (1922) para la determinación de los

constituyentes de las rocas y para la clasificación se empleó de Folk (1974) para rocas siliciclástica y Dunham (1962) para las rocas carbonatadas. Posteriormente, se escogieron diez muestras representativas a lo largo de las sucesiones sedimentológicas para realizar secciones delgadas y llevar a cabo la petrografía.

**6.3.2 Análisis Petrográfico.** Se realizó el análisis petrográfico de diez secciones delgadas empleando el microscopio de luz transmitida marca NIKON, modelo eclipse E200. Se llevó a cabo la identificación y descripción de los diferentes componentes, se midieron los granos en un aumento de 10X, una vez analizada la sección se realizó la clasificación de cada lamina delgada realizando un conteo de mínimo 300 puntos.

**6.3.3 Identificación de Microfacies y ambientes de deposición.** Se determinaron las microfacies de cada sección delgada, reuniendo las principales características texturales, composicionales y el contenido de bioclastos observados al microscopio y de esta manera se asociaron con un ambiente de deposición, empleando guías como Flügel (1982), Friedman y Sanders (1978), Flügel (2004), y Nichols (2009).

#### **6.4 Cuarta Fase: Elaboración del Informe Final**

Se realizó la recopilación, integración de los datos, los análisis, interpretaciones y discusiones de los resultados para el desarrollo del informe final.

### **7. Resultados**

En el municipio de Zapatoca, vereda las Flores, se realizó el trabajo de campo en el cual se obtuvieron todos los datos necesarios para poder llevar a cabo la realización de este proyecto. La

fase de campo fue llevada a cabo a partir de 35 estaciones en un periodo de cuatro meses y da como resultado el siguiente mapa geológico (Fig. 2) a escala 1:10.000.

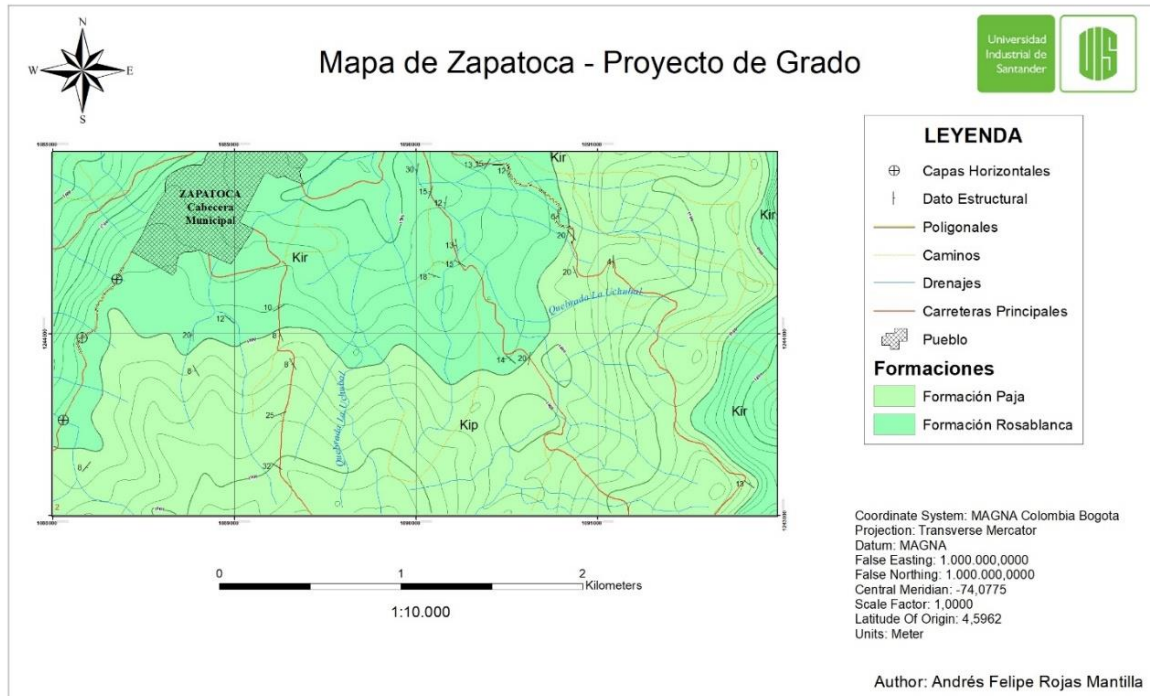


Fig. 2 Mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio, Municipio de Zapatoaca.

La zona cuenta con un territorio de pendientes suaves, presentando una elevación entre 1700 m.s.n.m. y los 1900 m.s.n.m. Es un sector que cuenta con gran número de afluentes, sin embargo, predomina una vegetación arbustiva típica de bosque nativo, lo que dificulta el acceso en algunos sectores del área de estudio.

Los afloramientos encontrados en esta zona presentan una alta meteorización y oxidación, dificultando el análisis sedimentológico y estratigráfico debido a la baja preservación con la que se contaba. Se identificaron dos Formaciones en el área de estudio, la Formación Rosablanca y la Formación Paja. Los estratos presentan buzamiento en un rango de  $5^{\circ}$ - $12^{\circ}$ , en algunas zonas, como en la sección de la Vía Galán los estratos son horizontales. Se observó que el contacto entre estas

dos Formaciones se da alrededor de la curva de nivel de 1800 m.s.n.m. En la zona se observa un alto control estructural, presentándose afloramientos diaclasados y plegados (Fig. 3). Hacia la zona NE, por la vía al Mirador de los Guanes, se encontraron dos familias de diaclasas predominantes:  $N10^{\circ}E/80^{\circ}SE$  y  $N80W/70^{\circ}NE$ . A pesar del alto control estructural evidenciado en los afloramientos, no fueron reconocidas planos de estría de falla en el área.



Fig. 3 Evidencias del control estructural de la zona de campo. (A) Afloramiento de lodolitas, plano de diaclasa  $N70^{\circ}E/68SE$ . (B) Afloramiento de lodolitas con micropliegues. (C) Afloramiento de lodolitas, diaclasas  $N20^{\circ}E/80^{\circ}SE$ . (D) Afloramiento de areniscas con dos planos de diaclasamiento  $N10^{\circ}E/80^{\circ}SE$  y  $N80W/70^{\circ}NE$ .

Litológicamente, la Formación Rosablanca es predominantemente calcárea y presenta variaciones texturales y composicionales lateralmente. Hacia la parte oeste de la zona, se presentan intercalaciones entre lodolitas calcáreas con paquetes de caliza tipo *Wackstone*; hacia la parte central se observan paquetes de calizas tipo *Wackstone* y *Packstone*, y hacia la parte noreste, se presenta una litología siliciclástica, cuarzoarenitas con textura de grano muy fino a fino,

bioperturbadas y con presencia de fósiles. La Formación Paja consta principalmente de rocas siliciclástica, limolitas y arcillolitas ligeramente laminadas, micáceas y fosilíferas, de tonalidades oscuras, negros a grisáceos. Hacia la parte este de la zona, se observó una secuencia heterolítica de limolitas y arcillolitas con intercalaciones de cuarzoarenitas con textura muy fino y micáceas.

Se seleccionaron tres secciones estratigráficas de referencia: la sección estratigráfica Galán, ubicada al suroeste de la cabecera municipal de Zapatoaca, por la vía Zapatoaca-Galán, en el cual las rocas aflorantes constan de rocas carbonatadas hacia la base pertenecientes a la Formación Rosablanca y rocas siliciclástica, lodolitas y areniscas de grano muy fino hacia la parte superior correspondiente a la Formación Paja. La sección estratigráfica Mirador de los Guanes, ubicada al sureste del municipio, por la vía Zapatoaca-Mirador de los Guanes, está constituida por litologías siliciclásticas, cuarzoarenitas de grano fino a muy fino, bioperturbadas, con contenido fósil y litologías limosas/arcillosas hacia la parte superior. La tercera sección estratigráfica, Cueva del Nitro, está ubicada en los alrededores de la cueva del Nitro, afloramiento expuesto por el cauce de una quebrada donde se expone una secuencia de calizas tipo mudstone de tonalidades grises oscuras a negras con lodolitas ligeramente calcáreas, micáceas de tonalidades negruzcas.

En las secciones Galán y Mirador de los Guanes se realizaron poligonales abiertas con el fin de llevar un control de las capas aflorantes para posteriormente realizar el levantamiento de las columnas estratigráficas. En la sección Cueva del Nitro debido a las características del afloramiento, no fue posible realizar una poligonal, solamente se realizó el levantamiento de la columna estratigráfica.

### **7.1 Sección estratigráfica Galán**

Esta sección se ubica sobre la vía Zapatoaca-Galán, ubicada al suroeste de la cabecera municipal, ubicado el punto de inicio en las coordenadas planas X= 1088714 y Y=1244888 y finalizando en las coordenadas planas X= 1088358 y Y=1244308. Se observa la exposición de afloramiento de corte de carretera, exhibiéndose el tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja.

Esta sección consta de 52.5 metros, los cuales 12 metros corresponden a la Formación Rosablanca y 40,5 a la Formación Paja, de los cuales 34 metros se encuentran tapados o son tramos sin afloramientos.

El contacto entre estas dos Formaciones se muestra como un contacto conforme, neto, entre las calizas tipo Wackestone pertenecientes al tope de la Formación Rosablanca con unas lodolitas fisiles, micáceas, de tonalidades negruzcas pertenecientes a la Formación Paja.

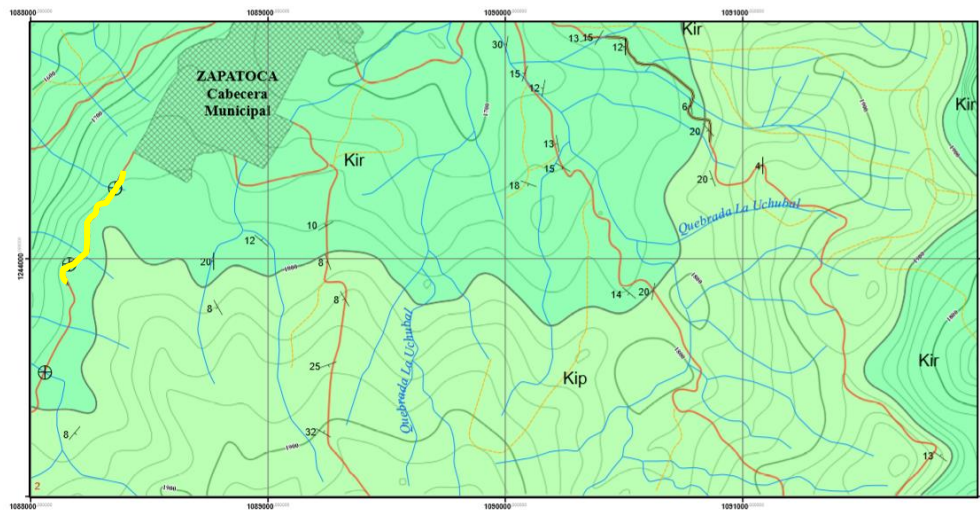


Fig. 4. Mapa geológico, la línea amarilla representa la zona correspondiente a la sección estratigráfica Galán.

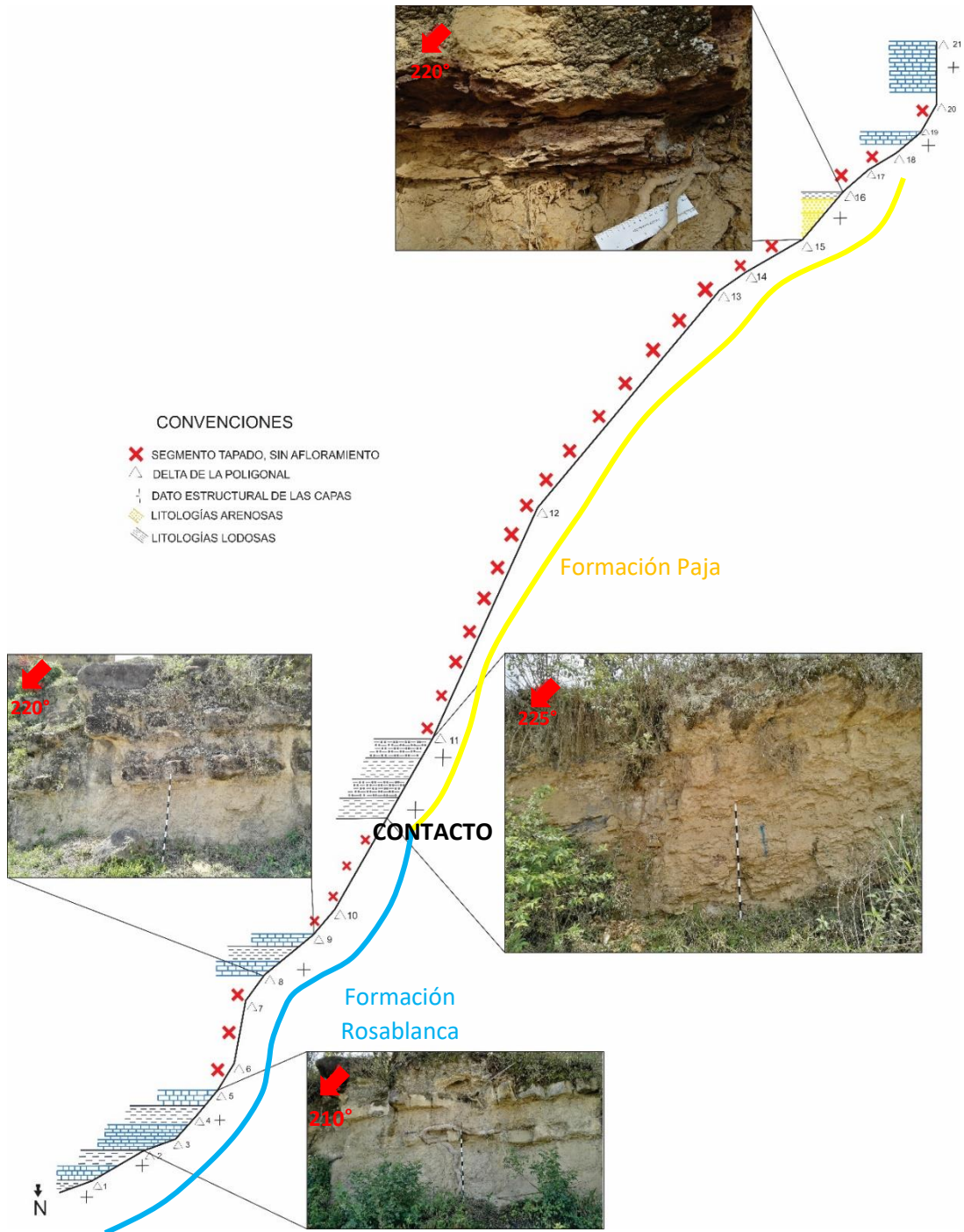


Fig. 5. Poligonal abierta de la sección Galán.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA SECCION GALÁN

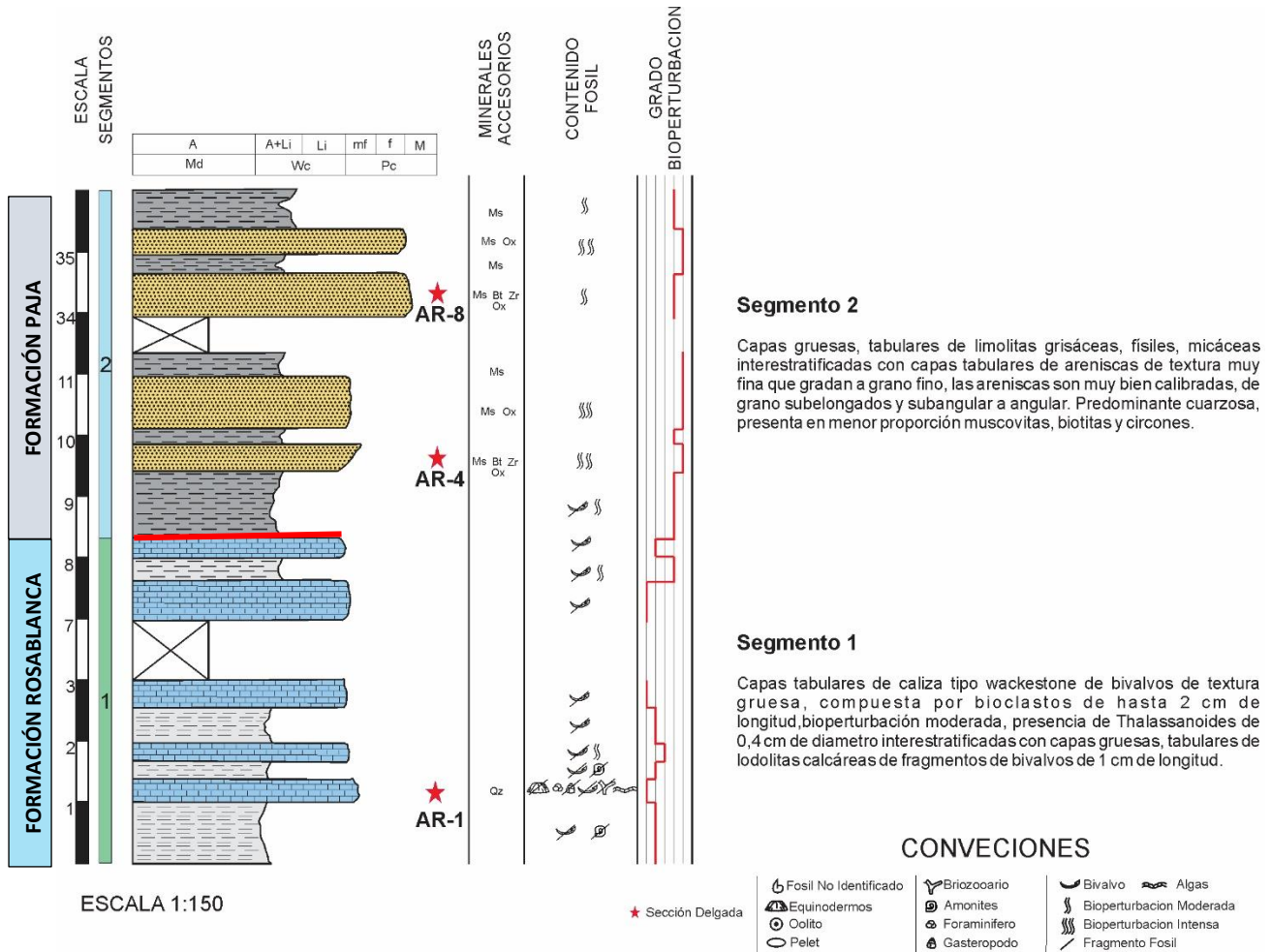


Fig. 6. Columna estratigráfica de la sección Galán.

**7.1.1 Segmento 1. Facies de Wackestone de Bivalvos intercalados con lodolitas calcáreas.**

Este segmento consta de 6 metros de rocas aflorantes que representan la base del levantamiento estratigráfico. Está constituido por capas tabulares de caliza entre 0,1 y 0,3 m, textura gruesa. Las calizas son tipo *Wackstone* de bivalvos de hasta 3 cm de longitud. Algunas capas presentan hacia la base orientación de los bioclastos e incluso se observan hacia la base de las capas bioperturbación, configuración Cruziana en base a Pemberton *et al.* (1992), *Thalassanoides* de 0,5

cm de diámetro. Las rocas presentan color gris oscuro medio (N4). Interestratificadas a estas capas se observan paquetes de lodolitas calcáreas, con alto contenido en fósiles, principalmente bivalvos fragmentados de hasta 2 cm de longitud, estos paquetes presentan bioperturbación moderada.

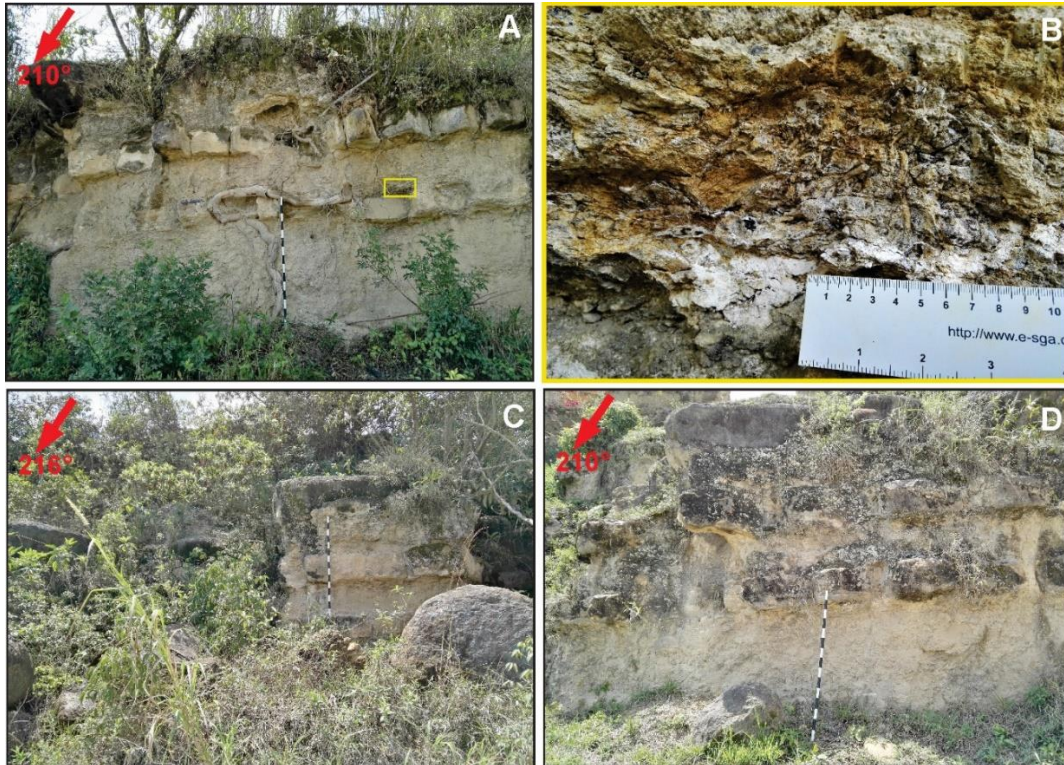


Fig. 7. En las figuras A, C, D se observa la secuencia intercalada entre las lodolitas calcáreas de bivalvos (litologías menos competentes) y los paquetes tabulares de wackestone de bivalvos correspondiente al segmento 1, la base del levantamiento estratigráfico.

**7.1.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-1.** Roca calcárea (Fig. 8 y Fig. 9) compuesta por un armazón de bioclastos dentro de los cuales se encuentran bivalvos (19%) de tamaños variables de 3mm hasta 2 cm, concha delgada recristalizada de calcita, se encuentran fracturados y alterados en los bordes, sin embargo, hay ejemplares que presentan sus estructuras primarias preservadas. Fragmentos de algas verdes (3%) de aproximadamente 4 mm de tamaño, estas se encuentran fracturadas y alteradas. En menor proporciones se encuentran Gasterópodos (1%) de 1,4 cm de longitud, se presentan fragmentados y recristalizados de calcita. Foraminíferos (1%) planctónicos

de 2 mm de longitud. Espinas de equinodermos (1%) de tamaño 3 mm de longitud, formados por aragonito. Se presenta de igual manera material siliciclástico, granos de cuarzo monocristalino de tamaño arena muy fina/limo, que se presentan subesféricos a subelongados y subredondeados a subangulares. La matriz corresponde a lodo calcáreo microcristalino (micrita) 21% y el cemento es de composición calcárea (53%).

Según la clasificación de Folk (1974) para rocas calcáreas basada en elementos texturales, la roca corresponde a una Caliza tipo I, una roca aloquímica esparítica, correspondiendo a una Bioesparudita de bivalvos. De acuerdo con el espectro textural de los carbonatos de Folk (1974), la roca corresponde a una bioesparita no calibrada. Según la clasificación de Dunham (1962) de rocas calcáreas, la roca corresponde a una *Wackstone* de Bivalvos.

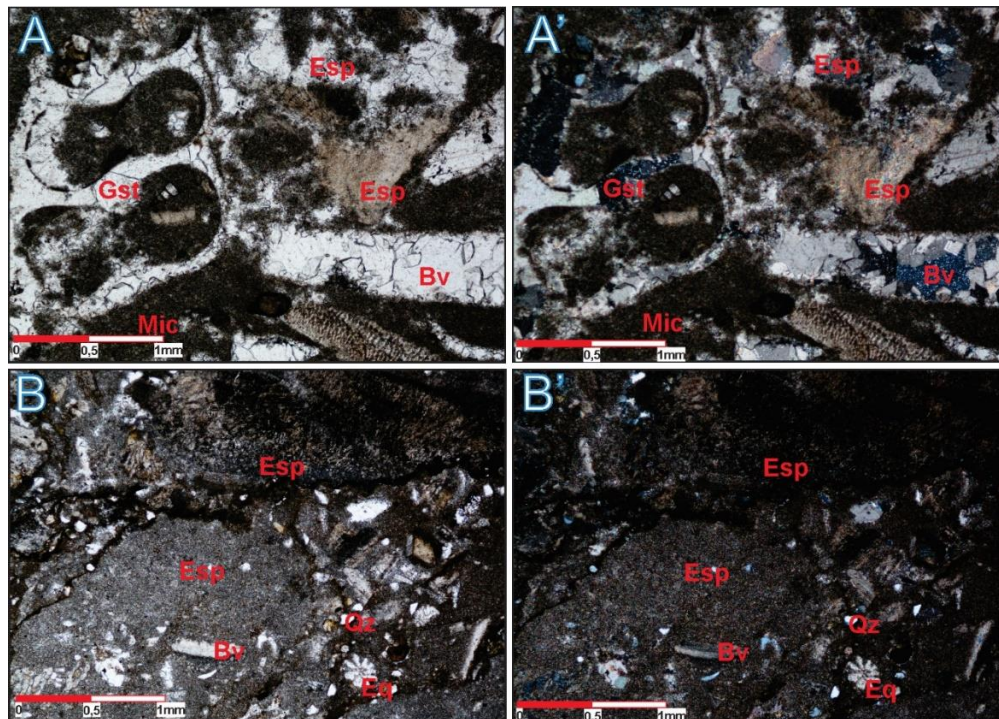


Fig. 8. Láminas delgada muestra AR-1. Figura A (Nicoles // 5x) y A' (N. Cruzados 5x) Se observan algas, bivalvos y gasterópodos reemplazados en calcita en una matriz micritica. Figura B (N. // 5x) y B'(N. X 5x) se aprecian fragmentos de bivalvos reemplazados en calcita y equinodermos en microesparita.

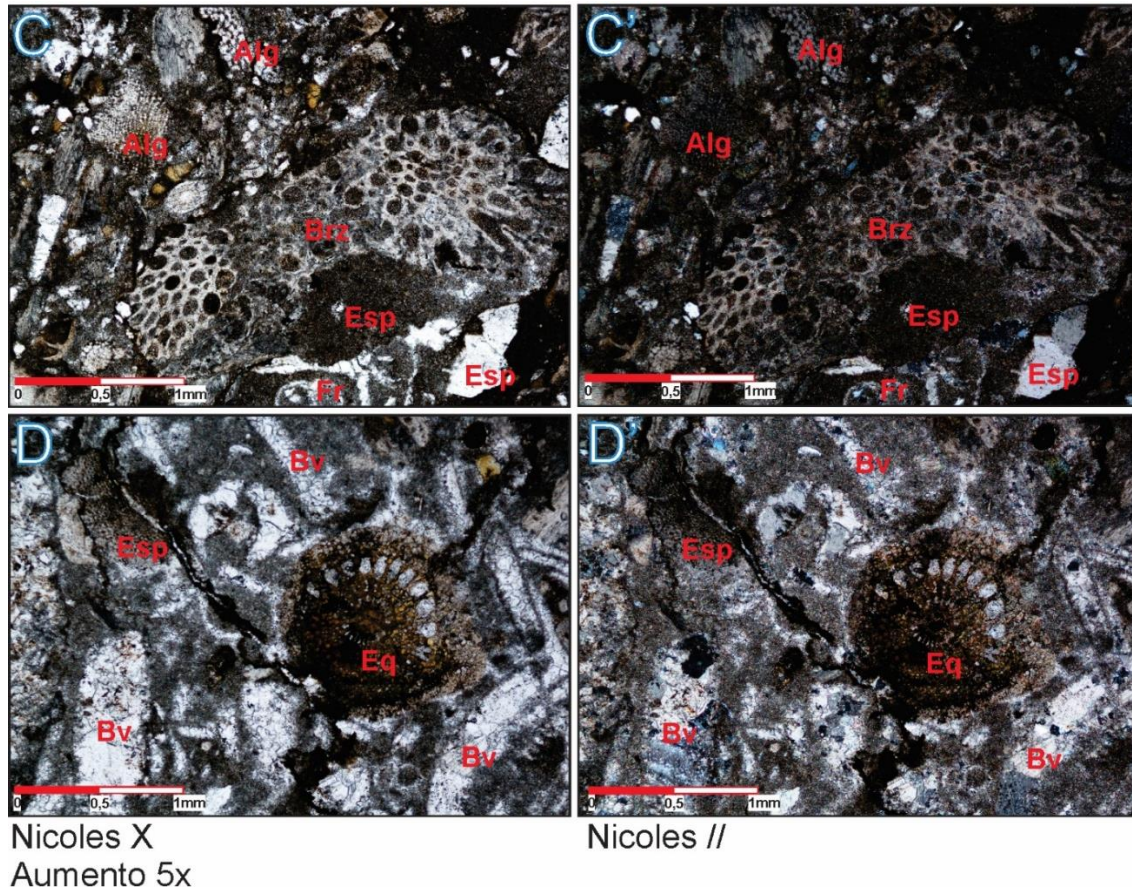


Fig. 9 Láminas delgada muestra AR-1. Figura C y C' Se observan briozoarios, algas, y foraminíferos en micrita. Figura D y D' se aprecian fragmentos de bivalvos reemplazados en calcita y equinodermos oxidados en microesparita

**7.1.2 Segmento 2. Facies Lodolitas físisles, micáceas intercaladas con areniscas de grano muy fino bioperturbadas y oxidadas.** Este segmento consta de 7,5 metros de rocas aflorantes (Fig. 10). La secuencia consiste en paquetes de lodolitas en capas gruesas, tabulares, de espesores entre 0.2m y 0.4m. Las lodolitas son físisles, micáceas, ligeramente laminadas de color rojo pálido (5R6/6). Estas capas se encuentran alternadas con paquetes de areniscas en capas tabulares con espesores de 0.1 a 0.3 m, de textura fina a muy fina, micáceas, bioperturbadas, con cemento silíceo y buena selección. Presentan tonalidades rosadas grisáceas (5R 8/2). Los afloramientos

correspondientes a estos segmentos se encuentran altamente meteorizados, se presentan fracturas y venas rellenas de carbonato de calcio.

Hacia la parte superior de la sucesión, se encuentran pequeños niveles de lodolitas de 1 cm de grosor dentro de las capas de areniscas, estas lodolitas se encuentran altamente bioperturbadas.

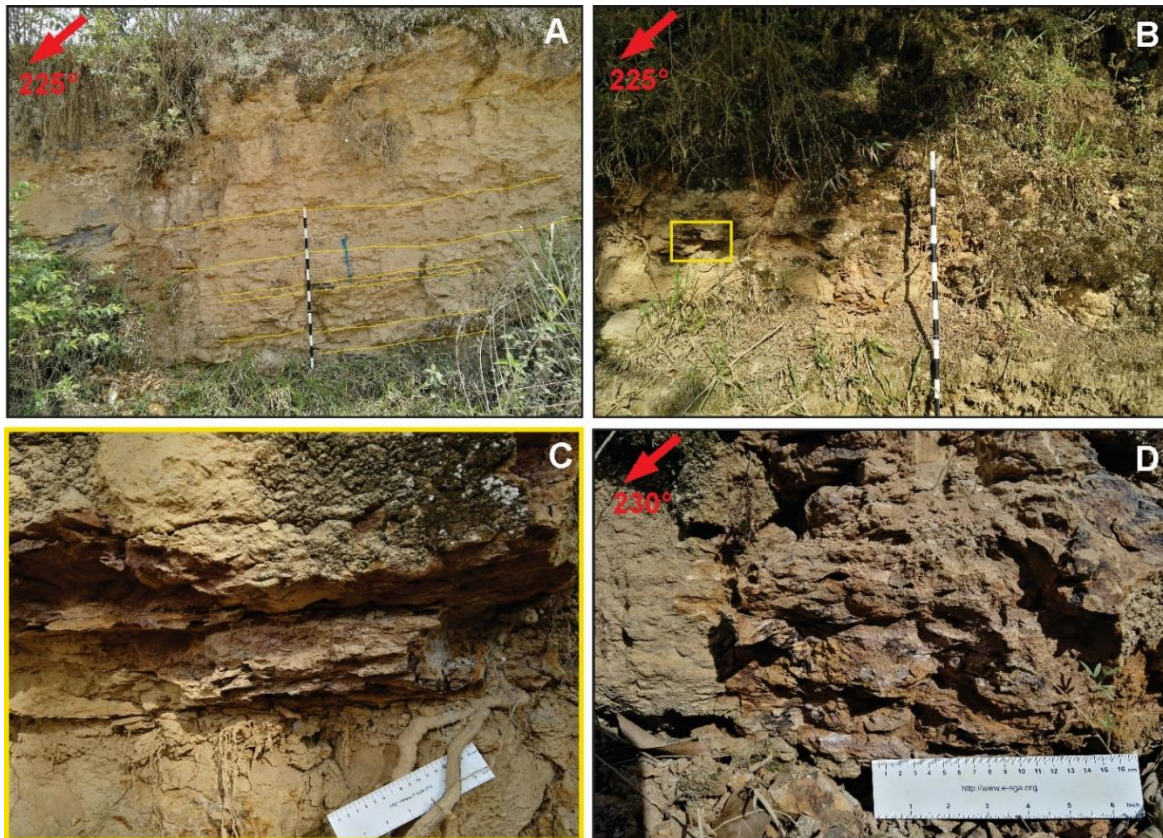


Fig. 10 A) Afloramiento en el que se observa lodolitas fisiles, micáceas, alternadas con areniscas de grano muy fino, micáceas, bioperturbadas. B) Afloramiento de capas de areniscas de grano muy fino, micáceas. Se realiza un zoom en el recuadro amarillo, imagen C, en el que se observa a detalle las areniscas, contacto ondulado, con niveles de lodolitas. D) Capa de areniscas de grano muy fino, micácea bioperturbada

**7.1.2.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-4.** Se presenta una muestra (Fig.11 y Fig.12) de grano fino, con granos elongados a subelongados y subredondeados a subangulares, presenta selección moderada a buena. El armazón es grano soportado, compuesto de granos de arena fina. La matriz (21%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla. El cemento (3,6%) es silíceo. La porosidad de la muestra (5,3%) corresponde principalmente a porosidad secundaria,

por fracturas. Las partículas presentan contactos longitudinales y saturados. Según la clasificación textural de Folk (1974), esta roca corresponde a una arenisca lodosa.

Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (41,8%), cuarzo con extinción ondulante (16,6%) y como cuarzo policristalino (2,3%), los feldespatos (4,6%) se presentan bien preservados, algunos granos se presentan con sericitización. Los líticos (0,6%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, las moscovitas (1%) se presentan deformadas y algunas presentan bordes oxidados. Se encuentran biotitas (2%). Se presentan circones (~1%). La matriz está compuesta por lodo ferruginoso y biotitas. De acuerdo con la clasificación composicional de Folk 1974, esta lámina delgada corresponde a una subarcosa.

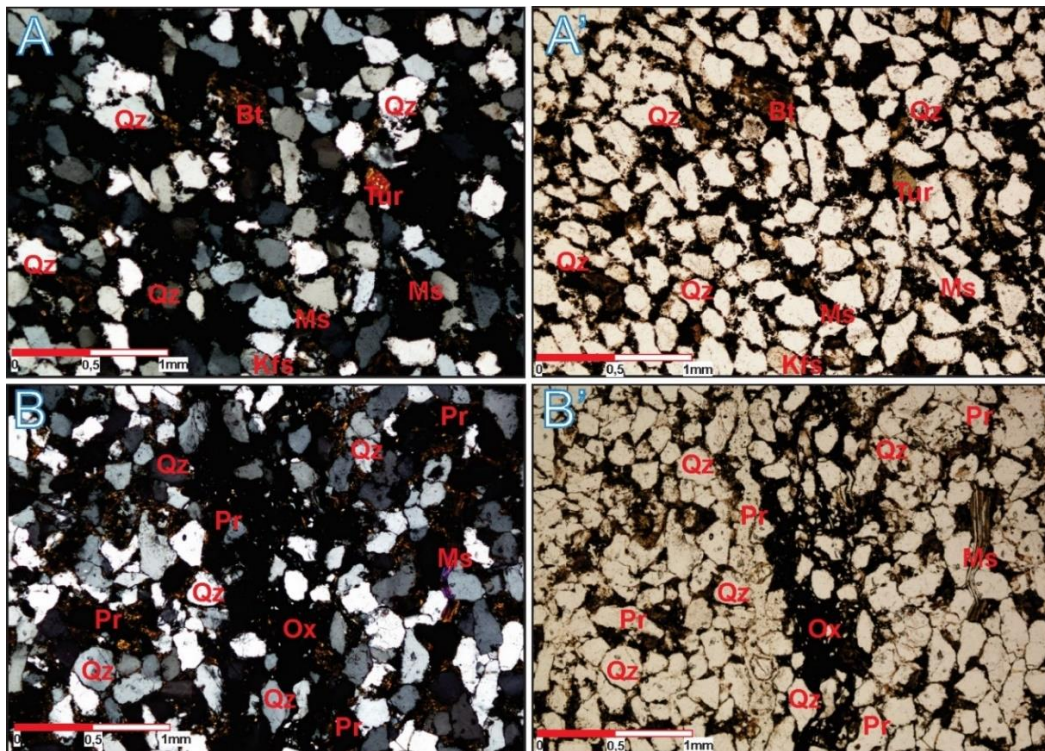


Fig. 11 Láminas delgada muestra AR-4. Imágenes de la izquierda en Nícoles cruzados 5X y las imágenes de la derecha en Nícoles paralelos 5X. En las imágenes se observan zonas con presencia de matriz de lodo ferruginoso.

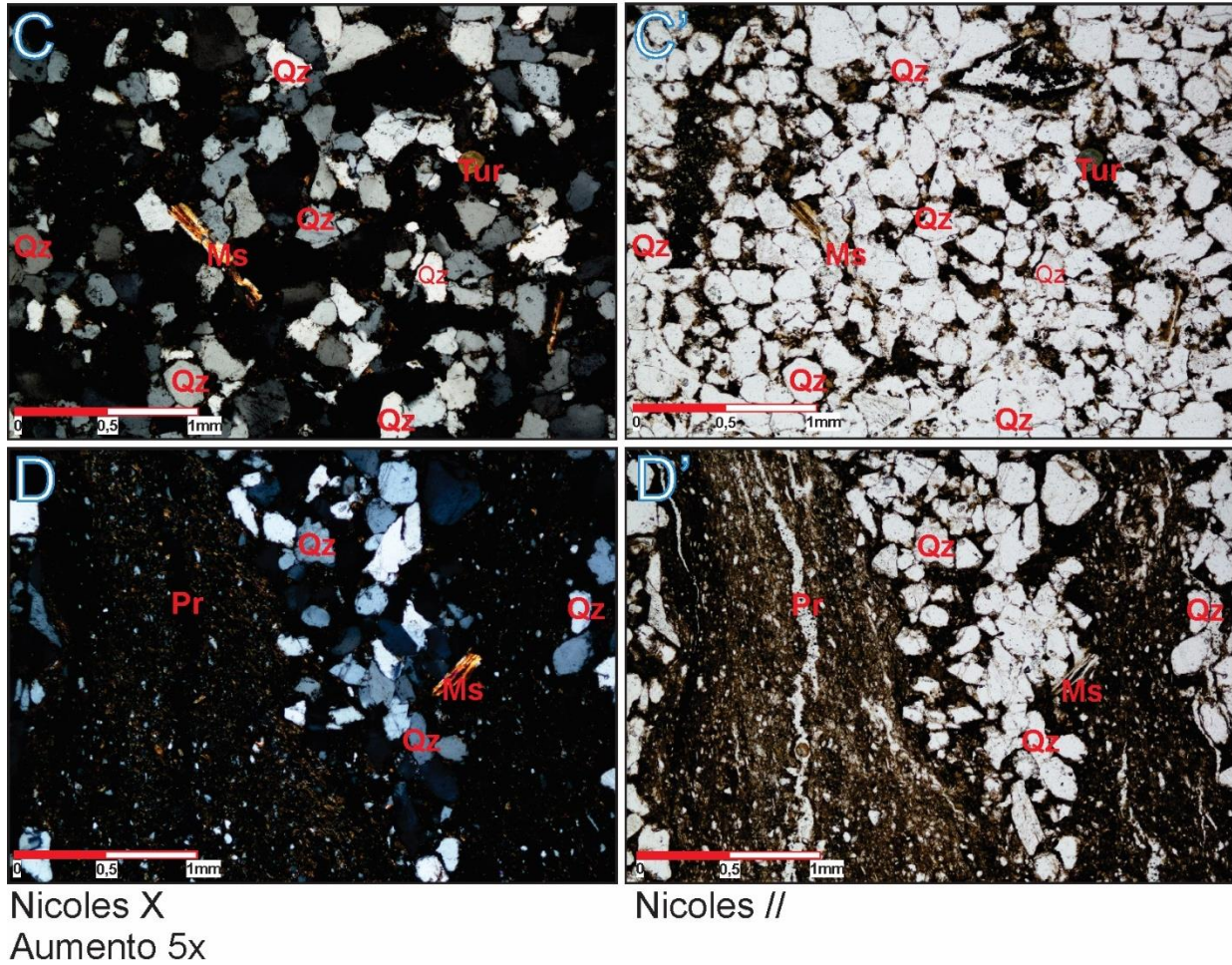


Fig. 12 Láminas delgada muestra AR-4 Se observan zonas compuesta por materiales de tamaño lodo y arcilla, producto de la bioperturbación de los organismos.

**7.1.2.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-8.** Se presenta una muestra de grano fino (Fig.13; Fig.14), con granos subelongados principalmente y subredondeados a subangulares con selección moderada a buena. El armazón es intermedio entre grano soportado y lodo soportado, compuesto de granos de arena fina y muy fina. La matriz (21%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla. El cemento (2%) es silíceo. La porosidad de la muestra (14%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas. Las partículas presentan contactos longitudinales, puntuales y cóncavo-convexo. Según la clasificación textural de Folk (1974), esta roca corresponde a una arenisca arcillosa.

Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (35,9%), cuarzo con extinción ondulante (20%) y como cuarzo policristalino (1,9%), los feldespatos (1,9%) se presentan muy poco alterados, algunos granos se presentan con sericitización. Los líticos (~1%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, las moscovitas (1,1%) se presentan deformadas y algunas presentan bordes oxidados. Se encuentran biotitas (1%). Se presentan circones (~1,1%). La matriz está compuesta por biotitas y sericita. De acuerdo con la clasificación composicional de Folk (1974), esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

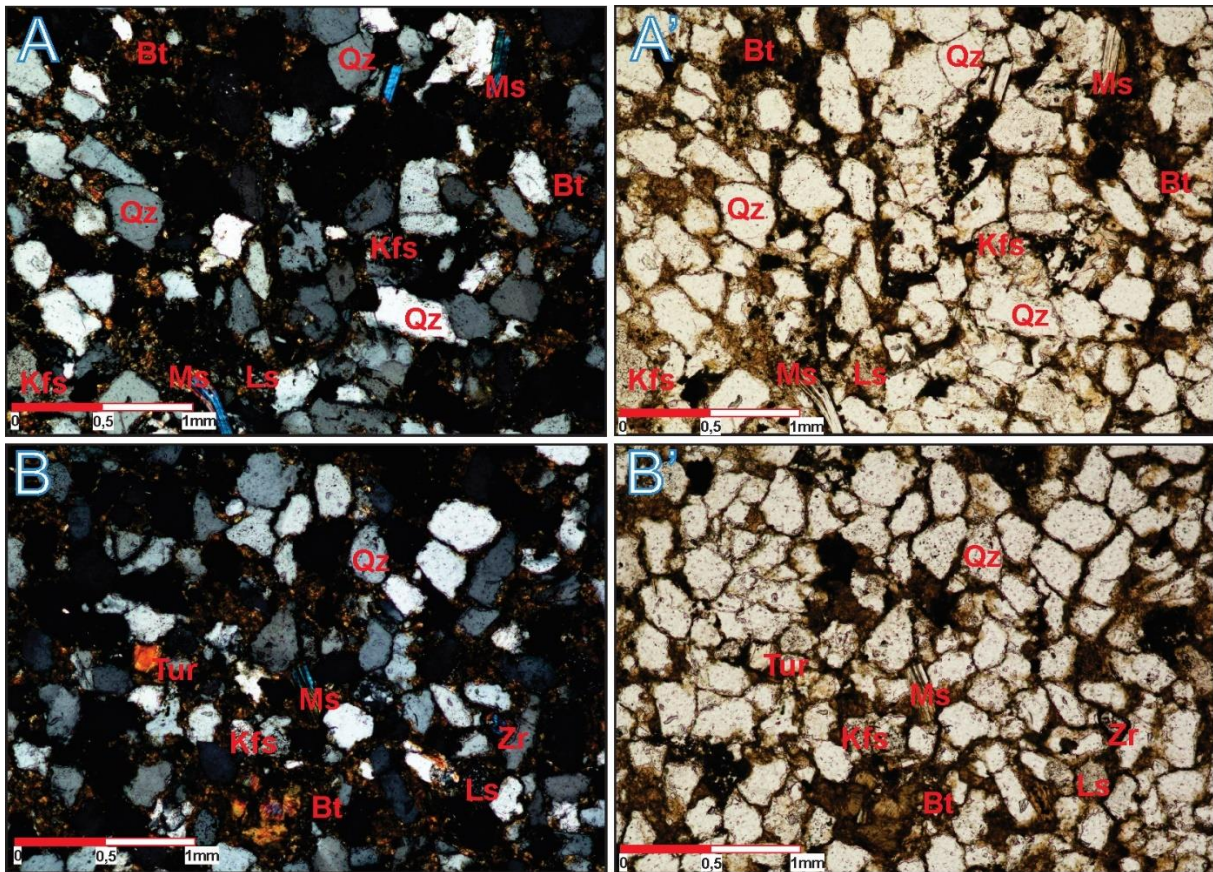


Fig. 13 Láminas delgada muestra AR-8. Imágenes de la izquierda en Nícoles cruzados 5X y las imágenes de la derecha en Nícoles paralelos 5X

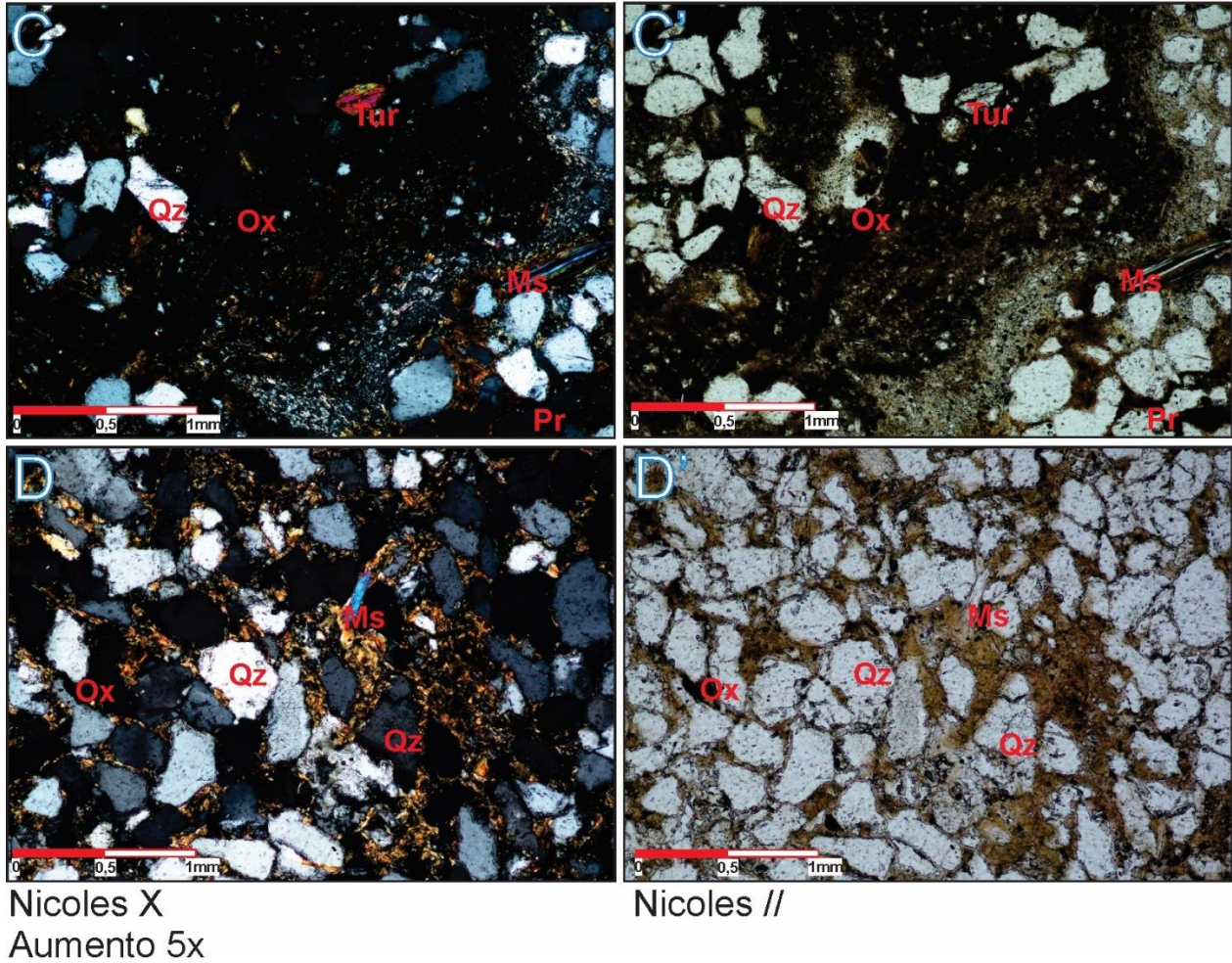


Fig. 14 Láminas delgada muestra AR-8. Se observa como algunos minerales como las moscovitas se están incorporando en la matriz de composición sericitica, biotítica. En la Imagen C C' se observa bioperturbación, zona compuesta por materiales tamaño limo y arcillas, presencia de óxidos y lodos ferruginosos.

## 7.2 Sección Mirador de los Guanes

Esta sección se ubica sobre la vía Zapatoca-Mirador de los Guanes, ubicada al sureste de la cabecera municipal, ubicado el punto de inicio en las coordenadas planas X= 1090386 y Y=1244937 y finalizando en las coordenadas planas X= 1090934 y Y=1244318. Se observa la exposición de afloramiento de corte de carretera, exhibiéndose una transición entre unas areniscas de grano fino, micáceas, bioperturbadas y unas lodolitas fisiles, micáceas.

Esta sección consta de 84 metros, los cuales 39,5 metros corresponden a segmentos tapados o de no exposición. Esta zona presenta afloramientos altamente meteorizados, oxidados y afectados tectónicamente, se evidencia alto control estructural presentando diversos planos de diaclasamiento. No se evidencia un contacto claro entre las Formaciones Rosablanca y Paja.

Litológicamente se aprecia una zona de transición entre litologías más competentes de areniscas de grano muy finas con litologías más fisiles, lodolitas y arcillolitas. Sin embargo, es complejo de diferenciar y marcar un contacto neto entre estas Formaciones, por lo tanto, se hizo un control sedimentológico y estratigráfico, se realizaron secciones delgadas de cinco muestras a lo largo del levantamiento estratigráfico para llevar un control petrográfico más detallado y observar el contraste entre estas dos Formaciones.

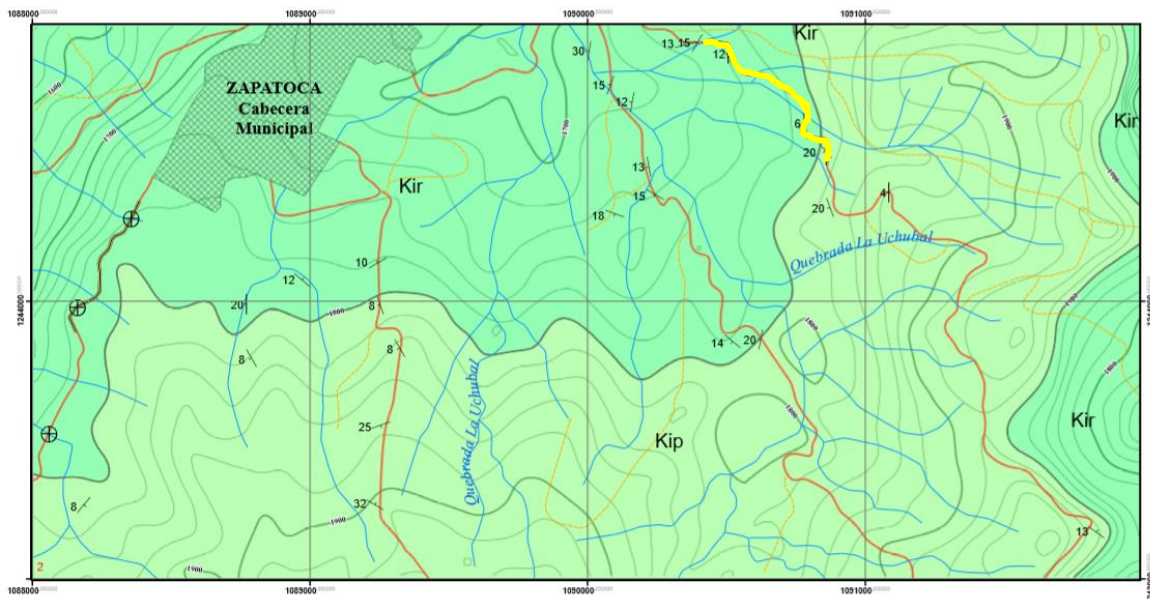


Fig. 15 Mapa Geológico. La línea amarilla representa la zona de la sección estratigráfica Mirador de los Guanes

A continuación, se presenta el diagrama de la poligonal realizada para la sección Mirador de los Guanes:

POLIGONAL MIRADOR DE LOS GUANES



Fig. 16 Poligonal abierta de la sección Galán

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA SECCION MIRADOR DE LOS GUANES

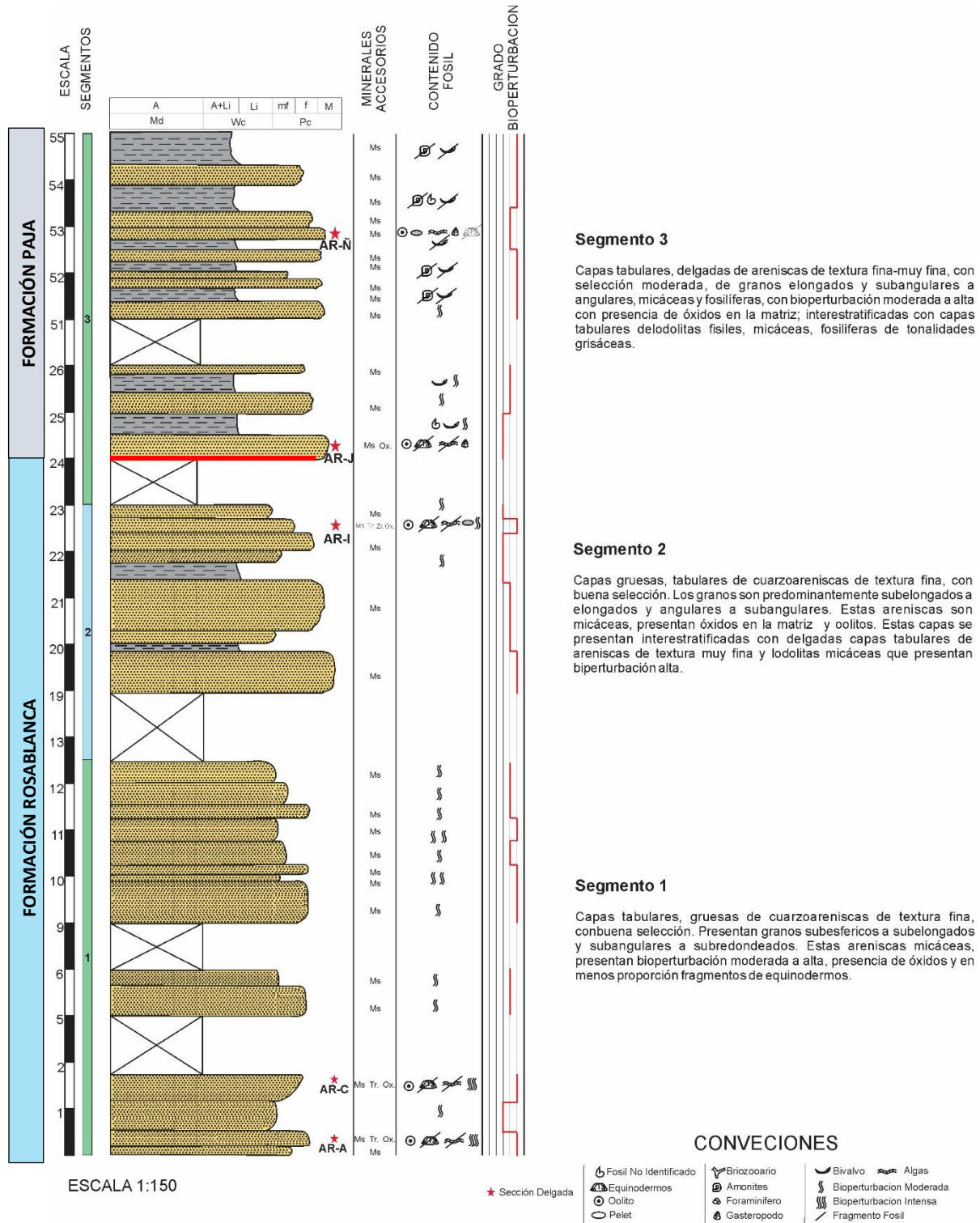


Fig. 17 Columna estratigráfica sección Mirador de los guanes

**7.2.1 Segmento 1. Facies Cuarzo arenitas de grano fino con presencia de oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con bioperturbación moderada.** Este segmento consta de 18,75 metros de rocas aflorantes (Fig. 18) que representan la base del levantamiento estratigráfico. Está constituido por paquetes de capas tabulares, gruesas con espesores entre 0.5 a 1 de areniscas de textura fina con cemento silíceo y buena calibración. Se observaron capas bioperturbadas hacia la base, configuración Cruzina en base a Pemberton *et al.* (1992). Presentan bioperturbación moderada a alta, observándose Thalassanoides a lo largo de la secuencia sedimentaria. Las rocas son de tonalidades rojo pálido (5R 6/2).

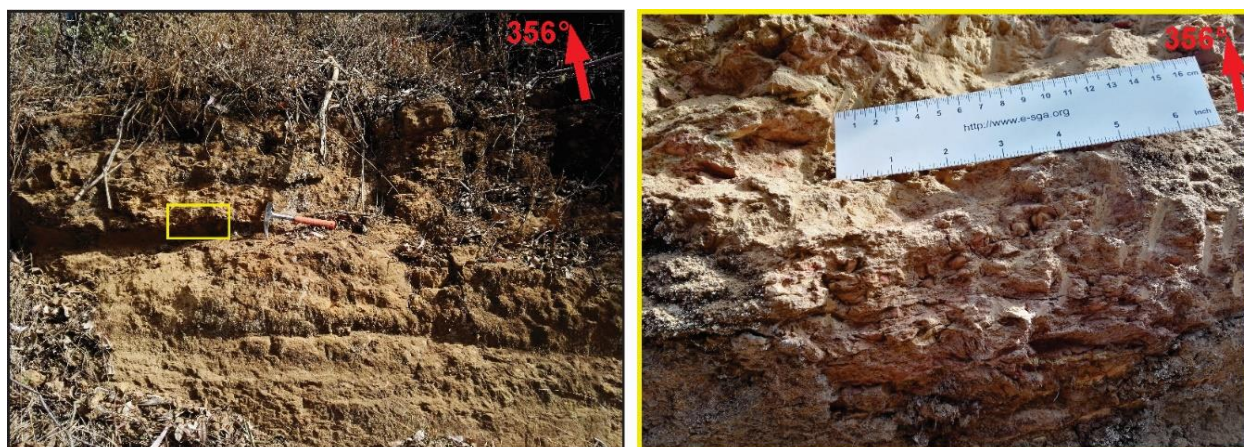


Fig. 18 Afloramiento del segmento 1, sección Mirador de los Guanes. La imagen de la derecha corresponde a un zoom del afloramiento de la izquierda, se aprecia un nivel con alta bioperturbación, Thalassanoides de 0,5 a 1 cm de diámetro.

**7.2.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-A.** Se presenta una muestra (Fig. 19 y Fig. 20) de grano fino-muy fino, con granos subesféricos a elongados y angulares a angulares, presenta buena selección. El armazón es grano soportado, compuesto de granos de arena muy fina a fina con esfericidad y redondez muy variables desde esféricos a elongados y redondos a angulares. La matriz (31%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla. El cemento es silíceo. La porosidad de la muestra (2,4%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas

y por disolución, moldes de fragmentos de biolcastos, fragmentos de algas y de equinodermos. Las partículas presentan contactos puntuales, longitudinales y cóncavo convexo. Según la clasificación textural de Folk (1974), esta roca corresponde a una arenisca arcillosa de grano fino. Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (49,8%), cuarzo con extinción ondulante (8%) y como cuarzo policristalino (0,9%), los feldespatos (1%) se presentan altamente alterados, se presentan con sericitización, incluso llegando a estar totalmente sericitizado. Los líticos (0,6%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de chert y algunos de areniscas. Como componentes accesorios, las moscovitas (1%) se presentan orientadas, deformadas y algunas presentan alteración, incluso algunas se presentan incorporándose a la matriz. Se encuentran turmalinas (1%) presentándose muy redondeados y esféricos. Se presentan oolitos (~1%) cuyo núcleo corresponden a granos de cuarzo. La matriz está compuesta por lodo ferruginoso y óxidos de tamaño limo, estos óxidos presentan formas irregulares, sin embargo, una proporción de ellos presentan bordes rectos. De acuerdo con la clasificación composicional de Folk (1974), esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

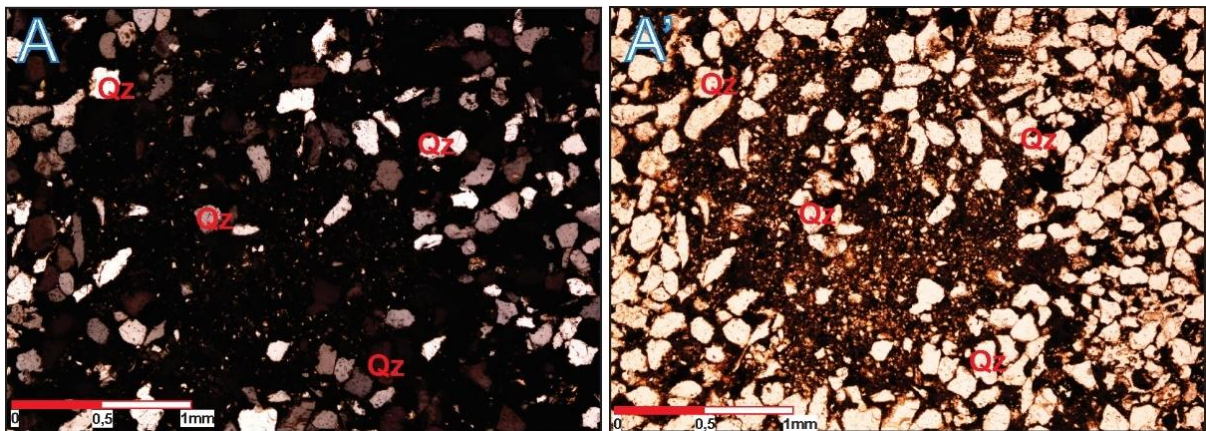


Fig. 19 Muestra AR-A. En la figura A (Nicolas X aumento 5x) -A' (Nicolas // aumento 5x) se presenta una zona de materiales más finos, producto de bioperturbación.

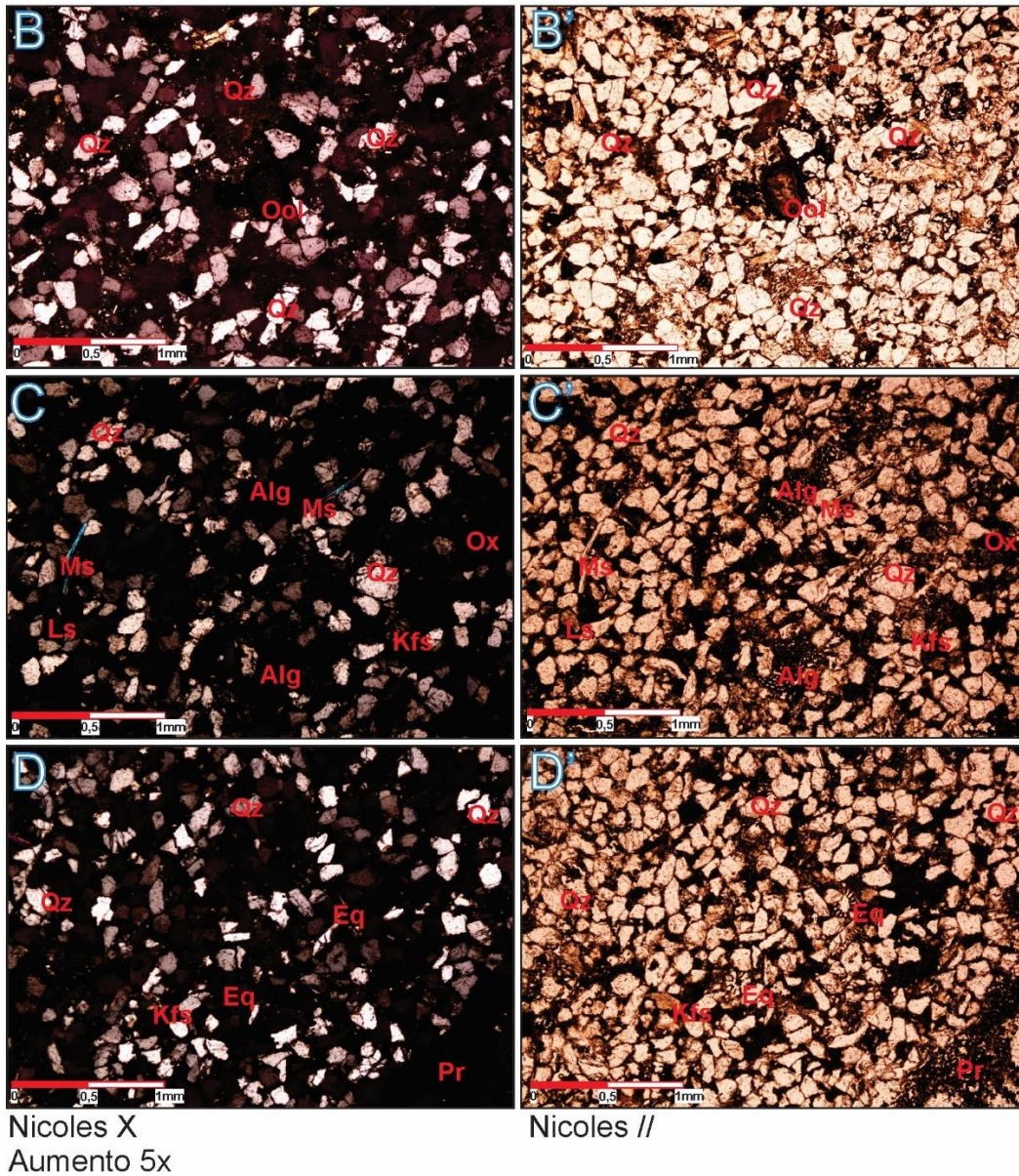


Fig. 20 Muestra AR-A. En la figura A (Nicoles X) -A' (Nicoles //) se presenta una zona de materiales más finas, producto de bioperturbación. Imagen B (Nicoles X) B'(Nicoles //) se aprecian Oolitos ferruginosos con núcleo de cuarzo. C C' presencia de algas y la figura D (Nicoles X) D'(Nicoles //) presencia de equinodermos y algas.

**7.2.1.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-C.** Se presenta una muestra (Fig. 21) de grano fino, con granos subelongados a elongados y subangulares a subredondeados, presenta buena selección.

El armazón es grano soportado, compuesto de granos de arena fina, sin embargo, se presentan granos de tamaño arena gruesa y arena media. La matriz (26%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla. El cemento es silíceo. La porosidad de la muestra es alta (8%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas y por disolución, moldes de fragmentos de biolcastos, fragmentos de algas y de equinodermos. Las partículas presentan contactos puntuales, longitudinales, cóncavo convexo y flotante. Según la clasificación textural de Folk (1974), esta roca corresponde a una arenisca arcillosa de grano fino.

Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (33%), cuarzo con extinción ondulante (21%) y como cuarzo policristalino (0,9%), los feldespatos (0,9%) se presentan moderadamente alterados, se presentan con sericitización. Los líticos (1,2%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, se presentan óxidos (0,6%) de tamaño arena fina, estos óxidos presentan formas irregulares, aunque también se observan con formas definidas, presentando bordes rectos. Biotitas (0,62%) oxidadas, con bordes de reacción. Las turmalinas (0,3%) son redondeadas y subesféricas. Las moscovitas (0,2%) se observan deformadas. Se evidencian oolitos con núcleo de granos de cuarzo de arena fina. La matriz está compuesta por lodo ferruginoso y óxidos de tamaño limo.

De acuerdo con la clasificación composicional de Folk (1974), esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

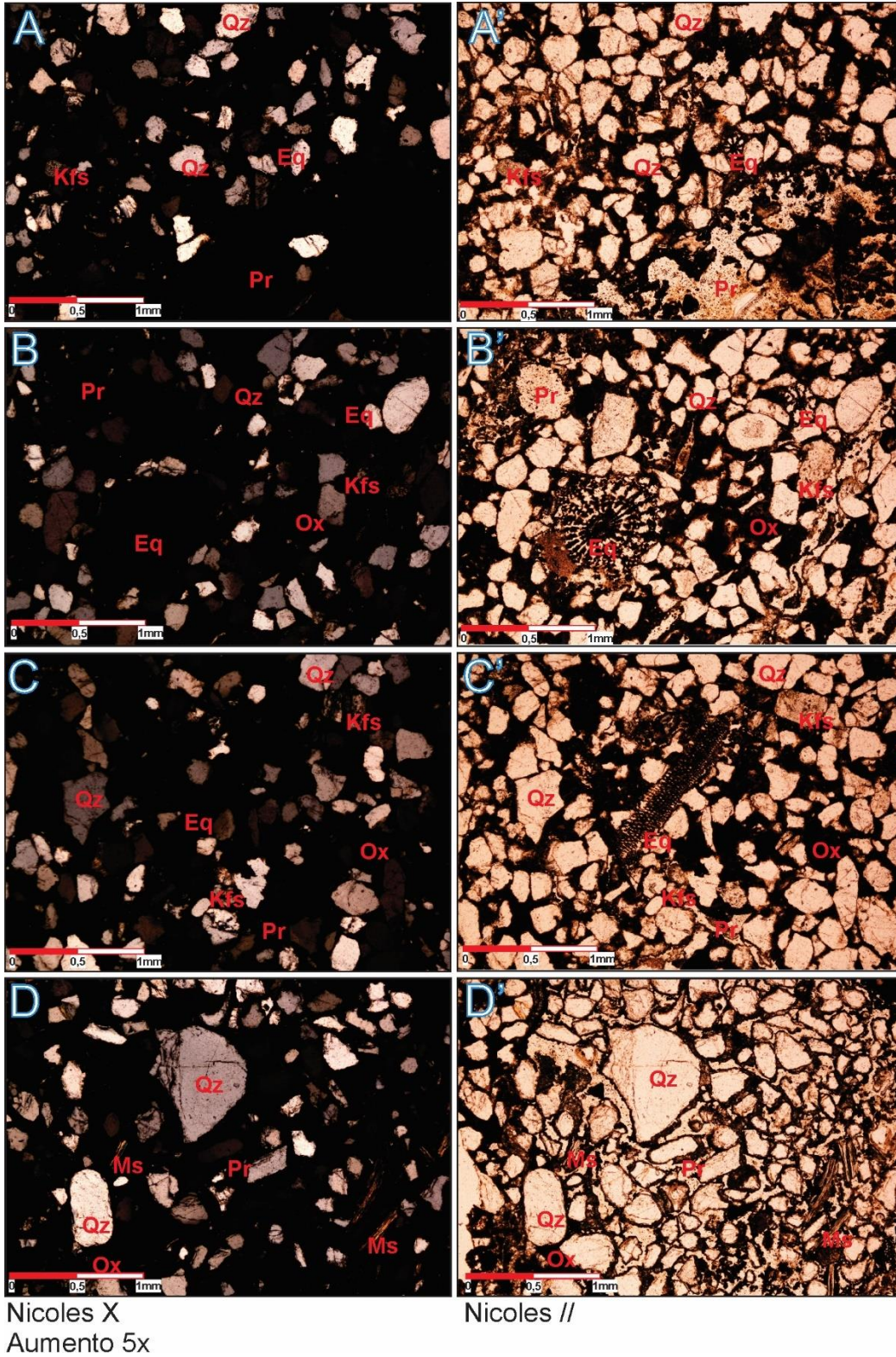


Fig. 21 Muestra AR-C segmento 1. En las figuras A (Nicoles x) A'(Nicoles //) B (Nicoles x) B'(Nicoles //) y C (Nicoles x) C'(Nicoles //) Se observa la presencia de equinodermos y espinas de equinodermo. La figura D(Nicoles x) D'(Nicoles //) corresponde a una zona de material retrabajado producto de la bioperturbación.

**7.2.2 Segmento 2. Facies Cuarzo arenitas de grano muy fino con oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con intercalaciones de lodolitas altamente bioperturbadas.** Este segmento consta de 6 metros de rocas aflorantes (Fig. 22). Consta de paquetes de capas gruesas, tabulares, con espesores entre 0.5 a 1m de areniscas de textura fina, con cemento silíceo y buena calibración. Sus granos son subelongados a elongados y angulares a subangulares. Composicionalmente predomina el cuarzo, en menor proporción feldespatos alterados y líticos sedimentarios de areniscas. Estas rocas son de color naranja rosáceo (5YR 7/2). Estas capas se encuentran interestratificadas con paquetes de lodolitas y areniscas en capas tabulares, con espesores de 0.1 m, de textura muy fina, buena calibración, altamente bioperturbadas con presencia de *Thalassanoides*. Las rocas son de color naranja rosáceo (5YR 7/2).

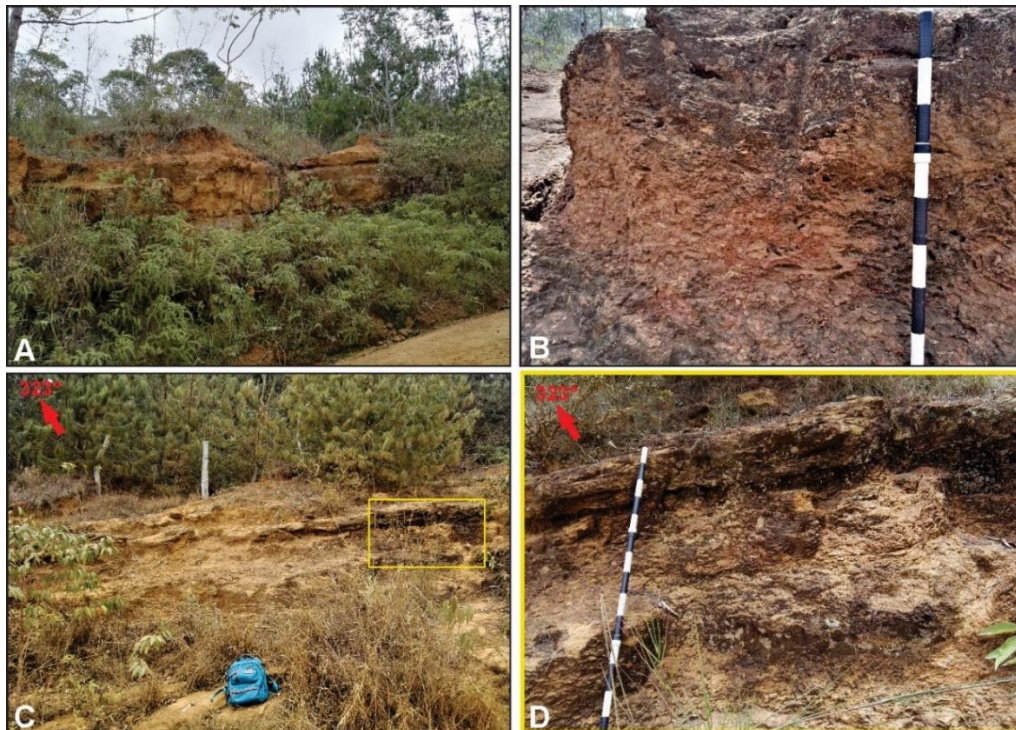


Fig. 22 A) Afloramiento de areniscas competentes, de grano muy fino intercalado con capas de areniscas muy finolodosas bioperturbadas. B. Capa de areniscas muy fina-limosa bioperturbadas. C. Afloramiento en el que se observa capas masivas de cuarzo areniscas interestratificado con capas más fisiles de grano muy fino a limosas. D. Zoom del recuadro amarillo de la imagen C.

**7.2.2.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-I.** Se presenta una muestra (Fig. 23) de grano fino-muy fino, con granos subelongados a elongados y subangulares a angulares, presenta mala selección. El armazón es intermedio entre grano soportado y lodos portado, compuesto de granos de tamaño desde arena gruesa a muy fina. La matriz (34%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla ferruginoso. El cemento es silíceo. La porosidad de la muestra es alta (6,5%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas y por disolución, moldes de fragmentos de biolcastos, fragmentos de algas y de equinodermos. Las partículas presentan contactos cóncavo-convexo, longitudinales, puntuales y flotantes. Según la clasificación textural de Folk (1974), esta roca corresponde a una arenisca arcillosa de grano fino.

Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (28%), cuarzo con extinción ondulante (18%) y como cuarzo policristalino (1,3%), los feldespatos (0,8%) se presentan moderadamente alterados, se presentan con sericitización. Los líticos (0,4%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, se presentan óxidos (6%) de tamaño arena fina, estos óxidos presentan formas irregulares, aunque también se observan con formas definidas, presentando bordes rectos. Se evidencian oolitos (3%) con núcleo de granos de cuarzo de arena fina y circones. Se observan circones (0,4%) y traza de turmalinas y pellets.

De acuerdo con la clasificación composicional de Folk (1974), esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

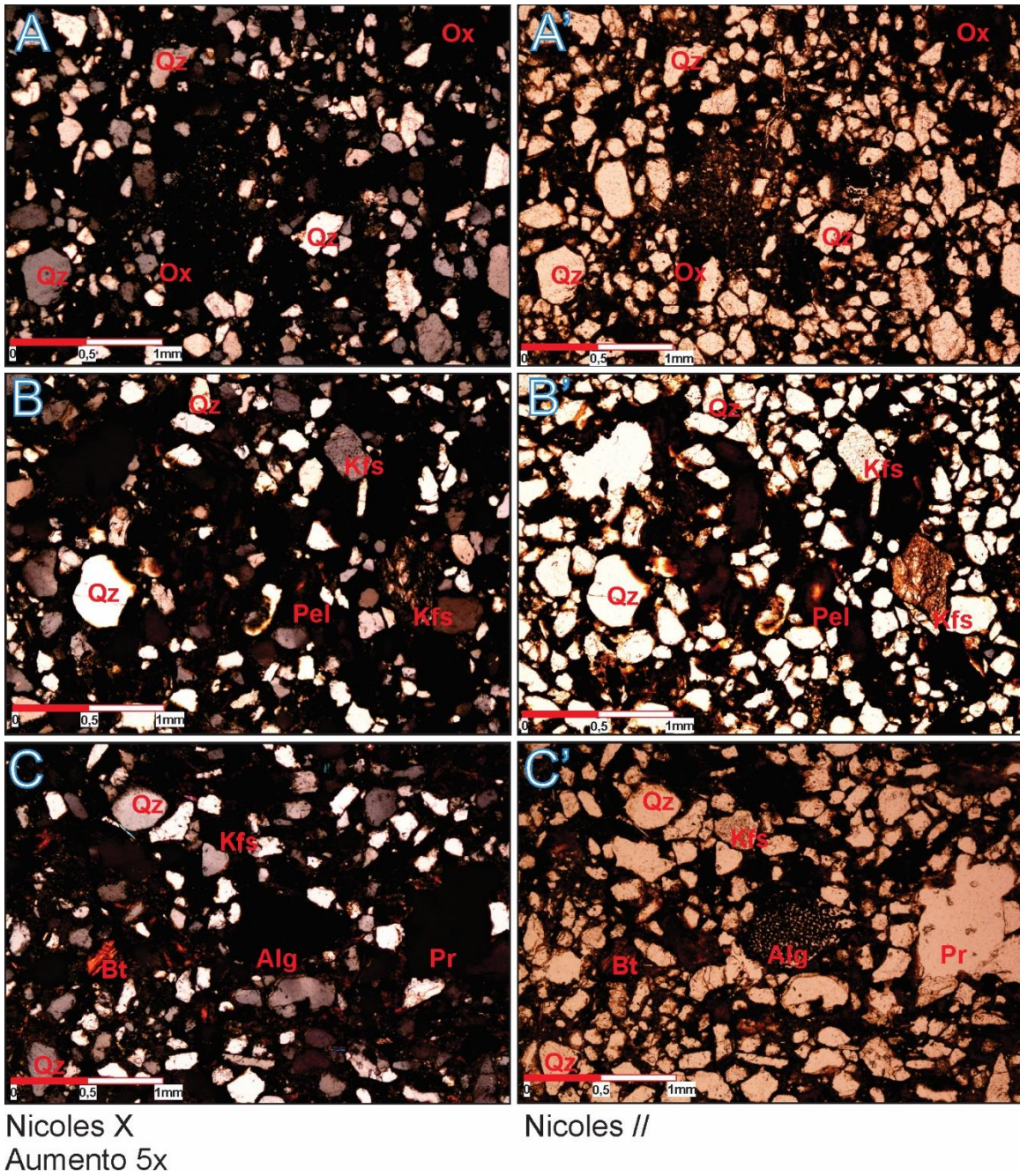


Fig. 23 Muestra AR-I. Imágenes de la izquierda en Nicoles Cruzados aumento 5X e imágenes de la derecha en Nicoles paralelos aumento 5X. C-C' Se observa fragmentos de algas.

**7.2.3 Segmento 3. Facies lodolitas fisiles con intercalaciones de cuarzo areniscas de grano muy fino/wackes de oolitos con fragmentos de algas, equinodermos y gasterópodos.** Este segmento consta de 9 metros de rocas aflorantes (Fig. 24). Consta de paquetes de capas delgadas, tabulares, de espesor de 0.1m de areniscas de textura fino a muy fino, moderadamente calibrada, con cemento silíceo. Los granos son elongados y subangulares a angulares. Las areniscas son micáceas y fosilíferas, presentan moderada a alta bioperturbación, presentan óxidos incorporados en la matriz como materiales finos de textura limo. Las rocas son de tonalidad marrón pálido (5YR 5/2). Estos paquetes se encuentran interestratificados con paquetes de lodolitas en capas tabulares, de espesor 0.1 m a 0.3 m, fisiles, micáceas, fosilíferas de tonalidad grisácea (N1)



Fig. 24 Afloramientos correspondientes al segmento 3 de la sección Mirador de los Guanes. Interestratificación de Areniscas de grano muy fino con lodolitas fisiles micáceas.

**7.2.3.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-J.** Se presenta una muestra (Fig. 25 Fig.26) de tamaño de grano arcilla, con granos subelongados a elongados y angulares a subangulares, presenta mala selección. El armazón es lodo soportado, compuesto arcilla ferruginosa y limos. El cemento es ferruginoso. La porosidad de la muestra es alta (19%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas y por disolución, moldes de fragmentos de biolcastos, fragmentos de

algas, equinodermos y gasterópodos. Las partículas presentan contactos flotantes. Según la clasificación textural de Folk 1974, esta roca corresponde a una arcillolita arenosa de grano fino.

Composicionalmente, el almacén está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (16%), cuarzo con extinción ondulante (8,7%) y como cuarzo policristalino (0,3%), los feldespatos (0,9%) se presentan moderadamente alterados, se presentan con sericitización. Los líticos (0,6%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, se presentan óxidos (1,5%) de tamaño arena fina y limo, estos óxidos presentan formas irregulares, aunque también se observan con formas definidas, presentando bordes rectos. Se evidencian oolitos (6%) con núcleo de granos de cuarzo de arena fina y circones. Se observan moldes de algas (4,5%), equinodermos (0,3%), gasterópodos (0,1%). De acuerdo con la clasificación composicional de Folk 1974, esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

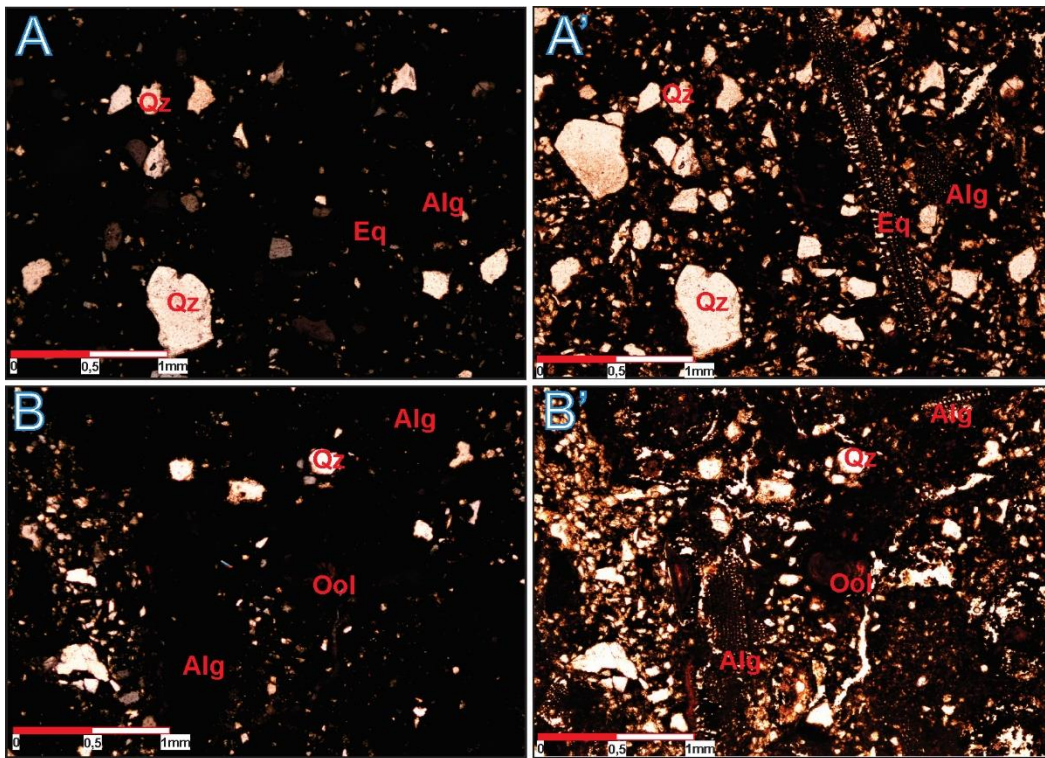


Fig. 25 Muestra AR-J. A (Nicoles X aumento 5x) A' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas y equinodermos. B (Nicoles X aumento 5x) B' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas y oolitos ferruginosos con núcleo de cuarzo.

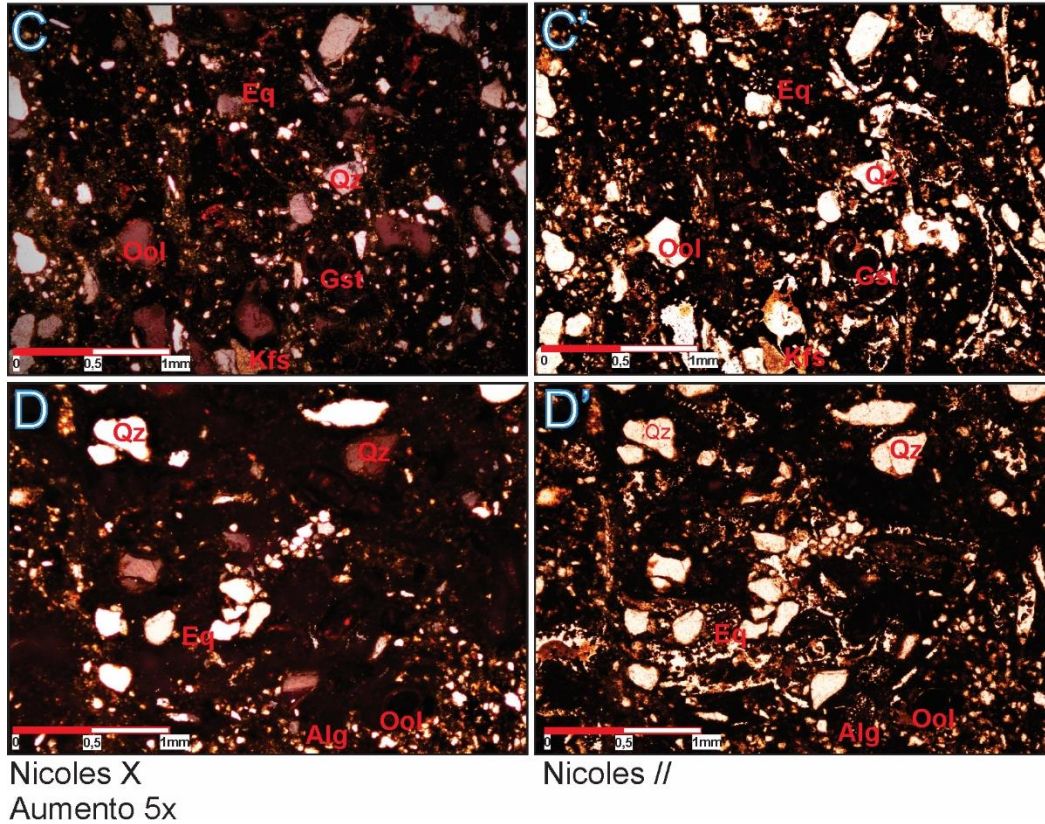


Fig. 26 Muestra AR-J. C (Nicoles X aumento 5x) C'(Nicoles // aumento 5x) presencia de equinodermos y gasterópodos. D (Nicoles X aumento 5x) D'(Nicoles // aumento 5x) presencia de algas, equinodermos y oolitos

**7.2.3.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-Ñ.** Se presenta una muestra (Fig. 27; Fig. 28) de grano fino, con granos subelongados a elongados y subangulares, presenta mala selección. El armazón es intermedio entre grano soportado y lodos portado, compuesto de granos de tamaño desde arena gruesa a muy fina. La matriz (40%) está compuesta de partículas de tamaño limo y arcilla. El cemento es silíceo. La porosidad de la muestra es alta (12%) corresponde principalmente a porosidad secundaria, por fracturas y por disolución, moldes de fragmentos de biolcastos, fragmentos de algas y de equinodermos. Las partículas presentan contactos flotantes, longitudinales y en menor proporción puntuales. Según la clasificación textural de Folk 1974, esta roca corresponde a una arenisca arcillosa de grano fino.

Composicionalmente, el armazón está constituido principalmente por cuarzo, como cuarzo monocristalino (16%), cuarzo con extinción ondulante (13%) y como cuarzo policristalino (0,3%), los feldespatos (0,6%) se presentan moderadamente alterados, se presentan con sericitización. Los líticos (0,6%) corresponden principalmente a líticos sedimentarios, fragmentos de areniscas. Como componentes accesorios, se presentan oolitos (7,4%) cuyo núcleo corresponde a granos de cuarzo muy angulares, pellets (5%) y óxidos (3%) de tamaño arena fina, estos óxidos presentan formas irregulares, aunque también se observan con formas definidas, presentando bordes rectos. De acuerdo con la clasificación composicional de Folk 1974, esta lámina delgada corresponde a una cuarzoarenita.

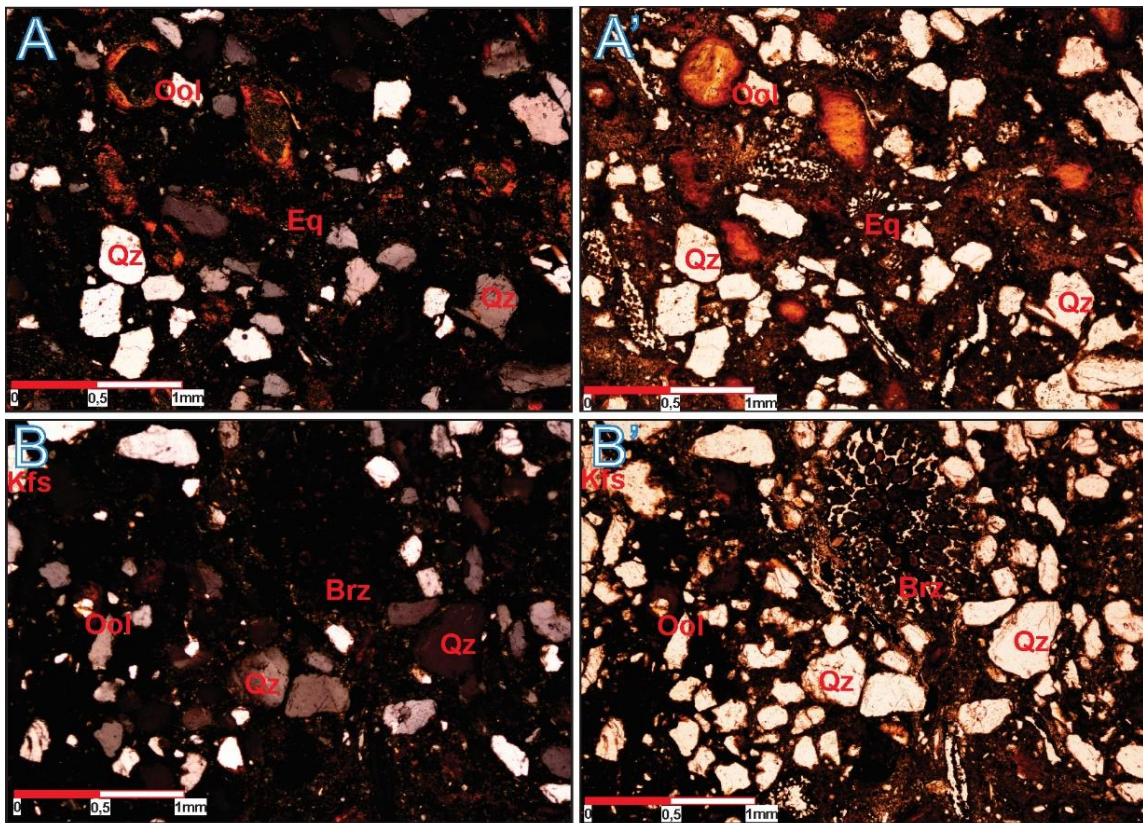


Fig. 27 Muestra AR-Ñ. Imagen A (Nicoles X aumento 5x) A'(Nicoles // aumento 5x) presencia de oolitos y pellets ferruginosos. B (Nicoles X aumento 5x) B'(Nicoles // aumento 5x) presencia de briozoos

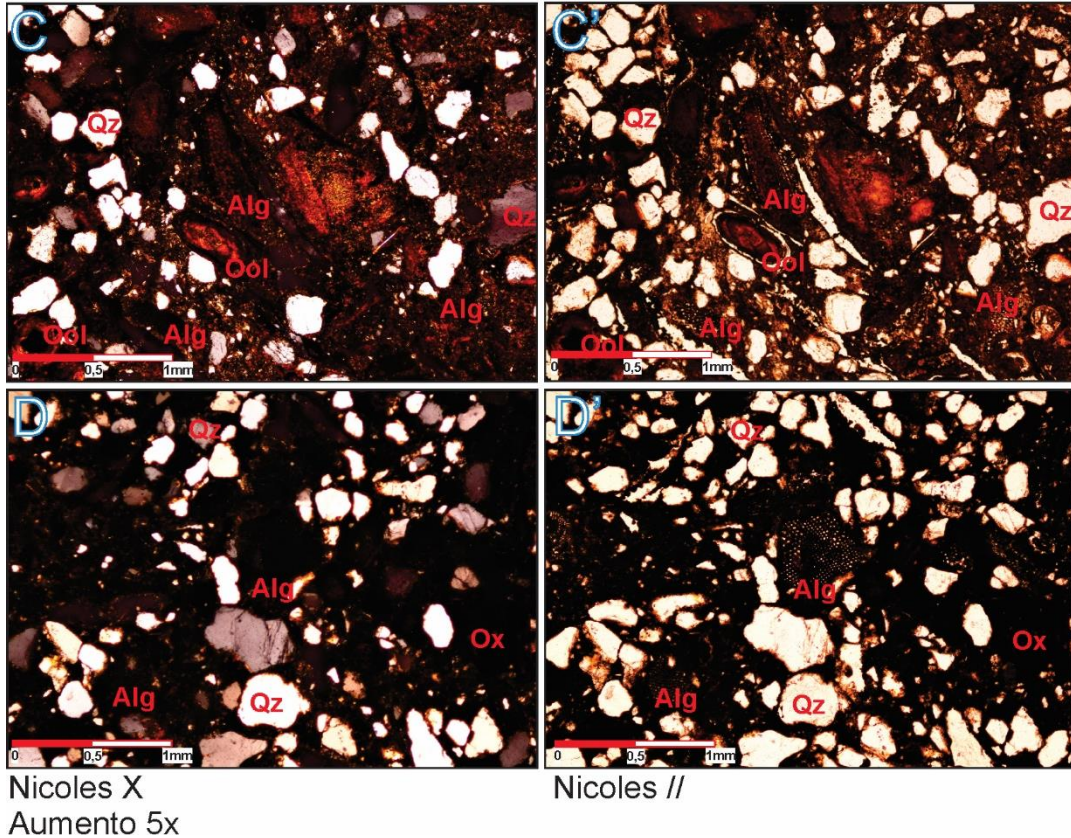


Fig. 28 Muestra AR-Ñ. Imagen C (Nicoles X aumento 5x) C' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas, oolitos ferruginosos. Imagen D (Nicoles X aumento 5x) D' (Nicoles // aumento 5x) presencia de algas.

### 7.3 Sección Cueva del Nitro

Esta sección se ubica en las inmediaciones de la Cueva del Nitro (Fig. 29), ubicada al sur de la cabecera municipal de Zapatoca, ubicado en las coordenadas planas X= 1088975 y Y=1244080. Se observa la exposición de afloramiento de una quebrada que expone la roca fresca.

Esta sección consta de 6 metros, es un afloramiento pequeño en el que se observa en la parte inferior rocas carbonatadas, wackestone de bivalvos, y posteriormente se presenta una intercalación entre unas lodolitas fisiles, ligeramente calcáreas, micáceas, de tonalidades negruzcas con unos paquetes más competentes, correspondiente a mudstone de color negra, con presencia de materia orgánica. Por continuidad lateral, en afloramientos cercanos, se observan posteriormente

esposos paquetes de lodolitas fisiles, micáceas de tonalidades grisáceas a negruzcas. Se levantó la columna estratigráfica de esta sucesión (Fig. 30), y a partir de esto, se toman dos muestras para realizar laminas delgadas y analizarlas petrográficamente, una muestra corresponde a la wackestone que se encuentra en la base y la otra lamina corresponde a los paquetes más competentes de las intercalaciones, *Mudstone*.

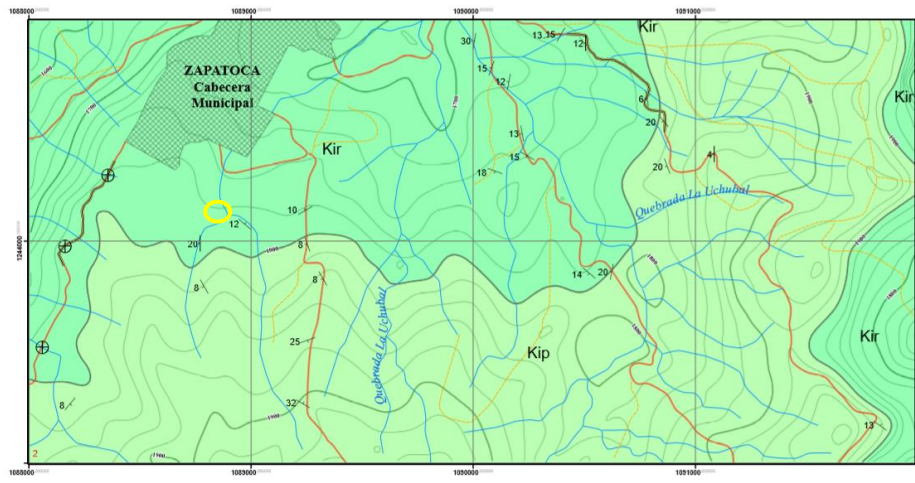


Fig. 29 Mapa geológico. El círculo amarillo representa la ubicación de la sección estratigráfica Cueva del Nitro

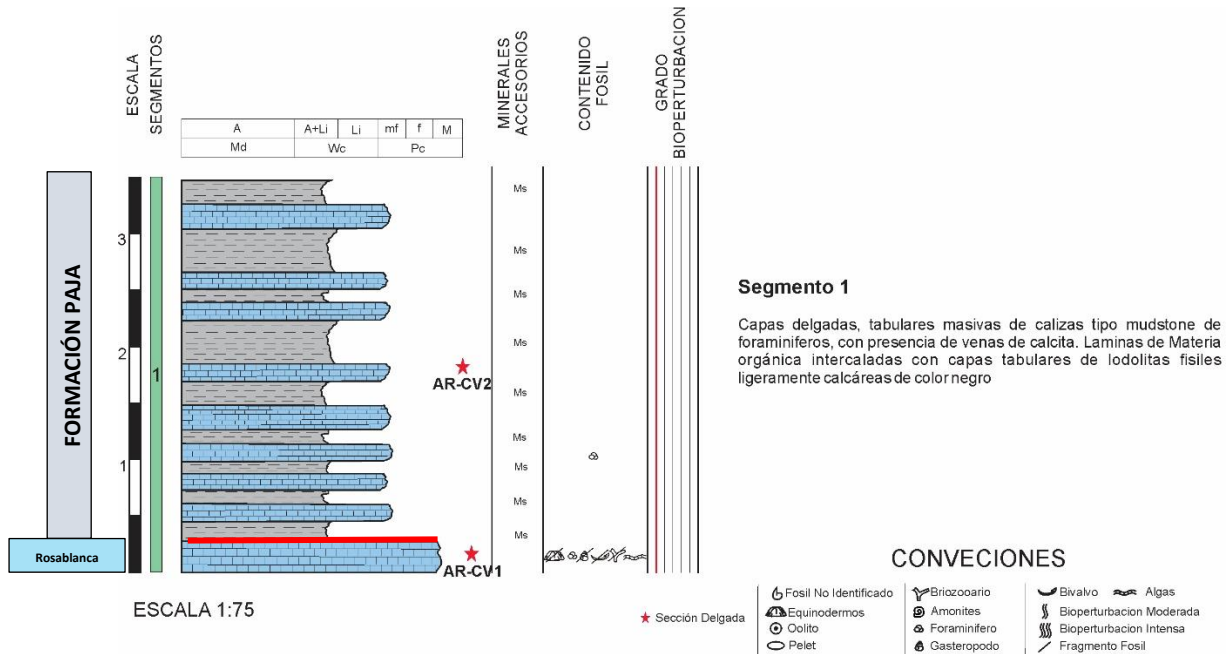


Fig. 30 Columna estratigráfica sección Cueva del Nitro

**7.3.1 Segmento 1. Facies lodolitas negras fisiles con intercalaciones de mudstone.** La sección Cueva del Nitro es un afloramiento de quebrada (Fig. 31) en las inmediaciones de la cueva del Nitro, en el que aflora un paquete de capas tabulares de 0,4 m de espesor de caliza tipo Wackestone de bivalvos de textura gruesa, con presencia de bivalvos fracturados con tamaños variables de hasta 2 cm de longitud, bioperturbación moderado a bajo de tonalidad gris oscuro (N4). Le suprayace una secuencia capas tabulares de 0,1 m a 0,2 m de espesor de calizas tipo Mudstone con presencia de materia orgánica ligeramente laminada, bioperturbación baja y color negro (N1) interestratificado con paquetes de lodolitas en capas tabulares, con espesores de 0,1 a 0,3 m, fisiles, micáceas, ligeramente calcárea, con laminación difusa. Presenta tonalidad negra (N1).



*Fig. 31 Afloramiento en el que se observa la secuencia entre lodolitas fisiles, micáceas y ligeramente calcáreas de color negro con mudstone.*

**7.3.1.1 Análisis Petrográfico Muestra AR-CVI.** Roca calcárea (Fig. 32; Fig. 33) compuesta por un armazón de bioclastos dentro de los cuales se encuentran predominantemente bivalvos (44%) de tamaños variables de 3mm hasta 2 cm, estos presentan concha delgada recristalizada de calcita, se encuentran fracturados y alterados en los bordes, sin embargo, hay ejemplares que

presentan sus estructuras primarias preservadas. Algunos ejemplares de bivalvos se encuentran silicificados, hay reemplazamiento en los bordes. Se presentan también fragmentos de algas verdes (1%) de aproximadamente 0,5 mm de tamaño, estas se encuentran fracturadas y alteradas. En menor proporciones se encuentran Gasterópodos (1%) de 0,4 mm de longitud, se presentan fragmentados y recristalizados de calcita. Foraminíferos (1%) planctónicos de 0,2 mm de longitud. Espinas de equinodermos (1%) de tamaño 0,3 mm de longitud, formados por aragonito. Se presenta de igual manera material siliciclástico, granos de cuarzo de tamaño arena muy fina/limo, que se presentan subesfericos a subelongados y subredondeados a subangulares. La matriz corresponde a lodo calcáreo microcristalino (micrita) 5% y el cemento es de composición calcárea microesparita (47%).

Según la clasificación de Folk (1974) para rocas calcáreas basada en elementos texturales, la roca corresponde a una Caliza tipo I, una roca alquímica esparítica, correspondiendo a una Bioesparudita de bivalvos. De acuerdo con el espectro textural de los carbonatos de Folk 1974, la roca corresponde a una bioesparita no calibrada. Según la clasificación de Dunham (1962) de rocas calcáreas, la roca corresponde a una *Wackstone* de Bivalvos.

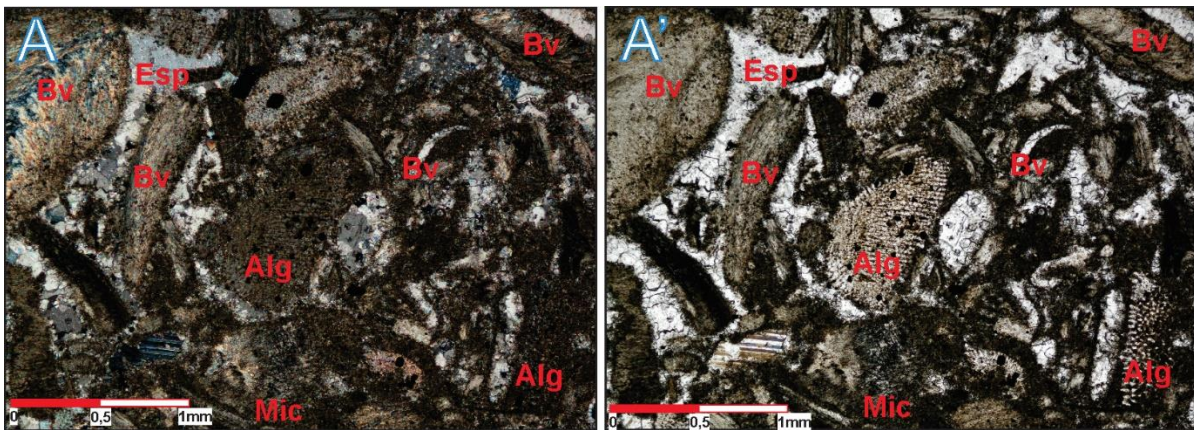


Fig. 32 Muestra AR-CV1. En la imagen A (Nicoles X aumento 5x) A' (Nicoles // aumento 5x) presencia de bivalvos y algas en una matriz micritica.

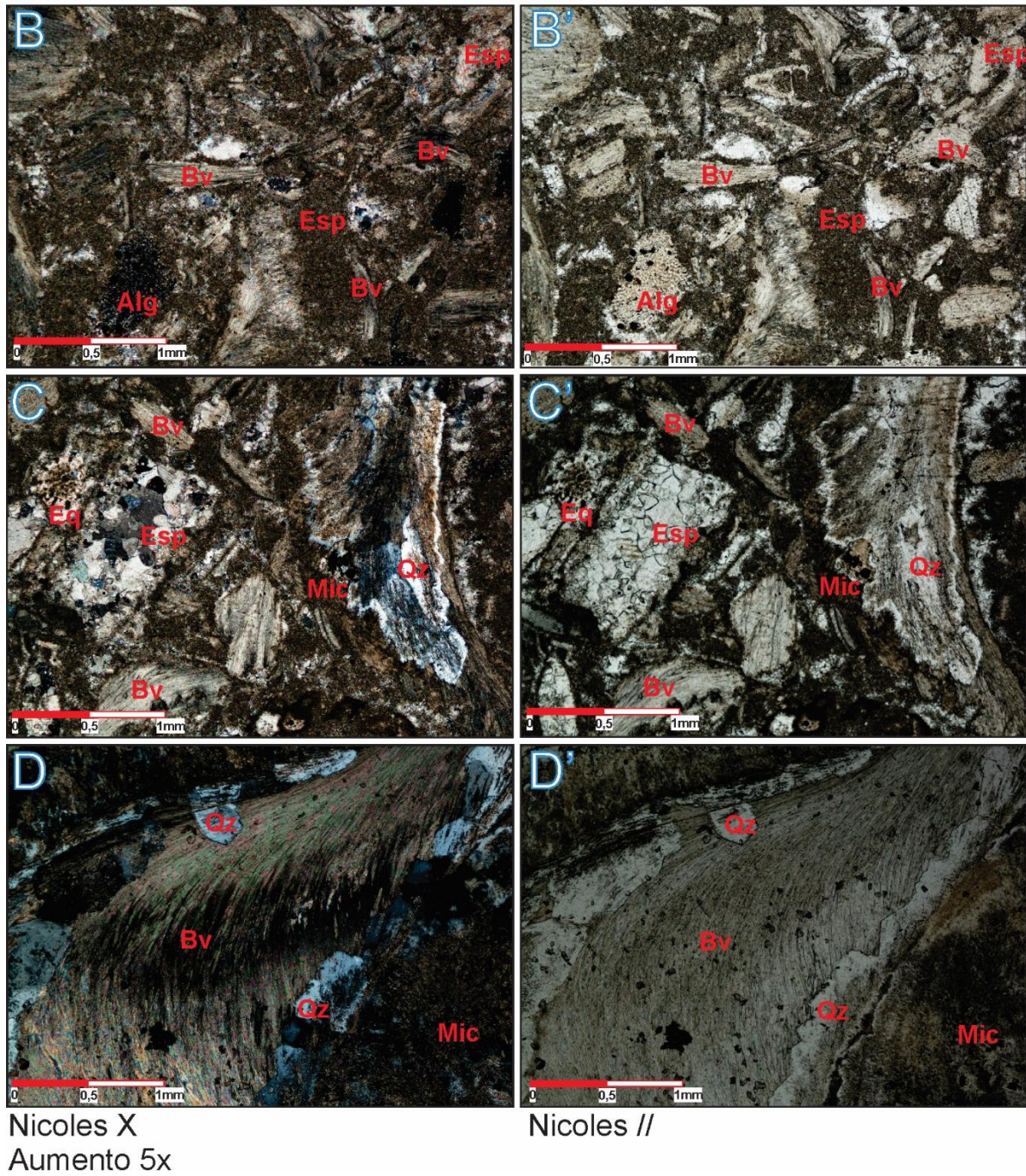


Fig. 33 Muestra AR-CV1. B (Nicoles X aumento 5x) B' (Nicoles // aumento 5x) presencia bivalvos y algas en una matriz micritica. En la imagen C (Nicoles X aumento 5x) C'(Nicoles // aumento 5x) presencia de equidermos y bivalvos. Se presenta un espécimen con silicificación. D (Nicoles X aumento 5x) D' (Nicoles // aumento 5x) bivalvo con Silicificación en los bordes.

**7.3.1.2 Análisis Petrográfico Muestra AR-CV2.** Roca calcárea (Fig. 34) de grano muy fino, compuesta predominantemente por microesparita 60%. Se observan fragmentos de bivalvos (5%) reemplazados por calcita de tamaños de hasta 0,5 mm de longitud. Esta roca presenta materia orgánica, dispuesta en laminas y también rellenando espacios de la microesparita.

Según la clasificación de Folk (1974) para rocas calcáreas basada en elementos texturales, la roca corresponde a una Caliza tipo III, una roca microcristalina, correspondiendo a una micrita fosilífera de bivalvos. De acuerdo con el espectro textural de los carbonatos de Folk (1974), la roca corresponde a una micrita fosilífera. Según la clasificación de Dunham (1962) de rocas calcáreas, la roca corresponde a una *Mudstone* de Bivalvos.

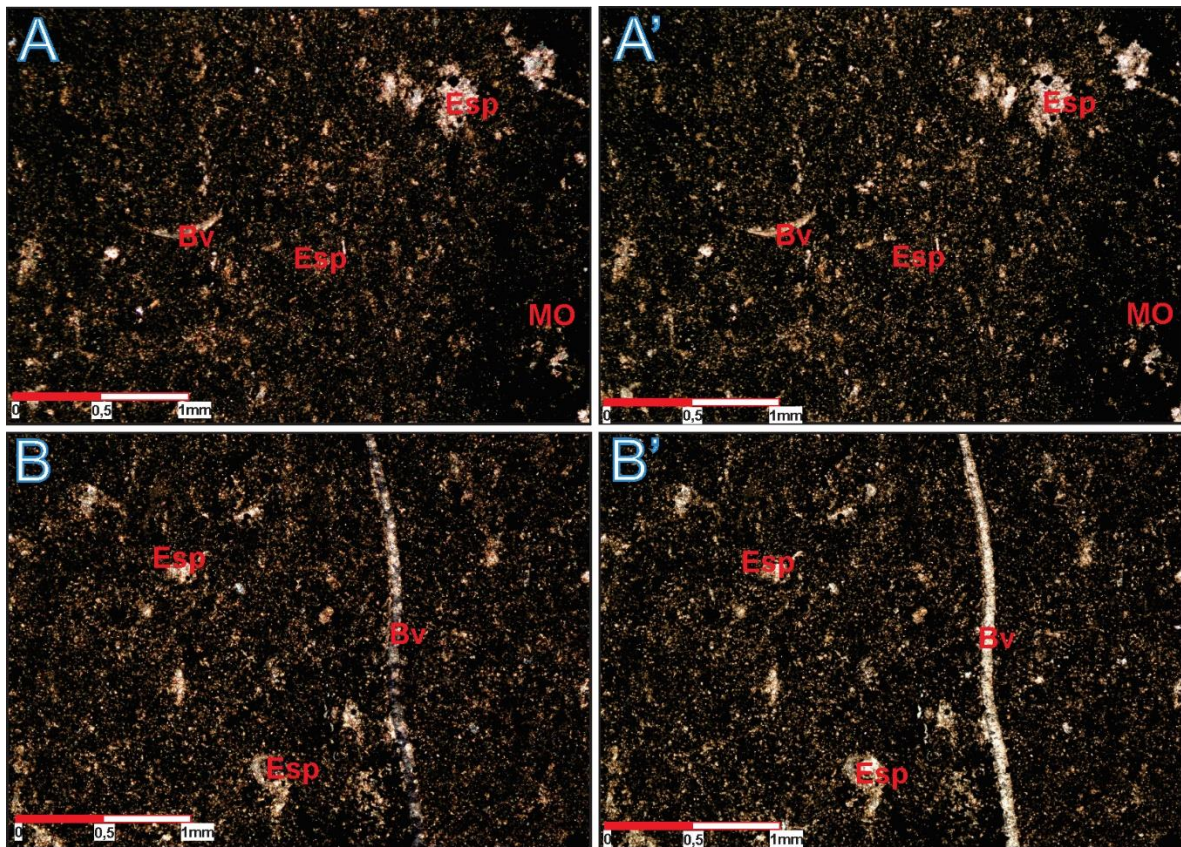


Fig. 34 Muestra AR-CV2. Mudstone de bivalvos, presencia de microesparita y materia Orgánica. Imágenes tomadas en un aumento de 5x. Imagen de la izquierda en nicoles X, imágenes de la derecha en nicoles //

## 7.4 Análisis de Facies

A continuación, se realiza el análisis de las facies determinadas en el estudio, correspondientes al levantamiento de tres columnas estratigráficas del contacto entre las Formaciones Rosablanca y Paja

**7.4.1 Facies 1: Wackestone de Bivalvos intercaladas con lodolitas calcáreas. (WbLc.)** Estas facies se desarrollaron en un ambiente marino somero de aguas cálidas saturadas en carbonato de calcio, con una tasa muy baja de aporte terrígeno, evidenciado en los granos de cuarzos presentes. Hubo cambios cíclicos de la energía en el ambiente representado en las intercalaciones entre las lodolitas y los *Wackestone*. Ambiente de baja energía que dio lugar a la precipitación del lodo dándose la generación a los paquetes de lodolitas y un aumento de la energía en el medio que permite la remoción del material fino y dar lugar a la precipitación química del carbonato para la formación de los paquetes de *Wackestone*.

En base a Fürsich (1973) y Flügel (2010), en esta secuencia se sugieren fondos blandos, con una tasa de sedimentación baja, altas concentraciones de oxígeno y carbonato de calcio que se evidencia por los *Thalassanoïdes* presentes en la base de las capas de lodolitas.

**7.4.2 Facies 2: Lodolitas físilas, micáceas intercaladas con areniscas de grano muy fino bioperturbadas y oxidadas. (LAmff)** Ambiente muy tranquilo, de baja energía en el que se dan las condiciones de precipitación de granos tamaño lodo y arcilla. Se presentó momentos en el que aumentó la energía del medio, dándose la precipitación de materiales un poco más gruesos. Es un medio oxigenado, de fondos blandos en la que se da la bioperturbación de organismos y formación de óxidos.

**7.4.3 Facies 3: Cuarzoarenitas de grano fino con presencia de oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con bioperturbación moderada. (Af)** Ambiente de energía moderada, el aporte tuvo poco transporte debido a la angularidad de los granos, un ambiente oxigenado que permite la formación de óxidos. La presencia de oolitos según Diaz & Eberli (2018), se sugiere un ambiente de aguas someras tropicales, saturadas, salinidad moderada y condiciones de ambiente de alta turbulencia, afectadas por corrientes que dan la generación de oolitos. Se evidencian moldes de equinodermos y algas fragmentadas, lo cual implica que tuvieron transporte y posteriormente influencia de fluidos que disolvieron los carbonatos y su posterior removilización del material.

**7.4.4 Facies 4: Cuarzoarenitas de grano muy fino con oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con intercalaciones de lodolitas altamente bioperturbadas. (AmffL)** Ambiente de energía moderada, el aporte tuvo poco transporte debido a la angularidad de los granos, un ambiente oxigenado que permite la formación de óxidos. La presencia de oolitos según Diaz & Eberli (2018), se sugiere un ambiente de aguas someras tropicales, saturadas, salinidad moderada y condiciones de ambiente de alta turbulencia, afectadas por corrientes que dan la generación de oolitos. Se evidencian moldes de equinodermos y algas fragmentadas, lo cual implica que tuvieron transporte y posteriormente influencia de fluidos que disolvieron los carbonatos y su posterior removilización del material.

Episodios de disminución de energía, aguas tranquilas, dando lugar a la precipitación de material tamaño lodo, un ambiente oxigenado, fondo blando y altas concentraciones de nutrientes que estimula la presencia de actividad biológica, evidenciándose en la alta bioturbación presente.

**7.4.5 Facies 5: lodolitas fisiles con intercalaciones de cuarzo areniscas de grano muy fino/wackes de oolitos con fragmentos de algas, equinodermos y gasterópodos. (LAmff)** Ambiente de baja energía, se da la precipitación de partículas de tamaño limo y arcillas. En base a

las relaciones bioclásticas, el aumento del contenido de oolitos sugiere un aumento en la salinidad, se mantienen las condiciones de alta turbulencia en un ambiente de aguas someras tropicales, con altas concentraciones en nutrientes.

**7.4.6 Facies 6: lodolitas negras físlas con intercalaciones de mudstone. (LMd)** Ambiente de baja energía, en un ambiente marino somero de aguas cálidas saturadas en carbonato de calcio, con una tasa muy baja de aporte terrígeno, donde se da la precipitación de las partículas tamaño limo y arcilla. Episodios con aumento en la energía del medio que lava el lodo que precipita y da lugar a la formación de mudstone. Ambiente oxigenado, rico en nutrientes. Se dio una alta tasa de enterramiento evidenciado en la preservación de la materia orgánica.

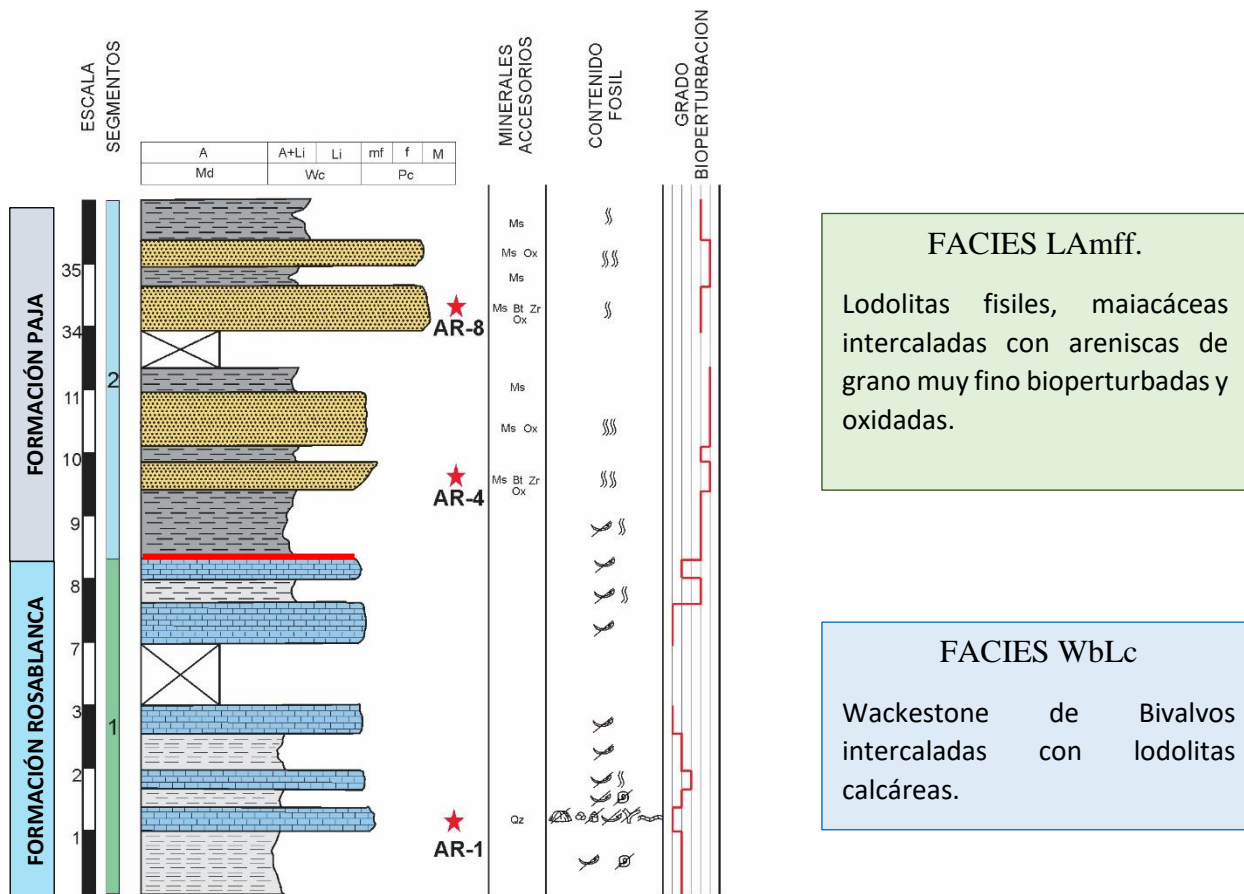
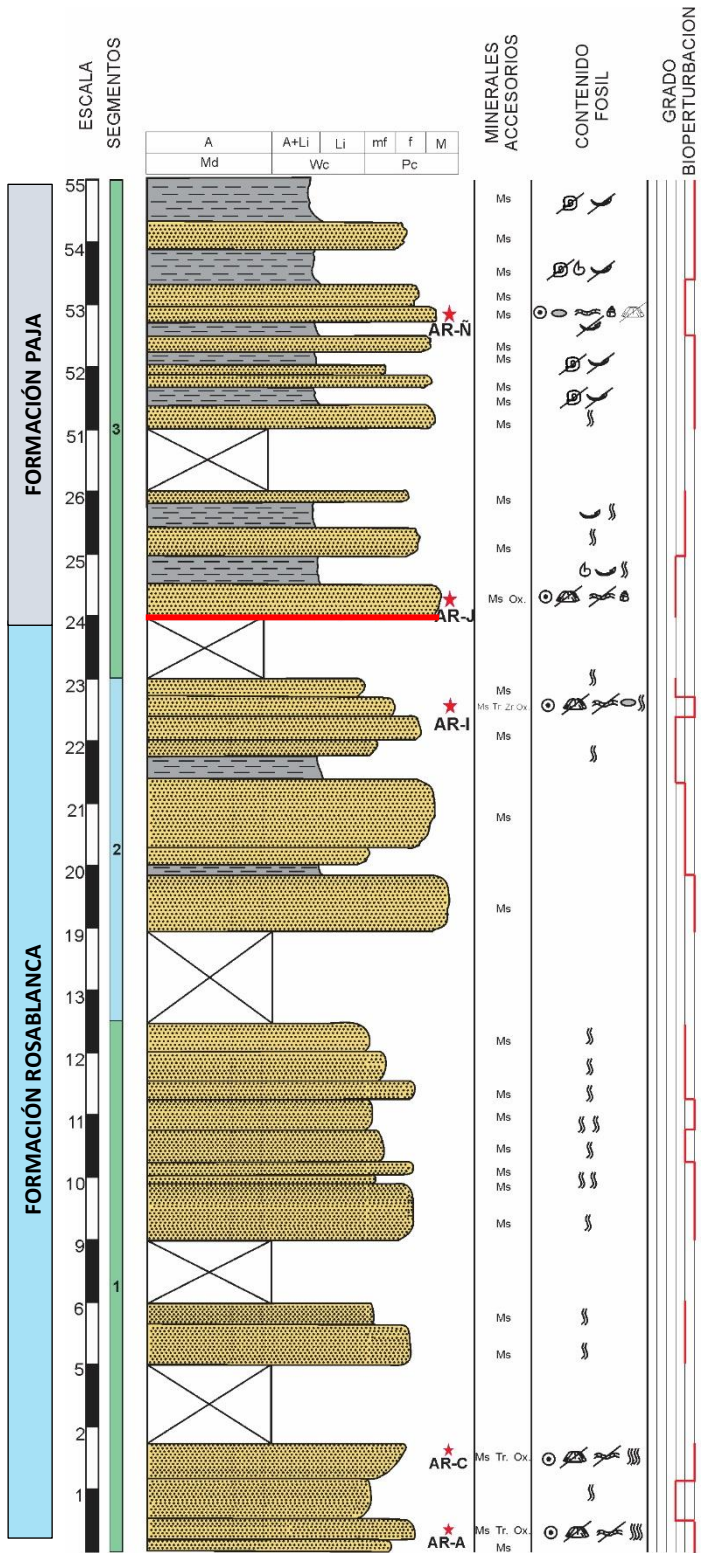


Fig. 35 Sección Galán, Análisis Facial



ESCALA 1:150

★ Sección Del

**FACIES Lamff.**

Lodolitas fisiles con intercalaciones de cuarzo areniscas de grano muy fino/wackes de oolitos con fragmentos de algas, equinodermos y gasterópodos.

**FACIES AmffL**

Cuarzoarenitas de grano muy fino con oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con intercalaciones de lodolitas altamente bioperturbadas.

**FACIES Af**

Cuarzoarenitas de grano fino con presencia de oolitos, fragmentos de equinodermos y algas con bioperturbación moderada.

Fig. 36 Sección Mirador de los Guanes, Análisis Facial

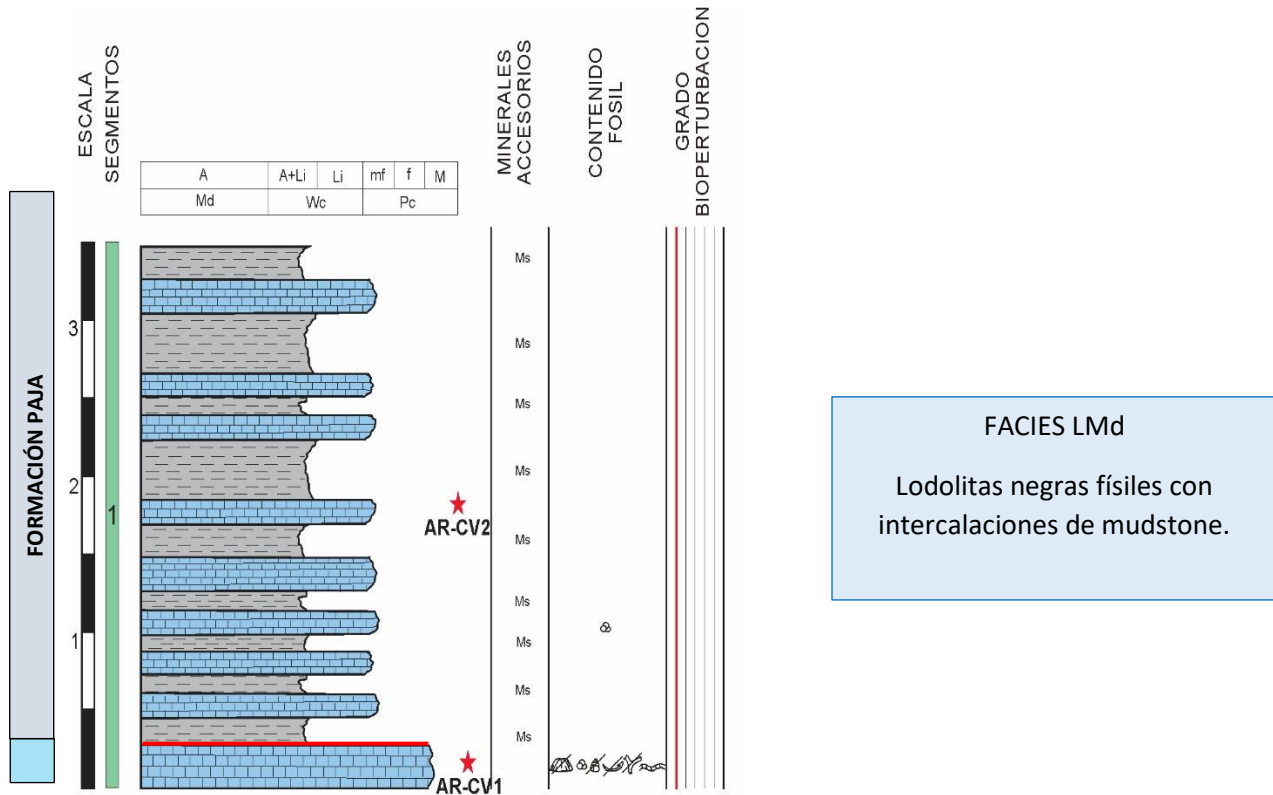


Fig. 37 Sección Cueva del Nitro, Análisis Facies

### 7.5 Condiciones y Ambiente de Formación

A partir del análisis sedimentológico y petrográfico desarrollado a lo largo del proyecto, se propone que las condiciones predominantes corresponden a un ambiente de Lagoon, albufera con flujo restringido por barreras.

Inicialmente se da progradación del material siliciclástico aportado por el continental en un medio acuoso somero, oxigenado, saturado, de energía moderada con influencia de olas. Estas condiciones son ideales para la formación de los oolitos presentes en las muestras. Se da un fondo blanco que presenta las condiciones para albergar vida y, por lo tanto, desarrollo de bioperturbación. Hacia la parte de la plataforma carbonatada, se presenta un ambiente marino somero de aguas cálidas saturadas en carbonato de calcio, con una tasa muy baja de aporte

terrígeno en un ambiente de baja energía que permite la deposición de las lodolitas calcáreas (Fig. 31 A).

Posteriormente comienza una etapa de transgresión. Continúa la sedimentación siliciclástica, hay intervalos con energía del medio variable, etapas de baja energía que permiten la sedimentación de materiales tamaño limo y ciclos con un incremento de energía permitiendo la deposición de materiales más gruesos (tamaño arena fina-muy fina). En la zona de la plataforma se presenta un incremento de la energía, dando origen a los wackestone de bivalvos (Fig. 31 B).

Continúa el proceso transgresivo, hay reducción en el aporte siliciclástico, comienza la deposición de materiales muy finos en un ambiente de baja energía, correspondiendo a las lodolitas fisiles, micácea. Este medio presenta un ambiente de energía baja, saturado con influencia de olas que continua con la formación de los oolitos hacia la parte del *lagoon*. Fondo blando, oxigenado que permite albergar vida, donde se presentan gasterópodos, bivalvos, foraminíferos, algas, entre otras. (Fig. 31 C). Posteriormente, las rocas presentan exposición y junto con interacción de fluidos se da la oxidación de roca, presentando matriz de lodos ferruginosos con presencia de óxidos y la disolución de los fósiles carbonaticos, dejando en el registro solamente los moldes.

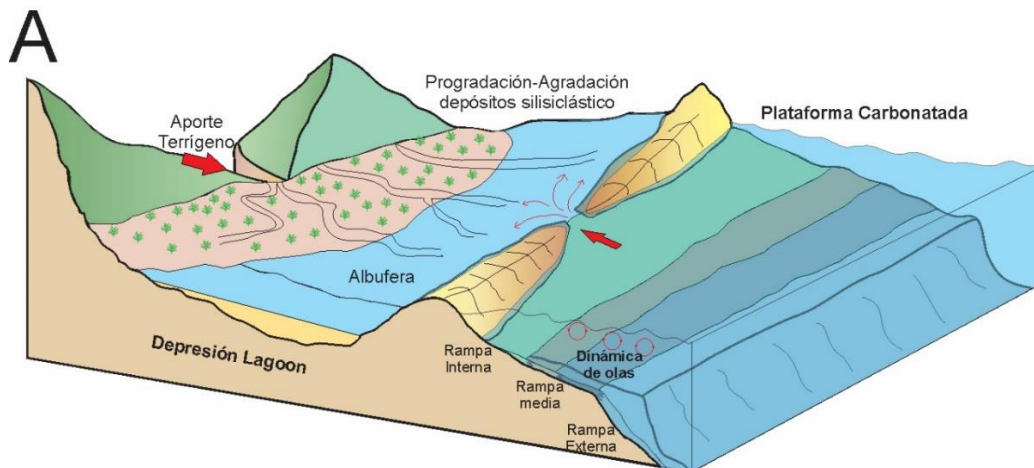


Fig. 38 Modelo del ambiente de deposición del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja

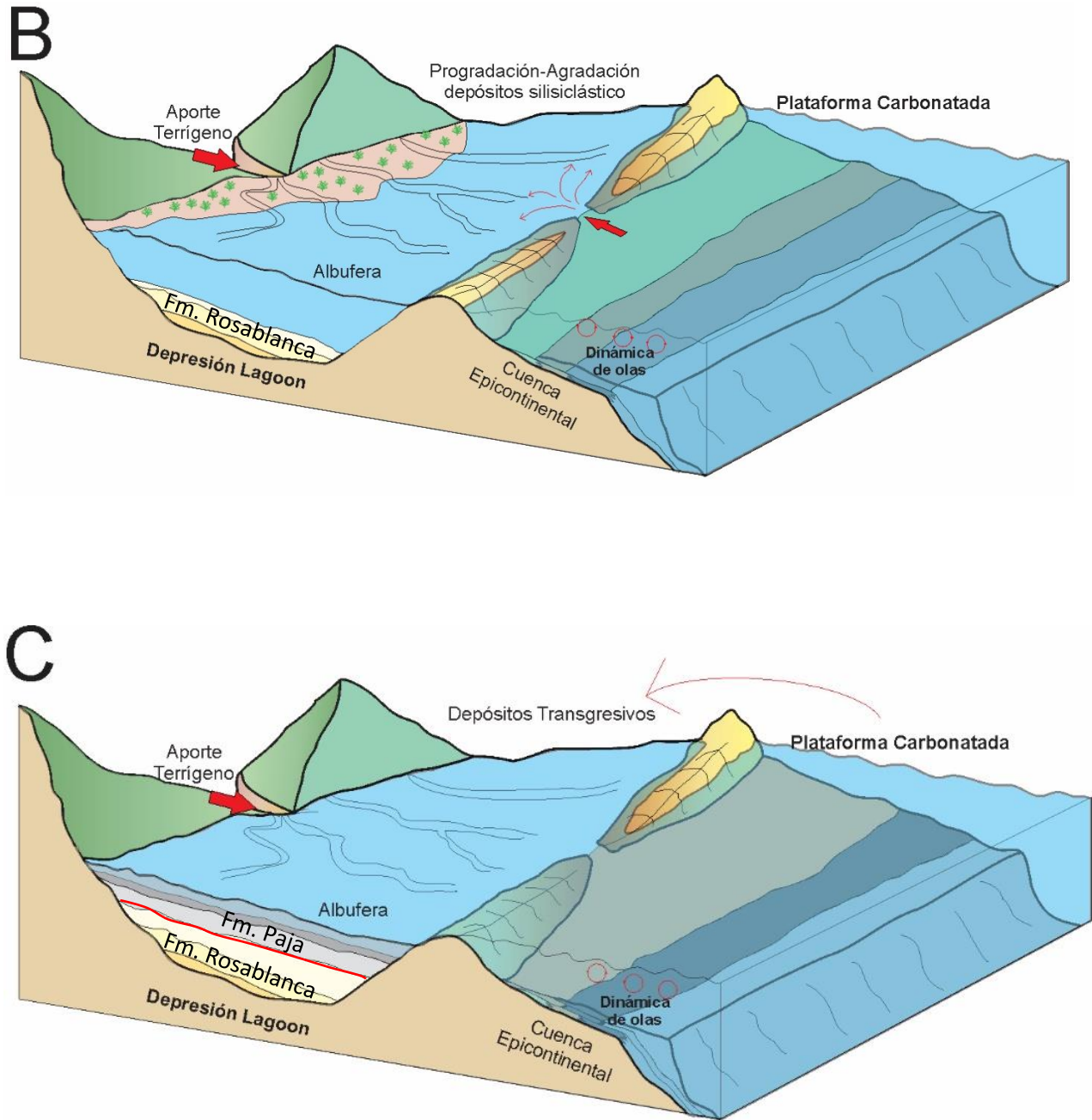


Fig. 39 Modelo del ambiente de deposición del tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja

## 8. Conclusiones

En base a los análisis sedimentológicos, estratigráficos, petrográficos y paleontológicos se determina que el contacto entre el tope de la Formación Rosablanca y la base de la Formación Paja no es homogéneo en la zona de estudio. Se observa hacia el este de la zona, en la sección Mirador de los Guanes, un contacto conforme, neto ubicado entre las areniscas de grano muy fino, micáceas, bioperturbadas con contenido fósil de equinodermos y fragmentos de algas y oolitos de segmento 1 y las limolitas y arcillolitas grisáceas, fisiles, micáceas con contenido fósil de equinodermos, algas, gasterópodos y oolitos ferruginosos del segmento 2 y 3. Hacia la parte central, en la sección Cueva del Nitro, el contacto es conforme, neto, entre las calizas (*Mudstone* de bivalvos con materia orgánica) y unas lodolitas negras, micáceas, ligeramente calcáreas. Hacia el oeste, en la sección Galán, se presenta un contacto neto, conforme, concordante entre las calizas (*Wackstone* de bivalvos) intercaladas con lodolitas calcáreas pertenecientes al segmento 1 con la secuencia de lodolitas grisáceas, fisiles, micáceas intercaladas con capas de arenisca cuarzosa muy fina, bioperturbadas y oxidadas del segmento 2.

El ambiente de formación corresponde a un sistema acuoso, saturado, de energía moderada a baja, con influencia de olas, un *Lagoon*, el cual el flujo se presenta restringido por barreras donde se precipita los materiales siliciclástico. Hacia la parte de la plataforma carbonatada se da la deposición de las rocas calcáreas en un depósito transgresivo de baja energía.

## 9. Recomendaciones

Realizar estudios petrográficos paleontológicos y geoquímicos a mayor detalle, en el cual se pueda dar mayor precisión a cómo se comporta el contacto, cómo es su transición y compararlo con otras zonas donde aflore el contacto entre la Formación Rosablanca y la Formación Paja.

### Referencias Bibliográficas

- Atuesta, D. (2018). Caracterización sedimentológica y bioestratigráficas del contacto entre las Formaciones Rosablanca y Paja en la Mesa de Barichara, Santander.
- Clavijo, J. & Royero, J. (2001): Mapa Geológico Generalizados Departamento de Santander. Memoria explicativa. INGEOMINAS pp.30,31
- Cruz, L.E. y Caballero, V.M. (2008). Guía de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS.
- Cruz, L.E y Mier, R. (2014). Cartografía de rocas sedimentarias. Guías de curso de campo 1. Bucaramanga, Colombia: Escuela de Geología, UIS
- Diaz, M. R., & Eberli, G. P. (2018). Decoding the mechanism of formation in marine ooids: A review. *Earth-science reviews*.
- Dunham, R. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: W.E. Ham (Ed.). Classification of Carbonate Rocks. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem,1, 108 – 121.
- ETAYO-SERNA, F. (1964): Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. - Boletín de Geología, UIS, Ns. 16-17, 142 p Bucaramanga
- Flügel, E. (2010). Microfacies analysis of Limestones. Springer – Verlag. Berlin Heidelberg New York. 984p
- Flügel, E. (1982). Microfacies analysis of Limestones. Springer – Verlag. Berlin Heidelberg New York. 633p

- Folk, R.L. (1974). Petrology of sedimentary rocks. Austin, Estados Unidos: Hemphill Publishing Company
- Guzmán, G. (1985): Los grifeidos intracretácicos *Aetostreon couloni* y *Ceratostreon boussingaulti*, de la Formación Rosablanca, como indicadores de oscilaciones marinas. - INGEOMINAS, Publ. Esp. N. 16, XII, 16 p., 2 lam., Bogotá.
- Huber, K. & Wiedmann, J. (1986): Sobre el límite jurásico-cretácico en los alrededores de villa de Leyva, Dpto de Boyacá, Colombia. Boletín Geología Colombiana No. 15, 1986, pp.81-92
- Morales, L. G. et al. (1958): General Geology and oil occurrence of Middle Magdalena Valley, Colombia. - En: Habitat of Oil, Simposium Amer. Assoc. of Petrol. Geol., p. 641-695, 29 fig. Tulsa.
- Munsell color. (2009). geological rock-color chart with genuine Munsell color chips. Michigan, Estados Unidos
- Patarroyo, P. (1997) Barremiano Inferior en la Base de la Formación Paja, Barichara, Santander-Colombia. Boletín Geología Colombiana No 22, octubre 1997
- Patarroyo, P. (2000) Distribución de Amonitas del Barremiano de la Formación Paja en el Sector de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia). Bioestratigrafía. Boletín Geología Colombiana No 25, diciembre, 2000
- Pemberton, S. G., Van Wagoner, J. C., & Wach, G. D. (1992). Ichnofacies of a wave-dominated shoreline.

- Pulido, O. (1979). Geología de las Planchas 135 y 151 Charalá, departamento de Santander. Informe 1802. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Minera. Ministerio de Energía y minas.
- Ward, D.E., Goldsmith., Jimeno, R., Cruz, J., Restrepo, H., y Gómez, E. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. Boletín Geológico, 21(1-3), 1-132.
- Wheeler, O.C (1935), Tertiary Stratigraphy of the middle Magdalena Valley. Proc. ACD. Mat. Science, Philadelphia. Vol 87, pp. 7-39
- Zamarreño de Julivert, I. (1963). Estudio petrográfico de las calizas de la Formación Rosablanca de la Región de la Mesa de los Santos. Boletín de Geología. Universidad Industrial de Santander, 15, 5-34