



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá, Colombia**

**Luis Antonio Obregón Cubillos**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Departamento Geociencias  
Bogotá D.C, Colombia  
2019



# **Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá, Colombia**

**Luis Antonio Obregón Cubillos**

Tesis o trabajo de investigación como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencias - Geología**

Director:  
Dr. *rer. nat.* Pedro Patarroyo

Línea de Investigación:  
Estratigrafía y sedimentología

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias  
Bogotá, Colombia  
2019



Dedicada a mis hijos Cynthia Lorena, Diana Sofía, José Luis y a mi esposa Maritza por su apoyo y comprensión



# Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento al director de esta tesis de maestría, Dr. *rer. nat.* Pedro Patarroyo, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas, por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde el momento que le participe mi intención de adelantar los estudios de maestría y aceptarme con humildad como tutor, ya que paso, de compañero de estudios en el bachillerato, en la Universidad, colegas a ser mi profesor durante esta odisea, que ha sido incomoda, pero enriquecedora tanto académica como intelectual.

Agradezco al profesor Juan Carlos Molano por brindarme su apoyo, facilitarme y ponerme a disposición los laboratorios de microscopia y separación de muestras.

Al profesor Carlos Sánchez por su dedicación y aportes en el estudio de las rocas calcáreas y reconocimiento de la microfauna e igualmente al profesor Carlos Zuluaga por la discusión de la geología de la región de Soata y Covarachia y al químico, profesor Ariel Cadena en su disertación y discusión de los procesos químicos de las sedimentitas rojas y micritas de aspectos nodulares.

Agradecimientos a la Ph. D. Pamela Díaz Saravia, trabaja en Paleontología, Paleobiología y Ecología con microfósiles del Carbonífero-Pérmico en la Fundación Miguel Lillo, Argentina, por su apoyo y aporte en la identificación de los ostracodos y ambiente paleoecológico.

Agradecimientos especiales a la Ph. D. Brenda Kirkland, profesora de geología del Departamento de Geociencias de la Universidad Estatal de Mississippi (MSU), por su valiosa colaboración en la identificación de las algas.

Al profesor Dr. Jorge Esteve del Departamento de Geociencias de la Universidad de los Andes por su apoyo en la identificación de los trilobites y al Dr. Alexis Roja por su acompañamiento en el campo e identificación de la macrofauna de braquiópodos.

Al profesor Dr. Miguel Torres Martínez del Instituto de Geología de la UNAM, Departamento de paleontología.

A los geólogos Cynthia L. Obregón, Giovanni Amézquita, Albert Cacua y al ingeniero civil José Luis Obregón que me acompañaron y ayudaron en el campo con los levantamientos de las columnas estratigráficas, cartografía geológica, colección de fósiles y muestras.

Muchas gracias a los amigos que me acogieron, acompañaron y brindaron su apoyo en las localidades de Chapetón y Carcasí.



# Resumen

Los depósitos del Paleozoico del Río Nevado se subdividen en tres segmentos que se caracterizan por un dominio siliciclástico hacia la parte inferior, calcáreo en la parte media y siliciclástico en la parte superior. El espesor obtenido en las secciones de El Totumo es de 334 m (límite Boyacá-Santander) y de Carcasí de 408 m (Santander).

Las relaciones del Paleozoico del Río Nevado permiten definir el límite de la base, reconocido en Carcasí, como un contacto neto con la unidad litoestratigráfica infrayacente, que probablemente pueda corresponder con la Formación Cucho, y el límite del techo con la suprayacente Formación Tibú-Mercedes (Cretácico inferior), contacto que es discordante.

Los depósitos del Paleozoico del Río Nevado se acumularon en un mar epicontinental como lo demuestra la sucesión sedimentaria y el recobro fósil de braquiópodos, bivalvos, gastrópodos, amonoides, trilobites, ostrácodos, corales tipo rugosa y tabulata, crinoideos, briozoos, conodontes, foraminíferos y algas.

El rango estratigráfico de los depósitos del Paleozoico del Río Nevado se establece como Pensilvaniano superior y Pérmico (Cisuraliano-Guadalupiano). El Pensilvaniano ya había sido determinado por fósiles de conodontes y braquiópodos, mientras que el novedoso registro del Pérmico se postula con base en el hallazgo de amonoides, trilobites y algas.

En esta investigación se sugiere formalizar la unidad litoestratigráfica del Paleozoico del Río Nevado como Formación Río Nevado, con base en una sección compuesta a partir de las sucesiones de El Totumo (Boavita, Boyacá-Macaravita, Santander) y Carcasí (Carcasí-Santander), ya que en Carcasí se identifica el límite de la base.

Se determina, además, que la extensión geográfica de los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado, se encuentran localizada al oriente de los ríos Chicamocha y Servitá.

Palabras claves: Paleozoico del Río Nevado, El Totumo, Carcasí, facies, mar epicontinental, Carbonífero, Pensilvaniano, Pérmico.

## Abstract

The deposits of the so-called Paleozoico del Río Nevado are divided in three segments, which are characterized by being mostly siliciclastic in the bottom part, calcareous in the middle and siliciclastic at the top of the unit. The thickness in El Totumo is 334 m (Boyacá-Santander limit) and in Carcasí is 408 m (Santander).

The relations of the Paleozoico del Río Nevado allow to define the base limit, recognized in Carcasí, as a sharp contact with the underlying lithostratigraphic unit, which may probably correspond to the Cuche Formation, and the upper limit with the overlying Tibú-Mercedes Formation (Lower Cretaceous), contact that is discordant.

The Paleozoico del Río Nevado deposits accumulated in an epicontinental sea as evidenced by the sedimentary succession and fossil recovery of brachiopods, bivalves, gastropods, ammonoids, trilobites, ostracodes, rugosa and tabulate-like corals, crinoids, bryozoans, conodonts, foraminifera and algae.

The stratigraphic range of the Paleozoico del Río Nevado deposits is established as Upper Pennsylvanian and Permian (Cisuralian-Guadalupian). The Pennsylvanian had already been determined by conodonts and brachiopods fossils, while the new Permian record is postulated based on the finding of ammonoids, trilobites, foraminifera and algae.

In this investigation it is suggested to formalize the lithostratigraphic unit of the Paleozoico del Río Nevado as Río Nevado Formation, based on a composed section from the successions of El Totumo (Boavita, Boyacá-Macaravita, Santander) and Carcasí (Carcasí-Santander), the last one where the base limit is identified.

It is also determined that the geographical extension of the Paleozoico del Río Nevado is located east of the Chicamocha and Servitá rivers.

**Keywords:** Paleozoico del Río Nevado, El Totumo, Carcasí, facies, epicontinental sea, Carboniferous, Pennsylvanian, Permian.

## Contenido

<b>Agradecimientos</b> .....	VII
<b>Resumen</b> .....	IX
<b>Abstract</b> .....	X
<b>Lista de Figuras</b> .....	XIII
<b>Lista de tabla</b> .....	XXIV
<b>Introducción</b> .....	1
<b>1. Antecedentes</b> .....	4
<b>2. Objetivos</b> .....	8
<b>2.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	8
<b>3. Localización del área de estudio</b> .....	9
<b>4. Metodología y Técnicas</b> .....	11
<b>5. Marco Geológico Regional</b> .....	14
<b>5.1 Unidades litoestratigráfica del Paleozoico</b> .....	14
<b>5.1.1 Formación El Tíbet</b> .....	15
<b>5.1.2 Formación Floresta</b> .....	15
<b>5.1.3 Formación Cuche</b> .....	16
<b>5.1.4 Paleozoico del Río Nevado</b> .....	17
<b>5.2 Unidades litoestratigráficas del Triásico-Jurásico</b> .....	17
<b>5.2.1 Formación Nogontova</b> .....	17
<b>5.2.2 Formación Girón</b> .....	18
<b>5.3 Unidades litoestratigráfica del Cretácico</b> .....	18
<b>5.3.1 Formación Río Negro</b> .....	18
<b>5.3.2 Formación Tibú-Mercedes</b> .....	19
<b>5.3.3 Formación Aguardiente</b> .....	20
<b>5.3.4 Formación Capacho</b> .....	20
<b>5.3.5 Formación La Luna</b> .....	21
<b>5.3.6 Formación Colón-Mito Juan</b> .....	21
<b>5.2 Depósitos del Cuaternario</b> .....	22
	XI

<b>6. Geología</b> .....	23
<b>6.1 Geología Estructural de Río Nevado</b> .....	23
<b>6.1.1 Anticlinal Río Nevado</b> .....	24
<b>6.1.2 Anticlinal El Totumo</b> .....	24
<b>6.1.3 Falla San Francisco</b> .....	25
<b>6.2 Geología Estructural Carcasí</b> .....	25
<b>6.2.1 Falla Carcasí</b> .....	25
<b>6.2.2 Falla El Tobal</b> .....	26
<b>6.2.3 Anticlinal del Río Tunebo</b> .....	27
<b>7. Litoestratigrafía del Paleozoico del Río Nevado</b> .....	28
<b>7.1 Columna estratigráfica Macaravita</b> .....	28
<b>7.2 Columna estratigráfica Boavita</b> .....	40
<b>7.3 Columna estratigráfica de El Puente El Totumo</b> .....	47
<b>7.4 Columna estratigráfica Carcasí</b> .....	53
<b>8. Facies</b> .....	66
<b>9. Asociaciones de facies</b> .....	81
<b>9.1 Asociación I</b> .....	81
<b>9.2 Asociación II</b> .....	82
<b>9.3 Asociación III</b> .....	83
<b>9.4 Asociación IV</b> .....	83
<b>9.5 Asociación V</b> .....	84
<b>10. Petrografía</b> .....	86
<b>11. Interpretación Ambiental</b> .....	103
<b>12. Modelo deposicional</b> .....	113
<b>13. Distribución de los fósiles en la sucesión estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado</b> .....	117
<b>14. Correlación de las unidades litoestratigráfica del Paleozoico del Río Nevado</b> .....	125
<b>15. Discusión</b> .....	129
<b>16. Conclusiones</b> .....	136
<b>Referencias</b> .....	139
<b>A. Anexo: Petrografía</b> .....	146

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa paleogeográfico del norte de Gondwana y el sur de Laurasia durante el Pensilvaniano-Pérmico. Tomado y modificado de Blakey (2003) .....	1
Figura 2. Mapa de ubicación de las sucesiones paleozoicas Carbonífero-Pérmico de Colombia.....	2
Figura 3. Registro esquemático de las sucesiones paleozoicas del Carbonífero-Pérmico en Colombia.....	3
Figura 1.1. Columna Estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado de los perfiles A y B de Stibane & Forero (1969) .....	5
Figura 3.1. Localización del área de estudio.....	9
Figura 6-1. Mapa geológico que muestra los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado (azul) antes del presente proyecto de investigación.....	23
Figura 6-2. Mapa geológico del Paleozoico del Río Nevado Municipios de Boavita-Boyacá, Macaravita. Santander.....	24
Figura 6-3. Panorámica del área de Carcasí que muestra la relación del Paleozoico del Río Nevado (Pz) con rocas del Cretácico (K).....	25
Figura 6-4. Mapa geológico del área de Carcasí. ....	26
Figura 7-1. Panorámica del afloramiento del Paleozoico del Río Nevado, sector Macaravita.....	28
...	
Figura 7-2a. Columna estratigráfica Macaravita del Paleozoico del Río Nevado, segmento inferior. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado.....	30
Figura 7-2b. Columna estratigráfica Macaravita del Paleozoico del Río Nevado, segmento medio. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado. ....	31
Figura 7-2c. Columna estratigráfica Macaravita del Paleozoico del Río Nevado, segmento superior. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado.....	32
Figura 7-3a. a) Estratos tabulares, delgados de arenita lodosa b) Estratificación ondulada paralela en estratos de arenita y arenita lodosa.....	33

Figura 7-3b. a) Laminación ondulada paralela continua, b) Estratos tabulares y cuneiformes de arenita lodosa, intercalados con capas de lodolita arenosa.....	33
Figura 7-4. a) Estrato mediano de oobioesparita, rojo, b) capas de aspecto nodular delgadas a medianas de micrita con capas muy delgadas de lodolita de color verde.	34
Figura 7-5. a) Capas de lodolita gris, laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela, por granulometría (laminación clara tamaño limo muy fino y laminación oscura, tamaño arcilla) b) Exposición del afloramiento conformado por estratos delgados a medianos de lodolita gris.....	34
Figura 7-6. Techo de las capas de arenita, a) Ondulas simétricas y huellas de reptación, icnofósiles, techo de la capa, b) Huellas de reptación e icnofósil.....	35
Figura 7-7. a) Intercalaciones de lodolita calcárea gris oscuro y micrita gris-rojizos, estratificación plana y ondulada paralela, b) Aspecto nodular de las intercalaciones de lodolita roja y micrita fosilífera, color gris rojizos. Los nódulos los recubre una pátina de color verde.....	36
Figura 7-8. a) Intercalación de estratos de lodolita gris-verdosa con estratos cuneiformes de micrita gris, b) Braquiópodo del género <i>Anticuatonia</i> ? sp.....	36
Figura 7-9. a) Potente banco de pelbioesparita y b) Bloque caído del banco de pelbioesparita y capas muy delgadas de lodolita roja. (T) techo del estrato, la elipse indica el sector donde se han colectado trilobites, espiriferidos, productidos, bivalvos y crinoideos.....	37
Figura 7-10. a) Lodolita roja con laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela discontinua por granulometría, color verde granos tamaño limo, b) Lodolita gris verdosa y roja, muestra laminación ondulada paralela continua y discontinua por color, estratos delgados a medianos cuneiformes de micrita gris oscuro (C).....	37
Figura 7-11. a) Lodolita gris con laminación plana paralela, por granulometría, laminas claras lodolita de grano muy fino y b) Lodolita gris verdosa y roja, muestra laminación ondulada paralela continua y discontinua por color, estratos delgados a medianos cuneiformes de micrita gris oscuro (C).....	38
Figura 7-12. a) Estratos de oncobioesparita beige e interestratificación de estratos muy delgados a delgados de micrita de formas nodulares y lodolita roja, b) Interestratificación de estratos muy delgados a delgados de micrita de formas nodulares con lodolita roja.....	38

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Figura 7-13. a) Afloramiento de estratos delgados a medianos de arenita, se observa la estratificación ondulada y hacia la base se observa superficies erosiva y b) muestra la estratificación inclinada curvada.....	39
Figura 7-14. Afloramiento del Paleozoico del Río Nevado, sector Boavita, se observa el Anticlinal del Río Nevado.....	40
Figura 7-15a. Columna estratigráfica Boavita del Paleozoico del Río Nevado, segmento inferior. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado.....	41
Figura 7-15b. Columna estratigráfica Boavita del Paleozoico del Río Nevado, segmento medio. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado.....	42
Figura 7-15c. Columna estratigráfica Boavita del Paleozoico del Río Nevado, segmento superior. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado.....	43
Figura 7-16. Panorámica que muestra el contacto (discordancia angular de bajo ángulo), entre las sedimentitas del denominado Paleozoico del Río Nevado con la Formación Tibú-Mercedes.....	47
Figura 7-17. Exposición del afloramiento del Paleozoico del Río Nevado en El Puente El Totumo.....	48
Figura 7-18. Columna estratigráfica Boavita del Paleozoico del Río Nevado, segmento medio y superior.....	49
Figura 7-19. a) Estratos de lodolita de color rojo con estratos de micrita de aspecto nodular de color beige rojizo, tipo griotte b) Aspecto de los nódulos calcáreos. Se observan estratos intercalados de lodolita roja y micrita de aspecto nodular.....	48
Figura 7-20. a) Estrato grueso de intramicrita gris-gris verdoso, b) Afloramiento indicando nivel fosilífero, <i>Composita</i> sp., lingúlidos, espiriferidos, orthidos, gastrópodos, bivalvos y trilobites.....	51
Figura 7-21. Afloramiento del puente El Totumo donde se aprecia la interestratificación de los niveles de biooesparita y biomicrita, de color beige rojizo con los niveles de lodolita roja y micrita de aspecto nodular, color beige. Los fósiles se localizan en la base o en el techo de los niveles de biooesparita y biomicrita, color beige rojizo.....	51
Figura 7-22. Columna estratigráfica de la parte inferior de la Formación Tibú-Mercedes en El Totumo.....	50
Figura 7-23. Panorámica de la relación estratigráfica y estructural de la unidad litoestratigráfica del denominado Paleozoico del Río Nevado con las rocas del Cretácico.....	52

Figura 7-24. a) Estrato de bioesparita arenosa con fósiles (ostreidos), roja ferruginosa cerca al contacto con rocas del denominado Paleozoico del Río Nevado, y b) acercamiento del estrato de caliza donde se muestran los fósiles de ostreidos hacia el techo de la capa.....	53
Figura 7-25. Panorámica de la exposición del denominado Paleozoico del Río Nevado en Carcasí. El símbolo del anticlinal indica el eje del Anticlinal Tunebo (aproximadamente), coincide con las sedimentitas rojas (probablemente corresponda con la Formación Cucho), es el núcleo del anticlinal. Hacia el occidente el trazo de la Falla Carcasí.....	54
Figura 7-26. Panorámica de la relación de las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado y las rocas del Cretácico. Se observa el trazo de la Falla Carcasí y aproximadamente 300 m, de la sucesión sedimentaria del Paleozoico cubierta por el casco urbano de Carcasí, vegetación y coluvión.....	54
Figura 7-27. Panorámica del Paleozoico del Río Nevado y las rocas del Cretácico que muestra el trazo de la Falla San Miguel. Fotografía tomada de norte a sur....	54
Figura 7-28a. Columna estratigráfica Carcasí. Anticlinal Tunebo, flanco occidental.....	55
Figura 7-28b. Columna estratigráfica Carcasí. Anticlinal Tunebo, flanco occidental.....	56
Figura 7-28c. Columna estratigráfica Carcasí. Anticlinal Tunebo, flanco occidental.....	60
Figura 7-28d. Columna estratigráfica Carcasí. Anticlinal Tunebo, flanco occidental.....	61
Figura 7-28e. Columna estratigráfica Carcasí. Anticlinal Tunebo, flanco occidental.....	62
Figura 7-29. a) Afloramiento de las sedimentitas rojas purpura, que expone la estratificación cuneiforme y tabular, b) Estratos de arenita roja purpura. Carcasí-Santander.....	57
Figura 7-30. La imagen muestra las características de la estratificación y laminación inclinada recta de la arenita roja purpura.....	57
Figura 7-31. La imagen muestra el contacto de la sedimentita roja purpura y la sedimentita gris-gris verdosa. En círculo verde, donde se colectaron los fósiles de braquiópodos. ....	58

Figura 7-32. Panorámica que muestra la relación de la unidad litoestratigráfica de sedimentitas rojas y el denominado Paleozoico Río Nevado, se observa el cambio morfológico entre estas unidades litológicas (contactos entre las sedimentitas rojas y el Paleozoico del Río Nevado, línea roja). Fotografía tomada de noroccidente a suroriente. Cortesía del Profesor Carlos Sánchez.....	58
Figura 7-33. Ilustración ampliada del contacto de las sedimentitas rojo purpura y el Paleozoico del Río Nevado. Cortesía Profesor Pedro Patarroyo.....	58
Figura 7-34. La imagen muestra los braquiópodos colectados en las lodolita gris-gris verdosa. <b>a)</b> Lingúlidos (discínidos) y orthidos y <b>b)</b> valva ventral de discínido <i>Orbiculoidea</i> sp. (comunicación escrita Miguel Torres) .....	59
Figura 7-35. Ondulas simétricas (a) y de interferencia (b) en los estratos de arenita lodosa de color rojo.....	63
Figura 7-36. <b>a)</b> Aspecto de la lodolita roja con micrita de aspecto nodular, <b>b)</b> Estratos de biooesparita.....	64
Figura 7-37. Icnofósil en la base del estrato de limolita.....	65
Figura 8-1. a) Impresión de planta y b ejemplares de cefalópodos.....	66
Figura 8-2. a). Ilustración de la laminación ondulada no paralela discontinua, alternancia de color rojo y verde en lodolita (verde por oxido ferroso?), b). Ampliación de la relación de lodolita roja y verde.....	67
Figura 8-3. Vista en planta de estructuras tipo wrinkle.....	67
Figura 8-4. <b>a)</b> Se observa laminación muy delgada de la comunidad bentónica microbiana (flechas amarillas), <b>b)</b> Estructura tipo “ <i>Kinneyia</i> ”, se caracteriza por crestas en forma sinuosas, separadas por crestas y fosas de igual tamaño y fondo redondeado con una disposición poligonal a hexagonal.....	68
Figura 8-5. Corte perpendicular a las estructuras tipo “ <i>Kinneyia</i> ” de la Figura 6-4b. Se observan las láminas de la comunidad bentónica microbiana.....	68
Figura 8-6. a) Sección delgada de laminación de comunidad bentónica microbiana, muestra de la foto (a) de la Figura 6-3, y b) Moteado de hematita que corresponde comunidad bentónica microbiana, obsérvese los granos de cuarzo “flotando” en la matriz de la lámina microbiana (flechas amarillas) .....	69
Figura 8-7. Diagrama ternario de la clasificación composicional (Folk 1974) de las arenita gris-gris verdosa y rojas del Paleozoico del Río Nevado.....	70

- Figura 8-8. **a**). Estratos de arenita de grano fino con laminación inclinada tipo hummocky (HCS), muestra los domos (hummocks), (flechas negras), y las superficies basal erosivas (Flechas verdes) y **b**) Se observa laminación subparalela o levemente inclinada de bajo ángulo (menor de 10°). En **a**) se observa el adelgazamiento de la capa con (HSC) hacia la lateral..... 70
- Figura 8-9. Estratificación ondulada paralela y laminación ondulada paralela y no paralela. **a**). Muestra las láminas de lodolita (gris oscuro), recubriendo las crestas y senos de las onduladas formadas en las arenita y **b**). laminación inclinada en las capas de arenita..... 71
- Figura 8-10. **a**) Ejemplos icnofósiles de repichnia, *Protovirgularia* isp., impresión de locomoción de bivalvos, *Cruziana* isp. y de cubichnia, *Asteriacites* isp..... 71
- Figura 8-11. Estructuras biogénicas fósiles. Clasificación etológica de las trazas fósiles (Modificado de Bromley, 1996 en Buatois et al., 2011). Domichnia (trazas de habitación), Repichnia (trazas de locomoción), Cubichnia (trazas de reposo), Agrichnia (trazas de cultivo o trampas de alimentación) y Pasichnia (trazas de pastoreo) ..... 72
- Figura 8-12. **a**) En la imagen ostrácodos (O) en muestra de biomicrita dispersa de ostrácodos, **b**) Ooides (Oo) en muestra de oomicrita dispersa, foraminífero-fusulinido (F). Se observa ooides micríticos con óxido ferruginoso, esféricos, elongados con corteza tangencial y rotos..... 73
- Figura 8-13. En las fotos se observa la película de micrita (color oscuro) que envuelve los bioclastos: **a**) Biooncoesparita pobremente lavada con textura grainstone de bioclastos y oncoides; los oncoide son redondeados, muestra fragmentos no reconocidos (Bc), ostrácodo (Os), oncoide (O) y cristal de ankerita (Ak), **b**) Bioooesparita pobremente lavada, se observa ostrácodo (Os)..... 74
- Figura 8-14. La placa exhibe formas y núcleos de los ooides, **a** y **b**) Ooides micríticos ferruginosos esféricos, subredondeados, ligeramente laminados con una película de esparita, núcleo de óxido de hierro (**a**) y fusulinido (**b**). Según la clasificación de Strasser (1986) son Tipo 1..... 75
- Figura 8-15. **a** y **b**) Ooides con cortezas finas y radiales finamente laminados, con la forma del bioclasto que constituye el núcleo (foraminífero, crinoideos, braquiópodo y fragmentos indeterminados). Tipo 3, Clasificación de Strasser... 75
- Figura 8-16. (a). Oncoide Tipo C, con núcleo de fragmentos de briozoos, (b). Oncoide Tipo R, con núcleo de fragmento esquelético indeterminado, están envueltos por láminas de algas (*Girvanella*) o cianobacterias e incrustaciones de foraminíferos, exhibe una forma irregular. En (**a**) se caracteriza por capas esferoidales apiladas concéntricamente, (**b**) consiste de capas semiesféricas dispuestas al azar, (**c**). el núcleo es un gastrópodo, se aprecia la disposición de

las capas (*Girvanella*, color café y cianobacterias, color negro) con incrustaciones de foraminíferos? y (d) núcleo de gastrópodo, rodeado por capas concéntricas irregulares de algas y cianobacterias..... 76

Figura 8-17. Peloides (P) de formas redondeadas, ovoidea y tabular alargados. Se observan bioclastos de gastrópodo (G), foraminífero (A) y coral solitario, tipo rugosa (C)..... 77

Figura 8-18. a) Estrato de intramicrita, b) Sección delgada del estrato de intramicrita. a), se observa el tamaño de los clastos que varía de arena muy gruesa a grava (6 cm.  $\phi$ ), angulares a subangulares, b) matriz de micrita y clastos de micrita (M), biomicrita empaquetada (W) y bioesparita bien seleccionada (P)... 77

Figura 8-19. Intraclasto de grainstone de ooides, (a), S.D ML-38, C.E.M., b) Clastos de micrita subredondeados..... 77

Figura 8-20. Se observan las intercalaciones paralela y levemente ondulada, de las capas discontinuas muy delgadas a delgadas de los nódulos de micrita (beige) y la lodolita roja, en b) muestra el aspecto nodular de la micrita. .... 78

Figura 8-21. La relación de los nódulos de micrita y lodolita roja es aproximadamente igual, se aprecia una interestratificación de estratos irregulares muy delgados a delgados de los nódulos de micrita beige y lodolita roja. En b) la parte inferior del banco interestratificado de micrita de aspecto nodular y lodolita, la lodolita es verde, en la parte superior los estratos de bioesparita y biomicrita, las capas de lodolita roja son muy delgadas discontinuas. Estos estratos calcáreos (bioesparita y biomicrita) con intercalaciones de capas muy delgadas de lodolita roja es donde se concentra la fauna fósil de trilobites, *Composita* sp., lingúlidos, orthidos, espiriferidos y gastrópodos. .... 78

Figura 8-22. Intercalaciones de estratos delgados a medianos de pelbioesparita con capas discontinuas muy delgadas de lodolita roja (a) y en (b) se aprecian capas de biomicrita (a) y bioesparita (b), continuas con capas muy delgadas de lodolita roja..... 79

Figura 8-23. La imagen muestra la interestratificación de estratos gruesos a muy gruesos de bioesparita y biomicrita y los niveles de textura griottes. .... 79

Figura 8-24. La gráfica muestra la intercalación de las capas de aspecto nodular de micrita y lodolita roja, (griottes). .... 80

Figura 8-25. Bloque diagrama que muestra la disposición de las capas de aspecto nodular de micrita con la lodolita roja, (griottes). .... 80

Figura 10-1. Constituyentes Mineralógicos de la muestra de lodolita de color gris-gris verdoso. .... 86

Figura 10-2. Sección delgada de la muestra de Lodolita de color gris-gris verdoso, granos de cuarzo tamaño limo medio a grueso, angulares y subangulares, se observa moteado de óxido de hierro paralelo a subparalelo a la laminación.....	87
Figura 10-3. Constituyentes mineralógicos de la muestra de lodolita de color rojo.....	87
Figura 10-4. Sección delgada de la muestra de lodolita de color rojo, se observan los óxidos de hierro en laminas discontinuas y diseminado.....	88
Figura 10-5. Micromosaico que muestra las láminas irregulares de óxido de hierro paralela al plano de estratificación y diseminado. Lodolita de color rojo....	88
Figura 10-6. Composición mineralógica de la arenita roja, arcosa lítica (Folk, 1974) o arenita arcósica (Pettijhon <i>et al.</i> 1973) .....	89
Figura 10-7. Arenita roja. Se observa el óxido de hierro (hematita) diseminado y en el borde de los granos el óxido de hierro los envuelve como una película (borde oscuro de los granos nicoles paralelos), además granos de minerales de cuarzo, circón, clorita y feldespatos sericitizados.....	89
Figura 10-8. Composición mineralógica de la arenita gris, arcosa lítica (Folk, 1974) o arenita arcósica (Pettijhon <i>et al.</i> 1973) .....	90
Figura 10-9. Arenita gris-gris verdosa, granos oscuros óxido de hierro, feldespato sericitizados.....	90
Figura 10-10. Clasificación composicional para las rocas calcáreas de las secciones delgadas analizadas del denominado Paleozoico del Río Nevado, modificado de Folk. 1980.....	91
Figura 10-11. <b>a)</b> Se observan granos completamente micritizados, película de micrita recubriendo los granos (Flecha roja) y granos recristalizados (flecha negra) en <b>b)</b> , se aprecia un foraminífero relleno de carbonato de hierro (F), muestra la película de micrita recubriéndolo y microfracturas rellenas de calcita. <b>a)</b> Oomicrita con textura wackestone de ooides y bioclastos.....	92
Figura 10-12. Las flechas rojas indican las zonas de disolución y cementación. <b>a)</b> muestra un grano esquelético de briozoo (B) y serpulidos (S). Micrita fosilífera con textura mudstone de bioclastos, <b>b)</b> se observa el corte de un braquiópodo (Br) y foraminífero (F). Oncomicrita con textura grainstone de oncooides y bioclastos.....	92
Figura 10-13. Las fotos muestran (flecha roja) los estilolitos observados en las rocas calcáreas de Río Nevado, en <b>b)</b> atraviesa un grano de briozoo, En <b>a)</b> , corte	

de un bivalvo (Bi) y <b>b</b> ), bioclasto de briozoo (B). <b>a</b> ) Biomicrita con textura wackestone de bioclastos.....	93
Figura 10-14. La imagen muestra micrita (M), microesparita (Me) y seudoesparita (Se). <b>a</b> ) Intramicrita con textura mudstone.....	93
Figura 10-15. En <b>a</b> y <b>b</b> ) se observan los cristales de dolomita (D), estilolito de presión-solución (E) y microfracturas rellenas con calcita y bioclastos recristalizados.....	94
...	
Figura 10-16. En <b>a</b> ) bioclasto u oncoide completamente silicificado y <b>b</b> ) oncoides parcialmente silicificados.....	94
Figura 10-17. <b>a</b> ) Ostrácodo (O), donde se aprecia la estructura geopetal (G), indica polaridad del estrato, en este caso la base de la capa hacia la esquina del lado derecho y <b>b</b> ) El microfósil de la imagen puede ser un cefalópodo o gastrópodo, clastos microproblemático (Ch) y estilolito, producto de presión-solución (E), el borde del microfósil es de ankerita, igualmente el estilolito, relleno del mismo material.....	95
Figura 10-18. <b>a</b> ) Artejo de crinoideo o alga (Cr)? S.D: ML-6. Nícoles paralelos 2X, <b>b</b> ) Foraminífero de la Familia Nodosinellidae (F), gastrópodo (G), calciesfera (C), tubo de serpulido (S) y fragmento de braquiópodo (Fb).....	95
Figura 10-19. <b>a</b> ) Foraminíferos de la Familia Endothyridae, (F <sub>1</sub> y F <sub>2</sub> ) .....	95
Figura 10-20. <b>a</b> ) Se contemplan briozoos trepostomados (Bt) y fenestratenado (Bf), bioclasto como “problemático” no identificable (P) y materia orgánica en el borde del bioclasto (Mo), y <b>b</b> ) Ooides (Oo), con laminación tangencial con núcleos de ostrácodo (O) y foraminíferos, (F).....	96
Figura 10-21. <b>a</b> ) Ejemplar del género <i>Globivalvulina</i> (cf Vachard <i>et al.</i> 2015), (F). <b>b</b> ) espina de equinodermo (E).....	96
Figura 10-22. <b>a</b> ) Cáliz de crinoideo y conodonte? (Co), S.D: ML-33, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 10X. <b>b</b> ) briozoo trepostomado (Br).....	96
Figura 10-23. <b>a</b> ) Ejemplar de fusulinido (F), y conodonte (C). S.D: MT-4, C.E El Totumo. Nícoles paralelos 4X y <b>b</b> ) Fragmento de trilobite (T), los bioclastos muy recristalizados.....	97
Figura 10-24. <b>a</b> ) Algas verdes dasicladaceas, <b>b</b> ) espina de equinodermo (E), alga dasicladaceas (A), foraminífero (F) y clasto indeterminado (C).....	97
Figura 10-25. <b>a</b> ) Ejemplar de un oncoide Tipo C (O), laminas concéntricas regulares de algas (láminas café claro) y cianobacterias (láminas oscuras), envolviendo un foraminífero del género <i>Tuberitina</i> (cf. BouDagher, 2018) .....	97

Figura 10-26. <b>a)</b> Oncoide con núcleo de gastrópodo (G), foraminíferos incrustado densamente espaciados en las láminas de algas y cianobacterias (F, indicados por la flecha roja), <b>b)</b> fragmento de briozoo (Br), oncoides con núcleos de foraminífero (Of), oncoide (Ot) y peloides (P).....	98
Figura 10-27. Diversos ejemplares de fusulinidos.....	98
Figura 10-28. <b>a)</b> ooides con núcleos de gastrópodo (G), cáliz de crinoideos y bioclastos de crinoideos (C) y fragmentos indiferenciados recubiertos con película de micrita, <b>b)</b> Bivalvo (B), espina de braquiópodo (Eb), fragmento de crinoideo (Cr), algas (A).....	99
Figura 10-29. Algas probablemente filoidales.....	99
Figura 10-30. <b>a)</b> Algas filoidales? (Ap), alga dasycladaceas (Ad), tubo de serpulido (Tg) y fragmento de braquiópodo, <b>b)</b> Conodonte (C), tubo de serpulido (Tg) y esponja (S).....	100
Figura 10-31. <b>a)</b> tubo de serpulido (Ts), briozoo trepostomado (Br), <b>b)</b> briozoo rhabdomesido? (los poros externos forman un patrón de superficie de un rombo), oncoide (O), <b>c)</b> coral colonial y <b>d)</b> escleritos de holoturias (Eh) y placa de crinoideo (C), tubo de serpulido (Ts).....	100
Figura 10-32. <b>a)</b> Esponja (S), <b>b)</b> Alga o foraminífero (Ad), ooides (Oo), <b>c)</b> Foraminífero fusulinido (F), oncoide (O) y <b>d)</b> foraminífero (F).....	101
Figura 10-33. <b>a)</b> Foraminífero (F), Familia Nodosinellidae, algas dasycladaceas (Ad), <b>b)</b> <i>Ammovertella</i> (cf. Yarahmadzahi & Vachard, 2017) (M), <b>c)</b> ooides (Oo) y oncoides (O) y <b>d)</b> placas de crinoideos (C), foraminífero fusulinidos (F) y ostrácodo (O). .....	101
Figura 10-34. <b>a)</b> Ejemplar de foraminífero (F), placa de crinoideo (C), ooide con estructura radial (Oo y O), <b>b)</b> foraminífero (F), ooide (Oo), <b>c)</b> esponja (S) y <b>d)</b> briozoo (Br) y placa de crinoideo (C).....	102
Figura 10-35. <b>a)</b> y <b>b)</b> intraclastos.....	102
Figura 11-1. Ambiente de sedimentación de la sucesión del Paleozoico del Río Nevado.....	
Figura 12-1. Modelo esquemático del ambiente de depositación de los sedimentos que formaron las rocas del Paleozoico del Río Nevado.....	115
Figura 13-1. Imágenes de los braquiópodos más representativos del Paleozoico del Río Nevado. 1- <i>Composita</i> cf. <i>elongata</i> Dumbar & Condra, 1932, 2- <i>Composita</i> cf. <i>ovata</i> Mather, 1915, <i>Composita</i> cf. <i>subtilita</i> Hall, 1852, 4-	

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

<i>Anticuatonia</i> ? sp., 5- <i>Derbyia</i> cf. <i>crassa</i> Meek & Hayden, 6- <i>Anthracospirifer</i> sp., 7 y 8- <i>Neospirifer</i> sp.....	116
Figura 13-2. Imagen de las amonitas del Paleozoico del Río Nevado de la Familia Adrianitidae <i>Aricoceras</i> o <i>Sosiocrimites</i> (Patarroyo <i>et al.</i> , 2019) .....	117
Figura 13-3. Alga Dasicladaceas <i>Mizzia</i> sp. (Kirkland comunicación escrita). S.D: ML-35, C.E Macaravita, 184 m.....	118
Figura 13-4. <i>Pseudoepimastopora pertunda</i> (Endo, 1960), del Pérmico inferior. (Kirkland comunicación escrita). S.D: MT-6. Columna estratigráfica El Totumo, 204 m.....	119
Figura 13-5. (1, 2, 3, 4)- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>delicatus</i> , Gunnell., (5)- <i>Gnathodus</i> cf. <i>bassleri</i> , Lane. Muestras RNPT-3, C.E Puente El Totumo. (Muestra Stibane AF-18) y (5 comparable con Rabe) .....	120
Figura 13-6. (1, 3)- <i>Ozarkodina</i> sp., 2- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>delicatus</i> , Gunnell., (4)- <i>Hindeodella</i> sp., (5)- <i>Hindeodus</i> sp. 1 a 4 Muestras RNPT-3., 5 Muestra RNPT-4. C.E Puente El Totumo.....	120
Figura 13-7. (1)- <i>Rhachisthognathus</i> sp., (2)- <i>Idiognathodus</i> sp., (3)- <i>Streptognathodus</i> cf. <i>elongatus</i> , Gunnell, (4)- <i>Ozarkodina</i> sp., (5)- <i>Hindeodus</i> sp. 1 y 2 Muestra RNPT-4 (16 y 17 Stibane). 3, 4 y 5 Muestra RNPT-5 (18 y 19 Stibane). .....	120
Figura 13-8. (1)- <i>Streptognathodus</i> sp., (2)- <i>Cavusgnathus</i> sp., (3)- <i>Cavusgnathus</i> cf. <i>regularis</i> , Youngquist & Miller, (4)- <i>Ozarkodina</i> sp., (5)- <i>Hindeodella</i> sp.1, 2, 3, 4 y 5 Muestra RNPT-5.....	121
Figura 13-9. (1)- <i>Idiognathodus</i> sp., (2)- <i>Gnathodus</i> sp., (3)- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>meeckerensis</i> , Murray & Chronic, (4)- <i>Hindeodella</i> sp., (5)- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>meeckerensis</i> , Murray & Chronic. 1 Muestra RNPT-5. 2,3,4 y 5 Muestra RNPT-6. (Muestras 18,19 y 20 Stibane) .....	121
Figura 13-10. (1)- <i>Streptognathodus</i> cf. <i>mucronatus</i> , Youngquist & Downs, (2)- <i>Cavusgnathus</i> cf. <i>regulari</i> , Youngquist & Downs, (3)- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>delicatus</i> , Gunell, (4)- <i>Streptognathodus</i> sp., (5)- <i>Streptognathodus</i> cf. <i>colombiensis</i> , Stibane. (1,2,3 y 4 Muestra RNPT-7). (5 Muestra RNPT-8) .....	121
Figura 13-11. (1)- <i>Cavusgnathus</i> cf. <i>regularis</i> , Youngquist & Miller, (2)- <i>Idiognathodus</i> cf. <i>meeckerensis</i> , Murray & Chronic, (3)- <i>Streptognathodus</i> cf. <i>asymmetricus</i> , Stibane), (4)- <i>Streptognathodus</i> sp., (5)- <i>Hindeodus</i> sp. Muestras RNPT-8 (1,2 y 3) y RN-14 (4,5 y 6).....	122

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Figura 13-12. (1)- <i>Idiognathodus</i> sp., (2)- <i>Gnathodus</i> sp., (3)- <i>Idiognathodus</i> sp., (4)- <i>Idiognathodus</i> sp., (5)- <i>Streptognathodus</i> sp. (1, 2, 3 y 4 Muestra RN-14. (5) Muestra RN-17.....	122
Figura 13-13. Ubicación de los fósiles y distribución en la columna estratigráfica compuesta del Paleozoico del Río Nevado. Columnas estratigráficas Macaravita, El Totumo y Boavita.....	123
Figura 14-1. Litocorrelación de las columnas estratigráficas entre la sección El Totumo y Carcasí.....	125
Figura 14-2. Columna estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo. Sección de Carcasí.....	127
Figura 15-1. Litocorrelación columnas estratigráficas del Paleozoico del Río Nevado. Sección El Totumo.....	129
Figura 15-2. Columna estratigráfica general de la Formación Río Nevado. Sección El Totumo.....	130
Figura 15-3 a) Exposición de los conglomerados rojos, en la quebrada El Muerto y b) detalle de los estratos de conglomerados de esta unidad.....	133
Figura 15-4. Panorámica que muestra la disposición de la unidad litoestratigráfica de conglomerados rojos que superpone a la unidad litológica metamórfica (filitas grises). El trazo de la línea amarilla muestra el contacto entre estas dos unidades litológicas.....	133

## Lista de tabla

Tabla 15-1. Resumen de los espesores de los segmentos y de las columnas estratigráficas medidas.....	128
--	-----

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre  
Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

## Introducción

El registro estratigráfico del Carbonífero- Pérmico de Colombia ha sido poco documentado, en muchos casos con afloramientos aislados, con características sedimentológicas que varían de lugar a lugar, probablemente debido a las condiciones paleoambientales durante la formación de Pangea o erosionados posteriormente por levantamientos de procesos orogénicos, por lo que muchos de sus atributos de depositación desaparecieron del registro geológico.

Durante el Paleozoico más alto, desde el punto de vista estratigráfico y sedimentológico, sucedieron eventos que transformaron la historia de la tierra durante la conformación de Pangea, en la que se formaron amplias cuencas de sedimentación en mares parcialmente restringidos entre Laurasia y Gondwana, donde se depositaron las sucesiones sedimentarias. Figura 1.



Figura 1. Mapa paleogeográfico del norte de Gondwana y el sur de Laurasia durante el Pensilvaniano-Pérmico. Tomado y modificado de Blakey (2003). La estrella amarilla-roja muestra la localización del Paleozoico del Río Nevado y ubicación de afloramientos en Colombia y Venezuela (1-Rio Seco, 2-Manaure, 3-Bucaramanga, 4-Batá, 5-Quetame 6-La Jagua, 7- Floresta y 8-Palmarito (Venezuela).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Los afloramientos del Carbonífero-Pérmico de Colombia están restringidos a la cordillera Oriental (incluida la Serranía del Perijá) y Sierra Nevada de Santa Marta (Forero 1970), los cuales han sido descritos por varios autores como Dickey (1941), Trumpy (1943), Forero (1967, 1969 y 1970), Rabe (1974), Villarroel & Mojica (1987) y por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en los Proyectos de Cartografía Geológica. Figura 2 y Figura 3.

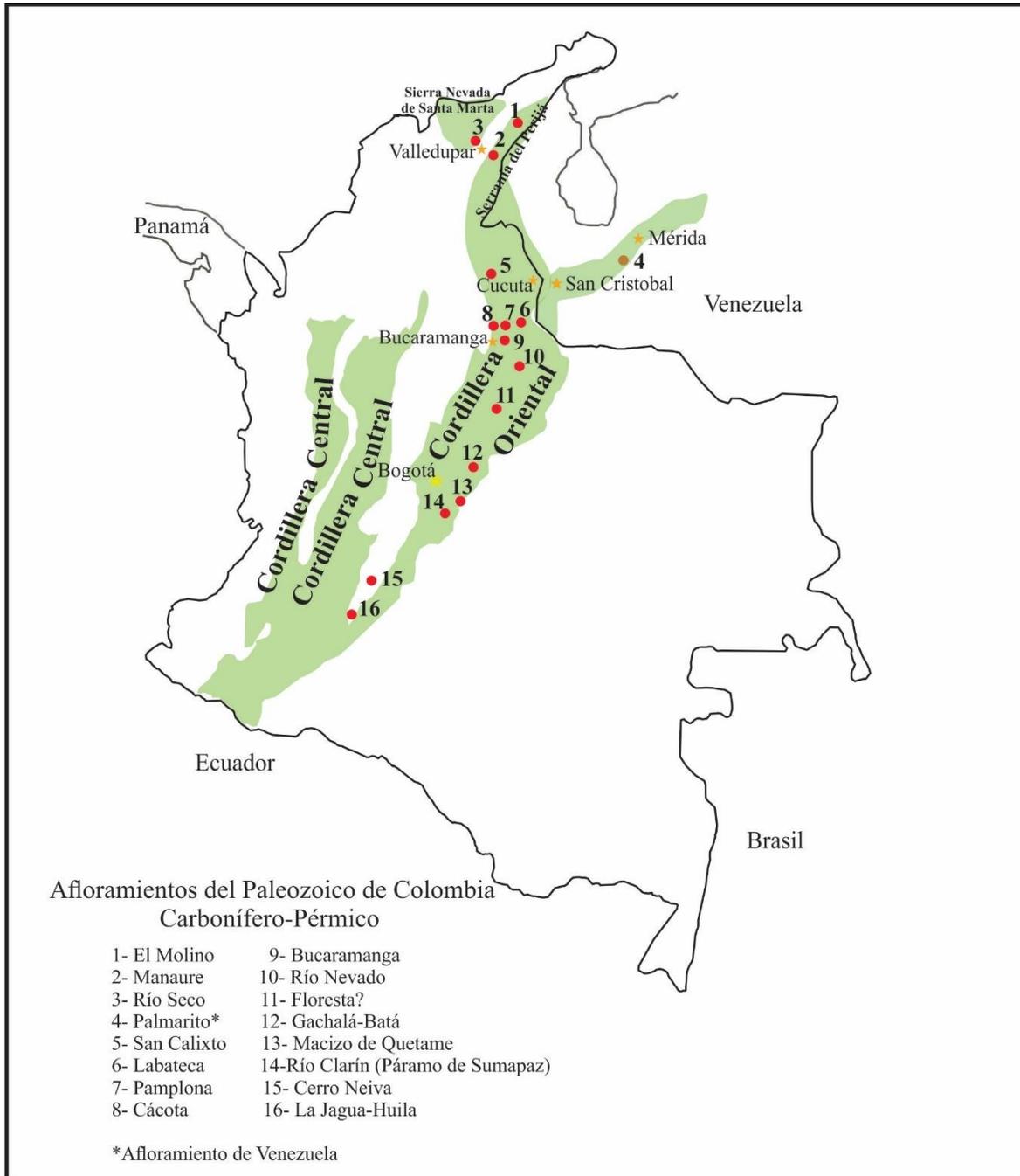


Figura 2. Mapa de ubicación de las sucesiones del Carbonífero-Pérmico de Colombia, los números corresponden a la localización de los registros en la Figura 1. Tomado de Mojica & Villarroel (1984).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

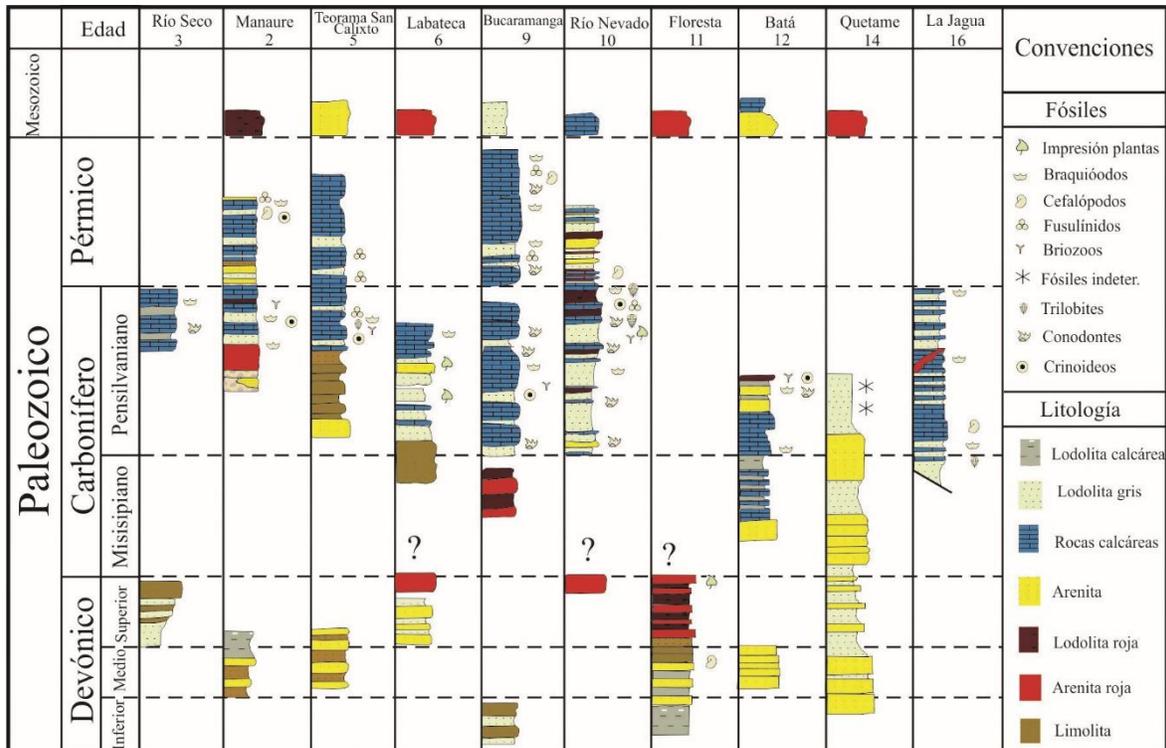


Figura 3. Registro esquemático de las sucesiones del Carbonífero-Pérmico en Colombia. Los números corresponden a la localización del mapa de la Figura 2. Tomado y modificado de Villarroel & Mojica (1987).

Las investigaciones de las rocas del denominado Paleozoico del Río Nevado llevadas a cabo por Stibane (1967), quien determinó el rango estratigráfico como “Desmoinesiano” (Moscoviano-Kasimoviano) con base en la preponderancia de microfauna de *Idiognathodus*. Posteriormente, Stibane & Forero (1969) determinan que el ambiente de depositación correspondería a una zona marina poco profunda, comparable con zonas de manglares; y con base en la macrofauna de braquiópodos, el rango estratigráfico estaría por arriba del “Desmoinesiano” con probabilidad de alcanzar el Pérmico. En las cartografías geológicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), realizada por Vargas *et al.* (1981), mapean una serie de afloramientos como Paleozoico del Río Nevado en localidades como Susacón, Soata, Covarachia, Boavita (Boyacá), Macaravita y Carcasí (Santander). Cardozo *et al.* (2016), cartografían en Carcasí, la unidad litoestratigráfica paleozoica (Plancha 136 II), la cual correlacionan con el denominado Paleozoico del Río Nevado y mencionan que a este lo suprayace la Formación Tibú-Mercedes del Cretácico en contacto discordante.

En la presente investigación se describen las sucesiones sedimentarias de dos afloramientos del denominado Paleozoico del Río Nevado, localizados en Boavita (Boyacá)-Macaravita, (Santander), sección El Totumo y en Carcasí (Santander), sección de Carcasí. En la primera localidad se levantaron tres (3) columnas estratigráficas y en la segunda una (1) columna estratigráfica.

## 1. Antecedentes

Los afloramientos del Carbonífero-Pérmico en Colombia, son ventanas de exposiciones sedimentarias aisladas a lo largo de los flancos oriental y occidental de la Cordillera Oriental, Sierra Nevada de Santa Marta y además en la Serranía de Mérida en Venezuela.

Estas sedimentitas de la parte superior del Paleozoico han sido registradas de manera muy general y en muchos casos vaga, lo que dificulta realizar correlaciones estratigráficas por la variación de las sucesiones de localidad a localidad o por su alto grado de deformación tectónica. Por tal razón, existen lagunas de la historia geológica, concerniente a este periodo, que deben ser resueltas.

La sucesión sedimentaria del denominado Paleozoico del Río Nevado fue reportada por primera vez por Stibane & Forero (1969), que por el contenido micro y macrofaunístico indicaba el Carbonífero superior. Describen un afloramiento paleozoico de un (1) km. de exposición, el cual forma el núcleo de un amplio anticlinal y mencionan que la parte superior de la sección está bien expuesta en el puente El Totumo, vía que conduce de Capitanejo-Santander a El Cocuy-Boyacá, donde atraviesa el río Nevado.

Levantaron dos (2) columnas estratigráficas, una en el lado norte de la ribera del río Nevado, donde midieron 154 m y la segunda en el afloramiento del puente El Totumo. Figura 1-1.

Mencionan que la sucesión está conformada en la parte inferior de la columna por estratos de “lutitas” grises con intercalaciones delgadas de “areniscas”, sugiriendo que esta parte baja podría pertenecer ya al Devónico.

Hacia la parte media de la columna empiezan a aparecer las primeras capas de “caliza” (AF-10), ver Figura 1-1, donde separaron fauna de conodontes que indican el Carbonífero superior (Stibane, 1967), de aquí citan: *Cavusgnathus regularis* (Youngquist & Miller), *Idiognathodus meekerensis* (Murray & Chronic), *Ozarkodina delicatula* (Stauffer & Plummer), *Hindiodella* sp. y *Ligonodina* sp.

La sucesión continúa hacia la parte media superior con capas de “lutitas” grises e intercaladas con delgadas capas de “areniscas” grises, pasando hacia la parte superior de la columna a bancos muy gruesos de “caliza” de donde extrajeron la siguiente fauna de conodontes: *Cavusgnathus* sp., *C. regularis* (Youngquist & Miller), *C. unicornis* (Youngquist & Miller), *Gnathodus commutatus* (Branson & Mehl), *G. roundyi* (Gunnel). *Idiognathodus* sp., *I. delicatus* (Gunnel), *I. meekerensis* (Murray & Chronic), *Spathognathodus cristula* (Youngquist & Miller), *Streptognathodus* cf. *delicatus* (Youngquist & Miller), *S. elegantulus* (Stauffer & Plummer), *S. colombiensis* (Stibane), *Ozarkodina delicatula* (Stauffer & Plummer), *Hindiodella* sp., *Ligonodina* sp. y *Lonchodina* sp.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

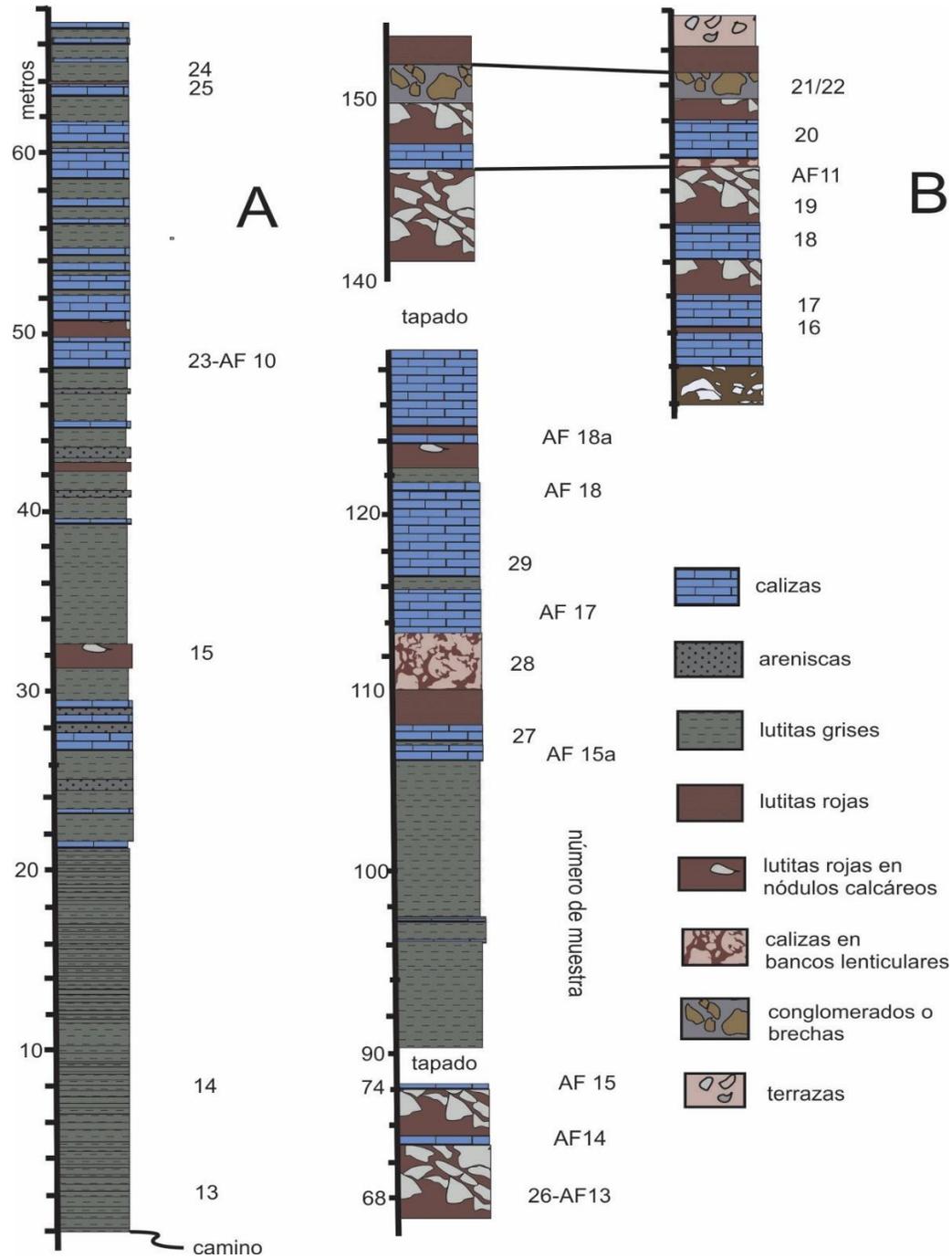


Figura 1.1. Columna Estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado de los perfiles A y B de Stibane & Forero (1969).

Concluyen que la preponderancia de *Idiognathodus* en la sección del Río Nevado según Stibane (1967), indica que la microfauna tiene un rango del “Desmoinesiano”, hasta la altura de las muestras 16 – 17 (sección del puente El Totumo), ver Figura 1-1, perfil B. Mencionan que la distribución estratigráfica de la mayoría de la macrofauna cae más arriba del “Desmoinesiano”, asegurando que para la mayor parte de la sección se acepta el Pensilvaniano superior.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Indican, que el medio de sedimentación fue de aguas poco profundas, las “calizas” reflejan una zona marina, que ofreció condiciones ecológicas buenas para los organismos sésiles y vágiles con buen aireamiento y claridad de las aguas, con movimientos fuertes del agua que interrumpieron constantemente la colonización del fondo marino con aporte de material clástico debido a movimientos verticales, cambios en las condiciones de las corrientes que impidieron en parte la sedimentación química y orgánica. Mencionan que los estratos de color rojo son sedimentos típicos que pasan lateralmente a una “facie terrestre”.

Posteriormente, Vargas *et al.* (1981) con base en Stibane & Forero (1969), reportan en la cartografía y memoria de las Planchas 152-Soata y 136-Malaga del Servicio Geológico Colombiano (SGC), afloramientos del Paleozoico del Río Nevado entre Susacón y Soata-Boyacá (quebrada El Muerto), Covarachia-Boyacá, Carcasí-Santander.

Describen el afloramiento de Carcasí, mencionando que está conformado por limolita y lodolita de color gris, intercalaciones de arenita gris-verdosas y capas de “calizas”. En la parte superior?, tomaron una muestra de “lutita” gris con contenido de hojas, “fragmentos de flor”? y “tallos de Articulades”, identificables con el género *Sphenophyllum*, identificados por la geóloga Diana Gutiérrez, como indicativos del “Carboniano superior”, además, colectaron braquiópodos de *Composita* sp. y espiriferidos. Sin embargo, comentan que la sección de Carcasí no es perfectamente igual con la sección de Río Nevado, pero que son correlacionables por el rango estratigráfico.

Obregón & Terraza (1988), levantaron y describieron cuatro (4) columnas estratigráficas con un espesor acumulado de 306 m., dividieron la unidad en tres (3) conjuntos litológicos que a la vez los separaron en segmentos de acuerdo con su litología.

Conjunto inferior, con 141 m. de espesor, compuesto por lodolitas grises con intercalaciones de arenitas, arenitas lodosas, “calizas” de textura *mudstone* y *grainstone*.

Conjunto medio, de 71 m. de espesor, conformado por intercalaciones de estratos de lodolitas rojas, “calizas” de textura *grainstone* y micrita de aspecto nodulares embebidas en lodolitas rojas.

Conjunto superior, con un espesor de 94 m. representado por lodolitas grises con intercalaciones de arenitas, arenitas lodosas grises y rojas, lodolitas rojas y “calizas” grises de textura *mudstone*.

Colectaron una colección de fósiles de braquiópodos, bivalvos, corales tipo rugosa y tabulata, cefalópodos, trilobites, gastrópodos, crinoideos, peces e impresiones de plantas.

Propusieron un ambiente de sedimentación, marino no mayor de 10 m. de profundidad, con zonas de circulación del agua restringida que podría corresponder con una bahía, albufera (“lagoon”) o mar interior, en el cual el agua era calidad de salinidad normal y con comunicación al mar abierto.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Terraza (1998), con base en el trabajo de grado de Obregón & Terraza (1988), describe las siete (7) litofacies presentes del Paleozoico del Río Nevado y una subfacies de lodolita roja con nódulos calcáreos:

- 1- Lodolita gris
- 2- Lodolita roja
- 3- Arenita arcósica gris
- 4- Arenita arcósica roja
- 5- *Mudstone* a *wackestone*
- 6- *Grainstone*
- 7- Brecha calcárea

Concluye que el ambiente de sedimentación es marino, somero no mayor de 10 m. de profundidad, con zonas de circulación del agua restringida producidas por barras que impedían la acción de corrientes y olas sobre el fondo marino. El ambiente de depositación corresponde a una bahía, albufera (lagoon) o mar interior, en el cual el agua era calidad de salinidad normal y posiblemente con comunicación a mar abierto.

Rojas (2008), muestra los resultados del análisis canónico discriminante que apoyan la separación tradicional de la serie *Composita elongata*, *C. ovata* y *C. subtilita* de Grinnell & Andrews (1964) dentro de los depósitos del Paleozoico del Río Nevado. Confirma que la disponibilidad de nutrientes es un factor que afecta la abundancia y distribución espacial de braquiópodos espiriferidos, athyrididos y productidos indicado por Pérez-Huerta & Sheldon (2006), aunque para el Paleozoico del Río Nevado los braquiópodos espiriferidos y athyrididos dominan en ambientes con niveles bajos de nutrientes y los productidos dominan en ambientes con niveles más altos. Observa una posible dependencia entre el tamaño corporal de los braquiópodos productidos y la profundidad relativa del mar, que no se encuentra en los braquiópodos athyrididos, ya que exhiben un patrón irregular de distribución de tamaño.

Cardozo *et al.* (2016), describen una sucesión sedimentaria al oriente de Carcasí-Santander, a la que han denominado Paleozoico del Río Nevado, afectado por un fuerte fallamiento con dirección NE y NW, y que está suprayacido, en contacto discordante, por la Formación Tibú-Mercedes. Conformada hacia la parte inferior por estratos de limolita gris rojiza intercaladas con lodolitas y arenitas de grano muy fino del mismo color, que hacia la parte media de la unidad presenta estratos gruesos a muy gruesos de “caliza”, que varía de *wackestone* a *grainstone* con intercalaciones de lodolita gris y roja, y arenita gris rojiza, y a la parte superior conformada por estratos de arenita gris y roja.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar las características de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado con el fin de establecer las propiedades litológicas y paleontológicas de la sucesión, que permitan la formalización litoestratigráfica y así su distribución geográfica.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la sucesión sedimentaria del denominado Paleozoico del Río Nevado.
- Obtener la distribución vertical de los fósiles a lo largo de la sucesión.
- Determinar las facies y asociaciones de facies del Paleozoico del Río Nevado con el fin de identificar los ambientes de depósito.
- Establecer las relaciones de campo del Paleozoico del Río Nevado con otras unidades.
- Analizar la nomenclatura estratigráfica de la unidad o unidades litoestratigráficas involucradas en la investigación.

### 3. Localización del área de estudio

Las rocas del Paleozoico del Río Nevado afloran en la parte media de la Cordillera Oriental de Colombia a 322 Km., al nororiente de la ciudad de Bogotá (Colombia). Hace parte de una serie de exposiciones de rocas del Carbonífero-Pérmico, en localidades como Concepción (Montenegro), Toledo (Labateca) y Bucaramanga-Santander, San Calixto (Ocaña) y Cucutilla Norte de Santander. Más al norte están las exposiciones de Manaure y Río Seco, Cesar y hacia Venezuela en los llamados “Andes de Mérida”. Hacia el sur oriente las rocas paleozoicas de los Farallones de Medina.

El trabajo de campo de este estudio se centró específicamente en los municipios de Boavita (Boyacá), Macaravita y Carcasí (Santander). Figura 3-1.

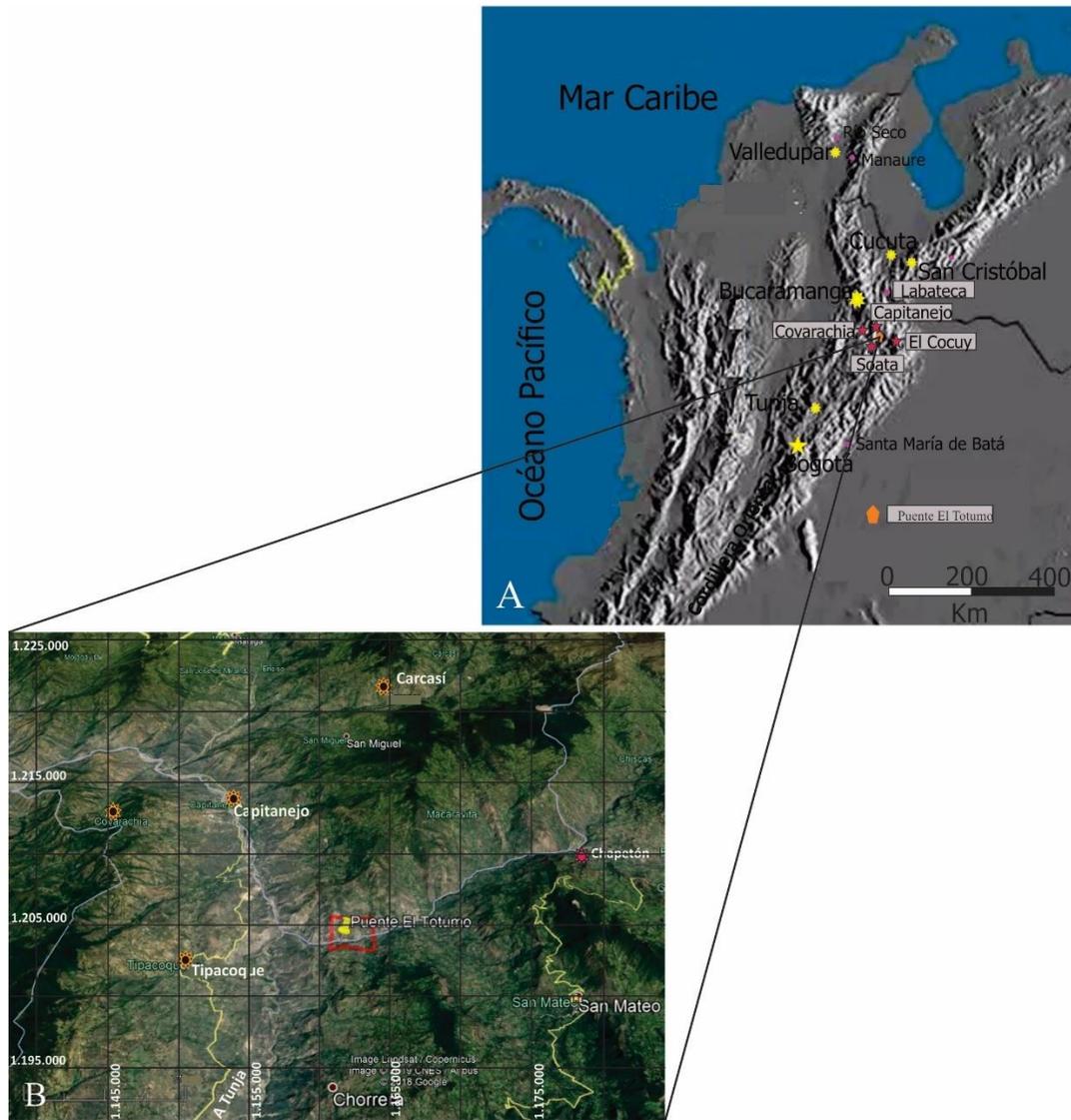


Figura 3-1. Imagen de la parte central y norte de Colombia con localización de afloramientos paleozoicos (arriba) y la ubicación de las áreas principales del estudio (abajo). Imagen tomada de Google Earth.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre  
Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Se accede a la localidad de los afloramientos del denominado Paleozoico del Río Nevado por la vía que conduce de Bogotá-Tunja-Soata-Capitanejo, desviándose al suroriente a 17 Km., por la vía que se dirige hacia el municipio de El Cocuy (Boyacá).

Para acceder a los afloramientos paleozoicos ubicados en el municipio de Carcasí se continua por la vía de Capitanejo-Miranda, desviándose hacia al oriente hacia Enciso, continuando hasta Carcasí a una distancia de 41 km de Capitanejo.

## 4. Metodología y Técnicas

El trabajo de campo se realizó en 10 comisiones, representadas en 60 días, en las cuales se desarrollaron las siguientes actividades: levantamientos de columnas estratigráficas, recolección de macrofauna fósil, muestras para petrografía y extracción de microfauna fósil, cartografía geológica, atributos de rumbo y buzamiento, toma de datos de localización con GPS y tomas de fotografías.

Se visitaron otras localidades con reporte de afloramientos del Paleozoico, ubicados en los municipios de Susacón, Soata, Tipacoque, Covarachia, Boavita, San Mateo, Floresta, Santa María de Batá en el departamento de Boyacá, y Carcasí-Macaravita departamento de Santander. Además, se estuvo en zonas del país con afloramientos del Carbonífero-Pérmico en Manaure y Río Seco en el departamento del Cesar.

El reconocimiento principal de campo se enfocó en verificar la extensión y las características de la unidad litológica del Paleozoico del Río Nevado, reportado en la cartografía geológica de las Plancha 136-Malaga, Plancha 136 II y Plancha 152-Soata del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

En las labores de campo se tuvo en cuenta, la descripción litológica y contenido fósil del denominado Paleozoico del Río Nevado, reportada inicialmente por Stibane & Forero (1969), y de los trabajos adelantados por Obregón & Terraza (1988) y Rojas (2008).

Se describieron cuatro (4) columnas estratigráficas a escala 1:250, medidas capa a capa, en la sección del puente El Totumo, Boavita y Macaravita, y por la vía que conduce de Carcasí a San Miguel, en la margen norte del río Tunebo, que drena de este a oeste. La medida se realizó directamente con cinta métrica y se controló con GPS Garmin Oregon 550.

En las labores de cartografía, se midieron atributos de rumbo y buzamientos, en las áreas del puente El Totumo y Carcasí. En la localidad de Carcasí, con base en el mapa geológico de la Plancha 136 II del SGC, se diferenció la unidad litológica denominada como Paleozoico del Río Nevado de las sedimentitas de color rojo de la probable Formación Cuche.

Se tomaron muestras de roca para elaboración de secciones delgadas, 16 en la zona del Puente El Totumo y 5 en Carcasí. La información petrográfica se complementa con 30 secciones delgadas del trabajo de grado de Obregón & Terraza (1988) bajo custodia del Departamento de Geociencias.

El análisis petrográfico tuvo como objetivo principal, definir detalladamente las microfacies del Paleozoico del Río Nevado en la zona de estudio, donde originalmente fue descrita la sucesión, con el propósito de compararla con las facies de los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado, reportadas y descritas por la cartografía oficial en otras localidades.

En el análisis petrográfico de las rocas siliciclásticas y calcáreas, se determinó la composición mineralógica, tamaño de grano, forma de los granos, soporte, tipo de granos esqueléticos y no esqueléticos (ooides, oncoides, intraclastos, peloides), tipo de matriz y cemento, que

permitieron indicar el tipo de roca, haciendo uso de los sistemas de clasificación propuestos y aceptados por la comunidad científica.

- Nomenclatura composicional de rocas calcáreas, propuesta por Folk (1962).
- Espectro textural para depósitos calcáreos propuesta por Folk (1962) posterior a Folk (1959 en Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).
- Clasificación textural de rocas calcáreas, propuesta por Dunham (1962 en Scholle & Ulmer-Scholle 2003).
- Clasificación de rocas calcáreas esqueletales, propuesta por Embry & Klovan (1971).
- Clasificación composicional y textural para rocas mixtas siliciclásticas y calcáreas, propuesta por Mount (1985).
- Tamaño medio de los granos de las sedimentitas, la clasificación y nomenclatura de acuerdo con el esquema de Udden & Wentworth (1922) para tamaños de granos terrígenos y calcáreos, en Folk, (1974).
- Carta de comparación visual para redondez y esfericidad de Powers (1953, modificado de Stow, 2003). Redondez de los granos a partir de las tablas de comparación visual de Powers, (1953, en Folk, 1974).
- Descripciones geométricas, espesor de capas y láminas de Campbell (1967).
- Identificación de estructuras sedimentarias de Einsele (1992) y Reineck & Singh (1980).
- Clasificación composicional de arenitas de Folk (1974).
- Clasificación textural para rocas sedimentarias siliciclásticas de Folk (1954).
- Clasificación composicional y textural de Pettijhon *et al.* (1973).
- Índice de bioperturbación (después de Tucker, 1996) en Stow, (2005).
- Las interpretaciones de microfacies de las rocas calcáreas con base en Flügel (2004).

De los estratos calcáreos se tomaron muestras para la extracción de conodontes y ostrácodos para su identificación y análisis bioestratigráfico.

La técnica empleada para la extracción de la microfauna es la descrita por Collinson (1963), que consiste en los siguientes pasos para roca calcárea:

1. Limpieza del afloramiento de la toma de la muestra, evitar contaminación.
2. Se toma una muestra entre un kilo y kilo y medio.
3. Se tritura la muestra con un tamaño inferior a un centímetro.
4. En un recipiente de polietileno se coloca la muestra con un galón de ácido acético al 10% durante 12 a 24 horas.
5. Una vez terminada la disolución se lavan a través de dos mallas o tamices números 16 (1.19 mm de abertura) o 100 (0.149 mm de abertura) y 200 (0.074 mm de abertura).
6. Cernidos y lavados se colocan en una cacerola para su secado en la estufa.
7. Seco y enfriado el material, se agrega a una solución pesada para ser separados en fracción, livianos y pesados. Los conodontes tienen una densidad de 2,84 a 3,1 gr/cm<sup>3</sup>, el líquido utilizado en este caso, fue el metatungstenato de litio, de densidad 2,95. Se deja decantar alrededor de 24 horas.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

8. Se recoge por separado la fracción del precipitado pesado y liviano, se filtra a través de papel de filtro durante 12 horas.
9. Se lavan estas fracciones y se secan en un horno entre 60 a 80°C
10. Se revisan las muestras en la lupa de mesa o de disección para la separación de la microfauna de conodontes y otros tipos de formas de cefalópodos, dientes, foraminíferos y ostrácodos para su estudio.

Para la extracción de ostrácodos el procedimiento es muy similar, pero la concentración del ácido acético es del 20%, se deja actuar durante 20 minutos, se tamiza y se lavan, se secan, almacenan y se extraen para su análisis.

A los ejemplares de conodontes, ostrácodos, sumados cefalópodos y otros, se le toman las imágenes SEM en el microscopio electrónico para su estudio.

La macrofauna colectada se limpia, se marca para su identificación y su distribución a lo largo de la sucesión.

Los fósiles se fotografían y se guardan en las Colecciones Paleontológicas del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia.

La petrografía se realizó con el conteo de 300 puntos en promedio, por cada sección delgada, se estableció una malla, donde los puntos están espaciados 1mm en la horizontal y 3 mm en la vertical. Teniendo en cuenta el tamaño, forma, composición de la partícula observada, matriz y cemento. Obtenida la composición petrográfica de la roca se procede a su clasificación de acuerdo a diagramas de clasificación aceptadas tanto para rocas terrígenas como calcáreas.

Las secciones delgadas se fotografían, se marcan y se guardan en estuches y se dejan en custodia del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia.

Los microscopios utilizados en los estudios de las secciones delgadas (petrografía) son ZEISS AXION A1 y OLYMPUS BX31.

Para la extracción de microfauna (conodontes, ostrácodos, cefalópodos y braquiópodos) se utilizó la lupa ZEISS Discovery V8.

La toma de imágenes SEM se realizó con el microscopio electrónico de barrido TESCAN VEGA 3SB del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia.

La fauna de conodontes se le tomaron imágenes SEM para su estudio e identificación.

## 5. Marco Geológico Regional

Las rocas más antiguas, que conforman el basamento cristalino del Macizo de Santander, son del Precámbrico e incluyen neises de alto grado, esquistos y migmatitas del Neis de Bucaramanga. Las rocas metamórficas de bajo a medio grado del Cámbrico al Ordovícico (Ward *et al.*, 1973), corresponden a filitas, esquistos, metalimolitas, metarenitas y localmente mármoles de la Formación Silgará (Ward *et al.*, 1973). Cuerpos del ortoneis y rocas de la Formación Silgará están cubiertas por sedimentitas del Devónico de la Formación Floresta (Ward *et al.* 1973).

Lo que se incluye como mármol de la Formación Silgara, es lo que corresponde a la también denominada Formación Floresta metamorfoseada por Ward *et al.* (1973). Se refiere a una sucesión de aproximadamente 1000 m de espesor, constituida por rocas sedimentarias levemente metamorfoseadas, que afloran entre Mogotes y San Joaquín (Santander), compuesta por conglomerados, argilitas grises, metalimolitas calcáreas y mármol gris claro. La característica litológica más importantes de esta unidad es la presencia de potentes bancos de mármoles grises, donde se reconocen restos de crinoideos y braquiópodos productidos (Moreno *et al.* 2006). Estos últimos mencionan, además, que no existe posibilidad de correlación entre la “Formación Floresta Metamorfoseada” y la Formación Floresta, constituida en su área tipo por lodolitas grises y amarillentas, intercaladas con ocasionales arcillolitas arenosas, con niveles calcáreos, limitados a intercalaciones muy raras y delgadas (centimétricas), que aparecen al tope de la sucesión lodolítica inferior. Litológicamente la “Formación Floresta Metamorfoseada” es estrictamente correlacionable solo con unidades del Carbonífero superior y el Pérmico de la Cordillera Oriental y la Serranía del Perijá, (Moreno *et al.* 2006).

### 5.1 Unidades litoestratigráfica del Paleozoico

Los afloramientos del Paleozoico, de acuerdo con lo reportado por el SGC en la memoria del Cuadrángulo I-13 (Plancha 136 Málaga y 152 Soata), se ubican en los municipios de Susacón, Soata, Covarachia (Boyacá), que son los más extensos. Al igual que los afloramientos aislados, localizados en los municipios de Carcasí (Santander) y el Paleozoico del Río Nevado entre el municipio de Macaravita (Santander) y Boavita (Boyacá), en el sitio conocido como Puente El Totumo y un afloramiento de poca extensión en la vereda El Chapetón del municipio de San Mateo (Boyacá).

Las unidades reportadas y cartografiadas por el SGC y descritas por Vargas *et al.* (1981), están representadas por la Formación Floresta del Devónico, constituida por rocas arcillosas y un conjunto detrítico lenticular (Tíbet), infrayacente, que lo consideran del Devónico, y arriba el Paleozoico del Río Nevado del Carbonífero superior.

### 5.1.1 Formación El Tíbet

Nombre propuesto por Cediél (1969), como Miembro El Tíbet y elevado al rango de Formación por Mojica & Villarroel (1984). La Formación El Tíbet está constituida principalmente por capas lenticulares de conglomerados con tamaño de grano de guijarro medio a grueso, bien redondeados, con intercalaciones de estratos delgados a gruesos de limolita rojiza y cuarzoarenita. El máximo espesor (2.500 m) está localizado en Santa Rosita (Santander) y hacia Covarachia (Boyacá) su espesor es aproximadamente de 200 m.

Moreno (2004) menciona, que los sedimentos de la Formación El Tíbet, en la sección de la quebrada Potrero Rincón (entre Busbanza y Floresta, Boyacá), se depositaron de forma inconforme sobre el basamento metamórfico y granitos del Paleozoico. Litológicamente se compone de capas muy gruesas de conglomerados con guijos y cantos de arenita, con guijos de cuarzo principalmente (color rosado, negro) y arenitas cuarzo feldespáticas (Ulloa *et al.*, 2001). Para estas capas, Paz & Urrutia (1996), sugieren un ambiente de abanicos aluviales y ríos trezados.

El rango estratigráfico de la Formación El Tíbet, determinada por Grösser & Prössl (1994), con “mioesporas” son consistentes con el Emsiano.

### 5.1.2 Formación Floresta

Según Hubach (1957), en Mojica & Villarroel (1984), el nombre fue dado por Olsson & Ramírez (1935), como “Floresta Series” y publicado por Olsson & Caster (1939), en Mojica & Villarroel (1984), para designar una serie de lodolitas amarillentas y blancas en los alrededores de la población de Floresta (Boyacá).

La denominación fue aplicada originalmente para los sedimentos comprendidos entre el complejo ígneo-metamórfico y la Formación Girón.

Botero (1950), en Mojica & Villarroel (1984), define la Formación Floresta conservando los límites originales, pero consideró, que la parte basal (100 m) de la Formación Girón correspondía a sedimentos Carboníferos-Pérmicos, y los designó con el nombre de Formación Cuche. Consideró a la Formación Floresta del Devónico medio.

Posteriormente, Mojica & Villarroel (1984) restringen la Formación Floresta para los estratos que se superponen concordantemente a la Formación El Tíbet e infrayacida algunas veces concordante o transicionalmente por la Formación Cuche.

La descripción de Vargas *et al.* (1981), en el área de Santa Rosita-Santander, está representada por estratos de limolitas gris verdosas, meteorizada son pardo amarillento, compactas, “masivas”, fosilíferas; “lutitas” gris amarillentas y rojizas con intercalaciones de limolita gris de alteración violácea y “lutitas” gris clara, amarillentas y violáceas. El espesor dado es de 700 m., y el contacto con la Formación El Tíbet es concordante.

Janvier & Villarroel (2000) proponen que la Formación Floresta parece ser un depósito marino epicontinental, que correspondería a la culminación durante la transgresión devónica, que progreso probablemente de norte a sur sobre un área que es ocupada por la Cordillera Oriental de Colombia, el Valle Superior del Magdalena y el Macizo de Quetame.

El rango estratigráfico de la Formación Floresta se estableció entre el Emsiano y Eifeliano, con base en fósiles, esencialmente braquiópodos (Caster 1939; McNair 1940; Royo y Gómez 1942; Morales 1965; Barrett 1985, 1988 en Janvier & Villarroel, 2000).

### 5.1.3 Formación Cuche

La Formación Cuche fue introducida por Botero (1950), definiéndola como el conjunto de sedimentitas predominantemente rojas, que descansa sobre la Formación Floresta y abajo indistintamente de la Formación Girón o de la Formación Tibasosa.

Moreno (2004), menciona que en la quebrada Potrero Rincón, “posee un espesor aproximado de 800 m y la base de la Formación Cuche la establece donde aparece el primer sedimento rojizo”. Mojica & Villarroel (1984), indican que el paso de la Formación Floresta a la Formación Cuche es concordante y transicional y no está determinado por cambios litológicos, sino por un cambio de color de amarillo beige en la Formación Floresta, a rojo violáceo y pardo rojizo en la Formación Cuche.

Moreno (2004) divide La Formación Cuche en tres partes: La parte inferior de 190 m de espesor, está compuesta por estratos delgados a medios de limolita roja micácea con intercalaciones de lentes de arenita lodosa. La parte media con espesor de 140 m, muestra una exposición de estratos medios a muy gruesos de arenita cuarzosa con laminación inclinada y lenticular a gran escala, que hacia la parte media y superior muestra frecuentemente lentes de arcillolita y arcillolita limosa de color marrón-amarillento. Algunos de estos lentes con contenidos de ostrácodos, bivalvos, restos de plantas y peces. En las arenitas de la parte superior de la sección media y la base de la parte superior contienen abundantes restos de peces y lingúlidos aislados. El segmento superior de aproximadamente 430 m de espesor, está conformado por una serie de estratos de arenita lítica, intercaladas con estratos de limolita color rojizo y algunos de arcillolita.

En Moreno, (2004) menciona que, “Los conjuntos completos de facies representan las zonas tripartitas paralelas a la costa de un complejo deltaico influenciado por las mareas”: llanura inferior (marina), media, (fluvio-marina) y superior (fluvial) llanura deltaica (Warne *et al.*, 2002).

El rango estratigráfico de la Formación Cuche, determinado por Mojica & Villarroel (1984), con base en ostrácodos y plantas proponen entre el Devónico y el Carbonífero inferior?. Janvier & Villarroel, (2000) con base en peces, proporciona un rango del Devónico superior, posiblemente Frasniano superior.

#### 5.1.4 Paleozoico del Río Nevado

La primera referencia conocida del Paleozoico del Río Nevado es de Stibane & Forero (1969), con base en la sucesión del sitio denominado puente El Totumo, por la vía que conduce de Capitanejo (Santander) a El Cocuy (Boyacá).

Describieron una columna estratigráfica de 155 m de espesor, compuesta por dos grupos principales de roca: sedimentos siliciclásticos grises y rojos (lodolita y arenita) y “calizas”, principalmente biomicritas. Interpretaron el ambiente de depósito como de aguas poco profundas, semejante a una costa de manglares.

En la misma zona, Obregón & Terraza (1988) midieron una sucesión con un espesor de 306 m e identificaron tres (3) segmentos litológicos: Segmento inferior con un espesor de 141 m, representado por lodolita gris con intercalaciones de arenita y “calizas” (*mudstone* y *grainstone*). Segmento medio de 71 m de espesor, integrado por lodolita roja, “calizas” de textura *grainstone* y “calizas” nodulares embebidas en lodolita roja. El segmento superior de 94 m de espesor, representado por lodolita gris con intercalaciones de arenita gris y roja, lodolita roja y “caliza” gris. El ambiente de depósito determinado indica características de un lagoon o mar interior, cálido de salinidad normal y posible comunicación con mar abierto.

El rango estratigráfico determinado por Stibane (1967) y Stibane & Forero (1969), por el registro de la macro y microfauna (*Ideognathodus*), lo ubicaron en el “Desmoinesiano” (Moscoviano-Kasimoviano), aunque mencionan que, por la distribución de la mayoría de la macrofauna, debe representar más arriba del “Desmoinesiano”, por lo que proponen entre el Pensilvaniano superior a Pérmico?.

## 5.2 Unidades litoestratigráficas del Triásico-Jurásico

Las unidades litológicas reportadas para este intervalo son las siguientes:

### 5.2.1 Formación Nogontova

Definida por Moreno *et al.* (2016), por la vereda Nogontova, municipio de Covarachia (Boyacá), para designar una serie, constituida de base a techo, de coladas lávicas con un espesor medio de 230 m, que se disponen discordantemente sobre las metasedimentitas paleozoicas y suprayacida discordantemente por sedimentitas mesozoicas, que incluyen conglomerados rojos, conglomerados de cuarzo y cuarzoarenita de la Formación Río Negro (cf. Vargas *et al.*, 1984).

El rango estratigráfico de esta unidad se estima entre el Triásico Tardío al Jurásico.

## 5.2.2 Formación Girón

El término “Girón Schichten” fue dado por Hetner (1892), en Royero & Clavijo (2001), para designar una sucesión gruesa de arenitas, conglomerados y limolitas de color rojo, que afloran al oeste de Bucaramanga en los municipios de Girón y Zapatoca (Santander).

Langenheim (1954), en Royero & Clavijo (2001), quien fijó la sección tipo en la angostura del Río Lebrija y la dividió en tres miembros: uno inferior arenoso (750 m), uno intermedio lodoso (1.250 m) y otro superior arenoso (1.500 m) para un espesor total de 3.500 m.

Caster (1939), en Méndez (2017), extiende el nombre de Formación Girón para los sedimentos rojos que afloran en el Macizo de Floresta (Boyacá), están por encima del Paleozoico y por debajo de la Formación Tibasosa del Cretácico.

Cediel (1969) describe la unidad para el Macizo de Floresta, conformada por una sucesión de conglomerados con intercalaciones de arenita conglomerática, con algunas capas delgadas de arcillolitas intercaladas. El espesor dado a la unidad es de 500 m. El rango estratigráfico es inferido del Triásico-Jurásico.

Méndez (2017) la describe como una asociación de capas muy gruesas, canaliformes a lenticulares de conglomerado de guijarros y cantos, con clastos entre 15 y 40 cm, contactos ondulados y erosivos. Conglomerado polimíctico, conformado por cuarzo hialino, lechoso, lodolitas rojas y crema, en menor proporción fragmentos de granitos y feldespatos, metamórficos de filitas y esquistos y arenitas cuarzosas, con matriz de arena gruesa y media y con lodo ferruginoso. El espesor se estima entre 225 a 500 m.

El ambiente de sedimentación lo han interpretado como de depósito continental, fluvial, asociado al desarrollo de ríos trenzados y flujos de escombros, también como abanicos aluviales (Cediel, 1969; López & Mesa, 1997).

## 5.3 Unidades litoestratigráfica del Cretácico

En la zona geográfica donde se adelantó la presente investigación (Soata, Covarachia, Boavita, San Mateo, departamento de Boyacá y Macaravita, San Miguel, Carcasí, departamento de Santander), se ha utilizado la nomenclatura estratigráfica del Catatumbo (Cuenca de Maracaibo), para la mayor parte de las unidades cretáceas cartografiadas.

Las rocas que afloran en el área de investigación, pertenecientes al Cretácico, corresponden a las formaciones Río Negro, Tibú-Mercedes, Aguardiente, Capacho, La Luna y Colón-Mito Juan.

### 5.3.1 Formación Río Negro

La unidad fue definida por Hedberg (1931), en la Serranía del Perijá (Zulia, Venezuela), como “*Río Negro conglomerate*”. Hedberg & Sass (1937), la ascienden al rango de

formación. En Colombia, el término Formación Río Negro fue usado por Miller (1962) en la Serranía del Perijá en el departamento del Cesar. Richards (1968) propone el uso de Formación Río Negro para las capas basales arenosas del Cretácico inferior en la concesión Barco (Catatumbo). Julivert (1960) cartografió un nivel detrítico basal, que posteriormente consideró como Formación Río Negro en la provincia de García Rovira (Santander); luego Vargas *et al.* (1981), en la Plancha 136 del SGC, describen la unidad como “lutitas” oscuras, arenita cuarcítica y conglomerados. Tomado en Cardozo *et al.* (2016).

Cardozo *et al.* (2016), en la plancha 136-II del SGC, mencionan que solo aflora el segmento superior de la Formación Río Negro. Constituido por capas delgadas de lodolita gris oscuras, hacia la parte media capas de arenita de grano fino, gris rojiza, intercaladas con capas de arcillolita y lodolita y la parte superior por capas de arenita de grano fino a medio, amarillentas, con algunas intercalaciones de lodolita de color gris claro. Mencionan que el contacto con la suprayacente Formación Tibú-Mercedes es concordante y midieron un espesor de 130 m para la Formación Río Negro.

En Cardozo *et al.* (2016), menciona que Richards (1968) propone un rango estratigráfico de Berriasiano?-Aptiano inferior en la concesión Barco, y Julivert (1968) propone Valanginiano en García Rovira (Santander), que es el rango estratigráfico usado en la Plancha 136-Málaga para la Formación Río Negro. Fabre (1981), en la memoria de la Plancha 137-Cocuy, propone Valanginiano para la base y Hauteriviano-Barremiano y posiblemente Aptiano inferior para el techo de la Formación Río Negro, usando fósiles de plantas encontrados en lodolitas.

### 5.3.2 Formación **Tibú-Mercedes**

La Formación Tibú-Mercedes fue considerada como miembros inferior y superior (Notestein *et al.* 1944) de la Formación Uribante de Sievers (1888) en la cuenca de Maracaibo. Miembros que posteriormente fueron elevados al rango de formaciones en Venezuela por Sutton (1946) y Renz (1959), en Cardozo *et al.* (2016).

En Colombia, los miembros Tibú y Mercedes, fueron elevados al rango de formaciones por Richard (1968), retomados por Ward *et al.* (1973), quien por criterios litológicos y cartográficos de la geología del cuadrángulo H-13 Pamplona, las junta en una sola unidad denominada Formación Tibú-Mercedes, nomenclatura utilizada por Vargas *et al.* (1981) en la geología del cuadrángulo I-13 Málaga.

El espesor medido de la Formación Tibú-Mercedes (carretera Río Nevado-Chulavita), presenta un espesor de 427 m, de intercalaciones de “calizas”, gris oscura, fosilíferas, arenita gris de grano fino a medio, lodolita negra, arcillolita gris y “caliza” arenosa, Vargas *et al.* (1981).

Una descripción de la Formación Tibú-Mercedes en la zona de trabajo fue realizada por el SGC en la Plancha 136 II (Cardozo *et al.* 2016), donde separan esta unidad en dos segmentos. El primer segmento se encuentra constituido por capas gruesas y medianas de “calizas” gris oscuras a negras, que varían de *mudstone* a *grainstone*, capas medianas de arenita calcárea,

capas delgadas de arcillolita limosa negra y niveles de “caliza” fosilífera que presentan conchillas de bivalvos.

El segmento superior lo componen arenitas cuarzosas de grano muy fino, fino y medio, color gris claro a gris oscuro, intercaladas con arcillolita y limolita, color gris oscuro a negro, con algunos niveles calcáreos.

El rango estratigráfico establecido es del Aptiano superior a Albiano inferior (Notestein *et al.* 1944, Ward *et al.* 1973), en Cardozo *et al.* (2016).

### **5.3.3 Formación Aguardiente**

La Formación Aguardiente fue descrita por Notestein *et al.* (1944), en el área de la Concesión Barco (Catatumbo) como miembro superior de la Formación Uribante de Sievers (1888). Sutton (1946) la eleva al rango de formación en Venezuela y es usada por Ward *et al.* (1973) en Colombia, en Cardozo *et al.* (2016).

La Formación Aguardiente, descrita por Cardozo *et al.* (2016), está conformada por capas gruesas tabulares y cuneiformes que varían de cuarzoarenita a subarcosa, color gris claro, con laminación interna inclinada, intercaladas con algunos niveles de arcillolita y limolita de color gris oscuro. El espesor reportado es de 250 m y el rango estratigráfico del Albiano.

La Formación Aguardiente está suprayaciendo a la Formación Tibú-Mercedes y el contacto es transicional.

### **5.3.4 Formación Capacho**

La Formación Capacho fue introducida por Sievers (1888), para designar unas capas de calizas que afloran cerca al pueblo de Capacho Viejo (Táchira-Venezuela), donde se encuentra su sección tipo. La formación fue definida por Sutton (1946) y Rod & Maync (1954), como la unidad litológica comprendida entre el techo de la Formación Aguardiente y la base de la Formación La Luna, en Táchira-Venezuela, en Cardozo *et al.* (2016).

En Colombia, Notestein *et al.* (1944) la reconocen en la concesión Barco, como Formación Cogollo, dividiéndola en tres miembros: Miembro Guayacán (“calizas” fosilíferas), Miembro Medio (shale gris oscuro a negro, no calcáreo y “caliza” gris arcillosa) y Miembro Inferior (shale negro calcáreo, bituminoso y “calizas” grises); según Notestein *et al.* (1944) siendo equivalente a la Formación Capacho en la localidad tipo en Venezuela. Richards (1968), usa el termino Formación Capacho para designar a las rocas descritas por Notestein *et al.* (1944) en la concesión Barco. En Cardozo *et al.* (2016).

Cardozo *et al.* (2016), indican que está constituida hacia la parte inferior por intercalaciones de arcillolita, lodolita, limolita, “calizas” y estratos gruesos de arenita; la parte media constituida por intercalaciones de arcillolitas, lodolita, limolita de color gris oscuro, capas de arenita y hacia el tope con capas muy gruesas de “caliza” fosilífera; la parte superior por arcillolita, lodolita gris oscura interestratificada con capas de arenita y “calizas” fosilíferas.

Cardozo *et al.* (2016) reportan un espesor de 270 m en el área de Carcasí. El contacto es neto con la suprayacente Formación La Luna.

Fabre (1981), en Cardozo *et al.* (2016), le asigna un rango estratigráfico del Cenomaniano-Turoniano.

### **5.3.5 Formación La Luna**

Término introducido, según Julivert, (1968) por Garner (1926) quien le dio el nombre de La Luna “limestone”, para definir una sucesión de shales calcáreos negros y fosilíferos, con concreciones de “calizas” negras, que afloran en la quebrada La Luna (Serranía del Perijá), estado Zulia (Venezuela). La unidad litoestratigráfica fue elevada al rango de formación por autores como Hedberg & Sass (1937) y Sutton (1946). En Cardozo *et al.* (2016),

Según Cardozo *et al.* (2016) fue Notestein *et al.* (1944) quienes introdujeron en Colombia el término de la Formación La Luna, en el área de la Concesión Barco, Norte de Santander, la correlacionan con las rocas que se encuentran en Venezuela y que llevan el mismo nombre; definiendo una sucesión de capas de “calizas” oscuras, con presencia de foraminíferos, “lutitas” bituminosas calcáreas y capas y nódulos de chert negros. En Cardozo *et al.* (2016),

Según Vargas *et al.* (1981), la Formación La Luna alcanza un espesor de 238 m, conformada por lutitas negras en la base, intercalaciones calcáreas arenosas, capas de arenita, fosfáticas y niveles delgados de chert con nódulos calcáreos. Le sigue un grueso nivel en donde se alternan los cherts negros con arcillolita negra, laminadas y bancos calcáreos. El contacto con la unidad litológica suprayacente Formación Colon-Mito Juan es neto.

Julivert (1968), en Cardozo *et al.* (2016), le asignó un rango estratigráfico Turoniano a la Formación La Luna en la Concesión Barco.

### **5.3.6 Formación Colón-Mito Juan**

El nombre usado por Liddle en 1928 fue Colón Shale. Según Hederberg & Sass (1937) el término fue usado por primera vez por los geólogos del Grupo Shell, y el nombre deriva del pueblo de Colón, Estado Táchira (Venezuela). Los mismos autores sitúan la sección tipo al norte de Colón, en un sector que aflora en el río Lobaterita. La unidad se encuentra distribuida al oeste de Venezuela y al este de Colombia. Sutton (1946) le dio el rango de formación. En Cardozo *et al.* (2016),

El nombre Formación Mito-Juan fue dado por Garner (1926), definiendo la localidad tipo en el caño Mito Juan, en la parte sur de Colón, Estado Zulia (Venezuela), en Cardozo *et al.* (2016),

La descripción litológica de Cardozo *et al.*, (2016), llevada a cabo en los alrededores del municipio de Carcasí, indica la presencia de capas de caliza intercalada con arcillolita gris, seguidas por capas de arenita y capas de arcillolita grises, oscuras con intercalaciones de arenita y arcillolita. Hacia la parte media de la unidad se encuentran mantos de carbón

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

delgados a medianos. La parte superior está compuesta por estratos de arcillolita alternando con arcillolita gris oscura, seguida de intercalaciones de arenita lodosa y arcillolita. El espesor medido es de 560 m. El contacto con la unidad suprayacente, Formación Barco es neto.

Según Julivert (1968), en Cardozo *et al.* (2016), el rango estratigráfico va desde el Campaniano superior hasta el Maastrichtiano inferior.

#### **5.4 Depósitos del Cuaternario**

Son depósitos, principalmente coluviales y de terraza del río Nevado.

Los depósitos de terraza varían de clasto-soportados a matriz-soportados, con gran cantidad de bloques, guijos, guijarros y cantos, mal seleccionados, con formas subangulares a redondeadas en una matriz arenosa.

Los coluviales corresponden a materiales depositados por la gravedad sobre las laderas, provenientes de movimientos en masa. Los coluviones son depósitos heterogéneos, sueltos, caracterizados por presentar fragmentos con bloques en su mayoría angulosos, moderadamente alterados.

## 6. Geología

Las rocas del Paleozoico del Río Nevado son una ventana tectónica levantada producto del fallamiento y deformación durante el Mesozoico y Cenozoico, limitada actualmente al occidente por un sistema de fallas que Velandia (2018) denomina Sistema de Fallas S2M2 (Soapaga-Servitá-Mutiscua-Mercedes) y la Falla Cifuentes-El Tobar al oriente. Figura 6-1.

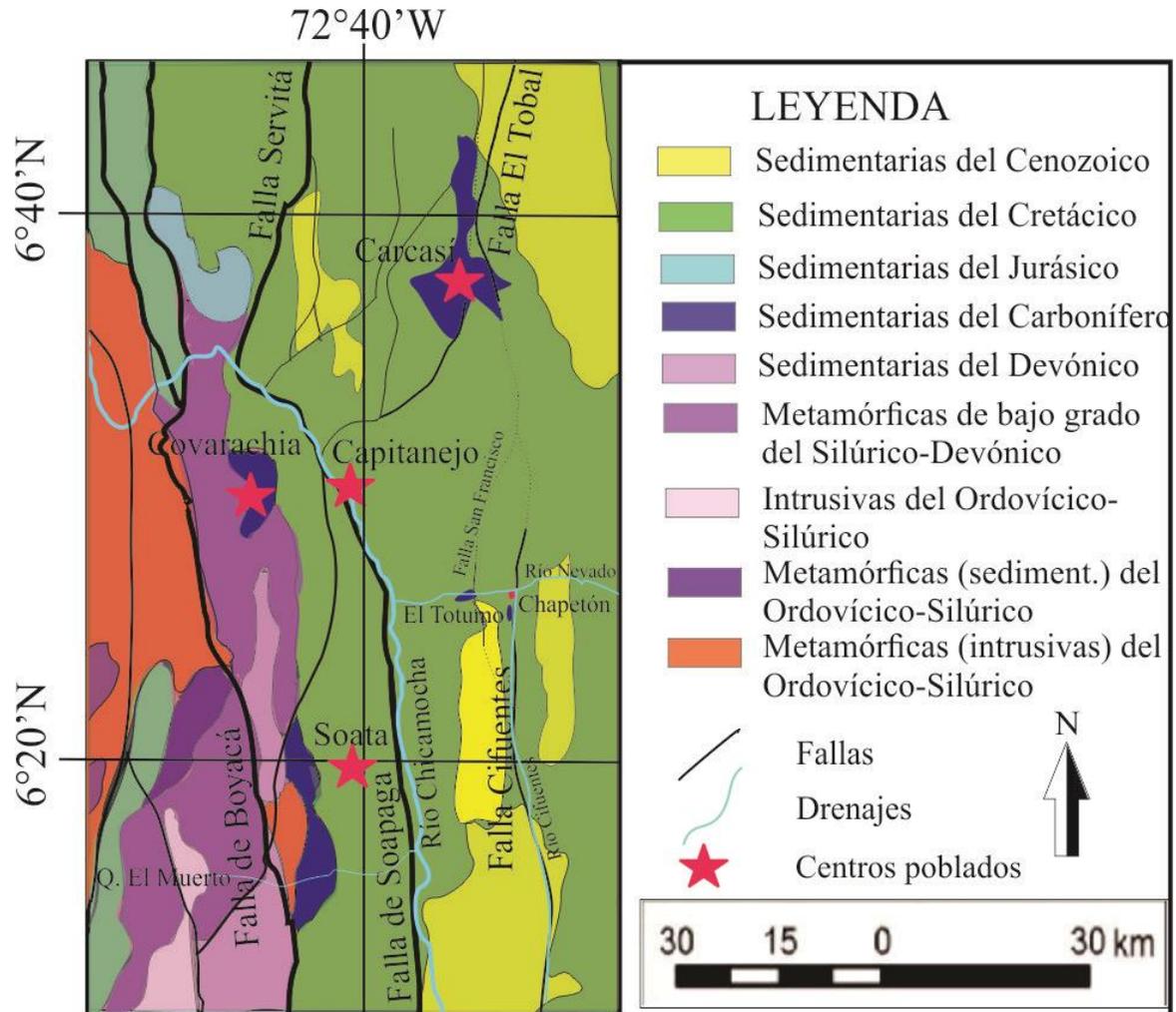


Figura 6-1. Mapa geológico que muestra los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado (azul) antes del presente estudio. (Tomado y modificado de Gómez *et al.* 2015, en Velandia 2018).

### 6.1 Geología Estructural de Río Nevado

La exposición sedimentaria del Paleozoico del Río Nevado en la sección de El Totumo, está asociada a tres estructuras geológicas, un anticlinal amplio denominado Anticlinal Río Nevado, un sinclinal y un anticlinal de menor magnitud, donde está expuesto el afloramiento del puente El Totumo. El límite al oriente se da contra una falla inversa que se denominará Falla San Francisco, por la vereda San Francisco. Figura 6-2.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

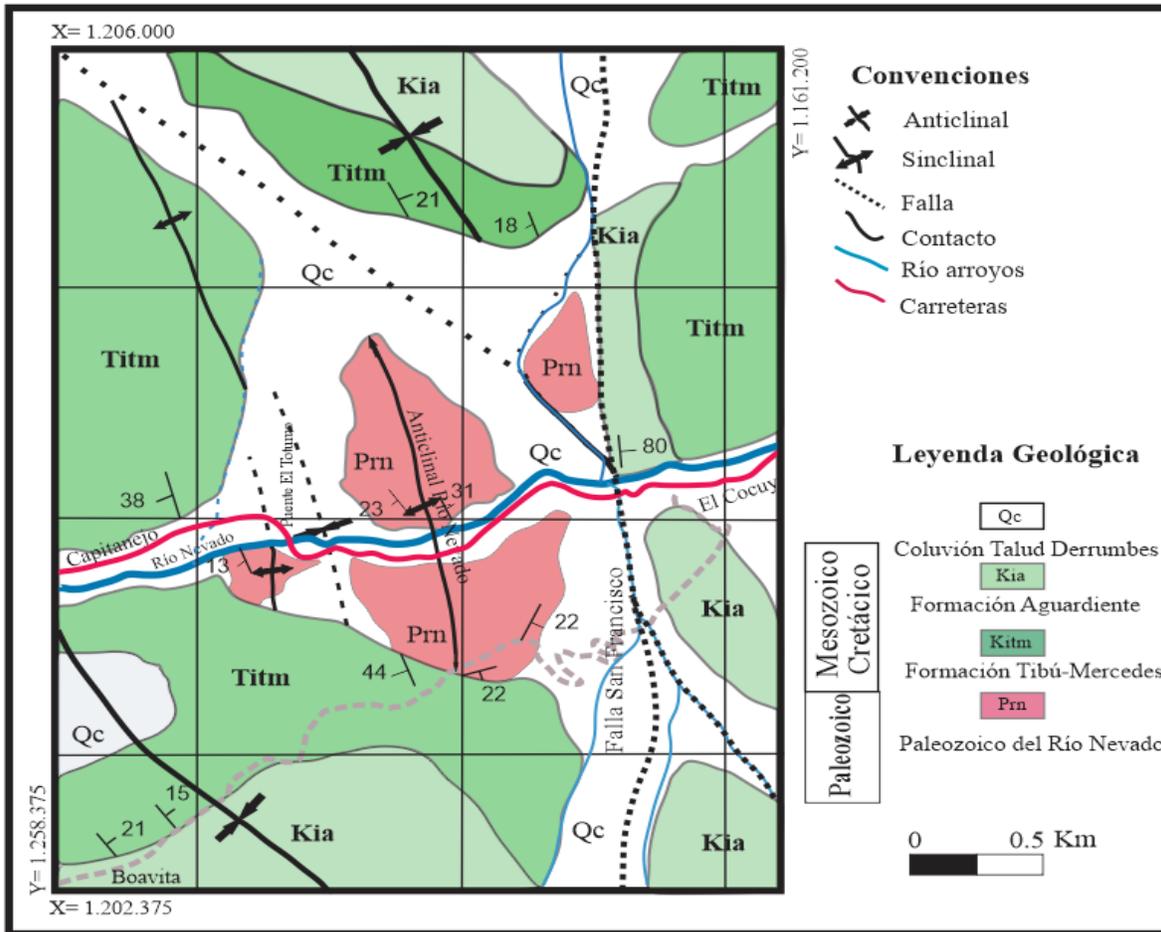


Figura 6-2. Mapa geológico del Paleozoico del Río Nevado. Municipios de Boavita-Boyacá, Macaravita, Santander. (Plancha 136 IV-C. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

### 6.1.3 Anticlinal Río Nevado

Es el pliegue de mayor relevancia en cuyo núcleo involucra la sucesión del Paleozoico del Río Nevado, es un anticlinal simétrico con un ancho de un (1) km, con dirección aproximada del eje N-S, cabeciendo hacia el norte y hacia el sur, formando una estructura de tipo domo elíptico, afectado al oriente por la Falla San Francisco, que pone en contacto las rocas paleozoicas con la Formación Aguardiente, ver mapa Figura 6-2. A este anticlinal se le superponen plegamientos de sinclinales y anticlinales, existentes en las rocas del Mesozoico. Figura 6-2.

### 6.1.2 Anticlinal El Totumo

Es un pequeño anticlinal asimétrico, expuesto en el estribo sur del puente El Totumo, con orientación aproximada N-S y que cabecea hacia el sur. Figura 6-2.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Entre los dos anticlinales está el pequeño sinclinal que tiene la misma orientación de los anticlinales. Figura 6-2.

### 6.1.3 Falla San Francisco

Es una falla con dirección N-S, de tipo inverso, con vergencia hacia el Este. Pone en contacto las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado del flanco oriental del Anticlinal del Río Nevado con rocas de la Formación Aguardiente. Figura 6-2.

## 6.4 Geología Estructural Carcasí

Los afloramientos de las rocas del Paleozoico en la localidad de Carcasí se involucran con un amplio anticlinal, que se denominará Anticlinal Tunebo con orientación NE-SW, afectado al occidente por la Falla Carcasí y al oriente por la Falla El Tobal. Figura 6-3 y Figura 6-4.

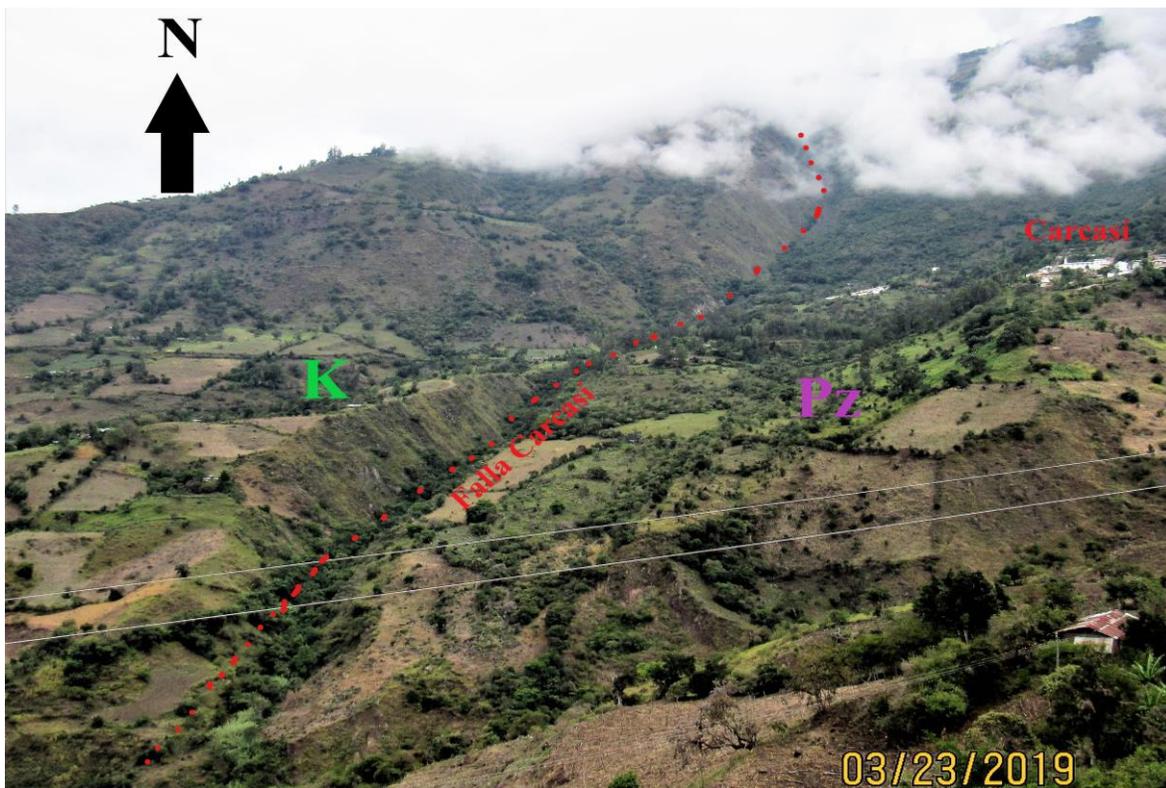


Figura 6-3. Panorámica del área de Carcasí, que muestra la relación del Paleozoico del Río Nevado (Pz) con rocas del Cretácico (K).

### 6.2.1 Falla Carcasí

Es una falla inversa con dirección N-S, parte de su trazo controla el cauce de la quebrada El Rincón. Figura 6-3. Presenta una vergencia hacia el Oeste. Pone en contacto rocas del Cretácico con las sedimentitas del denominado Paleozoico del Río Nevado.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

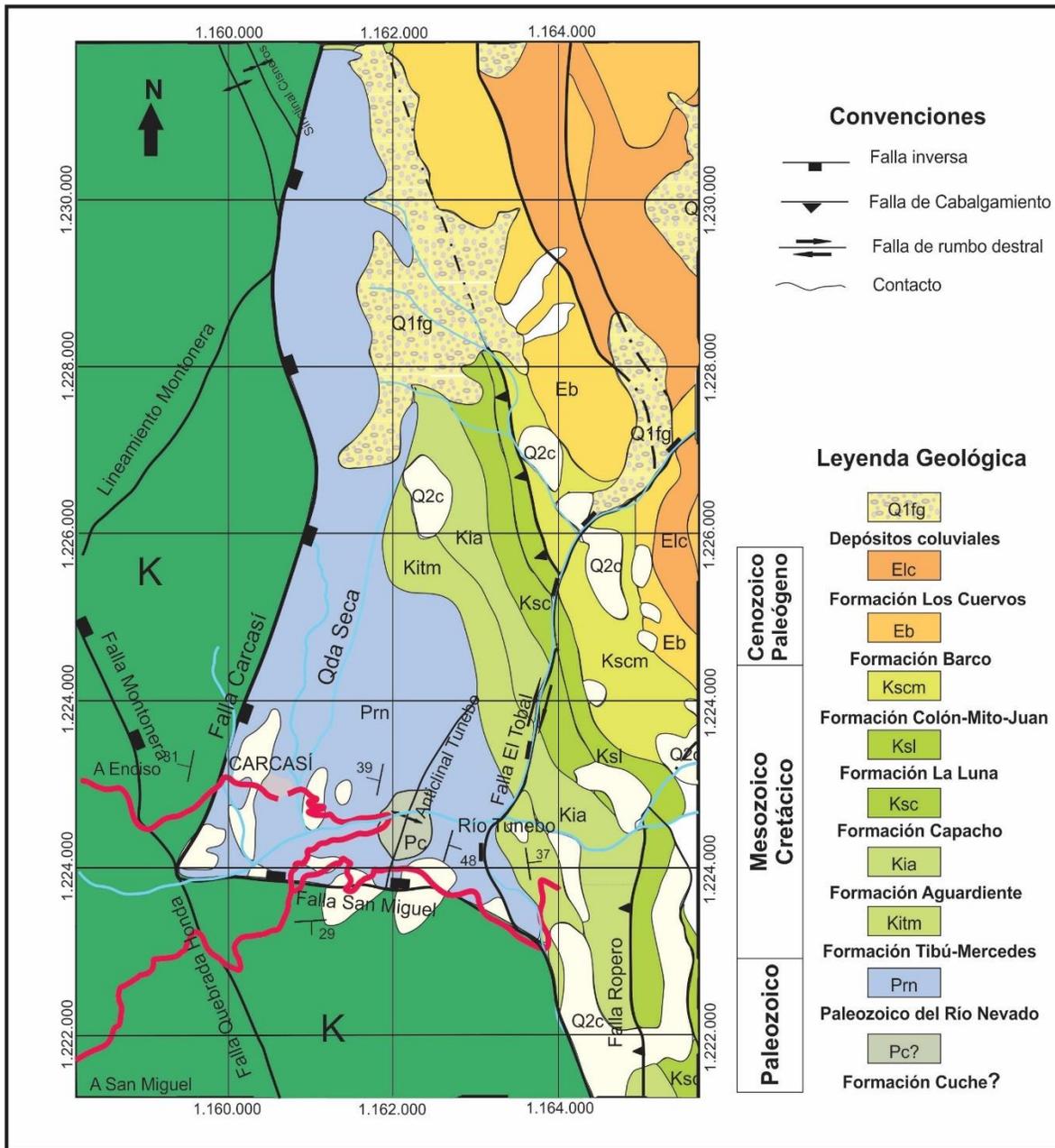


Figura 6-4. Mapa geológico del área de Carcasí. Tomado y modificado de la Plancha 136 II. Cardozo *et al.* (2016). Servicio Geológico Colombiano. K Cretácico sin diferenciar.

### 6.2.2 Falla El Tobal

Falla de rumbo en forma de arco, presenta una cinemática dextral y un componente inverso, con vergencia al Este, afectando rocas de las formaciones Tibú-Mercedes, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón y Mito-Juan, Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera, (Cardozo *et al.*, 2016). Figura 6-4.

### **6.2.3 Anticlinal del Río Tunebo**

Se denomina Anticlinal Río Tunebo, por el río del mismo nombre que lo corta de E-W. Es un amplio anticlinal levemente asimétrico, con orientación NE-SW, el núcleo contiene las sedimentitas de color rojo, probablemente de la Formación Cuche, sobre la que descansa la sucesión del denominado Paleozoico del Río Nevado. Limitado al oriente por la Falla El Tobal que pone en contacto rocas del Paleozoico con la Formación Tibú-Mercedes y Formación Aguardiente del Cretácico y al occidente por la Falla Carcasí que coloca en contacto las rocas del Paleozoico con las sedimentitas del Cretácico. Figura 6-4.

## 7. Litoestratigrafía del Paleozoico del Río Nevado

La descripción detallada de la litoestratigrafía se realiza en las secciones a lado y lado del río Nevado, ya que en este sector Stibane (1967), Stibane & Forero (1969), Obregón & Terraza (1988) y Rojas (2008) centraron sus estudios.

La sucesión del Paleozoico del Río Nevado se ha dividido en tres segmentos, que a su vez se subdividen en intervalos, con base en la naturaleza litológica de rocas blandas y duras, color y morfología, que son reconocibles en el campo, lo cual facilita la descripción de las columnas estratigráficas.

El segmento inferior, integrado primordialmente por capas delgadas a muy gruesas de lodolita, arenita, arenita lodosa, micritas fosilíferas, biomicritas, oobiomocrita, oncobiomicrita y biooesparita, mostrando una morfología de contornos suaves, el color predominante gris a gris verdoso.

El segmento medio, compuesto esencialmente por potentes capas de micrita, biomicrita, oobioesparita, biooesparita, pelbioesparita, oncobiioesparita, que modelan una morfología de escarpes pronunciados, el color característico es beige rojizo y rojo.

El segmento superior, constituido principalmente por estratos de lodolita, arenita lodosa, micrita y biomicrita que le dan la apariencia de una morfología de contornos suaves, el color de la roca es gris a gris verdoso y rojo.



Figura 7-1. Panorámica del afloramiento del Paleozoico del Río Nevado, sector Macaravita.

### 7.1 Columna estratigráfica Macaravita

Sección levantada en la ribera norte del río Nevado, Figura 7-1, en la parte aflorante del flanco oriental del Anticlinal Río Nevado, en jurisdicción del municipio de Macaravita (Santander). Figura 7-2a, 7-2b y 7-2c.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Se levantaron 258.5 m. de columna estratigráfica, iniciando desde la ribera del río Nevado, donde está construida la bocatoma para el suministro del agua para Capitanejo (Santander).

Localización y referencia: se realiza teniendo en cuenta la Plancha 136-IV-C Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Las coordenadas están referenciadas con origen Bogotá-Magna, Coordenadas Elipsoidales: Latitud (N) 4° 35' 46,3215"; Latitud (W) 74° 04' 39,0285". Coordenadas Gauss-Krüger: Norte [m] 1 000 000,0; Este [m] 1 000 000,0.

Punto de Inicio: X: 1.203.901; Y: 1.159.817; Altura 1.244 m.s.n.m

Punto Final X: 1.204.207; Y: 1.160.238; Altura 1.274 m.s.n.m

### **Segmento inferior**

Se toma como Segmento inferior los primeros 123.75 m expuestos, la continuidad de la sucesión por debajo de la superficie no se conoce, cubierta por depósitos aluviales y coluviales recientes. Este segmento se caracteriza por estar conformado principalmente por estratos de lodolita gris-gris verdoso, intercalados con estratos de arenita, arenita lodosa gris-gris verdoso y por niveles calcáreos de color gris.

Constituido por los siguientes intervalos litológicos:

#### **Intervalo N° 1**

Limitado entre 0 a 36.25 m, compuesto por un estrato grueso, hacia la base de oobiomícrita, gris oscuro, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 y 4), (Tucker 1982), se le superponen estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris oscura a gris verdosa, ligeramente calcárea hacia la base, gradan a estratos delgados a medios de limolita hacia el techo, estratificación ligeramente ondulada, laminación muy delgada, ondulada paralela y ondulada no paralela, baja a moderadamente bioperturbada (grado 2 a 3), presenta impresiones de fósiles en mal estado de conservación, braquiópodos reconocibles, tipo orthidos, productidos y gastrópodos pequeños, de paredes delgadas y espiral alta.

#### **Intervalo N° 2**

Comprendido entre 36.25 a 57.2 m, conformado por estratos delgados a muy grueso de arenita lodosa hacia la base e intercalaciones de estratos medianos de lodolita arenosa gris oscuro y arenita lodosa, hacia el tope, de grano muy fino a fino, gris a gris verdosa, estratificación ondulada paralela, laminación delgada ondulada no paralela continua y discontinua, baja a moderadamente bioperturbada (grado 2 y 3). Hacia el techo y base de las capas se observan improntas de icnofósiles. Figura 7-3a y 7-3b.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

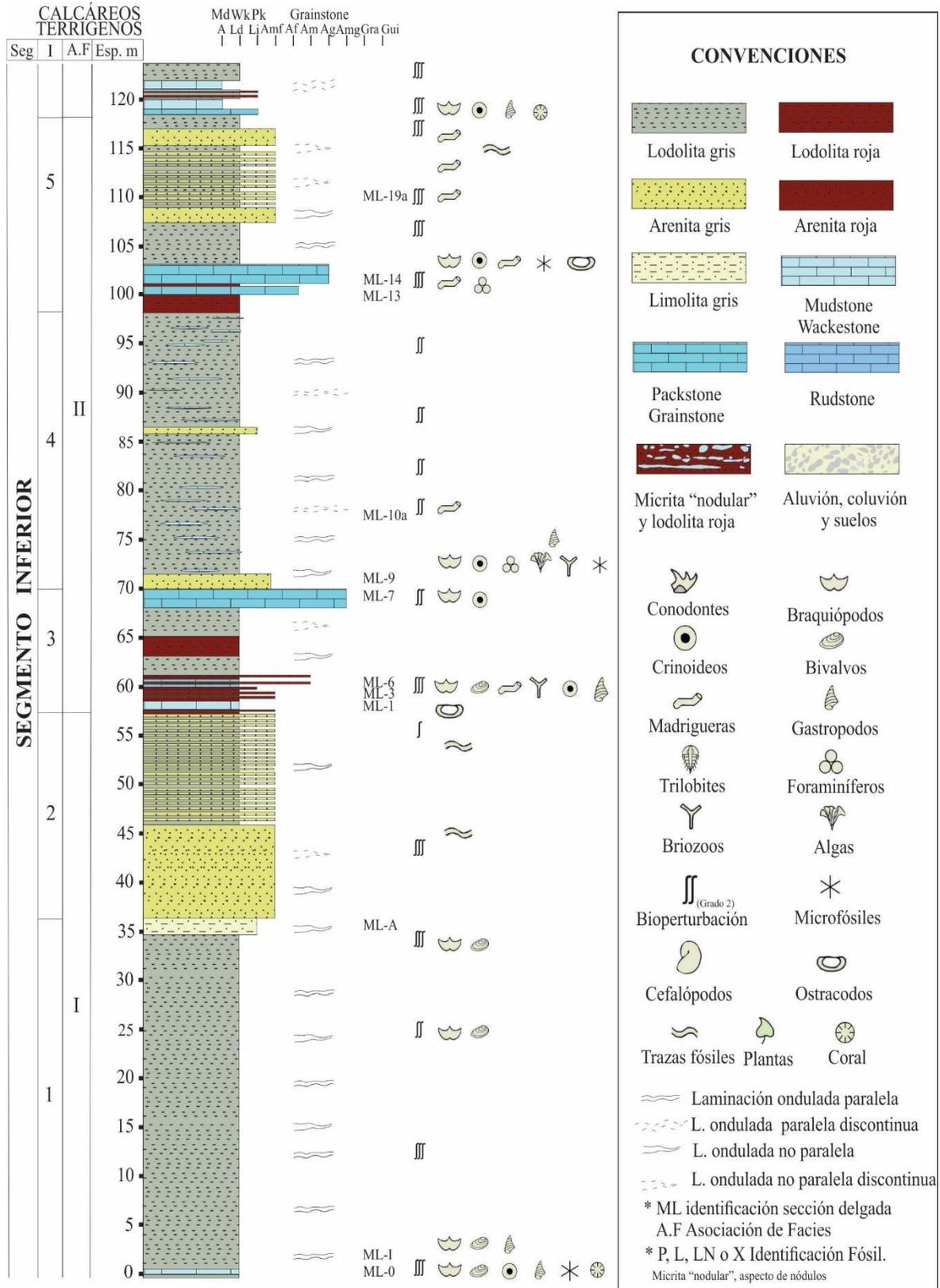


Figura 7-2a. Columna estratigráfica Macaravita, segmento inferior. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

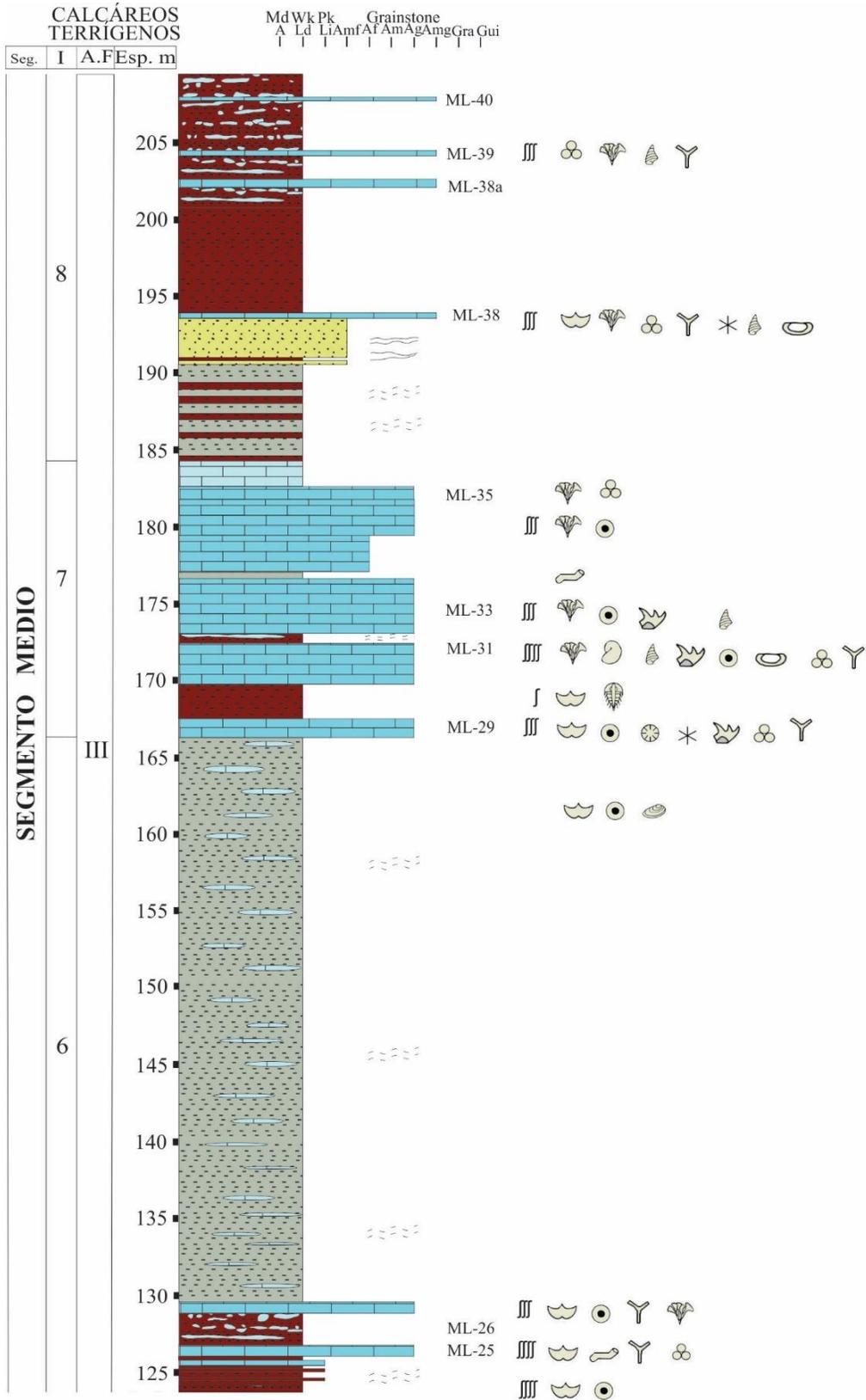


Figura 7-2b. Columna estratigráfica Macaravita, segmento medio. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

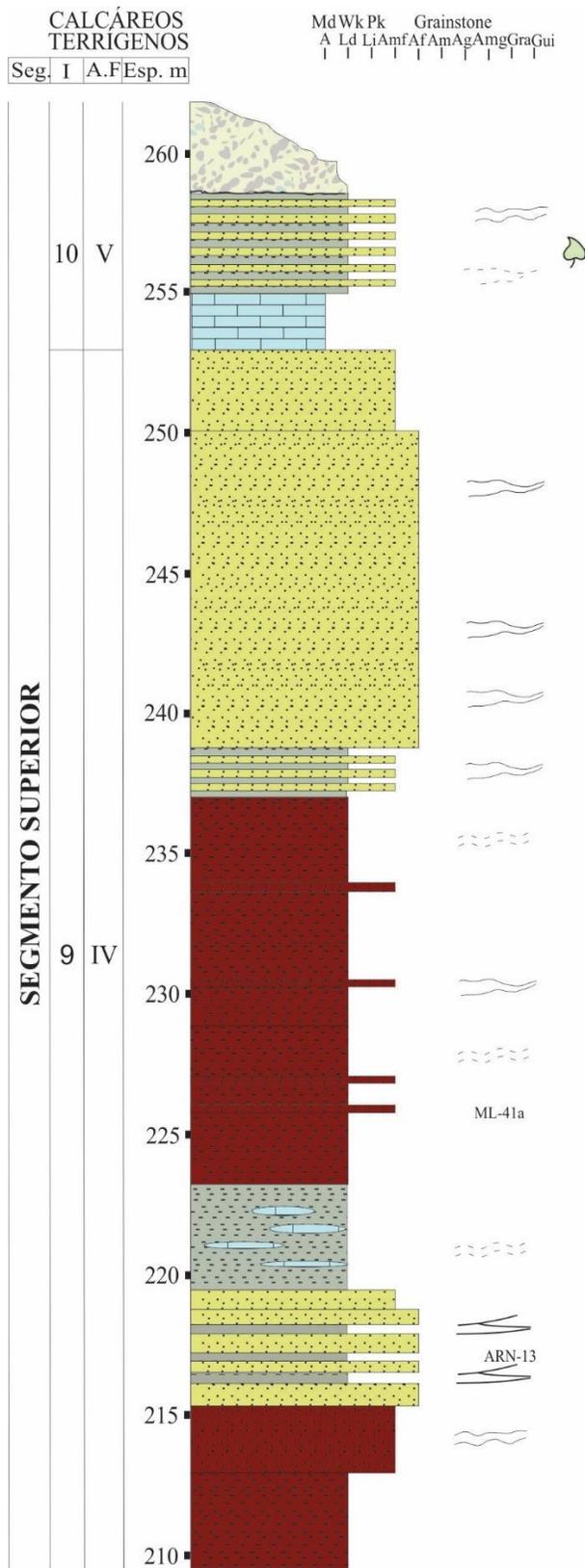


Figura 7-2c. Columna estratigráfica Macaravita, segmento superior. Flanco oriental Anticlinal Río Nevado.

Intervalo N° 3

Limitado entre 57.2 a 70 m, constituido, hacia la base, por estratos medianos de lodolita y arenita de grano muy fino, rojos, a las que se le superponen intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de biomicrita y biooesparita, gris rojizo y gris oscuro, moderadamente bioperturbadas (grado 3), estratos muy delgados a gruesos de arenita lodosa de grano muy fino, roja, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada no paralela y estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris y rojo, laminación muy delgada ondulada no paralela continua y discontinua, hacia el techo estrato medianos a gruesos de biooesparita gris oscura, los bioclastos y ooides con laminación muy delgada a delgada plana no paralela.

Intervalo N° 4

Comprendido entre 70 a 98.2 m., compuesto a la base por estratos medianos a gruesos de arenita de grano muy fino, gris oscura, estratificación ondulada, laminación muy delgada, ondulada no paralela y moderadamente bioperturbada (grado 3). Continúa una serie de intercalaciones de estratos medianos a muy gruesos de lodolita gris y capas delgadas a medianas lenticulares de micrita gris oscura, estratificación ondulada con laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela y no paralela continua y discontinua, moderadamente bioperturbada (grado 3), madrigueras en posición vertical y horizontal, y estratos delgados a gruesos de limolita calcárea, gris oscuro, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada no paralela, lentes con laminación interna inclinada bidireccional.

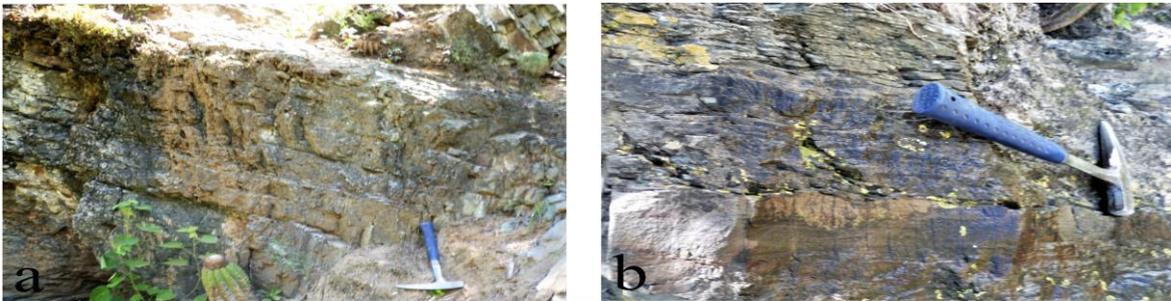


Figura 7-3a. **a)** Estratos tabulares, delgados de arenita lodosa **b)** Estratificación ondulada paralela en estratos de arenita y arenita lodosa.

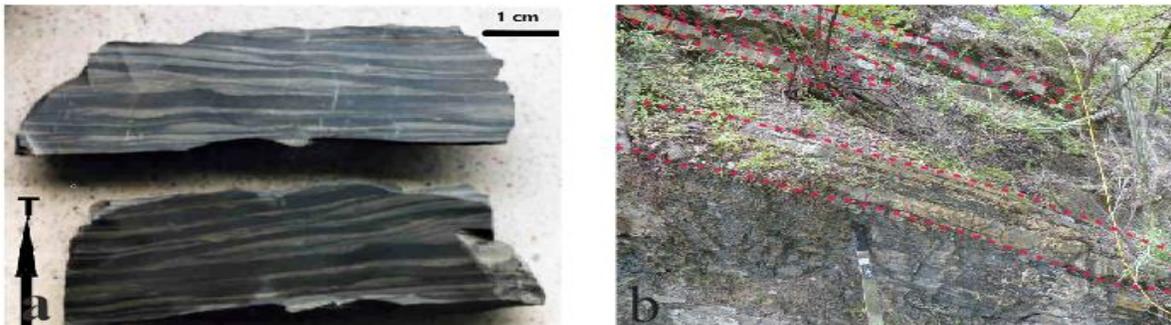


Figura 7-3b. **a)** Laminación ondulada paralela continua, **b)** Estratos tabulares y cuneiformes de arenita lodosa, intercalados con capas de lodolita arenosa.

Intervalo N° 5

Incluye la sucesión entre 98.2 a 123.75 m., el color de las rocas cambia de gris a rojo. Conformados, en la base por estratos delgados de lodolita roja con moteados verdes calcáreos, altamente bioperturbados (grado 4) y presencia de madrigueras subhorizontales y verticales con respecto al plano de estratificación. Seguidamente se expone una serie de intercalaciones de estratos delgados a medianos de intrabiomicrita y oobioesparita, rojos y gris-rojizos con lodolita calcárea roja y contenido fosilífero (braquiópodos), Figura 7-4. Se le superponen una serie de intercalaciones de estratos delgados a medianos de lodolita, gris oscura, a veces calcárea, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada paralela continua y discontinua, moderadamente bioperturbada (grado 3), Figura 7-5, con estratos delgados a gruesos de arenita y arenita lodosa de grano muy fino a fino, gris verdosa, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4), con presencia de icnofósiles y onduladas simétricas rectas (N46°E perpendicular al eje de las crestas), Figura 7-6. Se le superponen estratos gruesos de biomicrita, (fragmentos de braquiópodos, crinoideos y gastrópodos), gris oscuro, estratos delgados irregulares de micrita de aspecto nodular, gris oscuro e intercalados con estratos delgados a medianos de lodolita calcárea y limolita calcárea gris oscuro, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada ondulada paralela y no paralela.

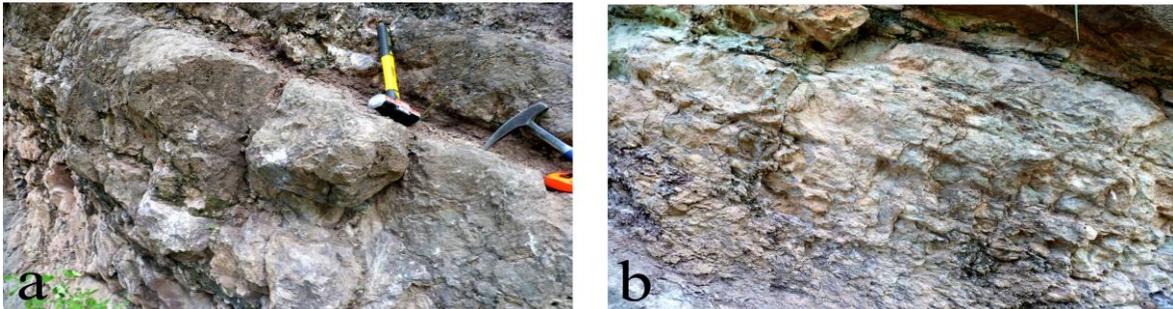


Figura 7-4. **a)** Estratos medianos de oobioesparita, rojo, **b)** capas de aspecto nodular delgadas a medianas de micrita con capas muy delgadas de lodolita de color verde.



Figura 7-5. **a)** Capas de lodolita gris, laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela, por granulometría (laminación clara tamaño limo muy fino y laminación oscura, tamaño arcilla) **b)** Exposición del afloramiento conformado por estratos delgados a medianos de lodolita gris.



Figura 7-6. Techo de las capas de arenita, **a)** Ondulas simétricas y huellas de reptación, icnofósiles, techo de la capa, **b)** Huellas de reptación e icnofósil.

### Segmento medio

Tiene un espesor acumulado de 85.75 m., limitado en la columna estratigráfica, entre 123.75 a 209.5 m, Figura 7-52b. La característica de las sedimentitas de este segmento es el color rojo predominante y los niveles calcáreos.

Conformado por los siguientes intervalos:

#### Intervalo N° 6

Comprendido entre 123.75 y 166.20 m., compuesto por capas muy delgadas a delgadas de lodolita roja, con algunas intercalaciones de laminación delgadas de lodolita verde claro, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada paralela discontinua, moderadamente bioperturbada (grado 3), intercaladas con estratos delgados a medianos, irregulares de micrita fosilífera de aspecto nodular, intercalados en estratos muy delgados a delgados, irregulares de lodolita roja, altamente bioperturbada (grado 4), contiene tallos de crinoideos, braquiópodos (productidos, espiriferidos – *Anthracospirifer* sp. y *Composita* sp.), color predominante rojo. Se le superponen intercalaciones de estratos medios a gruesos, de oobioesparita, color rojo, estratificación plana no paralela, con contenido de braquiópodo tipo productidos y espiriferidos, con estratos medianos a muy gruesos de micrita y biomicrita de aspecto nodular y lodolita roja. Los nódulos calcáreos son semejantes a madrigueras, Figura 7-7b. Se superponen estratos muy delgados a delgados de lodolita gris verdosa, estratificación ondulada discontinua paralela con intercalaciones de estratos cuneiformes, delgados a medianos de micrita fosilífera, gris oscuro, estratificación ondulada paralela, Figura 7-7a, Figura 7-8a. Los estratos de micrita contienen fauna de crinoideos en posición vertical y horizontal con respecto al plano de estratificación, Figura 7-8b, con braquiópodos

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

productidos (*Anticuatonia* ? sp.), aislados y con la valva ventral o braquial en posición hacia el techo de la capa.



Figura 7-7. **a)** Intercalaciones de lodolita calcárea gris oscuro y micrita gris-rojizo, estratificación plana y ondulada paralela, **b)** Aspecto nodular de las intercalaciones de lodolita roja y micrita fosilífera, color gris rojizos. Los nódulos los recubre una pátina de color verde.



Figura 7-8. **a)** Intercalación de estratos de lodolita gris-verdosa con estratos cuneiformes de micrita gris, **b)** Braquiópodo del género *Anticuatonia* ? sp.

### Intervalo N° 7

Comprendido entre 166.2 a 184.25, lo componen estratos delgados a muy gruesos de biomicrita (algunos de aspecto nodular), de color beige rojizo y gris claro, estratificación ondulada paralela con contenido fósil de crinoideos, bivalvos y braquiópodos (valva ventral hacia el techo), y micrita fosilífera, gris claro, intercalados con estratos delgados a medianos de lodolita roja, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada ondulada paralela discontinua y lodolita roja con micrita de aspecto nodular, con contenido fósil de braquiópodos, bivalvos, gastrópodos y pigidios de trilobites, Figura 7-9. Se le superponen estratos gruesos de pelbioesparita, biomicrita, biopesparita y estratos delgados a medianos de micrita, gris oscuro.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

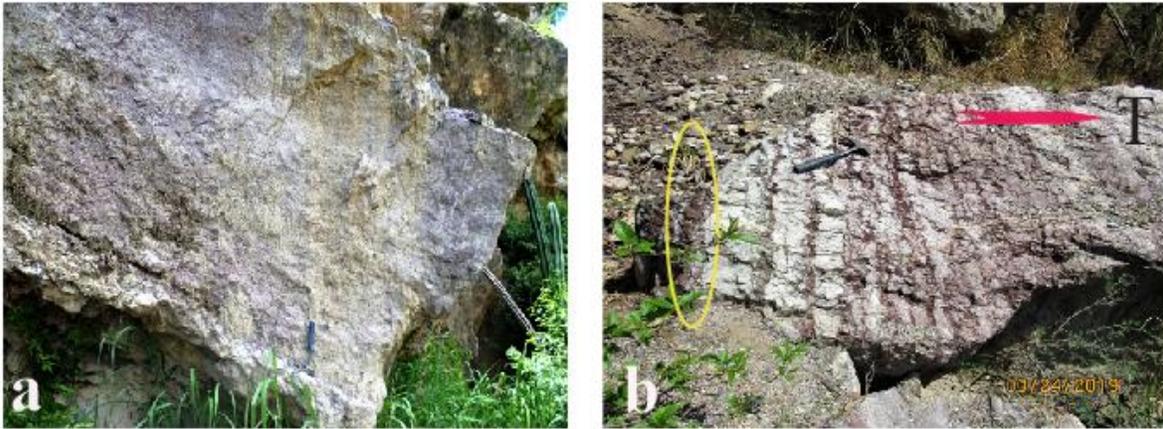


Figura 7-9. a) Potente banco de pelbioesparita y b) Bloque caído del banco de pelbioesparita y capas muy delgadas de lodolita roja. (T) techo del estrato, la elipse indica el sector donde se han colectado trilobites, espiriferidos, productidos, bivalvos y crinoideos.

Intervalo N° 8

Se extiende desde 184.25 a 209.5 m, compuesto por una serie de intercalaciones de estratos delgados a medianos de lodolita roja, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada ondulada paralela discontinua, hacia la parte media, estratos delgados a gruesos de arenita lodosa de grano muy fino a fino, gris verdosa, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada ondulada paralela continua, Figura 7-10 y 7-11, superpuesta por estratos gruesos de bioconoesparita de aspecto nodular, gris verdosa, con parches de lodolita de color gris verdosa, los fósiles no muestran orientación preferencial, valva ventral hacia el techo de la capa. Continúa una sucesión de estratos gruesos a muy grueso de lodolita de color rojo, ligeramente calcáreos, estratificación ondulada paralela, hacia la parte superior con nódulos calcáreos dispersos, pasando a intercalaciones de estratos delgados y medianos de oncobioesparita, beige rojizo, con estratos muy gruesos conformados por intercalaciones de capas delgadas de lodolita roja y micrita de aspecto nodular, beige rojizo. Figura 7-12.



Figura 7-10. a) Lodolita roja con laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela discontinua por granulometría, color verde granos tamaño limo, b) Lodolita gris verdosa y roja, muestra laminación ondulada paralela continua y discontinua, dada por la alternancia del color, estratos delgados a medianos cuneiformes de micrita, gris oscuro (C).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Figura 7-11. **a)** Lodolita gris con laminación plana paralela, por granulometría, laminación muy delgada a delgada donde alternan limolita, beige y arcillolita gris verdosa y **b)** Lodolita gris verdosa y roja, muestra laminación ondulada paralela continua y discontinua, dada por la alternancia del color y estrato delgado a mediano cuneiforme de micrita, gris oscuro (C).



Figura 7-12. **a)** Estratos de oncobioesparita, beige e interstratificación de estratos muy delgados a delgados de micrita de aspecto nodulare, y lodolita roja, **b)** Interstratificación de estratos muy delgados a delgados de micrita de formas nodulares con lodolita roja.

### Segmento superior

Se ubica entre 209.5 a 258.5 m. Con un espesor acumulado de 49 m., hasta donde aflora, cubierto por depósitos coluviales, no se observa el contacto con la Formación Tibú-Mercedes que la suprayace.

Constituidos por rocas de composición siliciclástico de colores gris-gris verdoso y rojos, morfológicamente forma escarpes fuertes.

Conformado por los siguientes intervalos:

### Intervalo N° 9

Representado entre 209.5 y 253 m., conformado por una alternancia de rocas de color rojo y gris a gris verdoso. Compuesto por estratos delgados a gruesos de arenita lodosa, de grano muy fino a medio, roja, estratificación ondulada paralela y laminación ondulada paralela continua, superpuesta por estratos medianos a gruesos de arenita lodosa de grano fino a medio, gris verdosa, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada curvada no paralela, lenticular, intercalada con estratos delgados a medianos de limolita gris-gris verdosa, superpuesta por estratos medianos a gruesos de lodolita gris verdosa, con estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada paralela, discontinua e intercalados estratos delgados lenticulares de micrita, gris oscuro, continuando con estratos medianos a gruesos de lodolita roja con intercalaciones de estratos cuneiformes de limolita y arenita lodosa de grano muy fino, roja, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada ondulada paralela y ondulada no paralela continua, que pasa a intercalaciones de arenita lodosa de grano muy fino, gris verdosa y capas de lodolita gris, seguidas de estratos cuneiformes medianos a gruesos de arenita de grano muy fino, gris verdosa, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada curvada no paralela o lentes bidireccionados (De Raaf *et al.* 1977 en Reineck & Singh 1980), Figura 7-13. Finalizando con estratos delgados de micrita de aspecto nodular, negra, con intercalaciones de laminación delgada a mediana de lodolita gris oscura.

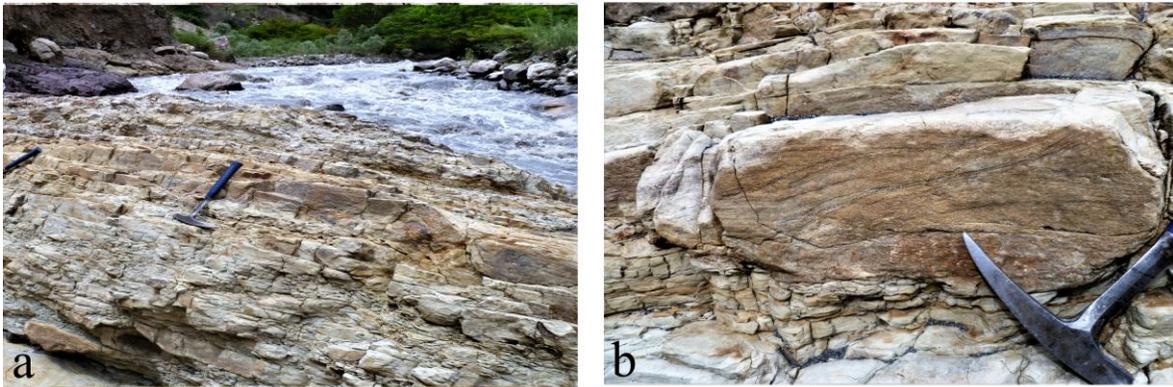


Figura 7-13. **a)** Afloramiento de estratos delgados a medianos cuneiformes de arenita, se observa la estratificación ondulada y hacia la base superficies erosivas y **b)** muestra la laminación inclinada curvada.

### Intervalo N° 10

Aflora la parte inferior, comprendido entre 253 y 258.5 m., conformado por intercalaciones de estratos delgados de arenita lodosa, de grano muy fino, gris verdoso, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada no paralela y lodolita gris oscura.

El resto de la sucesión sedimentaria del Paleozoico del Río Nevado del lado de Macaravita está cubierto por terrazas aluviales y derrumbes.

## 7.2 Columna estratigráfica Boavita

La columna estratigráfica se levantó en el flanco occidental del Anticlinal del Río Nevado, en la ribera sur del río, en jurisdicción geográfica del municipio de Boavita (Boyacá). Figura 7-14.

Se describieron 283.75 m. de columna estratigráfica, la parte inferior y límite con la unidad infrayacente no aflora. La localización y referencia se da teniendo en cuenta la Plancha 136-IV-C del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Figura 5-18a, 5-18b y 5-18c.

Punto de inicio: X: 1.203.799; Y: 1.159.719; Altura: 1.277 m.s.n.m

Punto de Finalización: X: 1.203.462; Y: 1.159.660; Altura: 1.521 m.s.n.m



Figura 7-14. Afloramiento del Paleozoico del Río Nevado, sector Boavita, se observa el Anticlinal del Río Nevado. Fotografía tomada de norte a sur.

### Segmento inferior

Constituido por rocas de composición siliciclástica, separados en los siguientes intervalos:

#### Intervalo No 2

Afloran 11.6 m. del segmento, conformado por estratos delgados a medianos de arenita lodosa hacia la base e intercalaciones de estratos medianos de lodolita arenosa gris oscuro y arenita lodosa, hacia el tope, de grano muy fino a fino, gris a gris verdoso, estratificación ondulada paralela, laminación delgada ondulada no paralela, continua y discontinua, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 y 4). Se observan madrigueras en posición vertical y horizontal con relación al plano de estratificación y ondulas simétricas rectas de cresta redondeada y fragmentos de conchas subredondeadas a redondeadas, continúa con estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris-gris verdoso.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

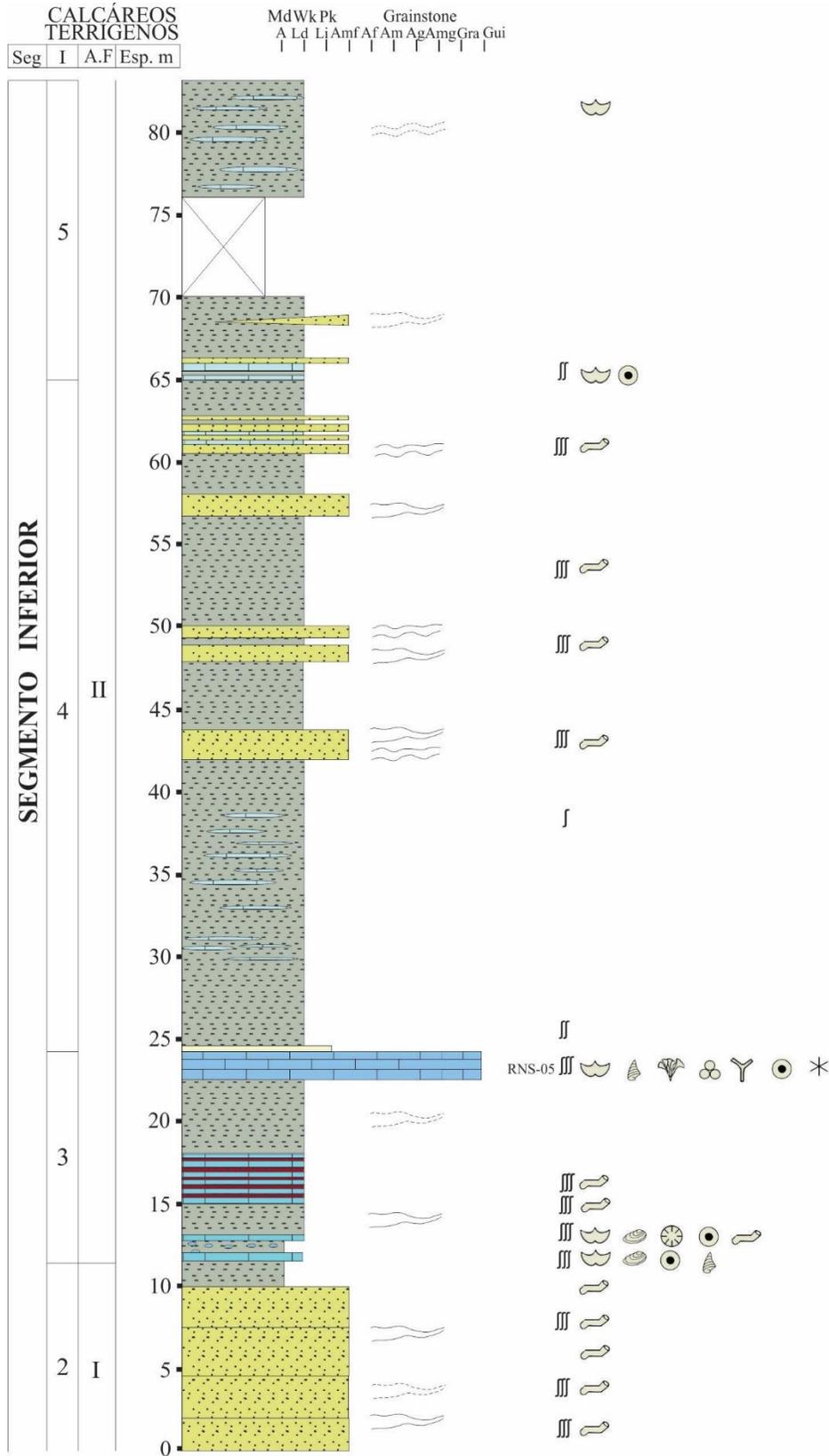


Figura 7-15a. Columna estratigráfica Boavita, segmento inferior. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

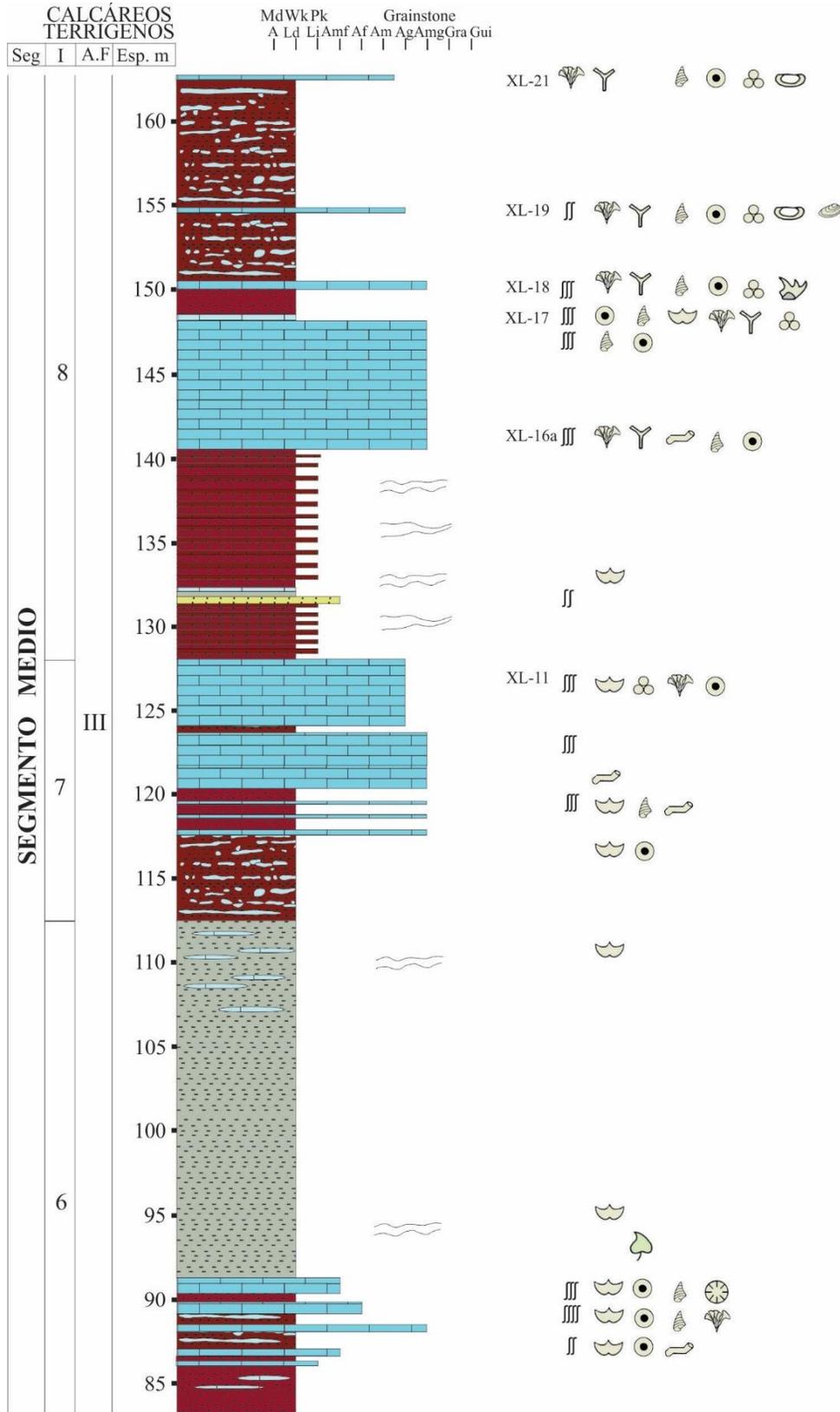


Figura 7-15b. Columna estratigráfica Boavita, segmento medio. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

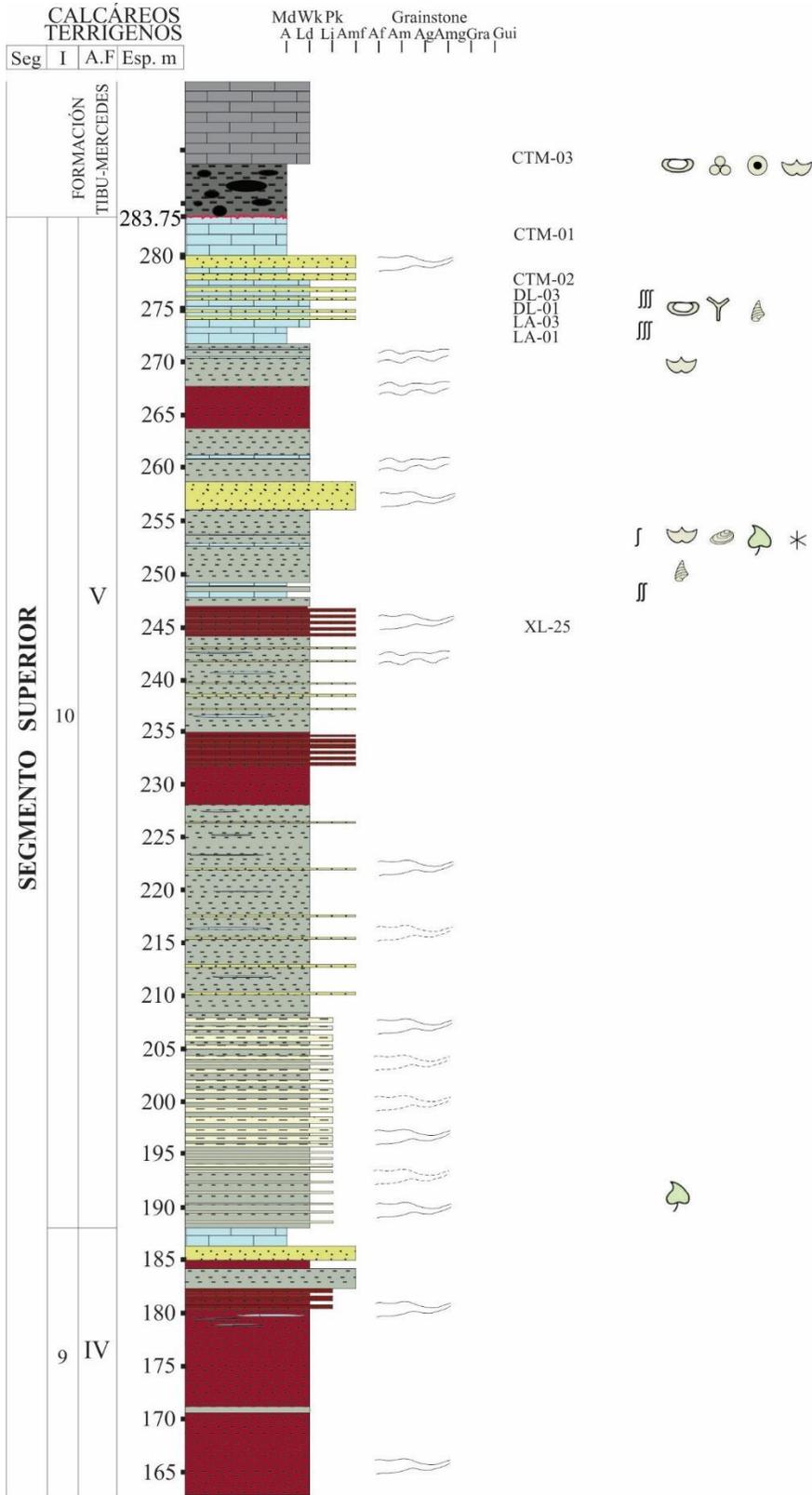


Figura 7-15c. Columna estratigráfica Boavita, segmento superior. Flanco occidental Anticlinal Río Nevado.

### Intervalo No 3

Limitado entre 11.6 a 24.5 m, constituido por intercalación de estratos medianos a gruesos de micrita fosilífera y biomicrita, se reconocen braquiópodos, gastrópodos, crinoideos y bivalvos, rotos, (hasta 3 cm.), gris rojizo, estratificación ondulada paralela y estratos muy delgados a delgados de lodolita y arcillolita calcárea con nódulos calcáreos, gris oscuros. Los fósiles están alineados horizontalmente con relación al plano de estratificación, por niveles en el estrato. Se le superponen estratos medianos de lodolita gris oscura, infrayacida por intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de biomicritas, con contenido de fósiles donde se reconocen crinoideos, braquiópodos, (*Anthracospirifer* sp.), gastrópodos, gris rojizos y negros, moderadamente bioperturbada (grado 3), y estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris, laminación muy delgada ondulada no paralela continua y discontinua. Se le superpone una sucesión de intercalaciones de estratos delgados a gruesos de biomicritas, rojas y gris oscuros, con estratos delgados a medianos de lodolita roja, estratificación ondulada paralela. Continúa una sucesión de estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris oscura a la que se le superponen estratos gruesos a muy gruesos de oncobiomicrita de color negro.

### Intervalo 4

Comprendido entre 24.5 m a 65 m, compuesto por estrado medianos a gruesos de limolita gris-gris verdosa, se le superponen estratos delgados a muy gruesos de lodolita gris-gris verdosa intercalada con capas delgadas cuneiformes de micrita gris oscuro y hacia la parte media a superior por estratos delgados a gruesos de arenita de grano muy fino, gris y gris verdosa, con estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada ondulada paralela y no paralela, y lenticular, muestra ondulas simétricas, rectas de cresta redondeada, icnofósiles, moderadamente bioperturbada (grado 3). Hacia la parte media-superior del segmento se intercalan estratos medianos a gruesos de biomicrita gris oscuros, con fragmentos fósiles rotos y enteros. En los estratos de lodolita se encuentran impresiones de plantas.

### Intervalo 5

Limitado entre 65 m y 83. 2 m, lo conforman estratos delgados a medianos hacia la base de biomicritas gris oscura con contenido de braquiópodos y crinoideos, intercalados con estratos delgados a medianos de lodolita, se le superponen estratos gruesos a muy gruesos de lodolita gris-gris verdosa con intercalaciones de estratos cuneiformes delgados a medianos de arenita lodosa de grano muy fino. Entre 70 m y 76 m, está cubierto por derrumbes, continuando intercalaciones de estratos medianos a gruesos de lodolita gris-gris verdoso y estratos delgados a medianos de micrita de color gris.

### Segmento medio

Tiene un espesor acumulado de 79.2 m., se extiende en la columna estratigráfica entre 83.2 a 162.7 m. Este segmento se identifica claramente en el afloramiento, lo componen bancos calcáreos intercalados por lodolita de color rojo.

Integrado por los intervalos 6, 7 y 8.

#### Intervalo No 6

Comprendido entre 83.2 a 112.5 m., conformado por intercalación de estratos delgados y medianos de lodolita roja con capas cuneiformes de micrita roja; estratos medianos de biomicrita con fragmentos de crinoideos, braquiópodos tipo espiriferidos y productidos, artejos de crinoideos, gris rojiza y beige, estratificación ondulada paralela, intercalados por estratos gruesos de lodolita roja con micrita de aspecto nodular, rojo con contenido de braquiópodos y tallos de crinoideos en posición vertical, con respecto al plano de estratificación.

Continúa con estratos medianos a gruesos de lodolita de color gris con intercalaciones de capas cuneiformes muy delgadas de limolita de color gris-verdoso; pasando a estratos cuneiformes de micrita de color gris oscuro con ocurrencia del braquiópodo *Anticuatonia* ? sp. y crinoideos.

#### Intervalo N° 7

Limitado entre 112.5 a 128.2 m., conformado a la base, por estratos delgados a medianos de lodolita roja, con contenido de capas irregulares muy delgadas a delgadas de micrita de aspecto nodular, gris rojizas, estratificación ondulada paralela, con presencia de fósiles *Composita* sp., *Anticuatonia*? sp., crinoideos y gastrópodos. Los braquiópodos con la valva ventral hacia el techo de las capas y los crinoideos en posición vertical y horizontal.

Continúa con intercalaciones de estratos delgados, medianos y gruesos de lodolita roja, capas gruesas de lodolita roja con micrita de aspecto nodular y estratos medianas a gruesos de pelbioesparita beige rojiza y grises. Estratificación ondulada paralela.

#### Intervalo N° 8

Comprendido entre 128.2 a 162.7 m. Compuesto por intercalaciones de estratos delgados a gruesos de lodolita roja y estratos delgados de limolita roja, con fragmentos de braquiópodos e intercalado un nivel de color gris de estrato medio de arenita de grano fino, capa delgada de arcillolita y estrato medio de biomicrita, estratificación ondulada paralela. Continúan estratos gruesos a muy gruesos de oncobioesparita y biomicrita beige rojizo, superpuesta por estratos delgados a gruesos de lodolita roja y estratos gruesos a muy gruesos de lodolita roja con micrita de aspecto nodular. El contenido de braquiópodos tipo orthidos es abundante.

#### Segmento superior

Se extiende desde 162.7 a 284 m., con un espesor de 121.3 m. Compuesto principalmente por intercalaciones de lodolita gris-gris verdoso y rojo con arenita, arenita lodosa gris-gris verdoso.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Lo integran los siguientes intervalos:

Intervalo N° 9

Limitado entre 162.7 a 188.2 m., compuesto por estratos medianos a gruesos de lodolita roja, estratificación ondulada paralela y laminación ondulada no paralela continua, que pasa transicionalmente a estratos gruesos de lodolita gris y estratos medianos a gruesos de lodolita roja, con intercalaciones de estratos delgados lenticulares de limolita roja, superponiéndose estratos delgados a medianos de limolita calcárea roja. Siguen estratos medios a gruesos de arenita lodosa de grano muy fino, gris verdosas, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada, ondulada no paralela continua y discontinua con fragmentos de conchas de braquiópodos y artejos de crinoideos, intercaladas por estratos delgados a medianos de lodolita roja con estratos muy delgados de limolita roja, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada ondulada paralela; lo superponen estratos delgados a medianos de micrita de color negro de formas nodulares.

Intervalo N° 10

Comprende entre 188.2 a 283.75 m., conformado por una serie de intercalaciones de estratos delgados a gruesos de arcillolita gris, estratos delgados a muy gruesos de lodolita gris y roja, capas delgadas de limolita gris y estratos medios a muy gruesos de arenita lodosa de grano muy fino y fino, gris y roja, con estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada, ondulada paralela y no paralela continua y discontinua e icnofósiles en las capas de arenita lodosa, estratos delgados cuneiformes de micrita gris. La parte final compuesta por estratos delgados a gruesos de biomícrita de ostrácodos, gris y estrato mediano a grueso de micrita, gris intercalada con estratos delgados a medianos de lodolita gris, con contenido de fragmentos fósiles de lingúlidos.

En 283.75 m., está el contacto neto de las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado y la Formación Tibú-Mercedes, que muestra a la base estratos muy gruesos de lodolita negra con nódulos silíceos y calcáreos hasta de 20 cm. de diámetro, seguido de estratos medianos a muy gruesos de biomícritas, negra, con fósiles de bivalvos.

El contacto discordante de las rocas del denominado Paleozoico del Río Nevado, según Stibane & Forero (1969) del “Desmoinesiano” (Moscoviano-Kasimoviano), con rocas del Aptiano de la Formación Tibú-Mercedes, indica un faltante en el registro geológico del Pérmico, Triásico, Jurásico y la parte media del Cretácico inferior.

La discordancia entre las rocas del denominado Paleozoico del Río Nevado y la Formación Tibú-Mercedes es una discordancia angular de ángulo bajo (menor de 25°) para ese sector, Figura 7-16. Los datos estructurales de rumbo y buzamiento así lo indican:

Paleozoico del Río Nevado N38°W/21°SE

Formación Tibú-Mercedes N27°W/44°SE

Coordenadas de la discordancia: X= 1.203.489; Y= 1.159.605; Altura: 1.489 m.s.n.m

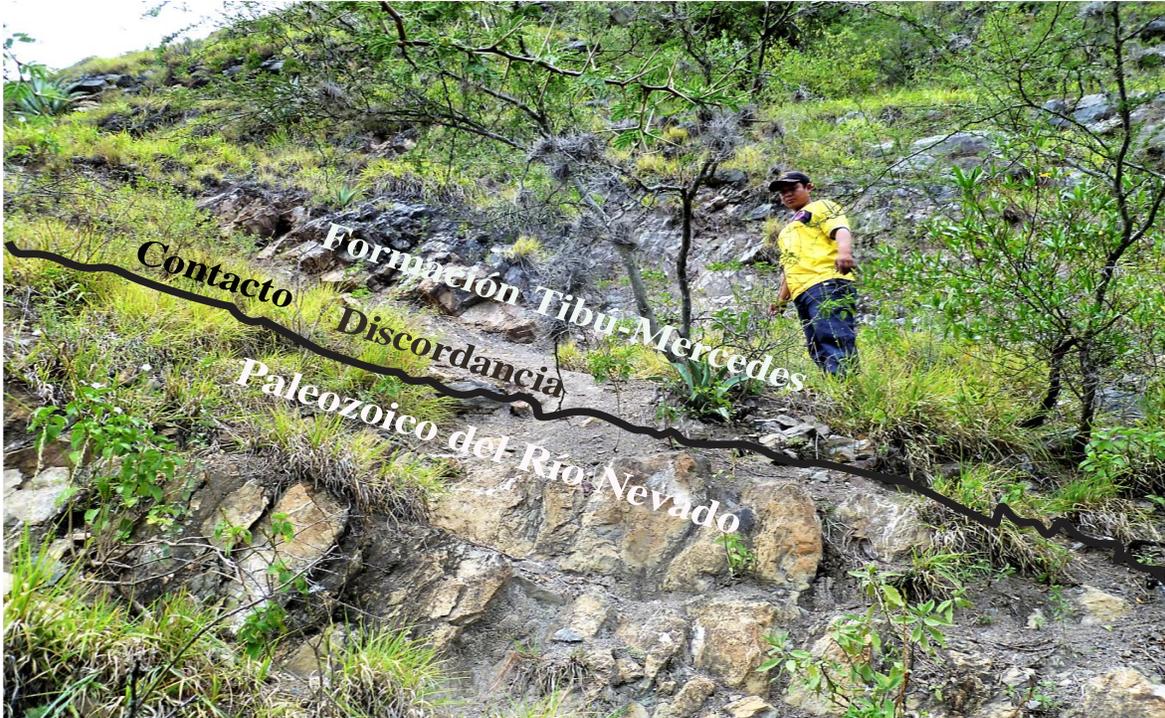


Figura 7-16. Panorámica que muestra el contacto discordante (discordancia angular de bajo ángulo), entre las sedimentitas del denominado Paleozoico del Río Nevado con la Formación Tibú-Mercedes.

### 7.3 Columna estratigráfica puente El Totumo

La columna estratigráfica se levantó en el costado sur del estribo del puente, sector del municipio de Boavita (Boyacá). Figura 7-17.

Se inicia desde el nivel del cauce del río Nevado, con las siguientes coordenadas:

Punto de inicio: X = 1.203.889, Y= 1.159.292, Altura: 1.274 m.s.n.m

Punto de final: X = 1.203.810, Y = 1.159.390, Altura: 1.322 m.s.n.m

En la sección del Puente El Totumo está expuesta la parte superior del Segmento medio, Intervalo No 8 y la parte inferior del Segmento superior, Intervalos No 9 y No10, Figura 7-18.

#### Segmento medio

##### Intervalo No 8

Afloran los últimos 20.5 m. desde la ribera del río Nevado, Figura 7-18 y 7-21, del intervalo conformado por intercalaciones de estratos medianos a muy gruesos de lodolita roja con capas irregulares muy delgadas de micrita de aspecto nodular beige rojiza, Figura 7-19, y estratos delgados a muy gruesos de biooesparita y biomicritas, beige rojizo a gris claro rojizo. Entre 9.8 a 10.3 m. se encuentra un estrato grueso de intramicrita, tamaño de grano de gránulo a guijarro, subangular a subredondeados, gris verdoso-rojizo, con estratificación

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

gradada normal, Figura 7-20. Intervalo con gran aporte de macro y microfauna fósil, en los contactos entre las lodolitas rojas con la micrita de aspecto nodular y los estratos calcáreos de biooesparita, biomicrita bioesparita e intramicrita, donde se recolectaron braquiópodos (*Composita* sp. *Anthracospirifer* sp., lingúlidos, orthidos), gastrópodos, crinoideos, trilobites, bivalvos, conodontes, cefalópodos, dientes de peces. Moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4).



Figura 7-17. Exposición del afloramiento del Paleozoico del Río Nevado en El Puente El Totumo.

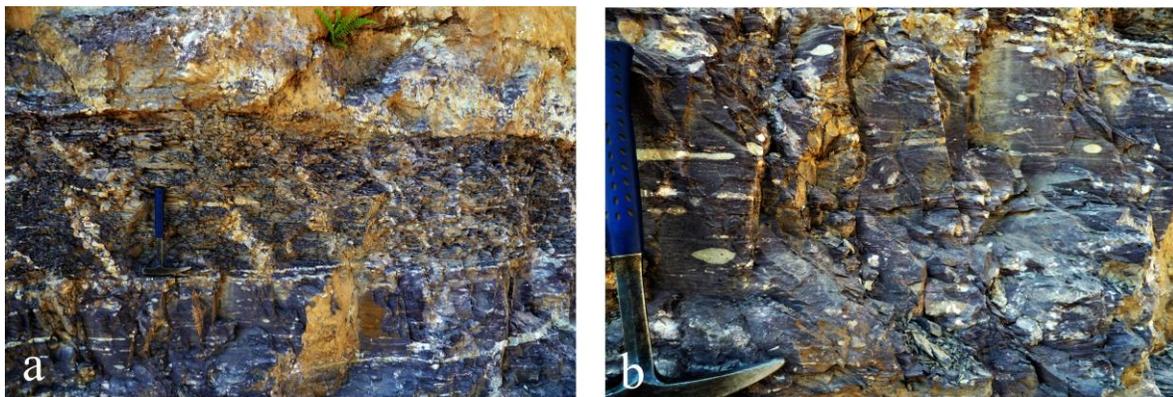


Figura 7-19. A) Estratos de lodolita de color rojo con estratos de micrita de aspecto nodular de color beige rojizo, b) Aspecto de los nódulos calcáreos. Se observan estratos intercalados de lodolita roja y micrita de aspecto nodular.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

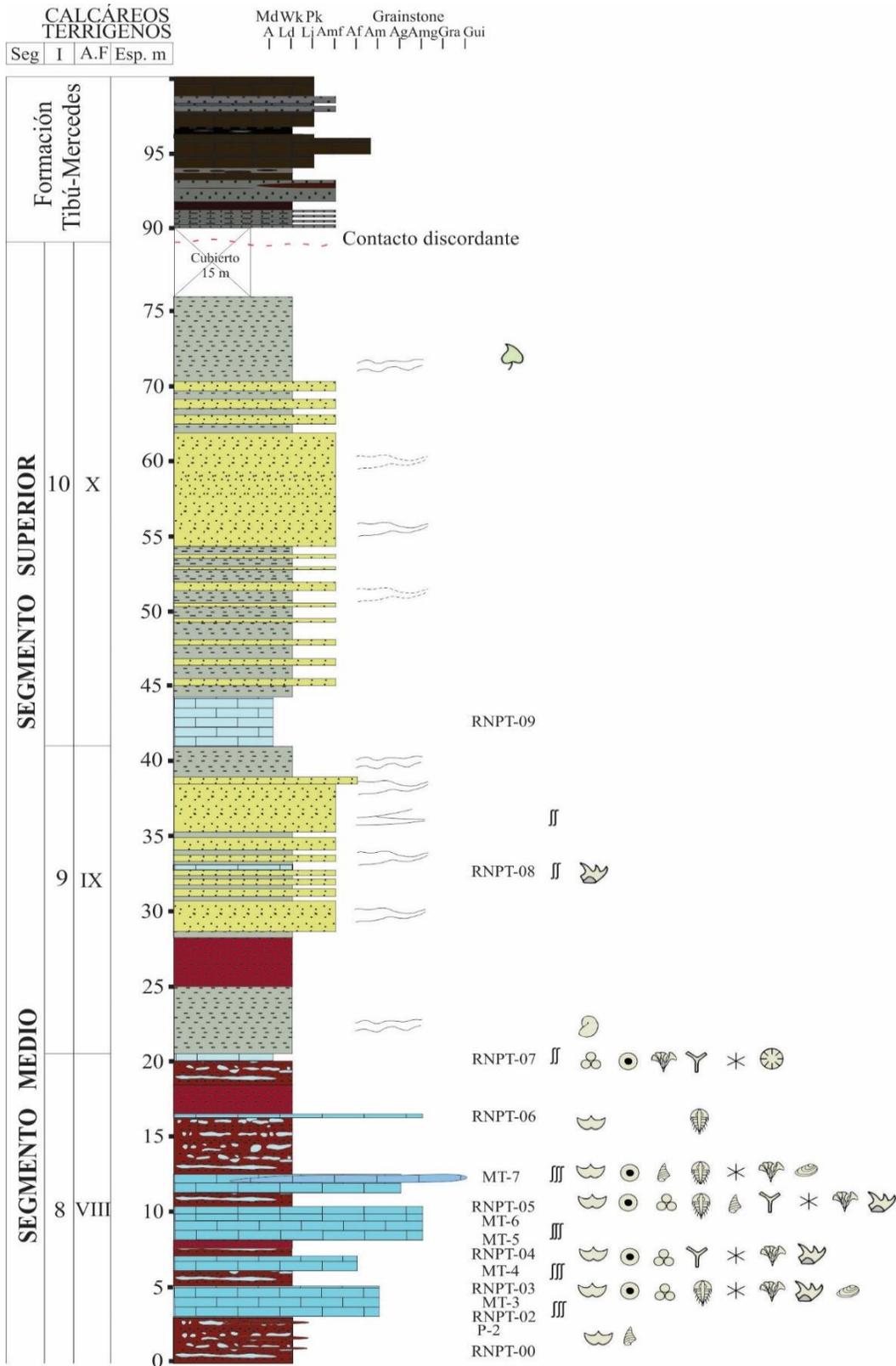


Figura 7-18. Columna estratigráfica de El Puente El Totumo, segmento medio y superior. Anticlinal El Totumo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

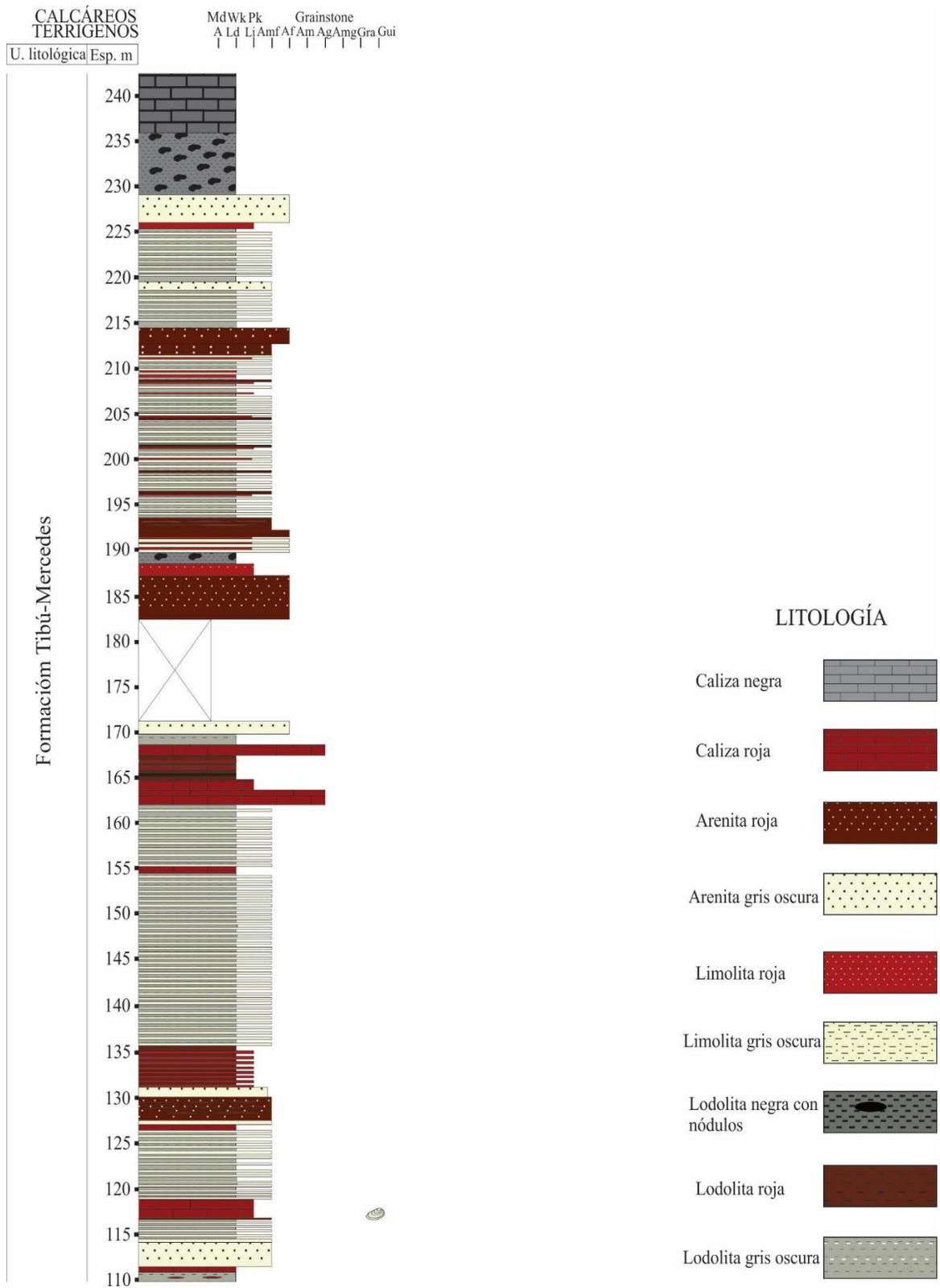


Figura 7-22. Columna estratigráfica de la parte inferior de la Formación Tibú-Mercedes.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Figura 7-20. a) Estrato grueso de intramicrita gris-gris verdoso, b) Afloramiento indicando nivel fosilífero, *Composita* sp., lingúlidos, espiriferidos, orthidos y trilobites.



Figura 7-21. Afloramiento del puente El Totumo donde se aprecia la interestratificación de los niveles de bioosparita y biomicrita, de color beige rojizo con los niveles de lodolita roja y micrita de aspecto nodular, color beige. Los fósiles se localizan en la base o en el techo de los niveles de bioosparita y biomicrita, color beige rojizo.

### Segmento superior

Se extiende desde 20.5 a 60 m., el resto de la sucesión está cubierta hasta el contacto discordante con las rocas de la Formación Tibú-Mercedes, Figura 7-22.

### Intervalo N° 9

Limitado entre 20.5 a 44.5 m., lo componen hacia la base del intervalo estratos muy delgados a medianos de lodolita arenosa gris oscura, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada ondulada paralela continua, superpuesta por estratos muy delgados a medianos de lodolita roja; continuando con intercalaciones de estratos medianos a gruesos de arenita lodosa de grano muy fino, gris, estratificación ondulada paralela y laminación delgada a delgada, ondulada no paralela y curvada no paralela, icnofósiles, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4) y estratos delgados a medianos de lodolita arenosa gris, en donde se colectaron ejemplares de amonoides. En medio de este paquete aparece un estrato mediano de biomicrita, gris verdoso con contenido de microfauna de conodontes, (muestra RNPT-08). Se le superponen estratos muy gruesos de lodolita gris, estratificación ondulada

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

paralela y laminación muy delgada ondulada paralela y estratos delgados a medianos de micrita de aspecto nodular, negra.

Intervalo No 10

Se extiende entre 44.5 a 58.3 m., conformado por intercalaciones de estratos delgados a gruesos de lodolita arenosa gris oscuro con estratos delgados de arenita lodosa de grano muy fino, gris, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada no paralela continua y discontinua. Se le superponen estratos medianos de arenita de grano muy fino, estratificación ondulada y laminación muy delgada ondulada no paralela continua y discontinua.

La sucesión, en la parte superior de la sección del puente El Totumo está cubierta. Así que solo es posible observar, en el flanco occidental del Anticlinal El Totumo, el contacto entre rocas del Paleozoico del Río Nevado y rocas del Cretácico, Figura 7-23. El contacto discordante está marcado por el cambio de litología, color de la roca y contenido fósil.

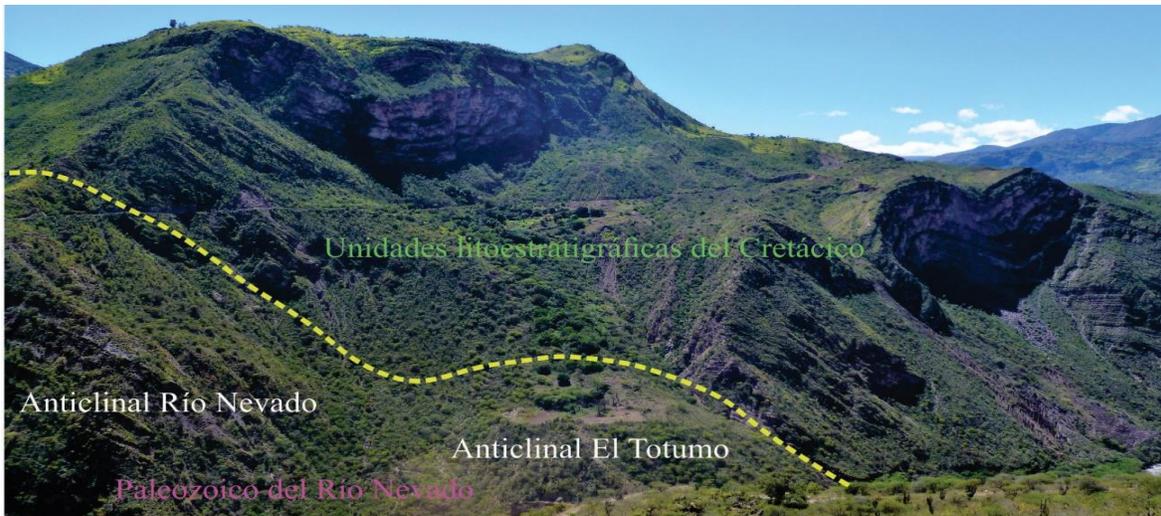


Figura 7-23. Panorámica de la relación estratigráfica y estructural de la unidad litoestratigráfica del denominado Paleozoico del Río Nevado con las rocas del Cretácico. Fotografía tomada de norte a sur.

Allí aflora una sucesión de intercalaciones de estratos delgados de arenita lodosa de grano muy fino, gris verdosa y estratos delgados de lodolita gris verdosa. La suprayace un estrato muy grueso de limolita roja y estratos muy delgados de arenita lodosa, grano muy fino, micácea con nódulos ferruginosos, gris rojiza, le sigue estrato grueso de biomicrita, rojo intenso con fragmentos y conchas de ostreidos hasta de seis (6) cm, Figura 7-24.

El punto de contacto está dado por las siguientes coordenadas:

X = 1.203.763 Y = 1.158.901 Altura = 1.246 m.s.n.m

Constituida hacia la base por estratos delgados de arenita lodosa, micácea de grano muy fino, gris rojiza con nódulos ferruginosos, continuando con intercalaciones de estratos medianos a muy gruesos calcáreos de granos dispersos a grano soportada de bioclastos, ooides ferruginosos, rojos intenso con estratos delgados a medianos de arenita lodosa de grano muy fino a fino, gris y gris rojiza y estratos delgados a medianos de lodolita gris, hacia la parte

## Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

media y superior la sucesión se compone de intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de arenita de grano fino a medio, gris a gris claro con estratos delgados de lodolita gris y lodolita ferruginosa con algunos estratos delgados de limolita ferruginosa, hacia el contacto con las biomicritas negras de la Formación Tibú-Mercedes se expone estrato muy grueso de lodolita negra con nódulos silíceos y calcáreos.

Se colectó ejemplar de trigonia y los ejemplares de amonoideos, si bien no se encuentran in situ de *Chelonicerias* sp. y *Acanthohoplites* sp. del Aptiano, (comunicación escrita Patarroyo).

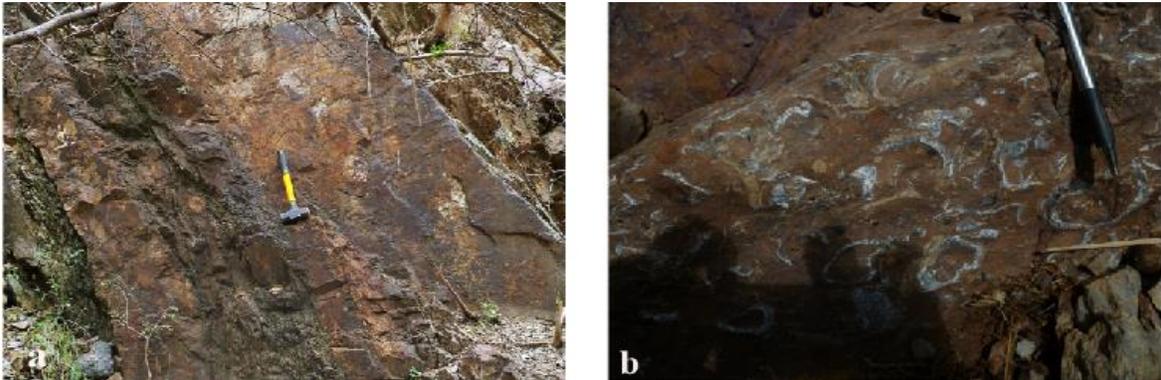


Figura 7-24. **a)** Estrato de bioesparita arenosa con fósiles (ostreidos), roja ferruginosa cerca al contacto con rocas del denominado Paleozoico del Río Nevado, y **b)** acercamiento del estrato de bioesparita donde se muestran los fósiles de ostreidos hacia el techo de la capa.

### 7. Columna estratigráfica Carcasí

La columna estratigráfica se levantó en el flanco occidental del Anticlinal Tunebo, en la ribera norte del río Tunebo, que drena de Este a Oeste, en jurisdicción del municipio de Carcasí. Figura 7-25

Se describieron 588 m. de columna estratigráfica, la parte inferior compuesta por 185 m. de sedimentitas siliciclásticas de color rojo púrpura y 403 m conformados por rocas siliciclásticas de color gris-gris verdoso y rojos y calcáreas de color gris, beige rojizos.

Antes de llegar a Carcasí, por la vía Enciso - Carcasí, afloran rocas paleozoicas, con un espesor estimado de 150 m, parcialmente cubiertas por vegetación y coluvión, en los tramos expuestos se observa que están constituidos por estratos de lodolita de color gris verdosa y rojo, arenita de color gris verdoso y rojo, y estratos medianos a gruesos de micrita gris oscura. Limitada al occidente por la Falla Carcasí, (ver Figura 6-2, Figura 6-3 y Figura 7-26), que pone en contacto las rocas paleozoicas con rocas del Cretácico. Hacia el flanco oriental del Anticlinal Tunebo a las rocas paleozoicas les suprayace la Formación Tibú-Mercedes. Al sur las rocas del Paleozoico están en contacto fallado con rocas del Cretácico, falla denominada San Miguel, Figuras 6-3 y Figura 7-27.

La localización y referencia del levantamiento de la columna estratigráfica se da, teniendo en cuenta las coordenadas geográficas de la Plancha 136-II-C, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Punto de Inicio: X: 1.224.637, Y: 1.162.065, Altura: 1.931 m.s.n.m; Punto final: X: 1.224.936, Y: 1.160.760, Altura: 2.060



Figura 7-25. Panorámica de la exposición del denominado Paleozoico del Río Nevado en Carcasí. El símbolo del anticlinal indica el eje del Anticlinaxial Tunebo (aproximadamente), coincide con las sedimentitas rojas (probablemente corresponda con la Formación Cuche), en el núcleo del anticlinal. Hacia el occidente el trazo de la Falla Carcasí. Fotografía tomada de sur a norte.



Figura 7-26. Panorámica de la relación de las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado y las rocas del Cretácico. Se observa el trazo de la Falla Carcasí y aproximadamente 300 m, de la sucesión sedimentaria del Paleozoico cubierta por el casco urbano de Carcasí, vegetación y coluviión. Fotografía tomada de sur a norte.



Figura 7-27. Panorámica del Paleozoico del Río Nevado y las rocas del Cretácico que muestra el trazo de la Falla San Miguel. Fotografía tomada de norte a sur.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

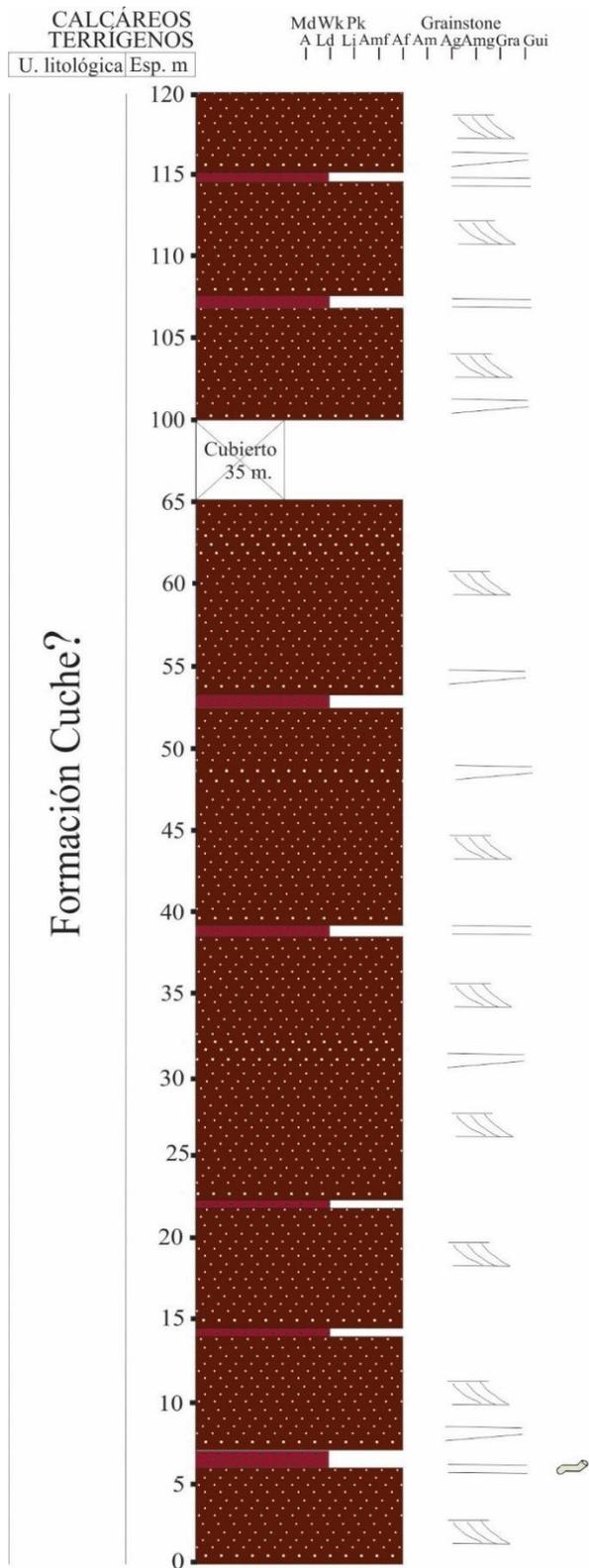


Figura 7-28a. Columna estratigráfica Carcasí. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

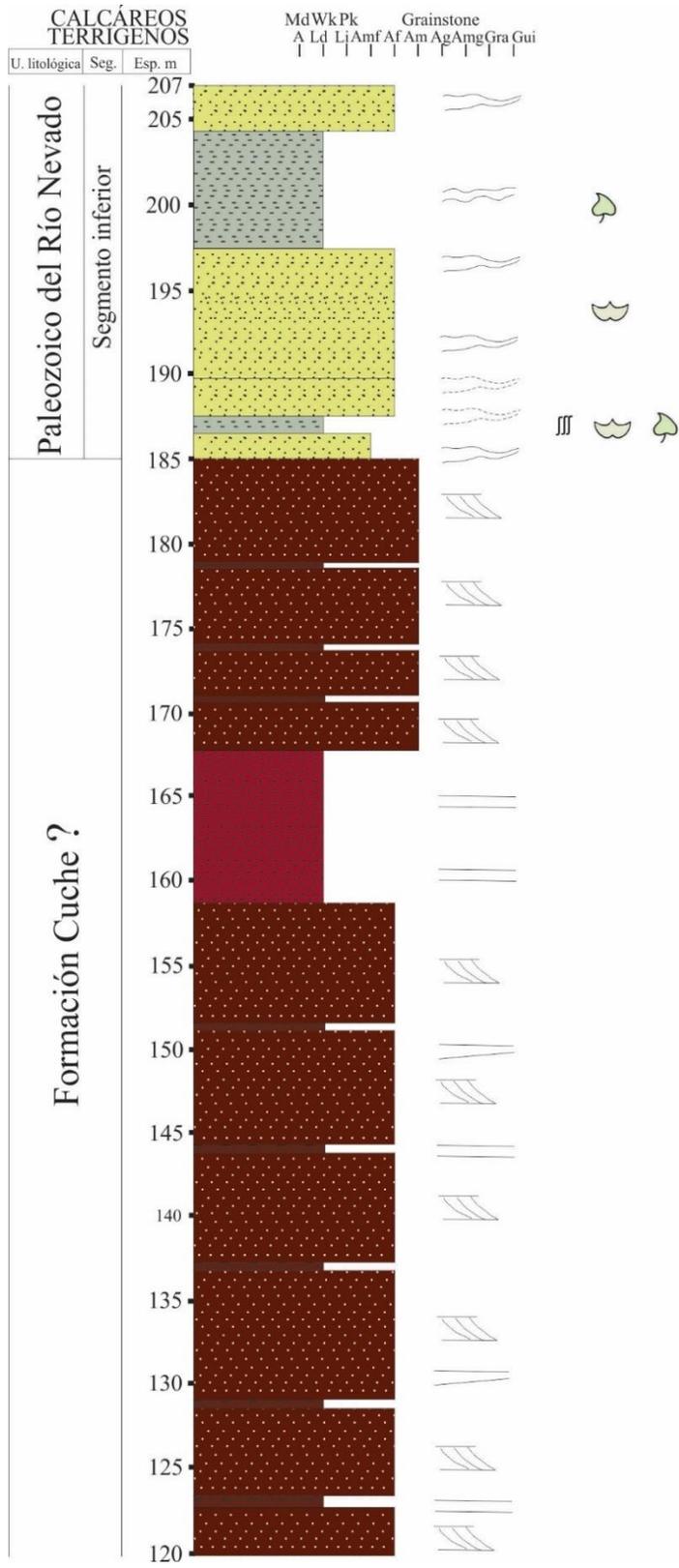


Figura 7-28b. Columna estratigráfica Carcasí. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

La sección estratigráfica medida, inicia en el eje del Anticlinal Tunebo.

Los primeros 185 m, de la sucesión sedimentaria están constituidos por estratos medianos a muy gruesos, cuneiformes y tabulares de arenita y arenita lodosa de grano fino a medio, subredondeados; cuarzosa, micácea, roja purpura, (color dado por óxido de hierro), estratificación curvada no paralela y laminación delgada inclinada, curvada, tangencial hacia la base de la capa y recta paralela; intercalada con esporádicos estratos muy delgados a delgados de lodolita, roja purpura, sin contenido fosilífero (hasta ahora), y con presencia de icnofósiles en contacto de arenita y lodolita roja, Figuras 7-28a y 7-28b; Figura 7-29 y 7-30.

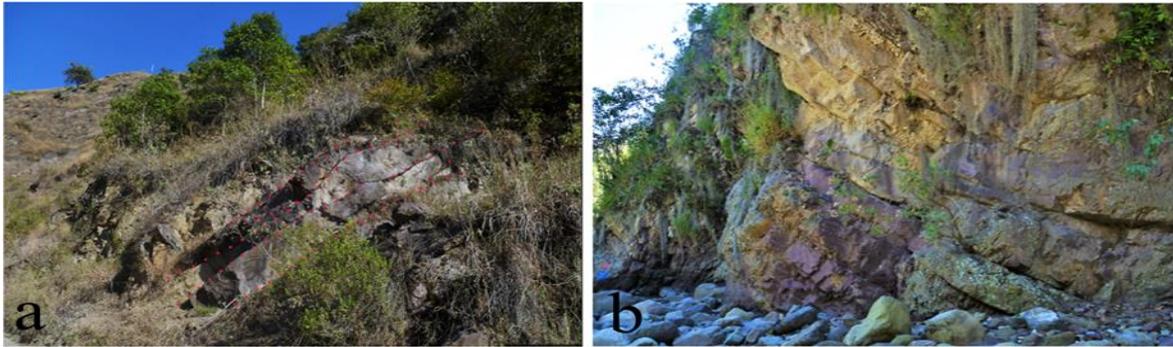


Figura 7-29. a) Afloramiento de las sedimentitas rojas purpura, que expone la estratificación cuneiforme y tabular, b) Estratos de arenita roja purpura. Carcasí-Santander.

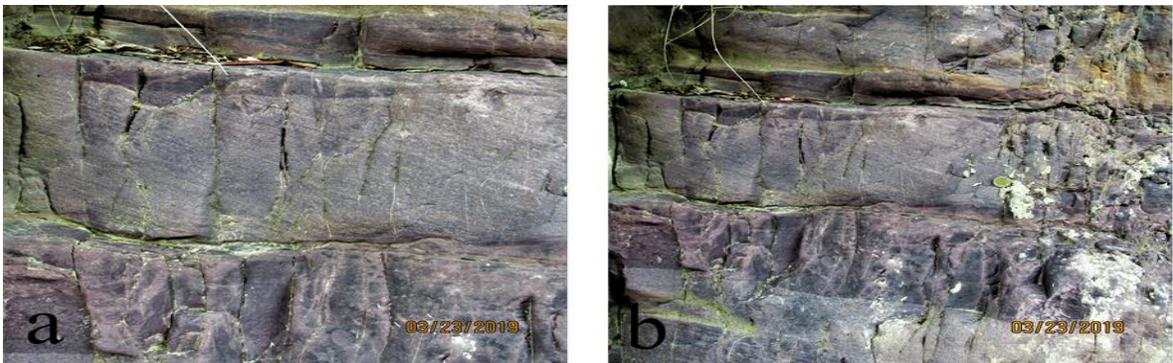


Figura 7-30. La imagen muestra las características de la estratificación y laminación inclinada recta de la arenita roja purpura.

A la altura de los 185 m, se observa un contacto neto, tanto de color como de litología y contenido fosilífero; cambio de color de la roca, rojo a gris-verdoso, de arenita de grano fino a medio, rojo a arenita lodosa de grano muy fino gris verdosa y lodolita gris-gris verdoso con contenido fosilífero de braquiópodos e impresiones de plantas, Figura 7-31, morfológicamente se observa un cambio de pendiente entre las sedimentitas roja y el denominado Paleozoico del Río Nevado, Figura 7-32 y 7-33.

Las sedimentitas gris a gris verdosas, conforman estratos tabulares de arenita y lodolita, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada continua y discontinua con contenido fosilífero, braquiópodos como discínidos y espiriferidos.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Figura 7-31. La imagen muestra el contacto de la sedimentita roja purpura y la sedimentita gris-gris verdosa. En círculo verde, donde se colectaron los fósiles de braquiópodos. Fotografía tomada de norte a sur, estribo sur del puente sobre el río Tunebo por la vía que conduce a San Miguel.



Figura 7-32. Panorámica que muestra la relación de la unidad litoestratigráfica de sedimentitas rojas y el Paleozoico del Río Nevado, se observa el cambio morfológico entre estas unidades litológicas (contactos entre las sedimentitas rojas y el Paleozoico del Río Nevado, línea roja). Fotografía tomada del noroccidente a suroriente. Cortesía Profesor Carlos Sánchez.

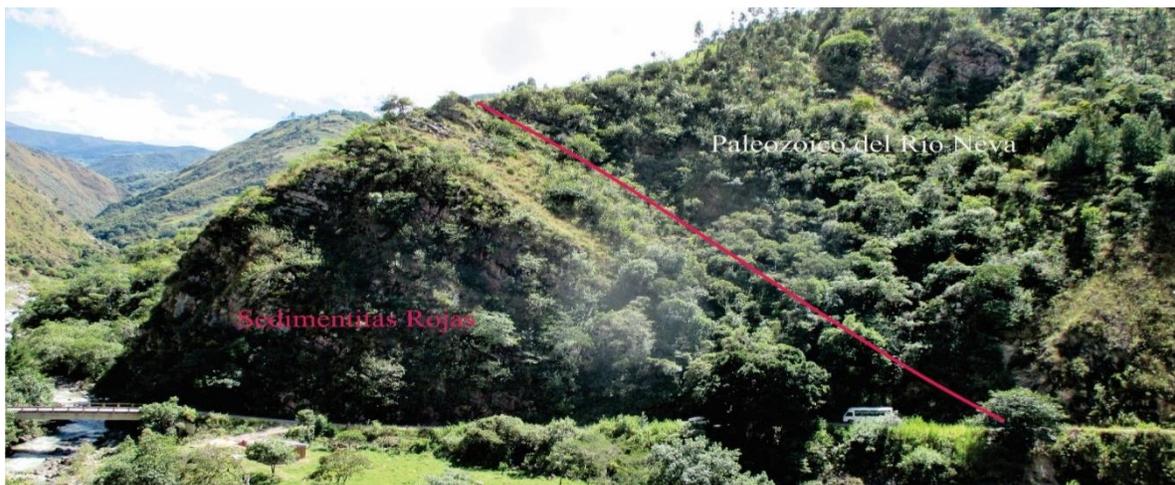


Figura 7-33. Ilustración ampliada del contacto de las sedimentitas rojo purpura y el Paleozoico del Río Nevado. Cortesía Profesor Pedro Patarroyo.

La sucesión sedimentaria del Paleozoico del Río Nevado en Carcasí, a partir del metro 185, exhibe características litológicas similares a los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado en la sección El Totumo, donde se expone un nivel inferior predominantemente siliciclástico, uno medio conformado por rocas calcáreas y uno superior preponderantemente siliciclástico. Esto permite dividir esta sucesión litológica en los tres (3) segmentos reconocidos en la sección El Totumo. Se diferencia de la infrayacente unidad litoestratigráfica de las sedimentitas rojas purpura por el cambio morfológico de escarpes altos en estas, a pendiente moderadamente escarpadas de contornos ondulados en el Paleozoico del Río Nevado.

### **Segmento inferior**

Se extiende de 185 m a 425 m, Figura 7-28b y Figura 7-28c. Conformado entre 185 m a 207.2 m, por intercalaciones de estratos medios a muy gruesos de arenita, arenita lodosa de grano fino, subangulares a subredondeados, cuarzosa, gris verdoso y estratos muy delgados a muy gruesos de lodolita gris verdosa, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela, continua y discontinua. En las lodolitas se hallaron fósiles de braquiópodos e impresiones de plantas. Figuran 7-31 y Figura 7-34.

Continúa un tramo cubierto de 38.5 m, entre 207.2 m a 245.7 m.

Le superpone un tramo entre 245.7 a 251.5 m, de estratos muy gruesos de lodolita de color rojo, los planos de estratificación ondulados y laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela continua, con contenido de fragmentos de braquiópodos productidos y espiriferidos.

Los siguientes 41 m entre 253.5 m a 294.5 m, el afloramiento está cubierto por derrumbes y vegetación.



Figura 7-34. La imagen muestra los braquiópodos colectados en las lodolita gris-gris verdosa. **a)** Lingúlidos (discínidos) y orthidos y **b)** valva ventral de discínido *Orbiculoidea* sp. (comunicación escrita Torres).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

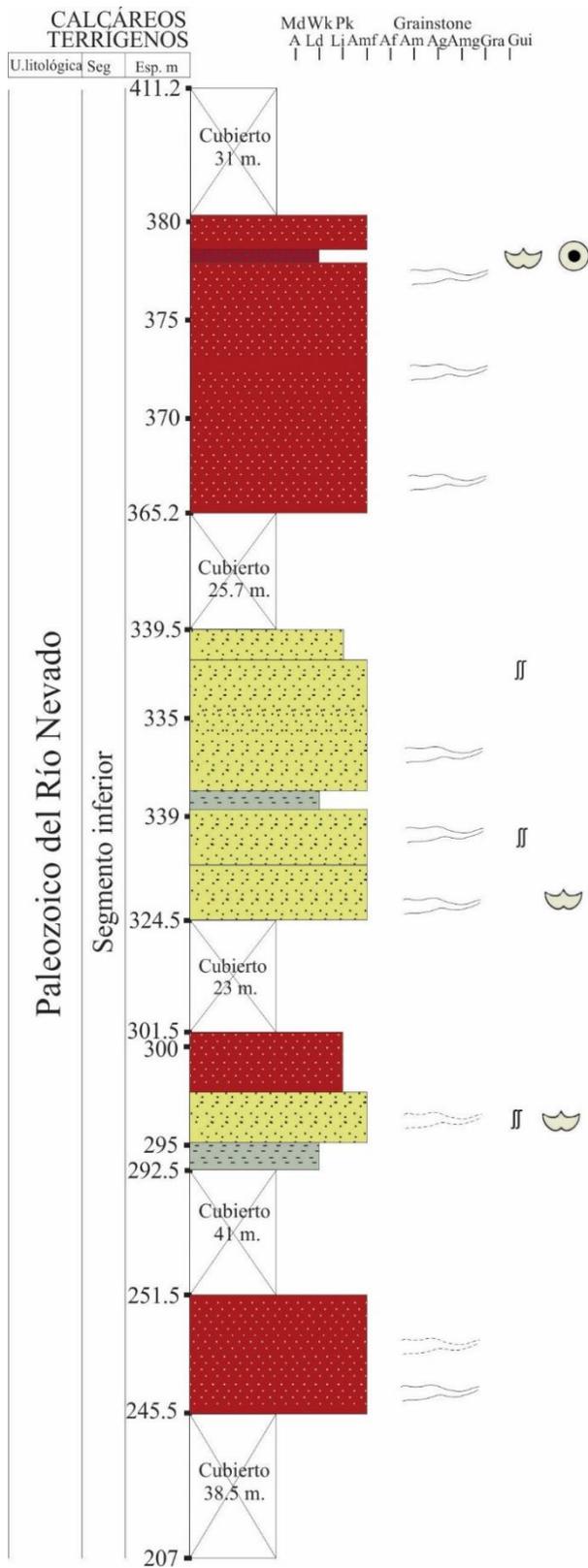


Figura 7-28c. Columna estratigráfica Carcasí. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

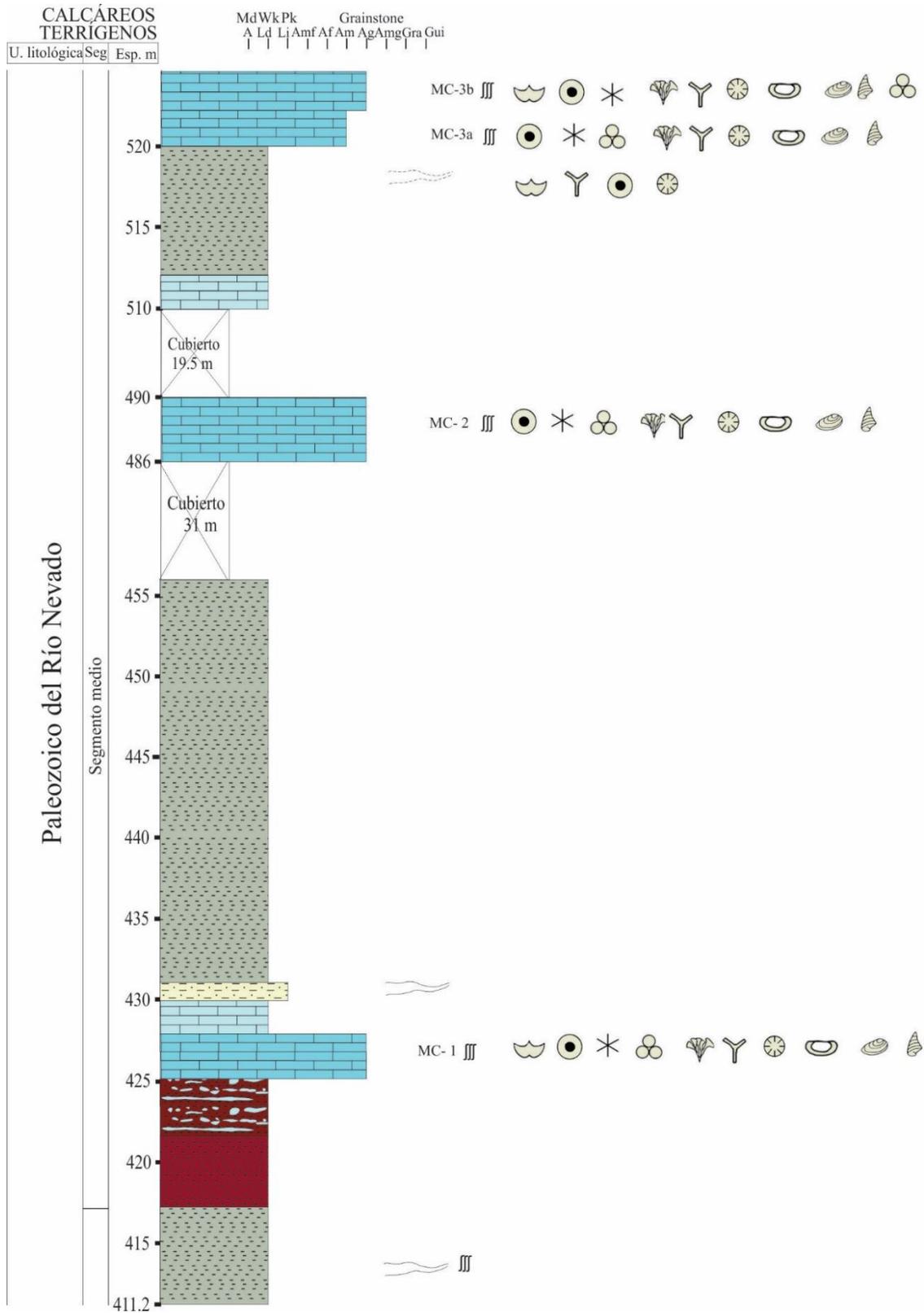


Figura 7-28d. Columna estratigráfica Carcasí. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

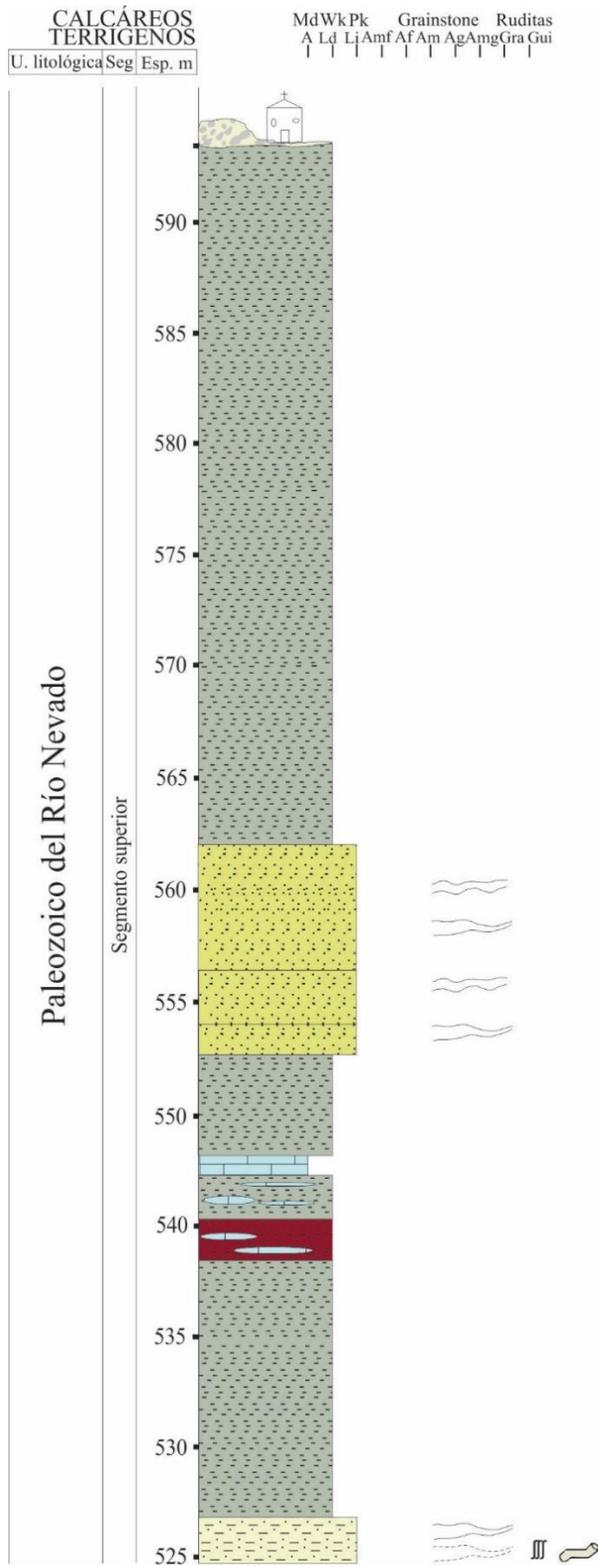


Figura 7-28d. Columna estratigráfica Carcasí. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

La sucesión expuesta, entre 292.5 a 301.5 m, conformada por estrato muy grueso de lodolita gris, superpuesta por estratos medianos a gruesos de arenita de grano muy fino, gris- gris verdoso, planos de estratificación ondulados, laminación muy delgada a delgada, ondulada no paralela discontinua, ondulas de interferencia, contiene fragmentos de braquiópodos, productidos y espiriferidos; a las que le suprayace un estrato muy grueso de lodolita de color rojo.

Entre 301.5 m a 324.5 m, la sucesión está cubierta por derrumbes, 23 m.

Entre 324.5 m a 339.5 m, aparece un intervalo compuesto por estratos delgados, medianos y gruesos de limolita gris-gris verdoso, fosilífera e intercalados con estratos delgados a gruesos de arenita lodosa de grano muy fino, gris-gris verdoso, lodolita gris-gris verdoso y arenita de grano muy fino. Los planos de estratificación son ondulado con superficies paralelas y laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela.

Se le superpone un intervalo cubierto por derrumbes y vegetación de 25.7 m, entre 339.5 m a 365.2 m



Figura 7-35. Ondulas simétricas (a) y de interferencia (b) en los estratos de arenita lodosa de color rojo.

La exposición continúa, entre 365.2 m a 380.2 m, con una sucesión constituida por estratos delgados, medianos y gruesos de arenita lodosa de grano muy fino, de color rojo, con estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela continua, se observan ondulas simétricas, Figura 7-35, y contenido de fósiles hacia el techo, crinoideos y productidos, intercalado en la parte alta aparece un estrato grueso de lodolita de color rojo.

Vegetación y derrumbes cubren el afloramiento entre 380.2 m a 411.2 m.

La sucesión sigue, entre 411.2 a 421.5 m, con estratos medianos a gruesos de lodolita micrítica de color gris, con estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada paralela continua y discontinua, moderadamente bioperturbada (grado 3); se le superponen estratos delgados a medios de lodolita de color rojo, con estratificación ondulada paralela, presencia de icnofósiles en posición paralela y vertical con respecto al plano de estratificación, bioperturbación moderada a alta, (grado 3 y 4).

### Segmento medio

El criterio para separar el segmento inferior del segmento medio es la presencia en la sucesión litológica de lodolita roja con micrita de aspecto nodular beige rojiza y el contenido de estratos muy gruesos de bioesparita, biooncomicrita, ooesparita y biooesparita, Figura 7-28d.

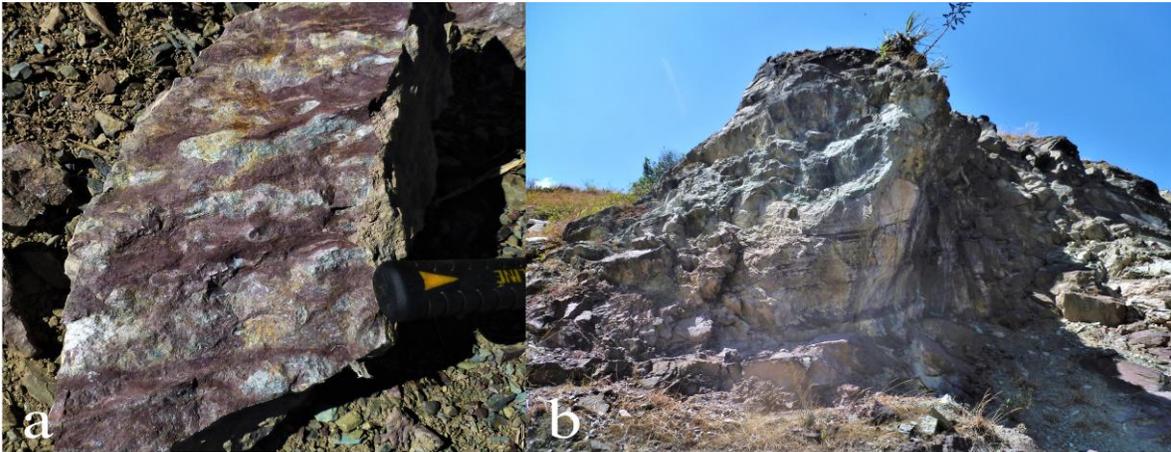


Figura 7-36. a) Apariencia de la lodolita roja con micrita de aspecto nodular, b) Estratos de biooesparita.

Este segmento se ubica entre 421.5 m a 524.7 m.

Entre 421.5 m a 455.5 m, la sucesión está conformada a la base por estratos gruesos de micrita de aspecto nodular beige rojizo y lodolita roja, que pasa a estratos medianos a gruesos de bioesparita beige rojizo, hacia la base del estrato es de aspecto nodular beige rojizo a gris. El intervalo de bioesparita es fosilífero con crinoideos, corales solitarios y gastrópodos. Se superponen estratos delgados a gruesos de limolita calcárea, gris-gris verdoso, planos de estratificación ondulados paralelos y estratos muy delgados a delgados de lodolita gris oscura, Figura 7-36.

Sigue un tramo de derrumbes y vegetación que cubren la exposición de las rocas paleozoicas, entre 455.5 m a 486.5 m.

La sucesión continúa, entre 486.5 m a 490.5 m., con estratos ondulados gruesos a muy gruesos de biooncomicrita de color gris claro.

La exposición la cubre un derrumbe entre 490.5 m a 510 m, y continua entre 510 m a 524.5 m, con estratos delgados a medianos de lodolita gris, calcárea hacia la parte baja, las capas son onduladas con superficies paralelas, con contenido de fósiles de crinoideos, briozoos, espiriferidos, productidos, corales solitarios. Le suprayacen estratos gruesos a muy gruesos, ondulados y superficies paralelas de oobioesparita gris claro, con presencia de braquiópodos tipo productidos y espiriferidos como *Anthracospirifer* sp. y *Composita*. sp.

### **Segmento superior**

La sucesión sedimentaria levantada y medida se extiende desde 524.5 m a 590 m, Figura 7-28e, hasta las afueras del casco urbano del pueblo de Carcasí por la vía que conduce al pueblo de San Miguel.

Constituido por estratos medianos a gruesos de limolita gris verdosa, estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada, ondulada no paralela continua y discontinua, hacia la base muestra madrigueras sinuosas, rectas, paralelas y subparalelas al plano de estratificación, Figura 7-37, la superponen intercalaciones de estratos muy gruesos de lodolita gris oscura; intercalada con estrato grueso de lodolita roja e intercalados estratos muy delgados, lenticulares de micrita, gris y lodolita calcárea (marga) gris oscura.

La sucesión continúa con estratos delgados a medianos de lodolita gris, suprayacida por intercalaciones de estratos gruesos de arenita de grano muy fino, bien seleccionada, subangulares a subredondeados, cuarzosa y estratos delgados de arenita lodosa de grano muy fino, de color gris-gris verdoso, las capas son ondulada con superficies paralelas y no paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada paralela y no paralela continua con onduladas simétricas rectas y de crestas onduladas. La suprayacen estratos muy gruesos de lodolita gris oscuro.



Figura 7-37. Icnofósiles en la base del estrato de limolita.

## 8. Facies

Para el estudio descriptivo de las sedimentitas del denominado Paleozoico del Río Nevado, se tienen en cuenta las observaciones de las rocas aflorantes, tales como, características litológicas, texturales (tamaño de grano, selección, redondez, composición), estructuras sedimentarias, geometría, contacto, contenido fósil y bioperturbación, las cuales permiten definir las facies. Para reforzar las descripciones texturales y composicionales se realizó el estudio de 50 secciones delgadas, de las cuales 30 secciones delgadas corresponden al estudio de Obregón & Terraza (1988).

Las sedimentitas de este estudio se dividen en rocas siliciclásticas y calcáreas, predominando la sucesión de arenitas y lodolitas (80%) de colores rojo, gris oscuro y gris verdoso; calcáreas (18%) y una “mixta” de lodolita roja y gris con nódulos calcáreos (2%).

### F1lg. Facies de Lodolita gris-gris verdosa

Presente en estratos muy delgados a muy gruesos de lodolita gris, gris oscura a gris verdosa, esporádicamente calcárea, estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada ondulada no paralela y plana paralela continua, a veces discontinua, baja a moderadamente bioperturbadas (grado 2 y 3). En forma subordinada se intercalan capas muy delgadas a delgadas de limolita gris, arenita lodosa de grano muy fino, gris y mudstone gris oscuros.

Compuesta principalmente y soportada por minerales de arcillas, entre 65% a 80% y una fracción tamaño limo grueso y arena muy fina entre 20% a 35%, compuesta por cuarzo entre 12% a 21%, opacos 4% a 7%, micas detríticas (moscovita, clorita y biotita) 3% a 5%, feldespato, circón y turmalina 1% a 2% y ocasionalmente lodo calcáreo.

Algunos estratos contienen fósiles como braquiópodos, (tipo productidos, orthidos, lingúlidos); bivalvos pequeños, gastrópodos pequeños de paredes delgadas y espiral alta, cefalópodos e impresiones de plantas. Figura 8-1.

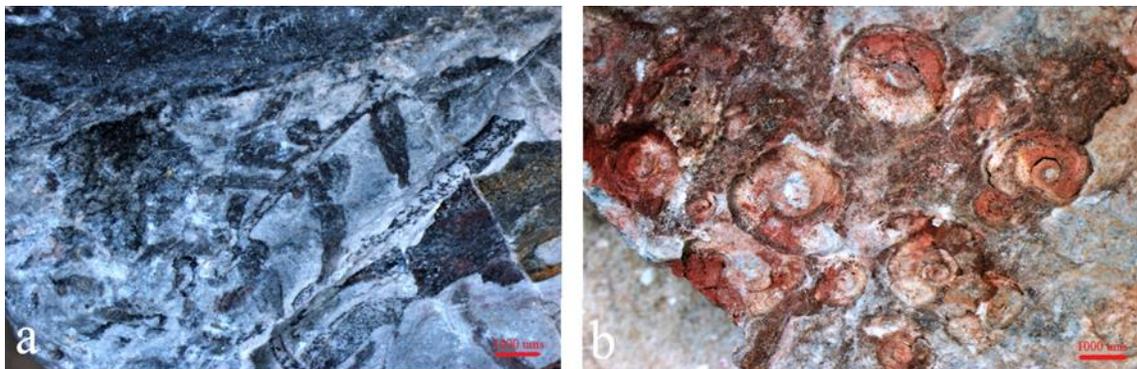


Figura 8-1. **a**) Impresión de planta y **b**) ejemplares de cefalópodos.

### F2lr. Facies de Lodolita roja

Lodolita roja, esporádicamente calcárea, estratificación ondulada paralela, laminación ondulada no paralela y plana paralela, continua y esporádicamente discontinua, nula a dispersa bioperturbación (grado 0 a 1). Se observan estructuras tipo *wrinkle marks* o *runzelmark* (marcas de arrugas) y “*Kinneyia*”, que se preservan en la superficie de las capas arenosas o limo-lodosa, Figuras 8-2, Figura 8-3, Figura 8-4 y Figura 8-5. Se caracterizan por crestas y senos pequeños relativamente continuos, subparalelas y algo curvados, Ponce *et al.* (2018). Que pueden corresponder a estructuras sedimentarias inducidas por actividad microbiana (MISS).

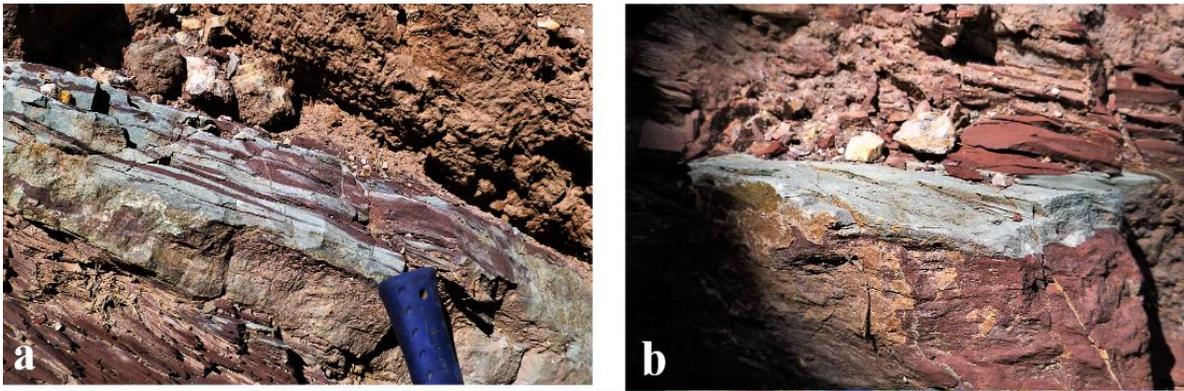


Figura 8-2. a). Ilustración de la laminación ondulada no paralela discontinua, alternancia de color rojo y verde en lodolita (verde por oxido ferroso?), b). Ampliación de la relación de lodolita roja y verde.



Figura 8-3. Vista en planta de estructuras tipo *wrinkle*.

Compuesta principalmente y soportada por minerales de arcilla, 69%, limo grueso 28% (principalmente de cuarzo), hematita 3% y ocasionalmente micrita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Figura 8-4. **a)** Se observa laminación muy delgada de la comunidad bentónica microbiana (flechas amarillas), **b)** Estructura tipo “*Kinneyia*”, se caracteriza por crestas en forma sinuosas, separadas por crestas y fosas de igual tamaño y fondo redondeado con una disposición poligonal a hexagonal. La estructura se asemeja a ondas de interferencia a pequeña escala, Muestras **a**, tomada del Segmento Inferior, intervalo 3, Columna Estratigráfica Macaravita (C.E.M). Muestra **b**, tomada, Segmento Superior, intervalo 10 (265 m), Columna Estratigráfica Boavita (C.E.B).



Figura 8-5. Corte perpendicular a las estructuras tipo “*Kinneyia*” de la Figura 8-4b. Se observan las láminas de la comunidad bentónica microbiana.

El color de la roca se debe al contenido de óxidos e hidróxidos de hierro, parcialmente alterada a limonita, los óxidos e hidróxidos de hierro están dispersos o formando moteados o laminación muy delgada ondulosa, alargada, paralela a la laminación de la roca, donde se observan granos de cuarzo “flotando” dentro de la matriz de esas laminaciones o moteados, Figura 8-6b. Ver Sección delgada (S.D): P-2. Columna Estratigráfica El Totumo (C.E.T).

El contenido de fósiles es escaso o inexistente, en algunos casos se encuentran dispersos fragmentos de braquiópodos y bivalvos. Se reportan estructuras sedimentarias inducidas por actividad microbiana (MISS) (estructura tipo “*wrinkle*” y “*Kinneyia*”).

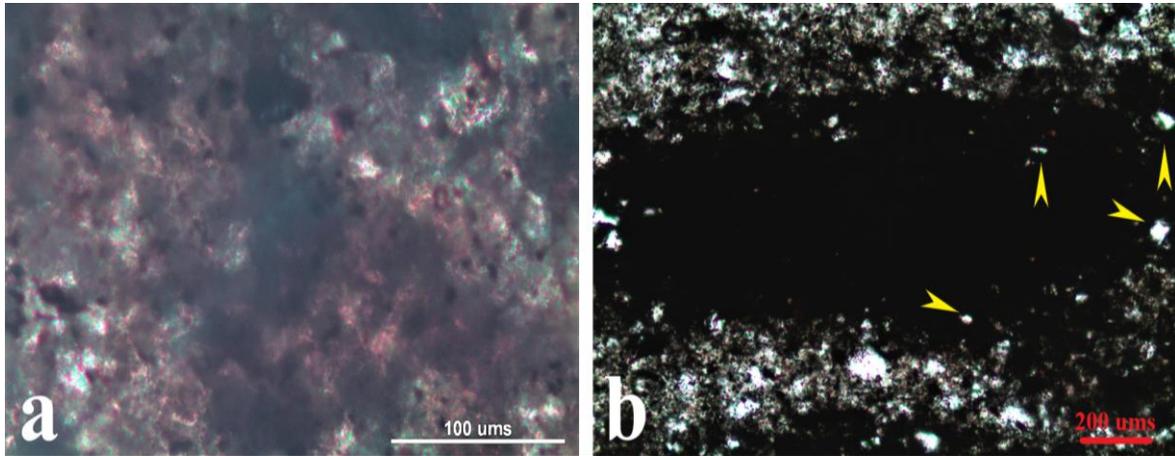


Figura 8-6. **a)** Sección delgada de laminación de comunidad bentónica microbiana, muestra tomada de lámina de la roca con estructura *wrinkle* de la Figura 6-3, y **b)** Moteado de hematita que corresponde a comunidad bentónica microbiana, obsérvese los granos de cuarzo “flotando” en la matriz de la lámina microbiana (flechas amarillas). Sección delgada (S.D): P-2.

### **F3ag. Facies de Arenita gris-gris verdosa.**

Esta facies se presenta en estratos delgados a gruesos, tabulares y cuneiformes de arenita y arenita lodosa (hasta 25% de matriz), de grano muy fino a fino, angulares a subangulares y moderadamente calibrados, cemento silíceo y calcáreo, madurez textural entre inmadura a submadura con contenido de impresiones de plantas y fragmentos de braquiópodos. Composicionalmente están en la región del diagrama ternario de la clasificación composicional de Folk (1974), entre sublitoarenita, arcosa lítica y arcosa, Figura 8-7. En la clasificación textural y composicional de Pettijhon (1973), entre wacka arcósica y graywacka lítica.

La arenita está compuesta por cuarzo (24% a 41%), feldespato (4% a 17%), líticos metamórficos (entre 3% a 8%), minerales pesados (circón, turmalina, esfena, biotita, moscovita y clorita, entre 5% a 14%), matriz de minerales de arcilla (7% a 19%), carbonato rellenando poros (0 a 34%), cemento silicio (6% a 12%), bioclastos (0 a 1%), óxido de hierro (hematita-limonita en arenita gris-gris verdosa hasta 1%, en arenita roja hasta 3%) y materia orgánica (0 a 2%).

Estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela, continua y discontinua, lenticular y curvada no paralela o lentes bidireccionales. La arenita lodosa muestra laminación muy delgada a delgada, alternante de arenita de grano muy fino y lodolita arenosa.

La estratificación curvada no paralela tipo *hummocky* (Harms 1975 en Reineck & Singh 1980) se caracteriza por la presencia de una superficie basal erosiva sobre la que se depositan láminas subparalelas o suavemente inclinadas ( $\sim 10^\circ$ ), que muestran un adelgazamiento lateral con desarrollo de convexidades en la superficie.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

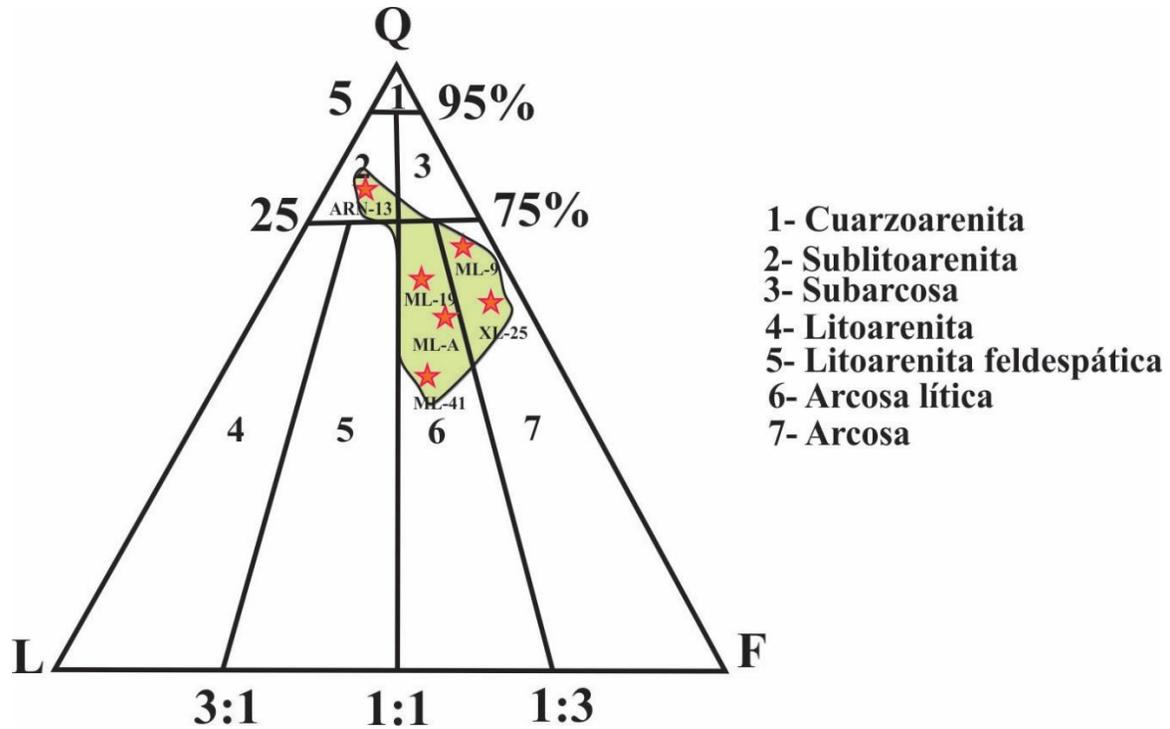


Figura 8-7. Diagrama ternario de la clasificación composicional (Folk 1974) de la arenita gris-verdosa y roja del Paleozoico del Río Nevado.

Los estratos con “estratificación cruzada *hummocky*” (HCS), comprende arena muy fina y fina, bien seleccionadas. Son bancos decimétricos (0,10 a 0,50 m de potencia), con laminación muy fina, de bajo ángulo hasta horizontal que desarrolla montículos y cubetas muy aplanadas (Cheel & Leckie, 1993 en Schwarz 1999). Por otro lado, es frecuente que los topes tengan ondulaciones preservadas de crestas rectas hasta sinuosas, simétricas a ligeramente asimétricas. Las capas tienen geometría lenticular y tienden en la lateral a amalgamarse con estratos de arenita de grano muy fino a fino, gris con laminación muy delgada ondulada a paralela continua y discontinua, Figura 8-8.

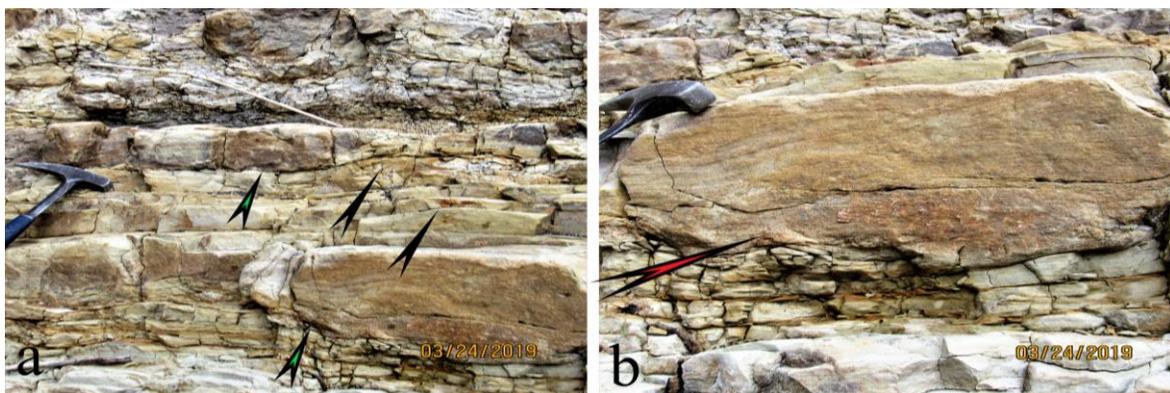


Figura 8-8. **a)** Estratos de arenita de grano fino con laminación inclinada tipo *hummocky* (HCS), muestra los domos (*hummocks*), (flechas negras), y las superficies basal erosivas (Flechas verdes) y **b)** Se observa laminación subparalela o levemente inclinada de bajo ángulo (menor de 10°). En **a)** se observa el adelgazamiento de la capa con (HSC) hacia la lateral.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

En los techos de las superficies de los planos de estratificación se observan ondulas simétricas de crestas redondeadas, continuas y rectas con dirección N45E a N50E, perpendiculares al eje de las crestas y ondulas de interferencia. Las láminas muy delgadas a delgadas de lodolita recubren las crestas y senos de las ondulas, Figura 8-9.



Figura 8-9. Estratificación ondulada paralela, laminación muy delgada a delgada ondulada paralela y no paralela. **a).** Muestra las láminas de lodolita (gris oscuro), recubriendo las crestas y senos de las ondulas formadas en las arenita y **b).** laminación inclinada en las capas de arenita.

En las superficies del techo como en la base de la arenita-arenita lodosa gris-gris verdoso, una de sus principales características, es el contenido de estructuras biogénicas o trazas fósiles, Figura 8-10 y 8-11.

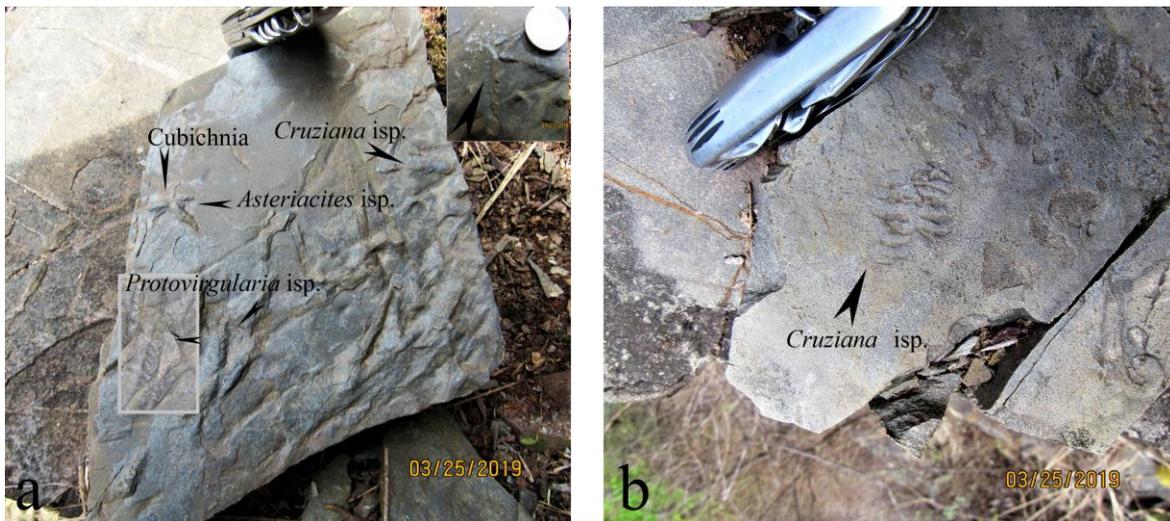


Figura 8-10. **a)** Trazas fósiles de repichnia, *Protovirgularia* isp., impresión de locomoción de bivalvos, traza de locomoción de trilobites, *Cruziana* isp. y de reposo, cubichnia, *Asteriacites* isp.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

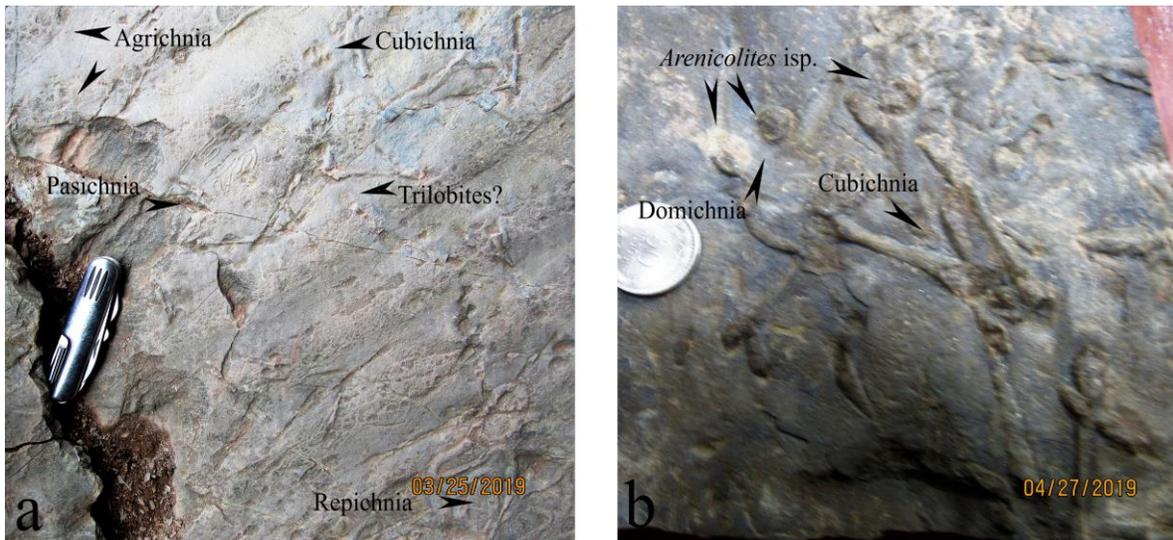


Figura 8-11. Estructuras biogénicas fósiles. Clasificación etológica de las trazas fósiles (Modificado de Bromley, 1996 en Buatois & Mangano, 2011). Domichnia (trazas de habitación), Repichnia (trazas de locomoción), Cubichnia (trazas de reposo), Agrichnia (trazas de cultivo o trampas de alimentación) y Pasichnia (trazas de pastoreo). *Arenicolites* isp. traza de habitación.

#### **F4ar. Facies de Arenita roja.**

Esta facies, representada por estratos delgados a gruesos, tabulares y cuneiformes de arenita y arenita lodosa (hasta 20% de matriz), roja de grano muy fino a fino, cemento silíceo-óxido de hierro (hematita-limonita) y esporádicamente calcáreo, madurez textural entre inmadura a submadura con contenido de hematita hasta 3%. Estratificación ondulada paralela y laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela continua. Se observan ondulaciones simétricas de crestas redondeadas, continuas y rectas, y calcos de cargas o almohadillas que presentan formas variables, aunque generalmente son planas o cóncavas hacia el techo y convexas hacia la parte inferior, con diámetros que alcanzan alrededor de 10 centímetros.

Composicionalmente es una arcosa lítica (Clasificación composicional de Folk, 1974). No se observó estructuras biogénicas ni contenido fósil.

#### **F5Mg. Facies de Mudstone gris**

Contenida en estratos delgados a gruesos, de *mudstone* (micrita fosilífera), gris a gris oscura, estratificación plana paralela, ocasionalmente levemente ondulada, maciza y ocasionalmente laminación muy fina a fina ondulada no paralela y paralela discontinua. Comúnmente no muestran bioperturbación.

Compuesta en sección delgada, por más del 90% de micrita y por variadas proporciones de bioclastos hasta 6% (fragmentos de braquiópodos, algas y fragmentos no determinados), el restante por terrígeno tamaño arena muy fina de cuarzo y en menor proporción micas detríticas moscovita, clorita y óxidos de hierro.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

El contenido fosilífero es escaso y posee baja diversidad faunística, pero un número relativamente alto de uno o dos tipos específicos de fósiles, por ejemplo, productidos del género *Anticuatoria?* sp. de gran tamaño, valva ventral hacia el techo de la capa, crinoideos y ostrácodos.

**F6Wg. Facies de *Wackestone* gris de bioclastos y ooides**

Se presenta en estratos delgados a gruesos de textura *wackestone*, en variadas proporciones de bioclastos, ooides e intraclastos, del que participan fósiles enteros y fragmentos de braquiópodos, ostrácodos, corales tipo tabulata y rugosa, crinoideos, bivalvos, foraminíferos, trilobites, conodontes, algas, cefalópodos y gastrópodos, además granos no esqueléticos de ooides, intraclastos, oncoides, peloides y granos terrígenos principalmente de cuarzo y óxidos de hierro. Los granos esqueléticos y no esqueléticos se disponen en forma paralela y perpendiculares (coral tipo rugosa) con relación al plano de estratificación. Comúnmente bioperturbadas de moderada a fuertemente (grado 3 a 4).

Compuesta en porcentajes variados del volumen total de la roca por micrita (60% a 90%), esparita (0 a 6%), bioclastos (8% a 22%), ooides (0 a 20%), oncoides (0 a 4%), intraclastos (0 a 5%), peloides (0 a 3%), óxido de hierro (1% a 2%) y cuarzo (0 a 5%), Figura 8-12.

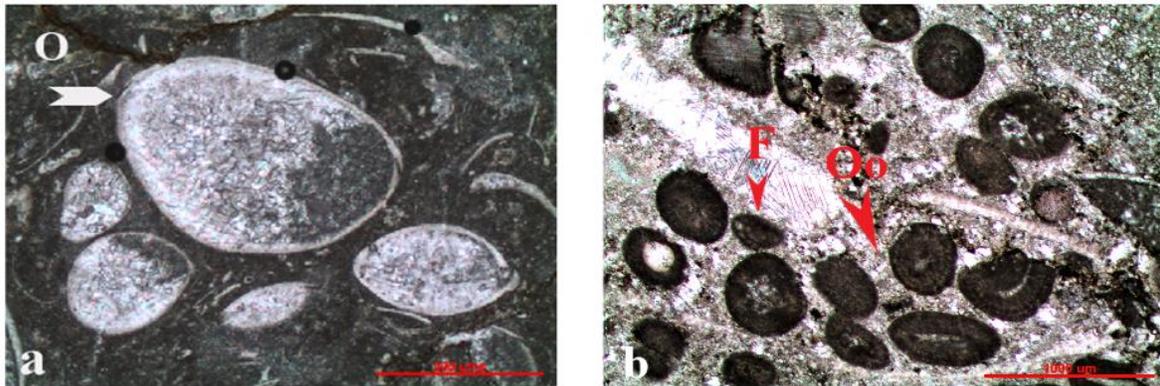


Figura 8-12. **a)** En la imagen ostrácodos (O) en muestra de biomicrita dispersa de ostrácodos y **b)** Ooides (Oo) en muestra de oomicrita dispersa, foraminífero-fusulinido (F). Se observa ooides micríticos con óxido ferruginoso, esféricos, elongados con corteza tangencial y rotos, a) Sección Delgada (S.D): CTM-02, Columna Estratigráfica Boavita (C.E.B) y b) S.D: ML-0, Columna Estratigráfica Macaravita (C.E.M).

**F7PGgr. Facies *Packstone-Grainstone* gris-beige-rojizo de bioclastos, ooides, oncoides y peloides.**

Asociada a estratos delgados a muy gruesos de *packstone-grainstone* de bioclastos, ooides, oncoides y peloides de color gris, beige rojizo y gris-rojizo, estratificación ondulada paralela, no se observa laminación, con excepción de estratos medianos a gruesos de packstone intercalados en estratos de arenita gris-gris verdosa donde se observa una estratificación gradada normal de bioclastos y fósiles enteros.

La bioperturbación varía de alta a completa, (grado 4 a 6), (después de Tucker 1996 en Stow 2010).

Constituida en general por porcentajes variados del volumen total de la roca de aloquímicos entre 52% a 69%, micrita 0% a 43% como matriz, (incluye microesparita entre 2% a 19% y seudoesparita entre 2% a 8%), cemento de esparita entre 0 a 31%, materia orgánica 0 a 4%, cuarzo 0 a 3%, óxido de hierro 0 a 2% y trazas de otros minerales (titanita, turmalina, granate, feldespato-microclina, micas).

Los aloquímicos en porcentajes variables, representados por bioclastos 10% a 55%, ooides 0 a 50%, oncoides 0 a 51%, peloides 0 a 33% y en menor proporción intraclastos.

Los bioclastos son los granos esqueléticos que participan en la construcción de esta facies y están representados por fragmentos de fósiles y microfósiles de braquiópodos, crinoideos, gastrópodos, bivalvos, ostrácodos, trilobites, equinodermos, foraminíferos, corales coloniales y solitarios, algas calcáreas, conodontes, briozoos, cefalópodos y serpulidos. El tamaño de los granos, en general varía de arena fina a gránulo, subredondeados a redondeados y en un buen porcentaje recubiertos por una delgada película de micrita.

Esta envoltura de micrita es el resultado de la alteración de los gránulos y recubrimiento de algas, que están presentes en los fragmentos del esqueleto e intraclastos. Figura 8-13.

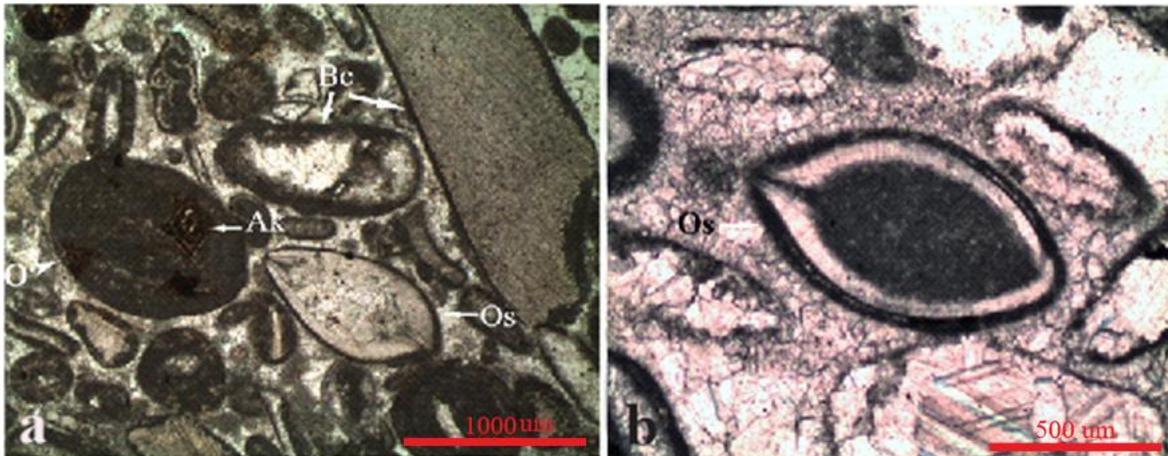


Figura 8-13. En las fotos se observa la película de micrita (color oscuro) que envuelve los bioclastos: a) Bioconoesparita pobremente lavada, con textura packstone de bioclastos y oncoides, oncoide redondeados, muestra fragmentos no reconocidos (Bc), ostrácodo (Os), oncoide (O) y cristal de ankerita (Ak). S.D: ML-38, C.E.M., 2X-Nicoles Paralelos (N.P) y b) Biooesparita pobremente lavada o Packstone de bioclastos y ooides, se observa ostrácodo (Os). S.D: XL-19, C.E.B, 4X-N.P.

Los ooides de composición micrítica, representan entre 0 a 50% del volumen total de la roca de esta facies, tamaño arena fina a gruesa de formas redondeados y subredondeados, con corteza finamente laminados, tangenciales y radiales, según la clasificación de Strasser (1986), se identifican ooides Tipo 1 y 3, Figura 8-14 y 8-15.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

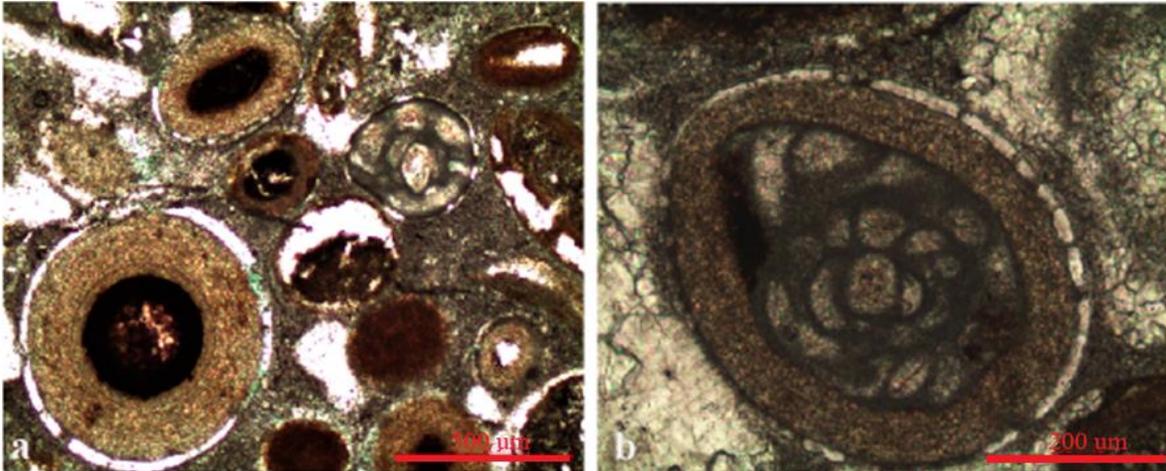


Figura 8-14. La placa exhibe formas y núcleos de los ooides, **a** y **b**) Ooides micríticos ferruginosos esféricos, subredondeados, ligeramente laminadas con una película de esparita, núcleo de óxido de hierro (**a**) y fusulinido (**b**). Según la clasificación de Strasser (1986) son Tipo 1. S.D: ML-14, N.P, (a) 4X y (b) 10X.C.E.M.

El núcleo de los ooides puede estar compuesto por granos de bioclastos redondeados no reconocibles y reconocibles como foraminíferos, bivalvos, crinoideos, braquiópodos, ostrácodos, algas y clastos de hematita o cuarzo.

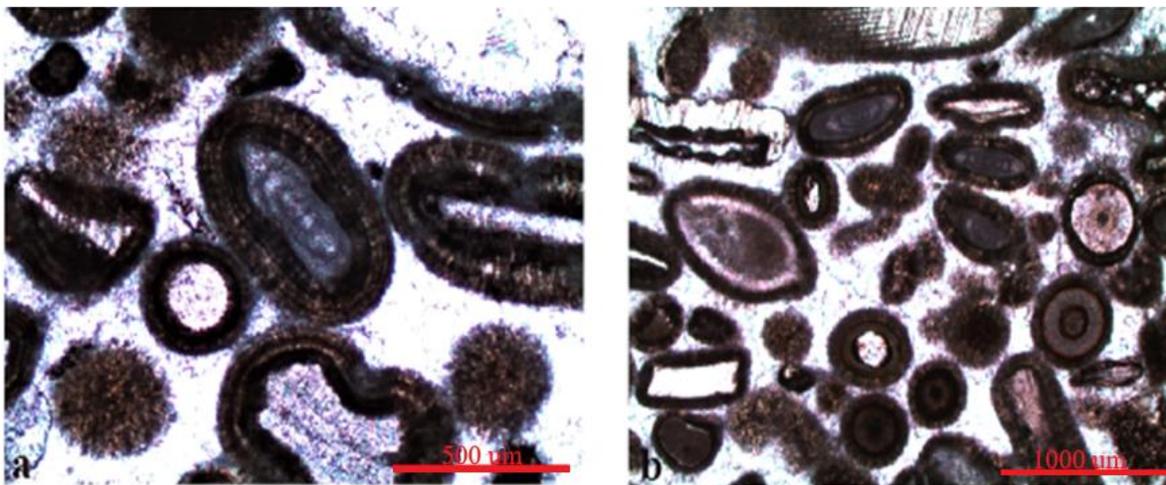


Figura 8-15. **a** y **b**) Ooides con cortezas finas y radiales finamente laminados, con la forma del bioclasto que constituye el núcleo (foraminífero, crinoideos, braquiópodo y fragmentos indeterminados). Tipo 3, Clasificación de Strasser (1986). a) S.D: ML-25, N.P, (c) 4X y (d) 2X.

Los oncooides están presentes en el volumen total de la roca de esta facies, (entre 0 a 51%,) el tamaño varía entre arena gruesa a grava, dispuestos en capas esferoidales apiladas concéntricamente, estructuras laminadas, constituidos predominantemente por micrita y láminas pareadas de micrita y de esparita. Según la clasificación descriptiva geométrica de oncooides laminados (Flugüel 2004, modificada de Logan *et al.* 1964), los oncooides del Paleozoico del Río Nevado son: Tipo R (caracterizados por capas esferoidales concéntricamente apiladas) y Tipo C (oncooides que consisten de capas semiesféricas dispuestas al azar), por la composición de la lámina son: Tipo 1, solo micrita y Tipo 2, micrita con parches de esparita, Figura 8-16.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Los oncoides pueden tener o no núcleos y están representados por bioclastos, fragmentos de fósiles indeterminados, gastrópodos, coral y briozoos.

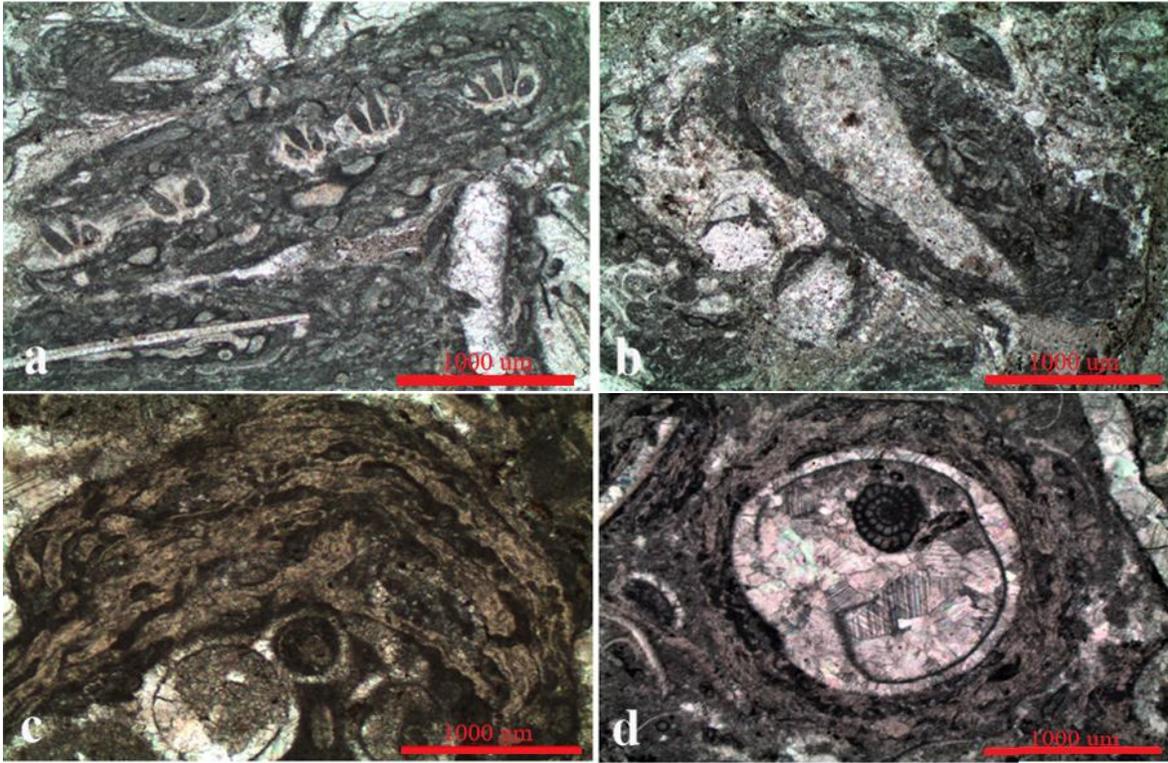


Figura 8-16. (a). Oncoide Tipo C, con núcleo de fragmentos de briozoos, (b). Oncoide Tipo R, con núcleo de fragmento esquelético indeterminado, están envueltos por láminas de algas (*Girvanella*) o cianobacterias e incrustaciones de foraminíferos, exhibe una forma irregular. En (a) se caracteriza por capas esféricas apiladas concéntricamente, (b) consiste de capas semiesféricas dispuestas al azar, (c) el núcleo es un gastrópodo, se aprecia la disposición de las capas (*Girvanella*, color café y cianobacterias, color negro) con incrustaciones de ¿foraminíferos? y (d) núcleo de gastrópodo, rodeado por capas concéntricas irregulares de algas y cianobacterias. S.D: RNS-05, C.E.B, (c y d) y S.D: ML-39, C.E.M, (a y b)).

Los clastos de peloides varían entre 0% a 36% en los *packstone-grainstone* del Paleozoico del Río Nevado, son subredondeados a bien redondeados, pueden tener forma ovoidea y tabular alargada. Las dimensiones de los granos son de arena muy fina (63 µm) a arena gruesa (500 µm). Ocurren formando *packstone-grainstone* de peloides, ver sección delgada ML-31 o como constituyentes menores junto a otros tipos de granos, formando las rocas calcáreas, Figura 8-17.

Los intraclastos contribuyen en el armazón de las rocas de esta facies en porcentajes que varían del 1% al 95% del volumen total de la roca. El tamaño de los clastos varía de arena media a grava (6 cm), angulares, subangulares y subredondeados. En el Paleozoico del Río Nevado se asocian con estratos cuneiformes medianos a gruesos, columna estratigráfica El Totumo. Los clastos son de textura *mudstone*, *wackestone* de bioclastos, *packstone* de bioclastos y *grainstone* de ooides, Figura 8-18 y 8-19.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

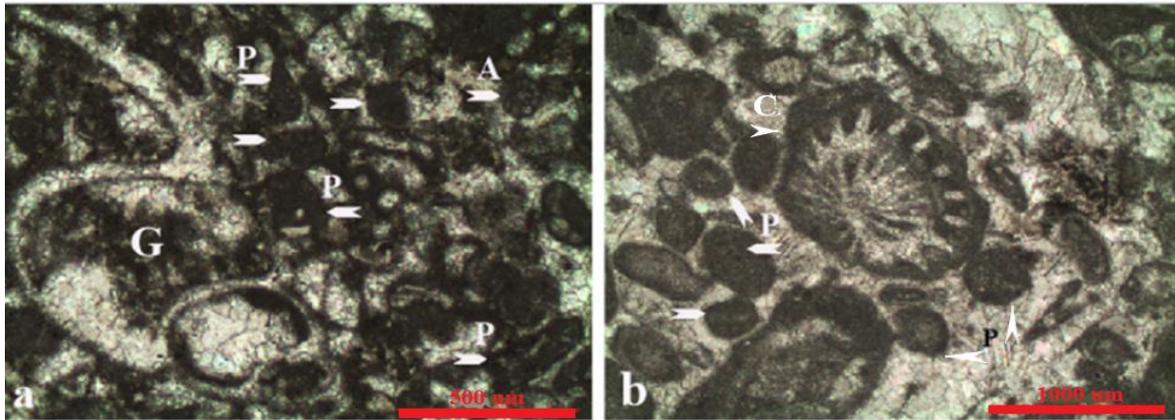


Figura 8-17. Peloides (P) de formas redondeada, ovoidea y tabular alargada. Se observan bioclastos de gastrópodo (G), foraminífero (A) y coral solitario, tipo rugosa (C).

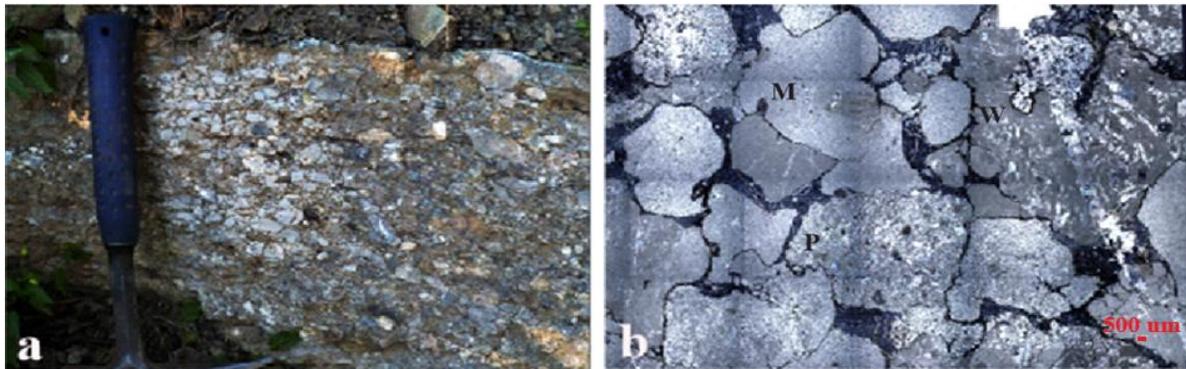


Figura 8-18. a) Estrato de intramicrita, b) Sección delgada del estrato de intramicrita. a), se observa el tamaño de los clastos que varía de arena muy gruesa a grava (6 cm.  $\phi$ ), angulares a subangulares, b) matriz de micrita y clastos de micrita (M), biomicrita empaquetada (W) y biosparita bien seleccionada (P). Localización, puente El Totumo. S.D: MT-7, C.E.T.

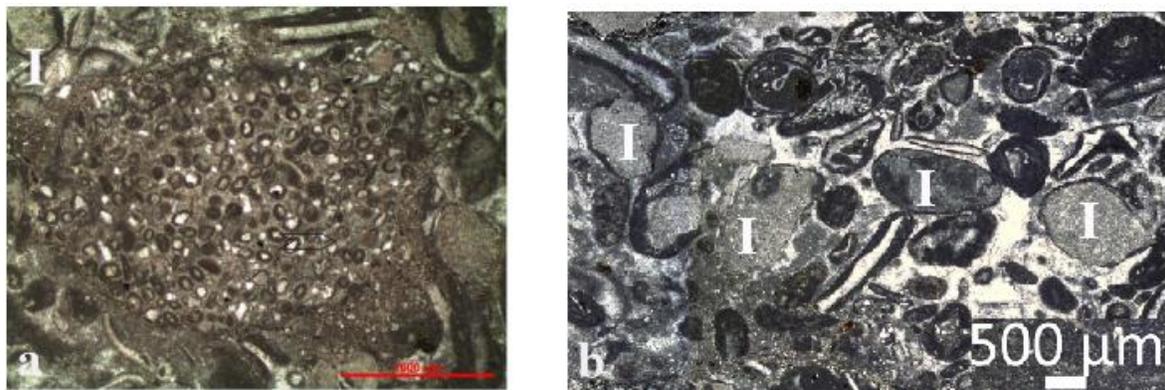


Figura 8-19. Intraclasto de *grainstone* de ooides, (a), S.D ML-38, C.E.M., b) Clastos de micrita subredondeados (I). S.D ML-38, N.P 2X (a) y 4X (b), C.E.M.

**F8MMnLbr. Facies mixta de micrita de aspecto nodular beige y lodolita roja**

Consiste en la alternancia de capas de aspecto nodular calcáreos, (micrita), beige y lodolita roja, este tipo es el que ha recibido la denominación de griottes, por su parecido textural con los griottes devónicos de los Pirineos, nombre acuñado por Boyer *et al.*, (1968).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Se refiere a niveles interestratificados compuestos por proporciones variadas de los componentes de estratos de micrita de aspecto nodular y lodolita roja, esporádicamente verde claro. Los estratos muy delgados hasta medianos de micrita por su aspecto nodular no tienen continuidad en la lateral, dando un aspecto de nódulos alargados, redondeados, arrañados, irregulares o de apariencia de madrigueras, embebidos en una matriz de lodolita roja, a veces calcárea, Figura 8-20, 8-21, 8-24 y 8-25.

La relación de lodolita roja es mayor a los nódulos de micrita beige, Figura 8-20. Cuando la relación de los nódulos de micrita beige y lodolita roja es igual, muestra estratos irregulares muy delgados a medianos, interestratificados de nódulos de micrita beige y lodolita roja, Figura 8-21. Si la proporción de los nódulos calcáreos es mayor a la lodolita roja, se forman estratos de bioesparita o biomicrita continuos en la lateral como en la vertical, con capas muy delgadas discontinuas o moteados irregulares de lodolita roja, Figura 8-22.

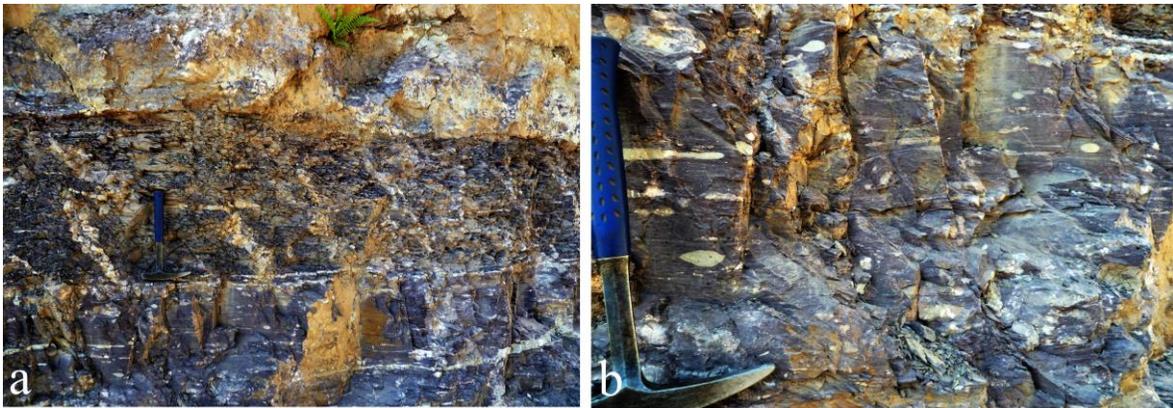


Figura 8-20. Se observan las intercalaciones paralela y levemente ondulada, de las capas discontinuas muy delgadas a delgadas de los nódulos de micrita (beige) y la lodolita roja, en **b**) muestra el aspecto nodular de la micrita.



Figura 8-21. La relación de los nódulos de micrita y lodolita roja es aproximadamente igual, se aprecia una interestratificación de estratos irregulares muy delgados a delgados de los nódulos de micrita beige y lodolita roja. En **b**) la parte inferior del banco interestratificado de micrita nodular y lodolita, la lodolita es verde, en la parte superior los estratos de bioesparita y biomicrita, las capas de lodolita roja son muy delgadas discontinuas. Estos estratos calcáreos (bioesparita y biomicrita) con intercalaciones de capas muy delgadas de lodolita roja es donde se concentra la fauna fósil de trilobites, *Composita* sp., lingúlidos, orthidos, espiriferidos y gastrópodos. Localización puente El Totumo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

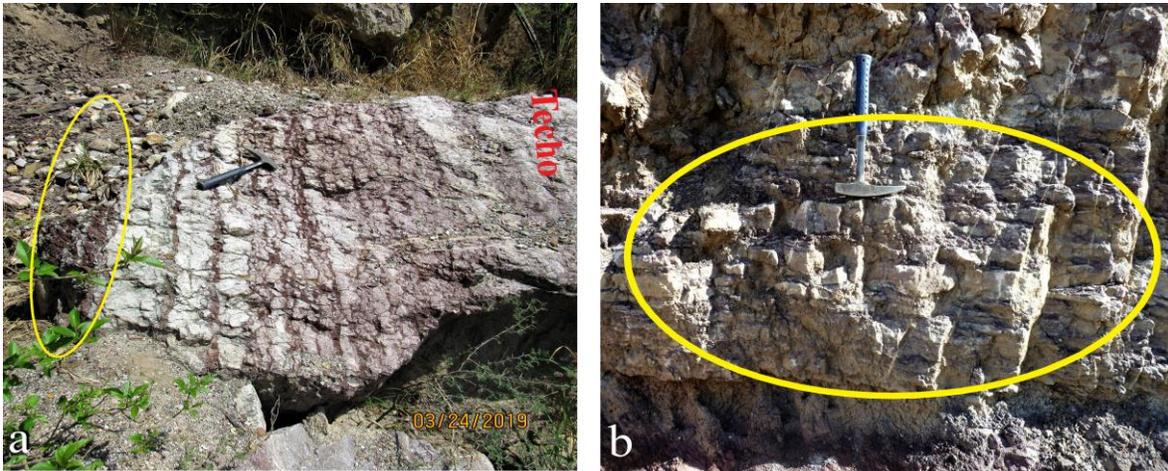


Figura 8-22. Intercalaciones de estratos delgados a medianos de pelbioesparita con capas discontinuas muy delgadas de lodolita roja (a) y en (b) se aprecian capas de biomicrita (a) y bioesparita (b), continuas con capas muy delgadas de lodolita roja. (circulo amarillo donde se concentra el contenido fosilífero. Localización a) columna estratigráfica Macaravita, 170 m y b) columna estratigráfica El Totumo, 6 m.



Figura 8-23. La imagen muestra la interestratificación de estratos gruesos a muy gruesos de biooesparita y biomicrita y los niveles griottes. Se aprecia una interestratificación de estratos muy delgados a medianos de micrita con aspecto nodular beige y estratos muy delgados a delgados de lodolita roja. Afloramiento del puente El Totumo (Puente Lata).

La composición de los nódulos es lodo calcáreo o micrita (Folk 1962). En la medida que la relación de los nódulos calcáreos es mayor a la lodolita roja, la composición de los nódulos es de biooesparita, bioesparita o biomicrita, formando estratos medianos a muy gruesos de biooesparita, bioesparita, biomicrita y oncomicrita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

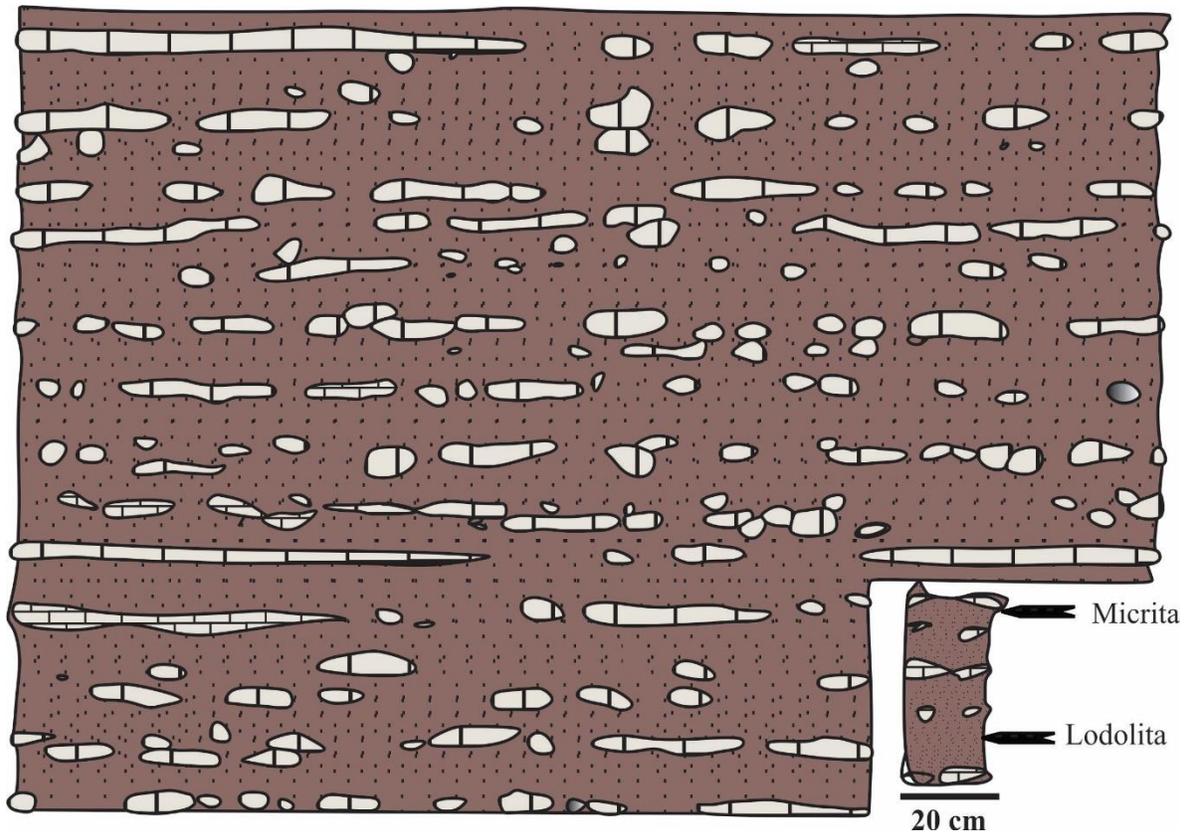


Figura 8-24. La gráfica muestra la intercalación de las capas de aspecto nodular de micrita y lodolita roja, (griottes). Los planos de las capas de aspecto nodular de micrita son planos a levemente ondulados. Modificado de Munnecke *et al.* (1996).

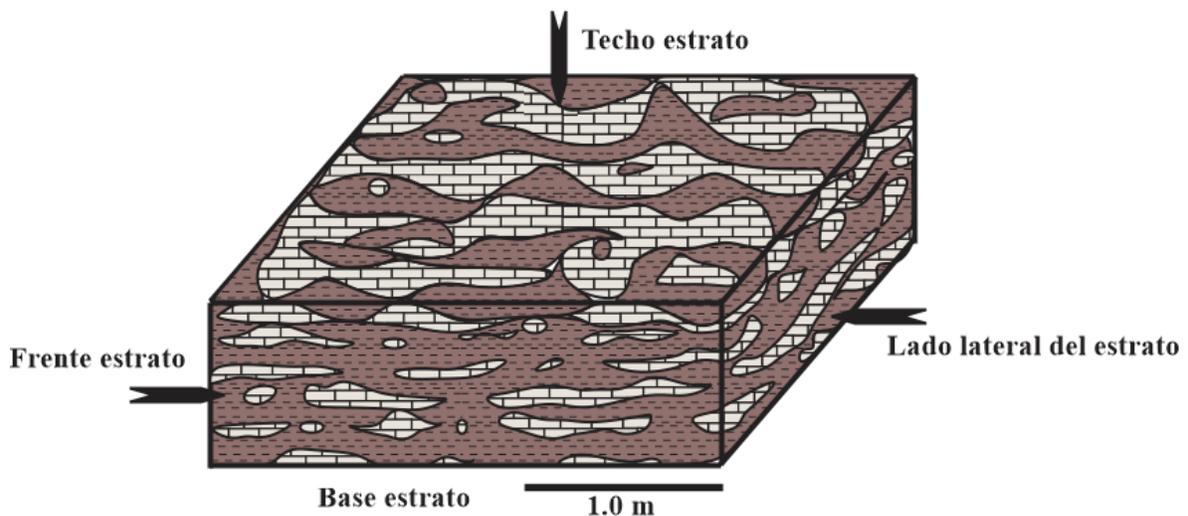


Figura 8-25. Bloque diagrama que muestra la disposición de las capas de aspecto nodular de micrita con la lodolita roja, (griottes).

La lodolita roja compuesta por los mismos constituyentes descritos en la facies de lodolita roja. S.D: P-2, C.E.T.

## 9. Asociaciones de facies

Los depósitos calcáreos y siliciclásticos del Paleozoico del Río Nevado se han agrupado en cinco (5) asociaciones de facies con base en sus características sedimentológicas, texturales y composicionales que reflejan en el momento de su depositación, diferentes condiciones hidrodinámicas y de profundidad.

A partir de la distribución vertical y lateral de los distintos cuerpos litológicos se han reconocido las asociaciones de facies nominadas por números romanos en orden creciente. Su distribución a lo largo de las secciones levantadas se muestra en las figuras 7-2a, 7-2b, 7-2c, 7-15a, 7-15b y 7-15c.

### 9.1 Asociación I.

Agrupar a las facies de lodolita gris-gris verdoso (F1), arenita gris-gris verdoso (F3) y *wackestone* de ooides y bioclastos (F6) del segmento inferior de la columna Macaravita, compuestas principalmente por sedimentos terrígenos y calcáreos. Como se puede ver en la Figura 7-2a, se observa un paso gradual de la lodolita gris-gris verdosas (F1), en estratos delgados a muy gruesos, laminación plana y ondulada paralela, constituida por minerales arcillosos, a la facies de arenita y arenita lodosa gris-gris verdosa (F3), en estratos delgados a muy gruesos tabulares y geometría lentiforme que se intercala con la facies (F1), o bien, conformar cuerpos arenosos tabulares con una apreciable continuidad lateral. La arenita de grano muy fino a fino, moderada a bien seleccionada, cuarzosa y con escaso a alto grado de bioperturbación (grado 1 a 5), planos de los estratos ondulados paralelos, que muestran una apariencia maciza u homogénea con laminación difusa plana paralela y ondulada no paralela discontinua, esporádicas madrigueras verticales. Entre la facies F1 (lodolita) y la facies F3 (arenita), se muestra una zona de transición que pasa gradualmente por granulometría de lodo pasando a limo hasta arena de grano muy fino a fino.

En la arenita, los planos de las capas son ondulados, paralelos, laminación ondulada no paralela continua y discontinua, ondulítica o lenticular con lentes conectados, en el sentido de Reineck & Wonderlich (1968) en Reineck *et al.* (1980). Las capas o lentes arenosos están formados por láminas de foreset ondulados.

Hacia la parte alta de esta asociación se observa la alternancia de estratos delgados a medianos de lodolita y arenita con ondulaciones simétricas rectas en las superficies de los planos de estratificación.

La facies de *wackestone* de ooides y bioclastos (F6) subordinada a la facies (F1) con baja a moderada bioperturbación, la disposición de los granos esqueletales (fragmentos de braquiópodos, crinoideos, corales coloniales, briozoos, microfósiles de gastrópodos, bivalvos, ostrácodos, foraminíferos bentónicos) y no esqueletales como ooides, oncoides e

intraclastos, están alineados paralelos al plano de estratificación. Los ooides tienen forma del Tipo 1 (Strasser, 1986 en Flugüel, 2004) y muchos están rotos (S.D ML-0).

## 9.2 Asociación II

Esta asociación de facies está representada por alternancias de lodolita gris-gris verdoso (F1), arenita gris-gris verdoso (F3), *packstone-grainstone* de bioclastos y ooides (F7), *mudstone* gris (F5), *wackestone* de bioclastos (F6) y lodolita roja (F2), (Figura 6b). Las unidades de lodolita gris-gris verdosa se presentan en estratos muy delgados a muy gruesos, hacia la parte inferior de las capas son planas a ligeramente onduladas. La arenita gris-gris verdoso de grano muy fino a fino se presentan en estratos tabulares, planos de estratificación ondulada con laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela continua y discontinua, moderada a altamente bioperturbada, la icnofacies habitual es la *Cruziana* con variables etológicas y tipos tróficos. Se han reconocido dos (2) tipos de arenita composicionalmente distintas: Wacka arcosa gris-gris verdoso de grano fino, con granos detríticos de cuarzo, feldespatos, líticos, micas detríticas (moscovita, biotita y clorita), ocasionalmente puede contener bioclastos y Arenita arcósica gris-gris verdoso de grano muy fino, bien calibrada, compuesta por granos detríticos de cuarzo, feldespato, micas detríticas (moscovita, clorita) y contenido de óxido de hierro en forma de motas o gránulo. La facies de lodolita gris-gris verdoso esta relacionada con la facies de arenita gris-gris verdoso, estas facies están intercaladas. El *packstone-grainstone* de bioclastos y ooides en estratos gruesos a muy gruesos de color gris rojizo, intercalado con la lodolita gris-gris verdoso y lodolita roja, ocasionalmente superpuesta por arenita y arenita lodosa, compuesta por fragmentos de granos esqueletales de braquiópodos, trilobites, crinoideos, algas, foraminíferos, ostrácodos y bivalvos, presentan buena selección, subredondeados a redondeados y los tipos de ooides diferenciados en las secciones delgadas son Tipo 1 y 3 del esquema de clasificación desarrollado por Strasser (1986), predominando los ooides Tipo 1, los núcleos son de fragmentos esqueletales indeterminados y microfósiles conservados de foraminíferos pequeños y fusulinidos. Conexa con los *packstone-grainstone* y lodolita gris-gris verdoso se encuentra la lodolita roja en estratos delgados a muy gruesos que hacia la parte inferior de las capas son planas y levemente onduladas, ocasionalmente con laminación muy delgada ondulada paralela, composicionalmente constituidas principalmente por minerales arcillosos y terrígenos tamaño limo medio a grueso de cuarzo, feldespato, líticos, micas detríticas (moscovita, clorita) y óxidos de hierro; relacionada a la facies de lodolita roja hay capas muy delgadas a delgadas de limolita y arenita lodosa de grano muy fino de color rojo, donde frecuentemente se observan estructuras que se preservan en las superficies de estas capas de arenita lodosa roja, tipo “*wrinkle*”, que se caracteriza por mostrar crestas y senos pequeños relativamente continuos subparalelos y algo curvados. La facies de *mudstone* gris y *wackestone* gris en estratos cuneiformes muy delgados a delgados, están relacionadas como facies subordinadas a la lodolita gris-gris verdoso.

### 9.3 Asociación III

Esta asociación de facies es una de las más distintivas de las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado (Figuras 6-5b, 6-18b, 6-21). Representa el segmento medio de las columnas estratigráficas Macaravita, Boavita, El Totumo y Carcasí. Se compone principalmente por potentes sucesiones de estratos gruesos a muy gruesos con *packstone-grainstone* de bioclastos, oncoides, ooides y peloides de color beige-rojizos o gris claros, que integran la facies de *packstone-grainstone* beige-rojizo (F-7), intercaladas con capas de la facies mixta de micrita de aspecto nodular con lodolita roja, tipo griotte, (F8), lodolita roja (F2), arenita roja (F4) y lodolita gris-gris verdoso (F1).

Los *packstone-grainstone* están constituidos por granos esqueléticos o bioclastos y granos no esqueléticos. Estos son producto de la fragmentación o conservación de macro o microorganismos con partes duras, entre los cuales tenemos: braquiópodos, artejos de crinoideos, bivalvos, algas calcáreas (dasicladaceas y filoidales), calciesferas, ostrácodos, gastrópodos, corales solitarios y coloniales, briozoos, foraminíferos bentónicos, cefalópodos, conodontes, equinodermos, trilobites, esponjas, serpulidos y escleritos de holoturias, en su mayoría recubiertos por una película de micrita. Los granos no esqueléticos presentes en esta roca son los ooides Tipo 1 y 3, con núcleos de fragmentos esqueléticos indeterminados, foraminíferos, artejos de crinoideos, algas, ostrácodos, briozoos y gránulos de óxido de hierro; oncoides Tipo 1, 2 y 3 o Tipo C y R (modificado de Logan *et al.* 1964 en Flügel 2004) con núcleos de fragmentos esqueléticos como briozoos, artejos de crinoideos, gastrópodos, foraminíferos y bioclastos indeterminados; peloides e intraclastos. Esta facies puede presentar estructura maciza, que hacia la parte inferior de las capas son ondulados y localmente bioperturbación por madrigueras. Relacionada con la facies de *packstone-grainstone* están la lodolita roja (F2) y mudstone de aspecto nodular con lodolita roja (F8) o textura griottes, esporádicamente es verde claro, formando estratos discontinuos muy delgados a delgados a veces medianos, planos de estratificación plana o levemente ondulada sin contenido de microfauna o macrofauna fósil, interstratificado con capas irregulares y discontinuas muy delgadas a medianas de lodolita roja y contenido fósil raro. Los estratos gruesos a muy gruesos de la facies de lodolita gris-gris verdoso (F1) intercalada con estratos cuneiformes delgados a medianos de *mudstone* gris (F5) de composición micrítica y con contenido de macrofauna fósil de crinoideos y braquiópodos tipo productidos del género *Antiquatonia?* Sp., cuya posición de su valva ventral o braquial es perpendicular al plano de estratificación. Los estratos muy delgados de arenita de grano muy fino de color rojo están intercalados con las capas de lodolita roja.

### 9.4 Asociación IV

Agrupar facies predominantemente siliciclásticas, es la asociación más variable en cuanto al espesor de los intervalos a los que se asocia cada una de las facies que la conforman, Figura 7-2c, Figura 7-15c y Figura 7-18. A lo largo de la sucesión se observa un pasaje gradual de

lodolita roja (F2) a lodolita gris-gris verdoso (F1) y de esta a arenita-arenita lodosa gris-gris verdoso (F3). Los estratos de *mudstone* gris (F5), están subordinados a la lodolita gris-gris verdoso y los estratos de arenita lodosa roja (F4), a la lodolita roja. Esta interrelación de facies nos indica un ambiente contiguo de depositación.

Conformado por estratos gruesos a muy gruesos de lodolita roja, intercalados con estratos cuneiformes muy delgados a delgados de limolita, arenita y arenita lodosa de grano muy fino de color rojo, planos de estratificación ondulados y laminación muy delgada a delgada plana paralela y ondulada paralela y no paralela, en la superficie se observan estructuras tipo “*wrinkle*”, composicionalmente la arenita es arcósica. La facies relacionada con la lodolita roja es la facies de lodolita gris-gris verdoso en estratos delgados a muy gruesos, hacia la parte inferior las capas son planas o levemente ondulados con laminación muy delgada plana paralela y ondulada paralela con contenido de impresiones de plantas. En la lodolita gris-gris verdosa, de forma subordinada, se intercalan estratos cuneiformes muy delgados a delgados de *mudstone* gris o *wackestone* de bioclastos (conodontes) de color gris, Figura 7-18. Con la lodolita gris-gris verdoso están enlazados los estratos delgados a muy gruesos de arenita y arenita lodosa de grano muy fino y fino, gris-gris verdoso con planos de estratificación ondulados y laminación muy delgada a delgada ondulada no paralela y laminación inclinada tipo *hummocky*, que se caracteriza por la presencia de una superficie basal erosiva sobre la que se depositan láminas subparalelas o suavemente inclinadas ( $\sim 10^\circ$ ), que muestran un adelgazamiento lateral con desarrollo de convexidades en la superficie, observadas en las columnas estratigráficas Macaravita y El Totumo. Figura 5-18c y Figura 5-21. Composicionalmente son graywacka lítica.

## 9.5 Asociación V

Esta asociación, representada en el intervalo 10 de las columnas estratigráficas Boavita y El Totumo, agrupa a las facies muy finas conformadas principalmente por sedimentos terrígenos. Como se puede ver en las Figuras 7-15c y 7-18, en la sucesión es común encontrar el paso gradual desde la facies de lodolita gris-gris verdoso (F1) a lodolita roja (F2), y transicional de lodolita gris-gris verdoso (F1) a la facies de arenita-arenita lodosa gris-gris verdosa (F3). Es frecuente encontrar intercalaciones de la facies de arenita-arenita lodosa gris-gris verdoso con la facies de lodolita gris-gris verdoso y subordinada a esta, estratos lenticulares muy delgados de *mudstone* gris (F5). Hacia la parte alta de la sucesión Boavita se presentan intercalaciones de la facies de *mudstone* gris (F5) y facies de *wackestone* de ostrácodos gris (F6) con la facies de arenita-arenita lodosa gris-gris verdoso (F3). Hacia la parte superior de la sucesión la facies de lodolita gris-gris verdoso (F1), muestra fósiles tipo lingúlidos, impresiones de plantas, gastrópodos con espiral alta.

La facies de lodolita roja (F2), por el arreglo vertical de la sucesión sedimentaria es contigua a la facies de lodolita gris-gris verdosa (F1). Como se describió anteriormente su color rojo está relacionado con el contenido de óxidos de hierro que probablemente fue producida por comunidades bentónicas microbiales (cianobacteria sideróforos), como lo muestran las

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre  
Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

estructuras sedimentarias inducidas por actividad microbial, estructuras tipo “*wrinkle* y *Kinneyia*”.

Al final de la sucesión se presenta una alternancia de estratos delgados a gruesos tabulares y cuneiformes de arenita-arenita lodosa gris-gris verdosa, que hacia la base de las capas son onduladas, laminación muy delgada ondulada no paralela continua, con estratos delgados a gruesos de *mudstone* gris y *wackestone* gris con fauna fósil preponderantemente de ostrácodos y presencia escasa de gastrópodos, braquiópodos, foraminíferos, briozoo y algas.

## 10. Petrografía

Integra las características petrogenéticas y paleoambientales de las rocas muestreadas en campo para su análisis, colectadas en las exposiciones del Paleozoico del Río Nevado en las localidades de El Totumo y Carcasí, con el fin de definir, caracterizar y complementar el atributo composicional y textural de las facies presentes en la sucesión sedimentaria de esta unidad litoestratigráfica. En total se analizaron 50 secciones delgadas.

La lodolita, compuesta principalmente por minerales arcillosos, que constituyen el soporte de la roca y cuarzo tamaño limo medio a grueso, angulares a subangulares, Figura 10-2. Incluye cuarzo policristalino, micas detríticas de muscovita, clorita y biotita, con presencia de micrita, materia orgánica, óxidos de hierro y trazas de fragmentos fósiles recristalizados. En la Figura 10-1 se muestra el porcentaje de sus constituyentes: 62% a 64% de minerales arcillosos; 20% a 21% de cuarzo tamaño limo medio a grueso; 0 a 1% de feldespato, 3% a 5% de micas detríticas (muscovita, biotita y clorita); 6% a 10% de micrita; 1% a 3% de turmalina y circón; 0 a 1% de materia orgánica; trazas a 3% de óxido de hierro. Según la clasificación textural de Folk (1974), corresponde a lodolita. El color rojo es dado por el contenido de óxidos de hierro (hematita), ver Figuras 10-3, 10-4 y 10-5.

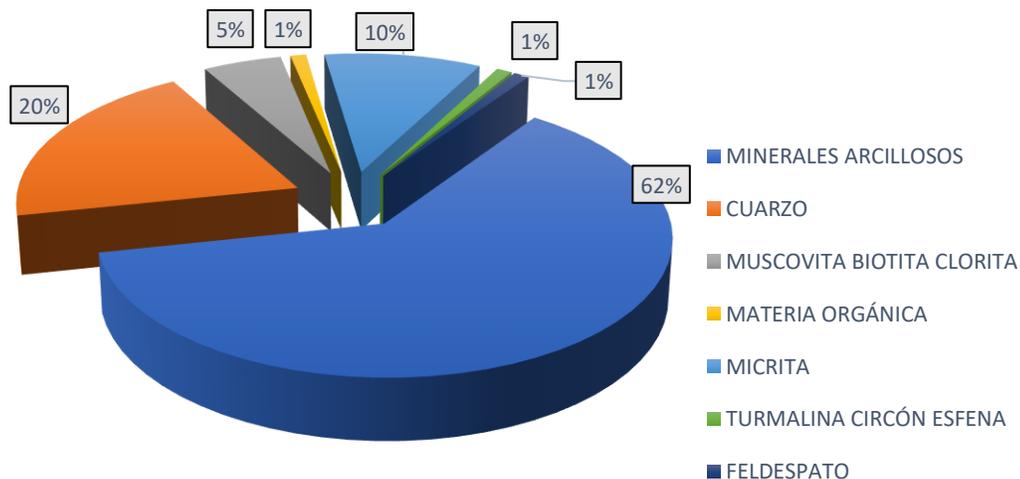


Figura 10-1. Constituyentes mineralógicos de la muestra de lodolita de color gris-gris verdoso. S.D: ML-I. C.E. Macaravita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

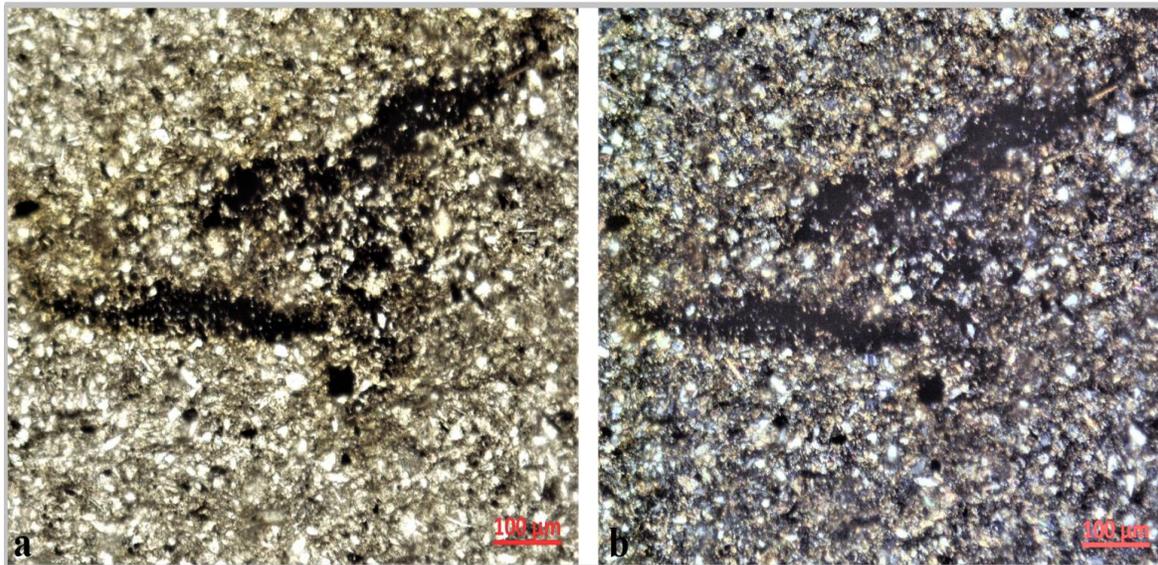


Figura 10-2. Sección delgada de la muestra de Lodolita de color gris-gris verdoso, granos de cuarzo tamaño limo medio a grueso, angulares y subangulares, se observa moteado de óxido de hierro paralelo a subparalelo a la laminación. a) Nícoles paralelos 10X y b) nícoles cruzados 10X. S.D: ML-I. C.E Macaravita.

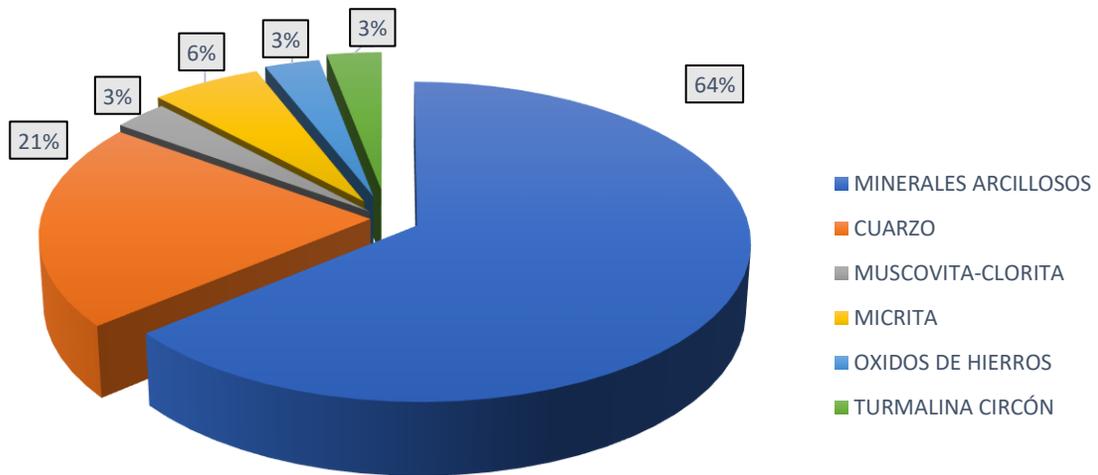


Figura 10-3. Constituyentes mineralógicos de la muestra de lodolita de color rojo. S.D: P-2. C.E El Totumo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

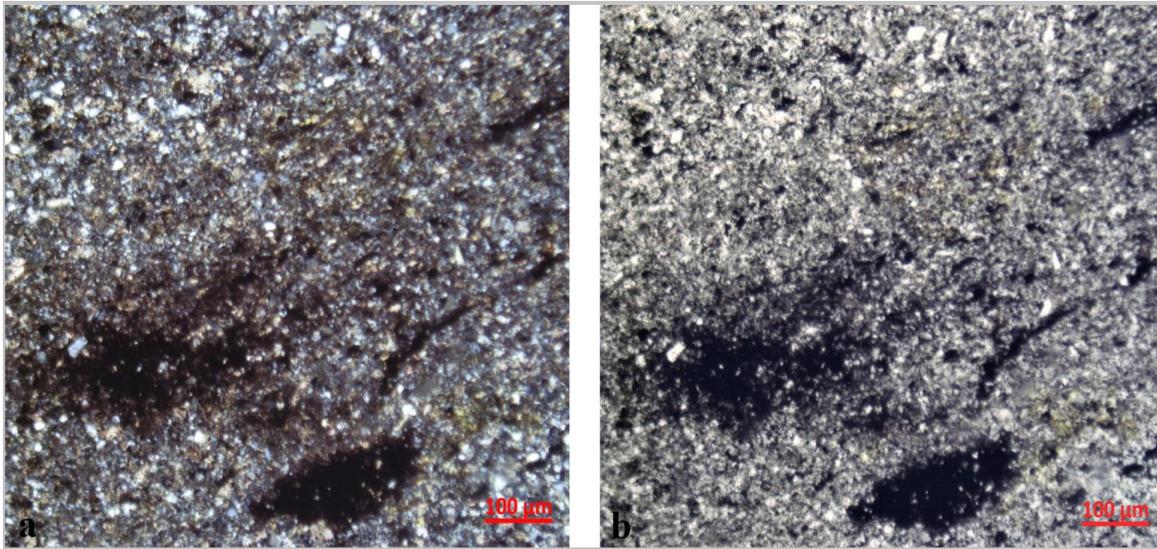


Figura 10-4. Sección delgada de la muestra de lodolita de color rojo, se observan los óxidos de hierro en laminas discontinuas y diseminado. a) Nicoles cruzados 10X y b) Nicoles paralelos 10X. PL. P-2. C.E. El Totumo.



Figura 10-5. Micromosaico que muestra las láminas irregulares de óxido de hierro paralela al plano de estratificación y diseminado. Lodolita de color rojo. S.D: P-2. C.E. El Totumo.

De igual manera, se realizó para la arenita gris-gris verdosa y arenita roja. Compuesta por granos tamaño arena muy fina a fina, angulares a subangulares y moderadamente calibrados, cemento silicio (silicio-óxido de hierro en la arenita roja) y calcáreo relleno los poros, madurez textural entre inmadura a submadura con contenido de impresiones de plantas, materia orgánica y ocasional presencia de fragmentos de braquiópodos, (arenita gris-gris verdosa) y óxido de hierro (arenita gris-gris verdosa hasta 1%, arenita roja hasta 2%). El contenido de matriz de minerales arcillosos, alcanza hasta el 25%. Cuarzo entre 32% a 41%,

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

feldespato entre 16% a 17%, líticos 8% a 10%, minerales arcillosos 6% a 9 %, óxido de hierro (hematita), 1% a 2%. Ver Figura 7-7, 10-6, 10-7, 10-8 y 10-9.

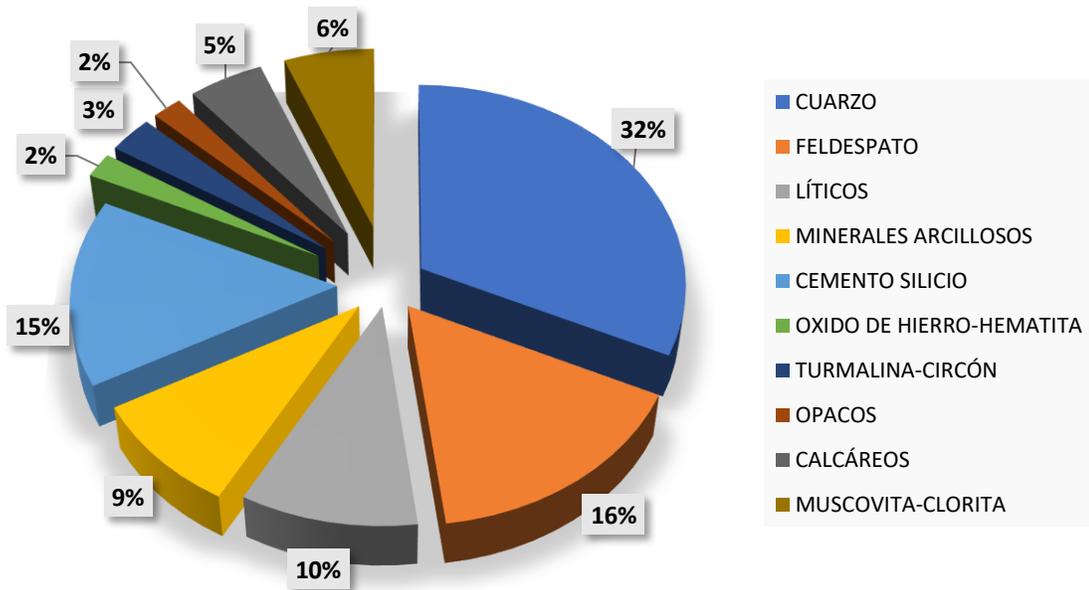


Figura 10-6. Composición mineralógica de la arenita roja, arcosa lítica (Folk, 1974) o arenita arcósica (Pettijhon *et al.* 1973). La seudoesparita rellena los poros. S.D: ML-41, C.E Macaravita.

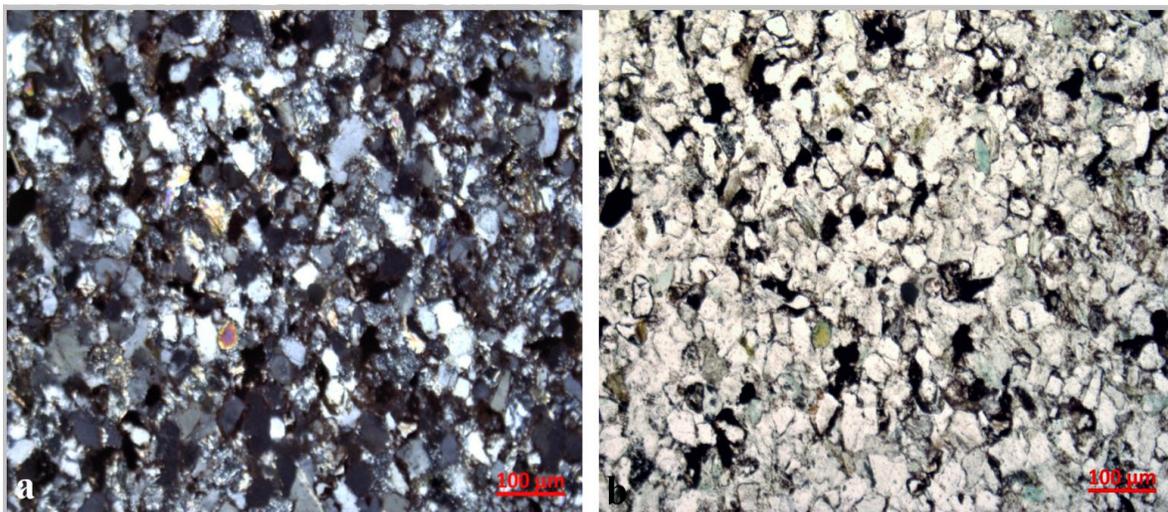


Figura 10-7. Arenita roja. Se observa el óxido de hierro (hematita) diseminado y en el borde de los granos el óxido de hierro los envuelve como una película (borde oscuro de los granos nicols paralelos), además granos de minerales de cuarzo, circón, clorita y feldespatos sericitizados. a) Nicols cruzados 10X y b) Nicols paralelo 10X. S.D: ML-41a C.E. Macaravita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

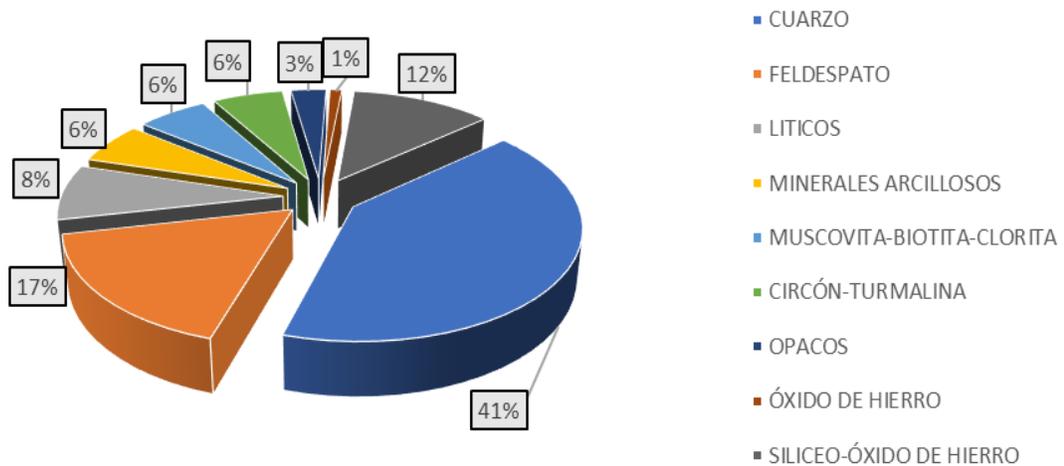


Figura 10-8. Composición mineralógica de la arenita gris, arcosa lítica (Folk, 1974) o arenita arcósica (Pettijhon *et al.* 1973). S.D: ML-19a, C.E Macaravita.

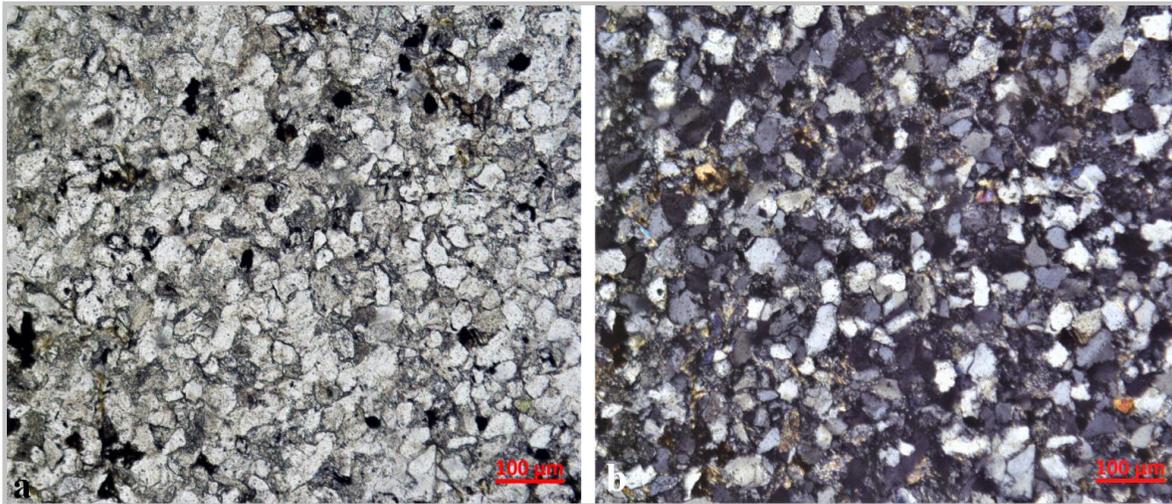


Figura 10-9. Arenita gris-gris verdosa, granos oscuros óxido de hierro, feldespato sericitizados a) Nicols cruzados 10X b) Nicols paralelos 10X. S.D: 19a C.E Macaravita.

Para el análisis petrográfico de las rocas calcáreas se tuvo en cuenta la proporción de granos (aloquímicos), matriz o lodo calcáreo (micrita) y cemento (esparita). El contenido de granos esqueléticos es muy variado y los grupos más representativos identificados, como fósiles enteros y fragmentos de braquiópodos, gastrópodos, ostrácodos, bivalvos, artejos de crinoideos, foraminíferos, espinas de equinodermos, trilobites, restos de briozoos, algas, corales, conodontes y cefalópodos, y entre los granos no esqueléticos ooides, oncoides, peloides e intraclastos.

También se observan restos fósiles que se han definido como “problemáticos”, debido a la escasez de criterios y características internas que imposibilitan su determinación dentro de un grupo.

La característica de estas rocas calcáreas es el escaso contenido de terrígenos, en casos excepcionales alcanza hasta el 13%, constituido principalmente por cuarzo y en menor

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

proporción por micas detríticas (clorita, muscovita), turmalina, circón, además óxido de hierro y ankerita. Ver Figura 10-10 (círculo rojo).

Como se puede observar en la Figura 10-10, las rocas calcáreas analizadas, de acuerdo con su composición se distribuyen en el área de aloquímicas, ortoquímicas y aloquímicas impuras. Las rocas ortoquímicas representan a los mudstone de aspecto nodular de la Facies Mixta de micrita de aspecto nodular beige y lodolita roja (griottes) y micritas de la Facies de *Mudstone* gris. Las muestras localizadas en límites entre ortoquímicas y aloquímicas y aloquímicas impuras corresponden a la Facies de *Wackestone* gris. Las restantes muestras corresponden a las rocas calcáreas de la Facies de *Packstone* y *Grainstone* beige, ubicadas en el área de aloquímicas.

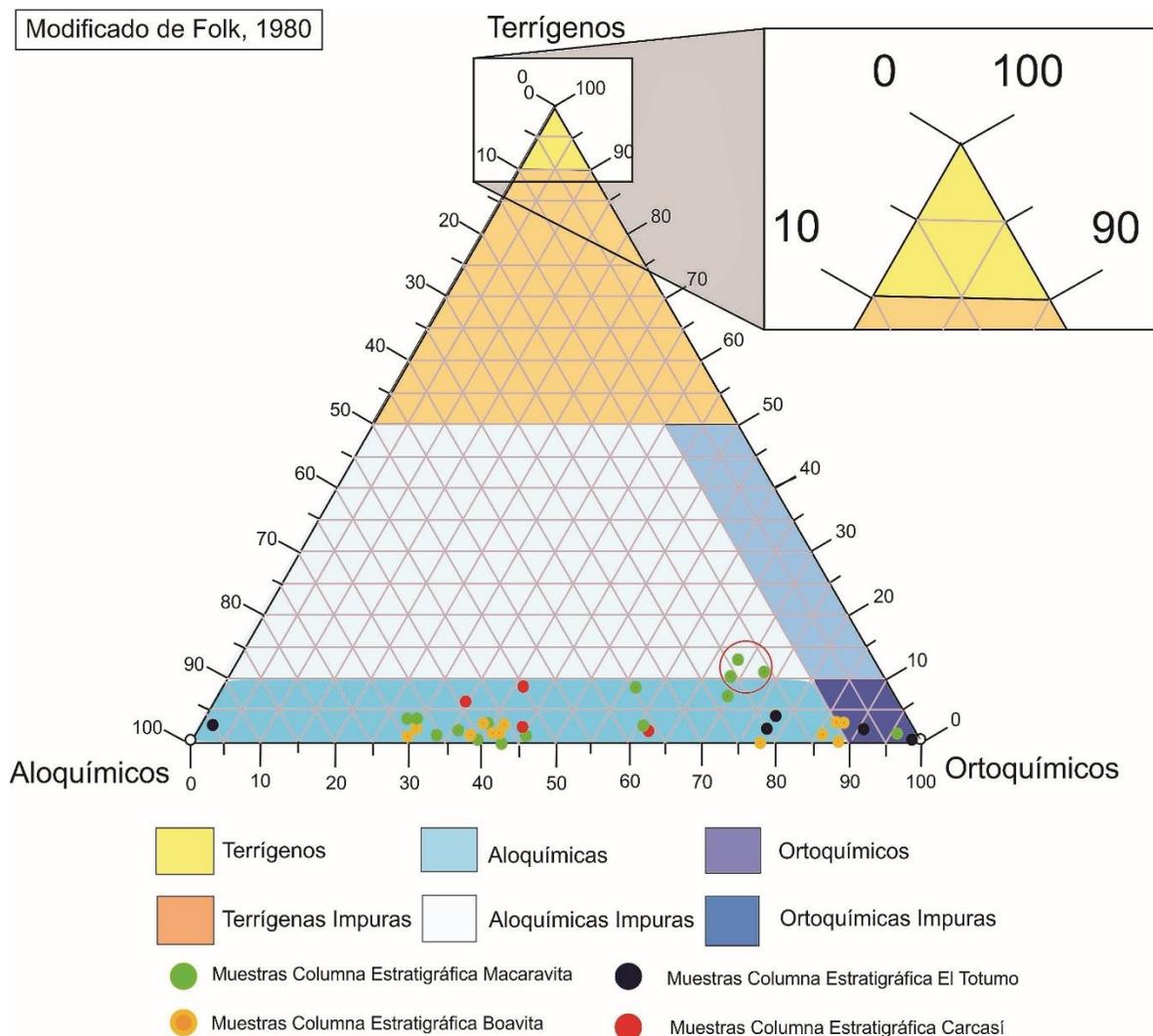


Figura 10-10. Clasificación composicional para las rocas calcáreas de las secciones delgadas analizadas del denominado Paleozoico del Río Nevado, modificado de Folk. 1980.

Dentro de los procesos diagenéticos que afectan estas rocas, están la micritización, disolución, cementación y compactación, neomorfismo, dolomitización y silicificación.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

La micritización se observa en el borde de los granos esqueléticos y no esqueléticos que los recubre como una película o reemplaza el volumen total del grano, lo que conlleva a una alteración gradual a total del grano. Este proceso es controlado por factores biológicos y químicos, Figura 10-11.

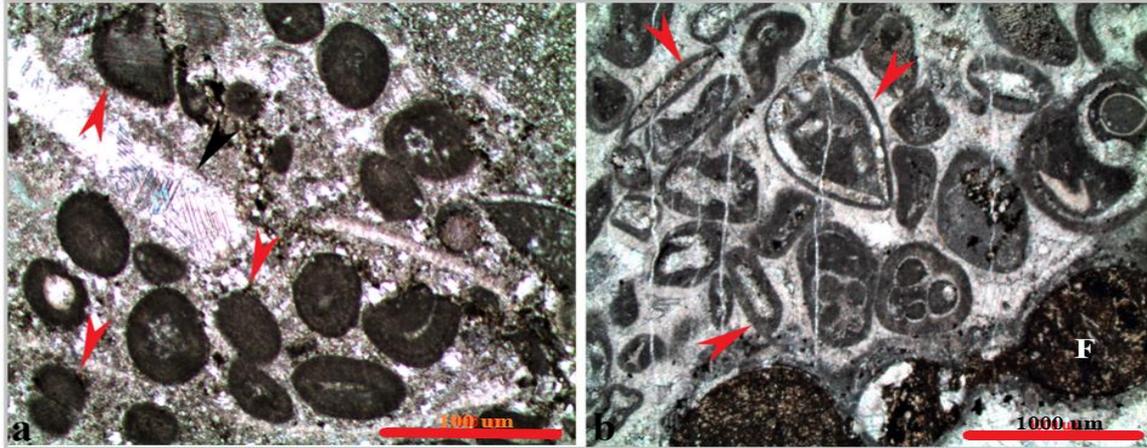


Figura 10-11. **a)** Se observan granos completamente micritizados, película de micrita recubriendo los granos (Flecha roja) y granos recrystalizados (flecha negra) en **b)**, se aprecia un foraminífero relleno de carbonato de hierro (F), muestra la película de micrita recubriéndolo y microfracturas rellenas de calcita. **a)** Oomicrita con textura *wackestone* de ooides y bioclastos, S.D: ML-0, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X, **b)** Bioesparita con textura *grainstone* de bioclastos y ooides, S.D: ML-7i, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X.

Se reconoce la disolución de los granos esqueléticos, no esqueléticos y cemento de carbonato con posterior cementación y precipitación de minerales en poros primarios o secundarios. Figura 10-12.

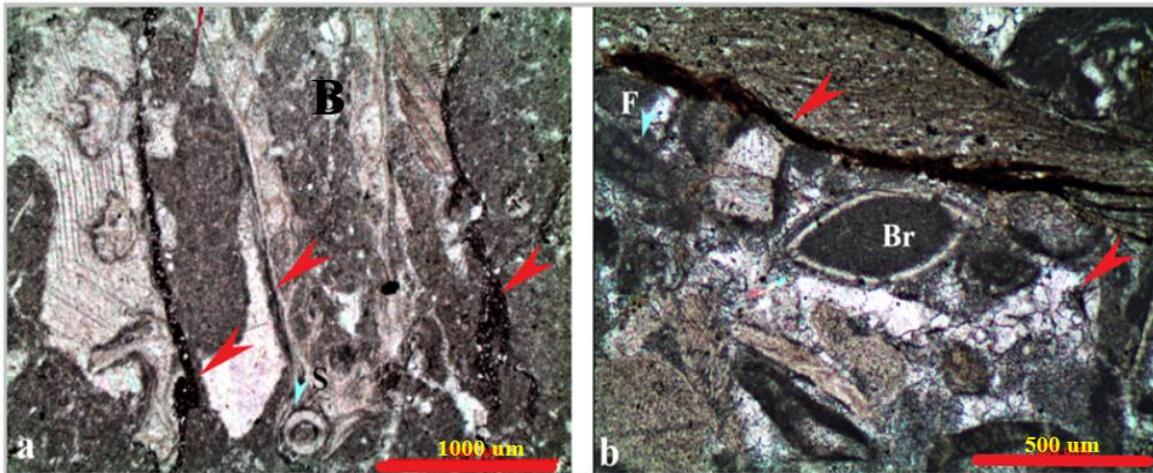


Figura 10-12. Las flechas rojas indican las zonas de disolución y cementación. **a)** muestra un grano esquelético de briozoo (B) y serpulidos (S). Micrita fosilífera con textura *mudstone* de bioclastos. S.D: ML-13, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X, **b)** se observa el corte de un braquiópodo (Br) y foraminífero (F). Oncomicrita con textura *grainstone* de oncooides y bioclastos, S.D: ML-38, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X.

Se aprecian estilolitos, procesos de presión y solución, producto de procesos mecánicos y químicos. Figura 10-13.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

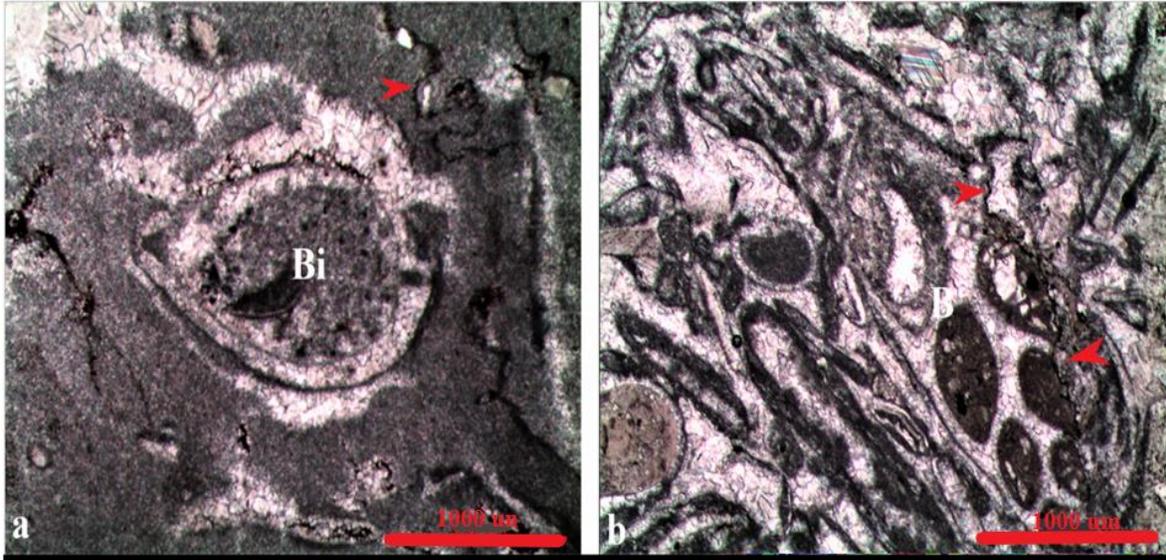


Figura 10-13. Las fotos muestran (flecha roja) los estilolitos observados en las rocas calcáreas de Río Nevado, en **b)** atraviesa un grano de briozoo, En **a)**, corte de un bivalvo (Bi) y **b)**, bioclasto de briozoo (B). **a)** Biomicrita con textura *wackestone* de bioclastos, S.D: XL-17 C.E Boavita, Nícoles paralelos 2X, **b)** Biooncoesparita con textura *grainstone* de bioclastos y ooides, S.D: XL 6a, C.E Boavita. Nícoles paralelos 2X.

El neomorfismo (Folk, 1965 en Scholle *et al.*, 2003), se observa en todas secciones delgadas de las rocas calcáreas estudiadas, producido por la transformación diagenética de micrita (calcita microcristalina o lodo calcáreo o cieno) a microesparita, seudoesparita y esparita. Figura 10-14.

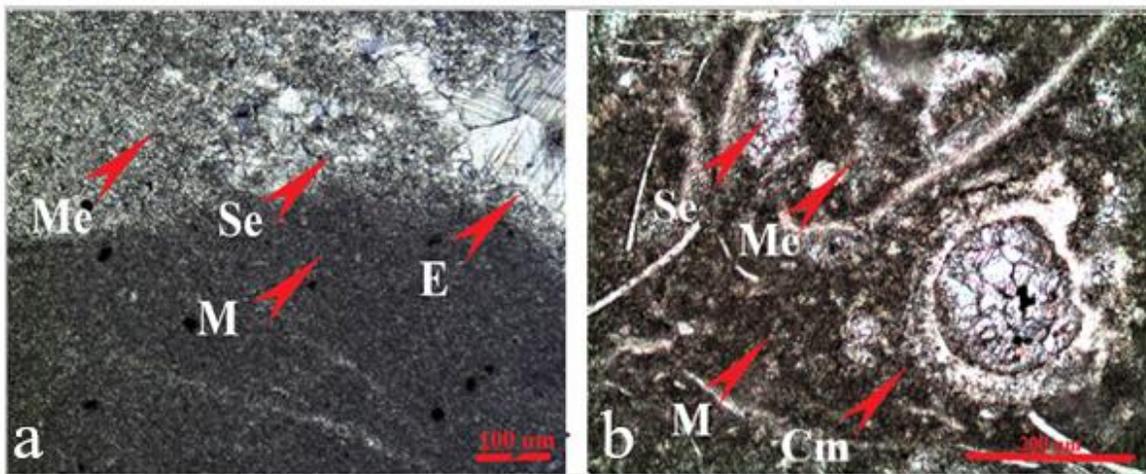


Figura 10-14. La imagen muestra micrita (M), microesparita (Me) y seudoesparita (Se). **a)** Intramicrita con textura *mudstone*. S.D: RNPT-09, C.E El Totumo. Nícoles paralelos 2X, **b)** Biomicrita empaquetada con textura *wackestone* de ostrácodos, (Cm) clasto microproblemático, puede ser un foraminífero. S.D: CTM-2, C.E Boavita. Nícoles paralelos 4X.

La dolomita presente en las rocas calcáreas es esporádica y la mayoría de los cristales son rombos euhedrales y subeuhedrales con textura Planar-e, y Planar-s (Sibley & Gregg, 1987). Figura 10-15.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

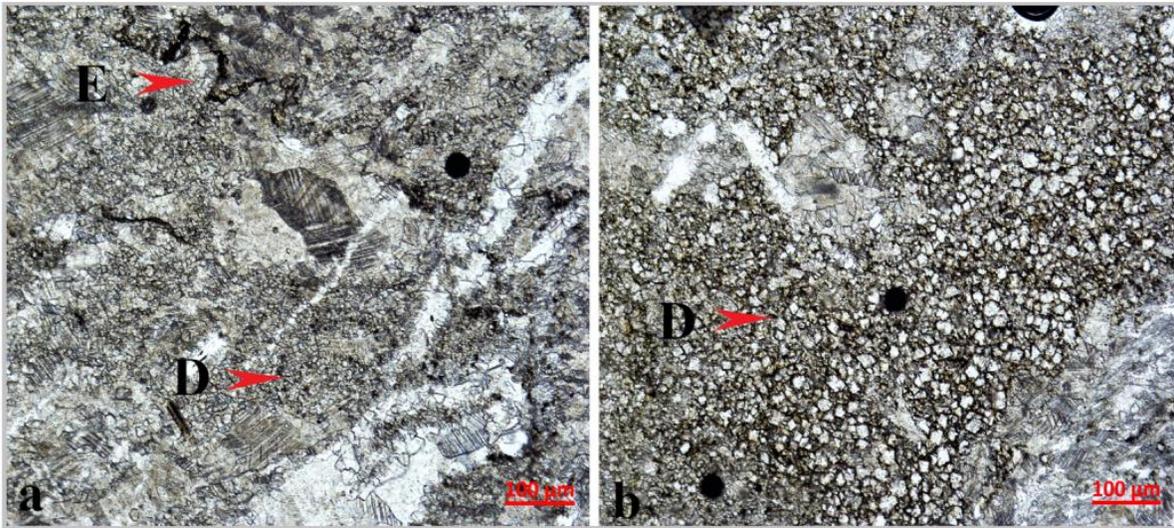


Figura 10-15. En **a** y **b** se observan los cristales de dolomita (D), estilolito de presión-solución (E) y microfracturas rellenas con calcita y bioclastos recrystalizados. SD: CTM-1 C.E Boavita. Nícoles paralelos 10X.

La silicificación observada en petrografía se encuentra relleno de poros o reemplazando parcialmente o completamente fósiles y fragmentos fósiles, se reconoce por los tonos de interferencia grises. Figura 10-16.

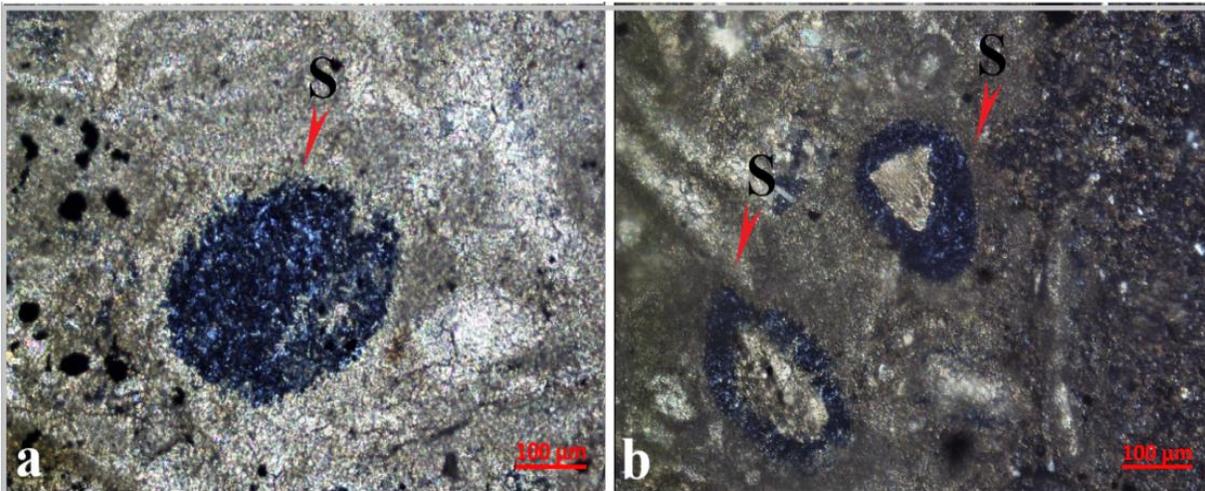


Figura 10-16. En **a**) bioclasto u oncoide completamente silicificado y **b**) oncoide parcialmente silicificados. Sílice (S). S.D: XL-25 C.E Boavita. Nícoles paralelos 10X (**a**) y cruzados 10X (**b**).

Las rocas calcáreas del Paleozoico del Río Nevado son variadas e incluyen *mudstone*, *wackestone*, *packstone* y *grainstone* con contenidos variados de granos esqueletales con fósiles completos, fragmentos y granos no esqueletales.

Las Figuras 10-17 a 10-35 muestran los granos esqueletales y no esqueletales que componen estas rocas.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

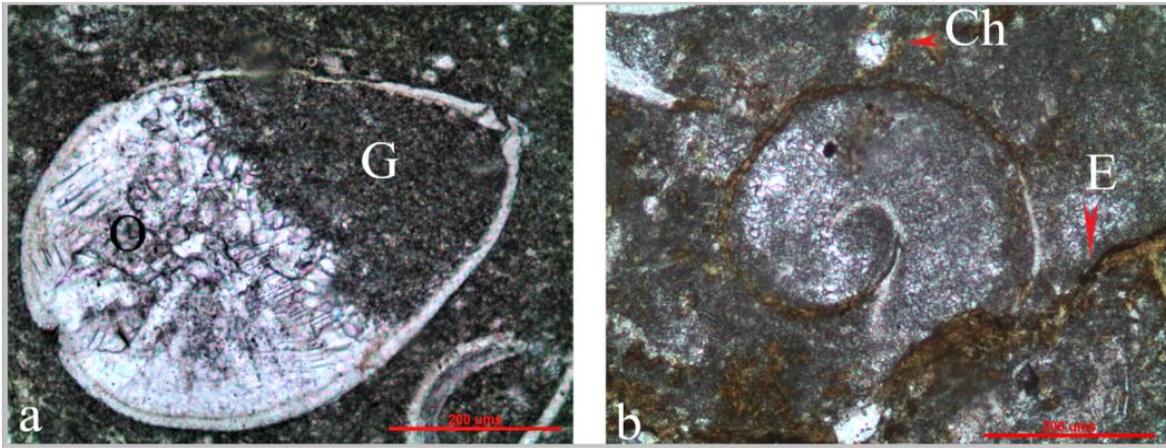


Figura 10-17. **a)** Ostrácodo (O), donde se aprecia la estructura geopetal (G), indica polaridad del estrato, en este caso la base de la capa hacia la esquina del lado derecho y **b)** El microfósil de la imagen puede ser un cefalópodo o gastrópodo, clastos microproblemático (Ch) y estilolito, producto de presión-solución (E), el borde del microfósil es de ankerita, igualmente el estilolito, relleno del mismo material. S.D: CTM-02. Nícoles paralelos 4X. C.E Boavita.



Figura 10-18. **a)** Alga (Cr) S.D: ML-6. Nícoles paralelos 2X, **b)** Foraminífero de la Familia Nodosinellidae (F), gastrópodo (G), calciesfera (C), tubo de serpulido (S) y fragmento de braquiópodo (Fb). S.D: ML 7i. Nícoles paralelos 2X. C.E Macaravita.



Figura 10-19. **a)** Foraminíferos de la Familia Endothyridae, (F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>), S.D: ML-13, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X. **b)** briozoo trepostomado (Br). S.D: ML-14, C.E Macaravita. Nícoles paralelos 4X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

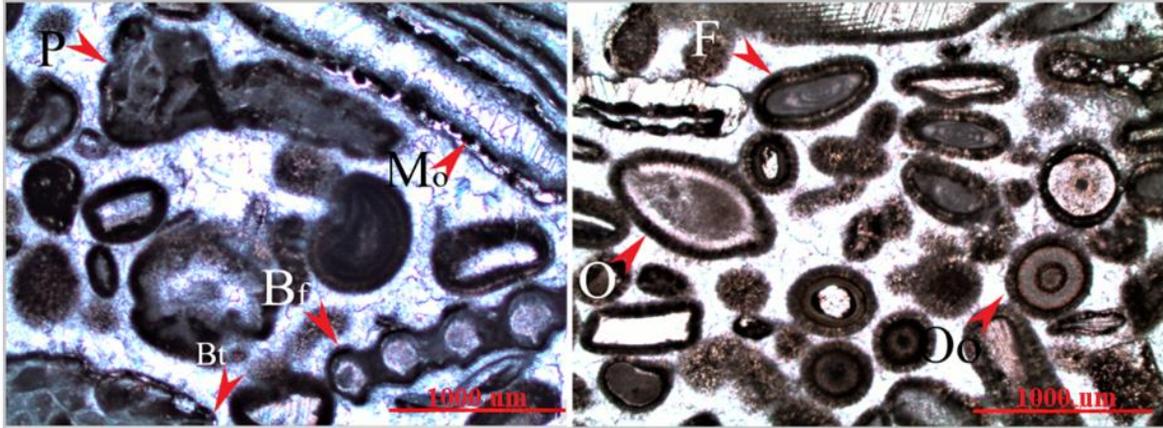


Figura 10-20. a) Se contemplan briozoos trepostomados (Bt) y fenestratenado (Bf), bioclasto como “problemático” no identificable (P) y materia orgánica en el borde del bioclasto (Mo), y b) Ooides (Oo), con laminación tangencial con núcleos de ostrácodo (O) y foraminíferos, (F). PL: ML\_25, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 2X.

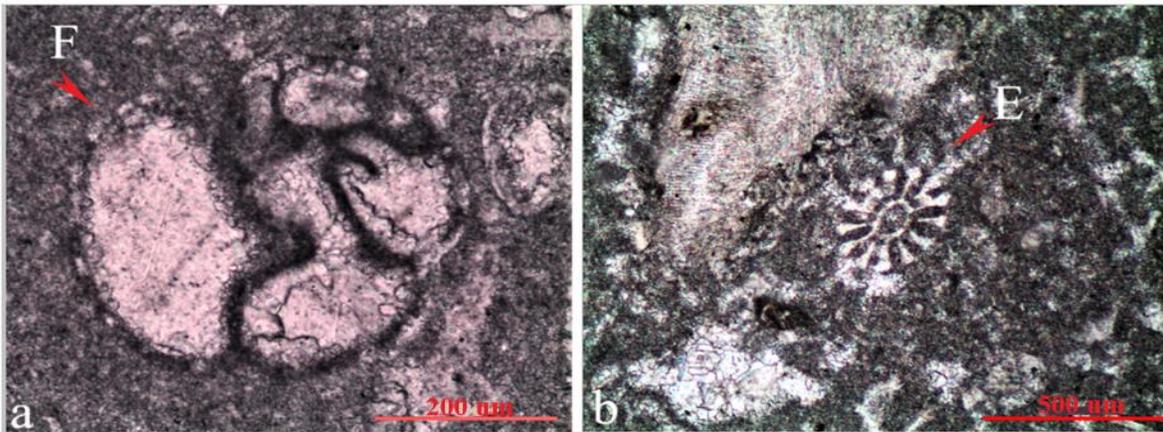


Figura 10-21. a) Ejemplar del género *Globivalvulina* (cf Vachard *et al.* 2015), (F). b) espina de equinodermo (E). a) S.D: 26, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 10X. b) PL-33, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 4X.

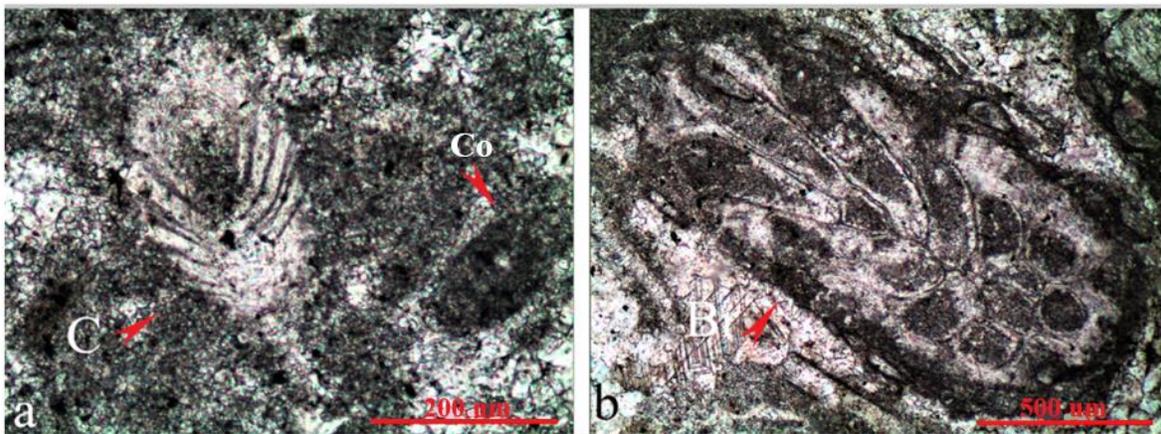


Figura 10-22. a) Cáliz de crinoideo y conodonte? (Co), S.D: ML-33, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 10X. b) briozoo trepostomado (Br). S.D: M-39, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 4X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

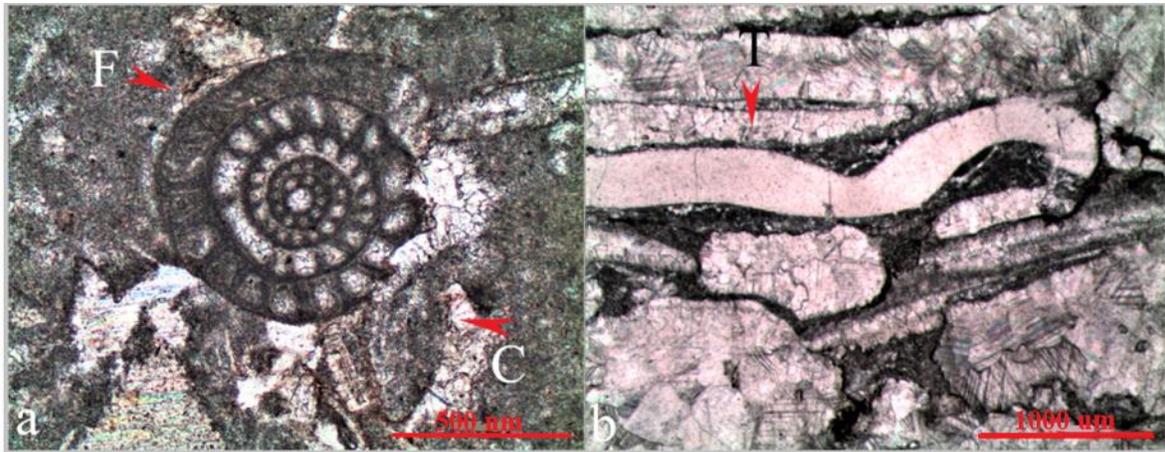


Figura 10-23. **a**) Ejemplar de fusulinido (F), y conodonte (C). S.D: MT-4, C.E El Totumo. Nicoles paralelos 4X y **b**) Fragmento de trilobite (T), los bioclastos muy recristalizados. a) S.D: MT-4, C.E El Totumo. Nicoles paralelos 4X S.D: MT-5, b) C.E El Totumo. Nicoles paralelos 10X.

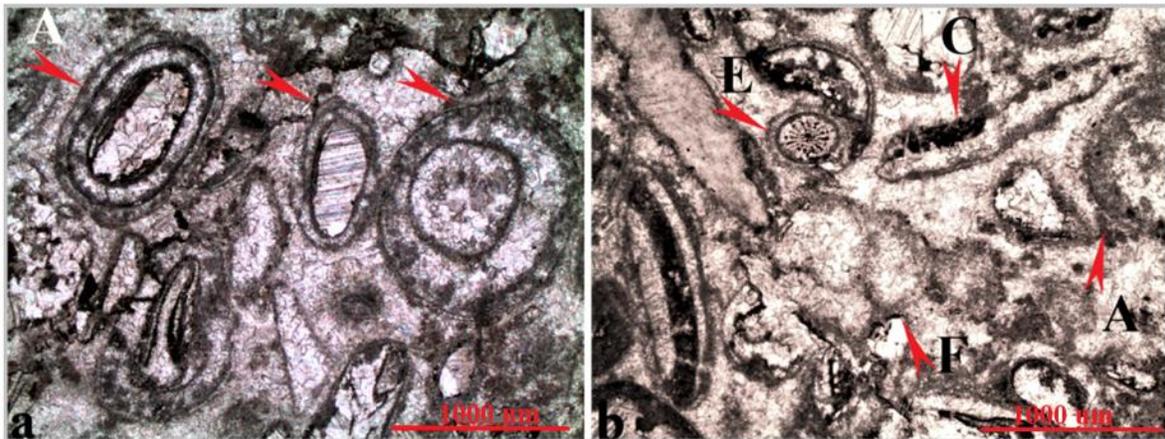


Figura 10-24. **a**) Algas verdes dasicladaceas, **b**) espina de equinodermo (E), alga dasicladaceas (A), foraminífero (F) y clasto indeterminado (C), S.D: MT-6, C.E El Totumo. Nicoles paralelos 2X.

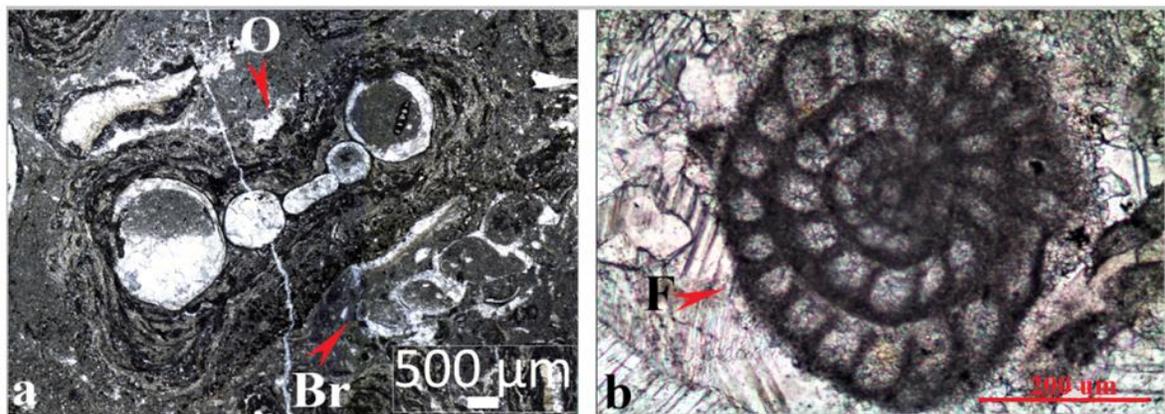


Figura 10-25. **a**) Ejemplar de un oncoide Tipo C (O), laminas concéntricas regulares de algas (láminas café claro) y cianobacterias (láminas oscuras), envolviendo un foraminífero del género *Tuberitina* (cf. BouDagher, 2018), dentro de este un pequeño foraminífero, muestra estructura geopetal (la base de la capa hacia la esquina del lado izquierdo de la fotografía) y fragmento de briozoo (Br); **b**) Fusulinido (F). S.D: RNS-5, C.E Boavita. Nicoles paralelos 2X y 10X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

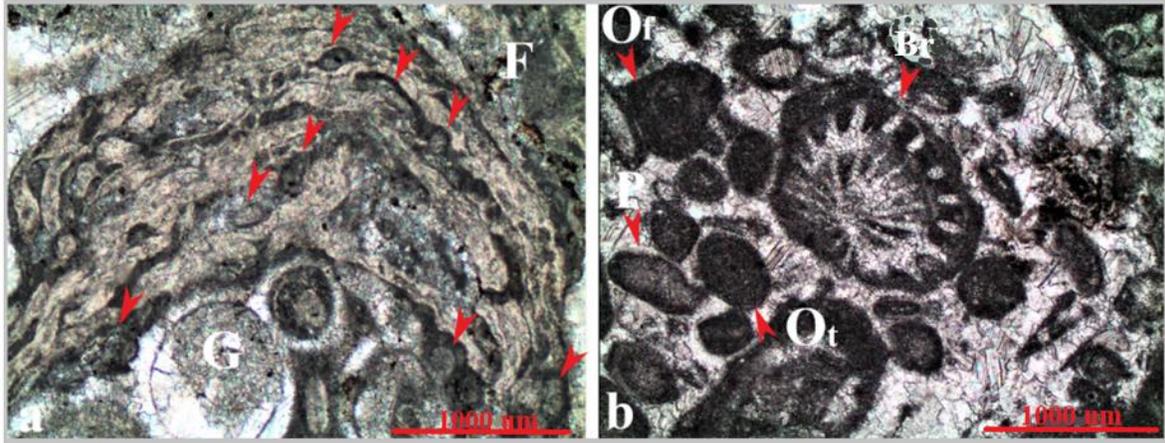


Figura 10-26. **a**) Oncoide con núcleo de gastrópodo (G), foraminíferos incrustados densamente espaciados en las láminas de algas y cianobacterias (F), indicados por la flecha roja, **b**) fragmento de briozoo (Br), oncoides con núcleos de foraminífero (Of), oncoide (Ot) y peloides (P). Obsérvese la diferencia de los oncoides de las fotografías, el del lado derecho (**a**) muestra láminas irregulares de algas alternando con capas de micrita (cianobacterias) con foraminíferos incrustados, la forma del oncoide no es redondeada y toma la forma elongada del gastrópodo (**b**) el oncoide es de micrita (cianobacteria), redondeado, está diferencia es controlada por las condiciones ambientales, factores biológicos, tamaño del núcleo (bioclasto o litoclastos). a) S.D: RNS-5 y XL-11, C.E Boavita. Nicoles paralelos 2X.

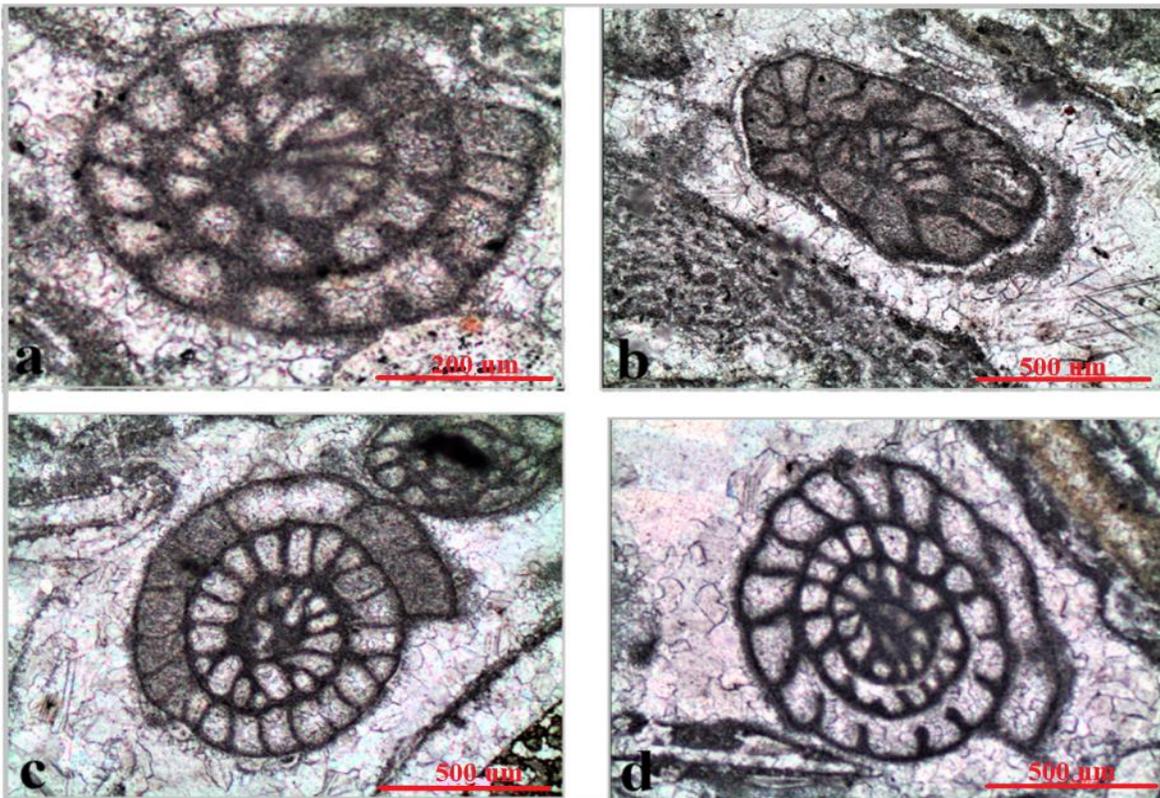


Figura 10-27. Diversos ejemplares de fusulinidos. S.D: XL-18, C.E Boavita. Nicoles paralelos 4X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

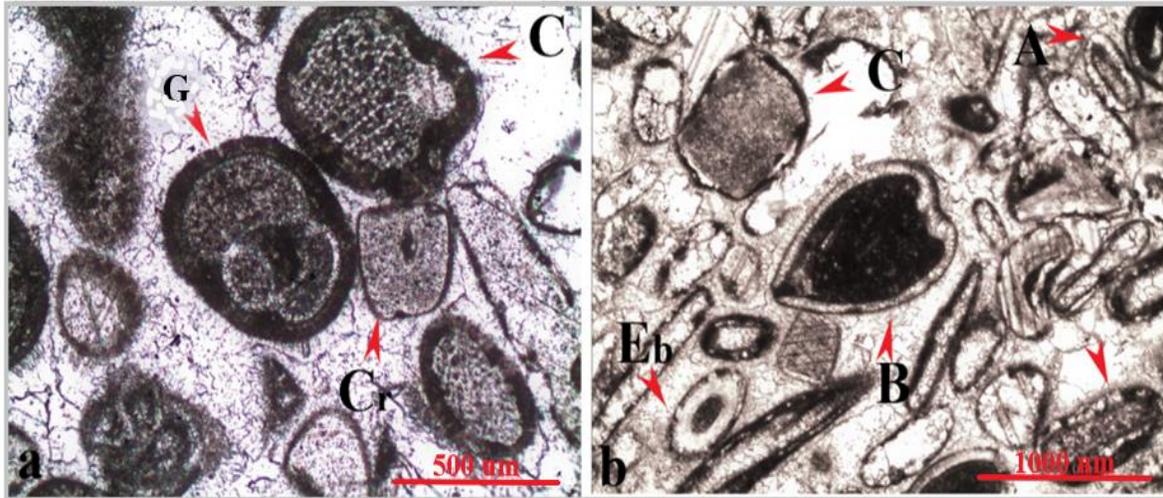


Figura 10-28. **a**) ooides con núcleos de gastrópodo (G), cáliz de crinoideos y bioclastos de crinoideos (C) y fragmentos indiferenciados recubiertos con película de micrita, **b**) Bivalvo (B), espina de braquiópodo (Eb), fragmento de crinoideo (Cr), algas (A). S.D: XL-19, C.E Boavita. Nicoles paralelos 2X y 4X.

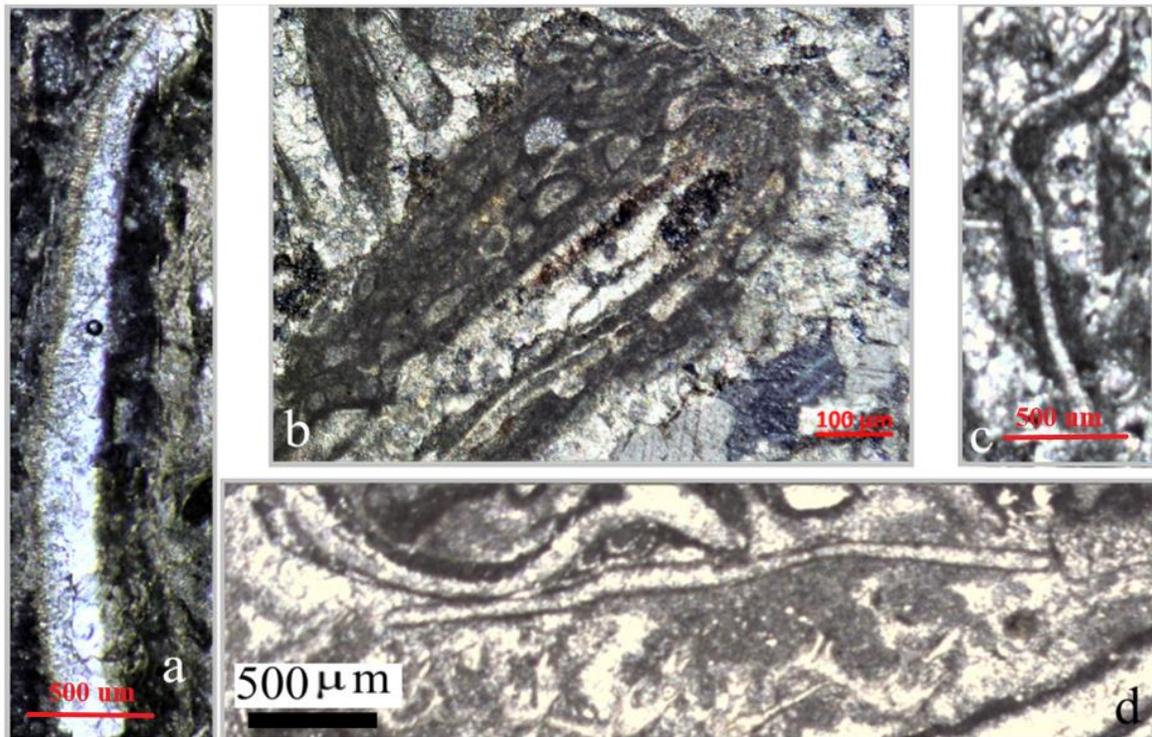


Figura 10-29. Algas probablemente filoidales **a**) S.D: RNS-5, C.E Boavita, **b**) PL: ML-39, C.E Macaravita. Nicoles paralelos 10X, **c**) y **d**) S.D: ML-38, C.E Macaravita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

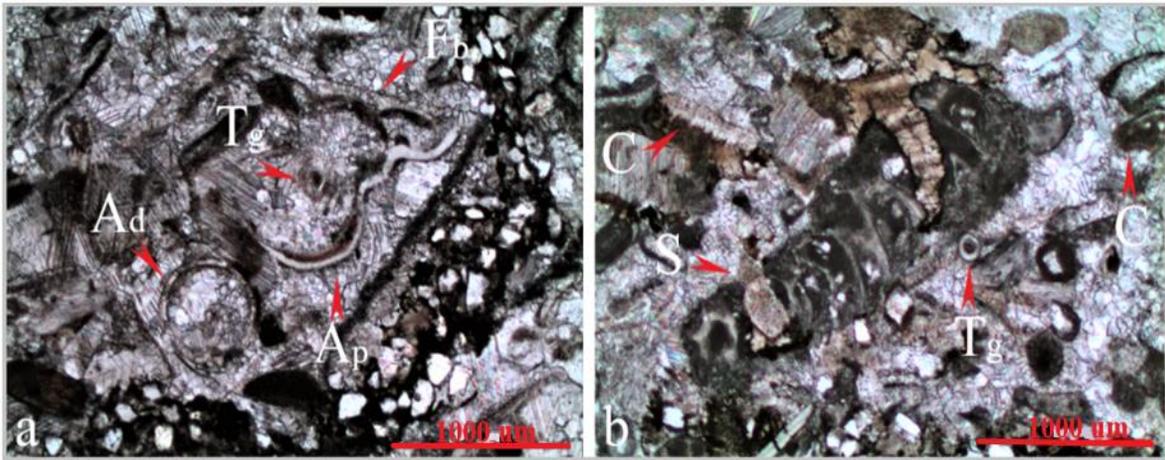


Figura 10-30. a) Algas filoidales? (Ap), alga dasicladaceas (Ad), tubo de serpulido (Tg) y fragmento de braquiópodo, b) Conodonte (C), tubo de serpulido (Tg) y esponja (S). S.D: MC-1, C.E Carcasí. Nicoles paralelos 2X.

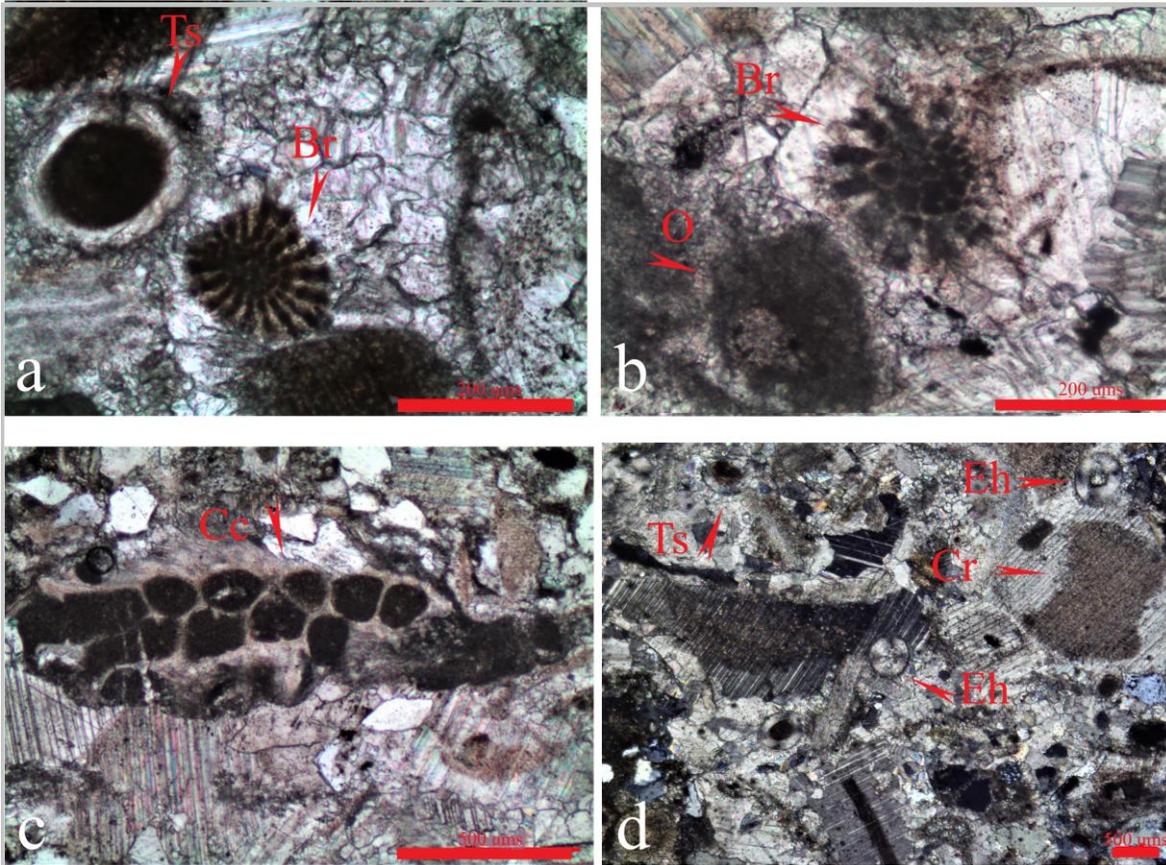


Figura 10-31. a) Tubo de serpulido (Ts), briozoo trepostomado (Br), b) briozoo rhabdomesido? (los poros externos forman un patrón de superficie de un rombo), oncoide (O), c) coral colonial y d) escleritos de holoturias (Eh) y placa de crinoideo (C), tubo de serpulido (Ts). PL: MC-1. C.E Carcasí. Nicoles cruzados (a) 10X, nicoles paralelos (b) paralelos 10X, (c) 4X y (d) 10X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

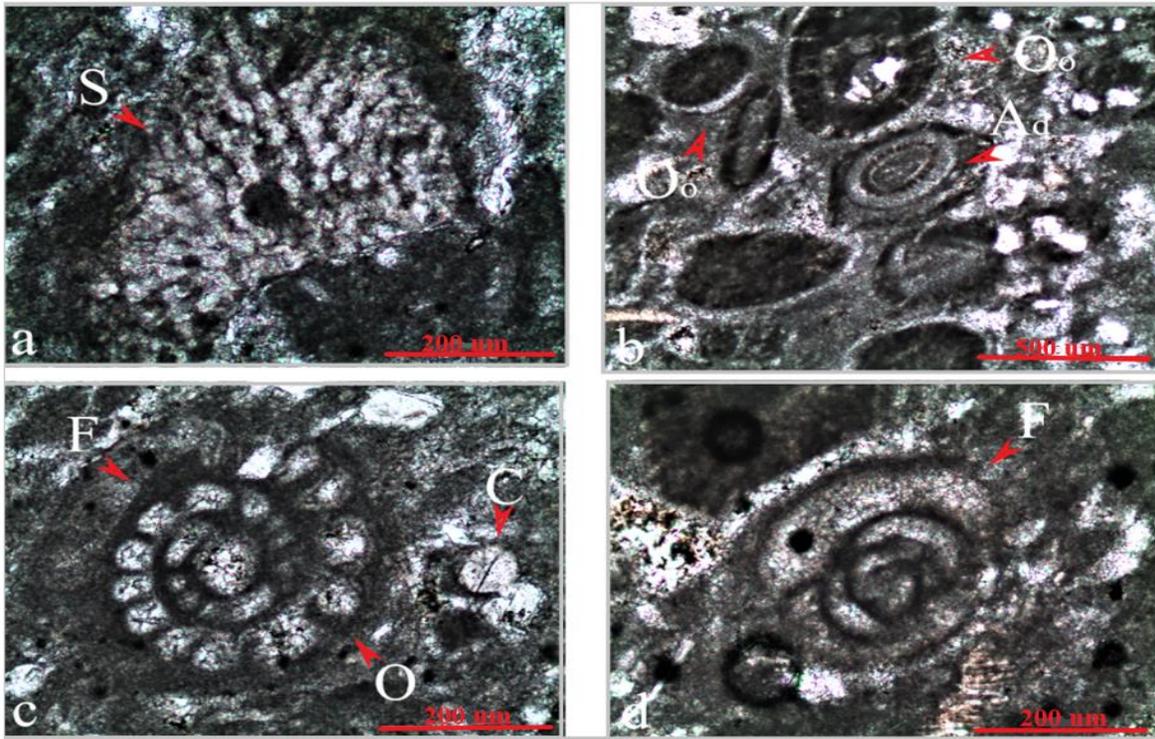


Figura 10-32. **a**) Esponja (S), **b**), Alga o foraminífero (Ad)?, ooides (Oo), **c**) Foraminífero fusulinido (F), oncoides (O) y **d**) foraminífero fusulinido (F), S.D: MC-2, C.E Carcasí. Nicoles paralelos a, c y d) 10X y b) 4X.

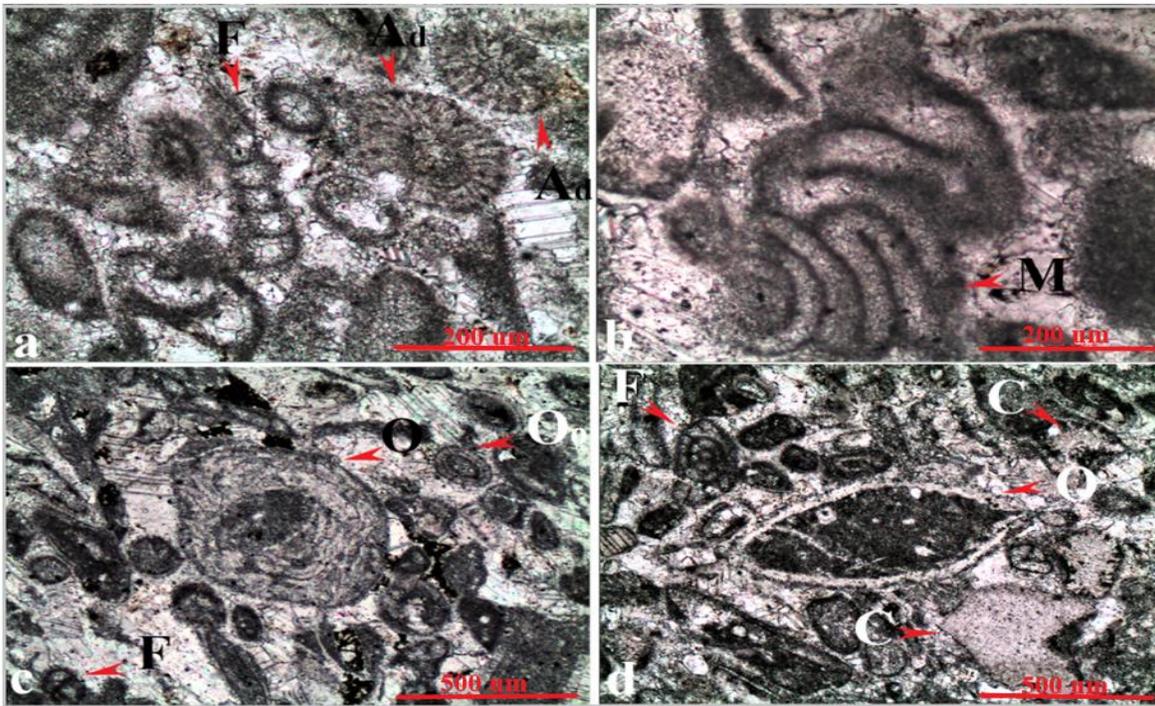


Figura 10-33. **a**) Foraminífero (F), Familia Nodosinellidae, algas dasycladaceas (Ad), **b**) *Ammoverrella* (cf. Yarahmadzahi & Vachard, 2017) (M), **c**) ooides (Oo) y oncoides (O) y **d**) placas de crinoideos (C), foraminífero fusulinidos (F) y ostrácodo (O). PL: MC-3a, C.E Carcasí. Nicoles paralelos, a y b) 10X y c y d) 4X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

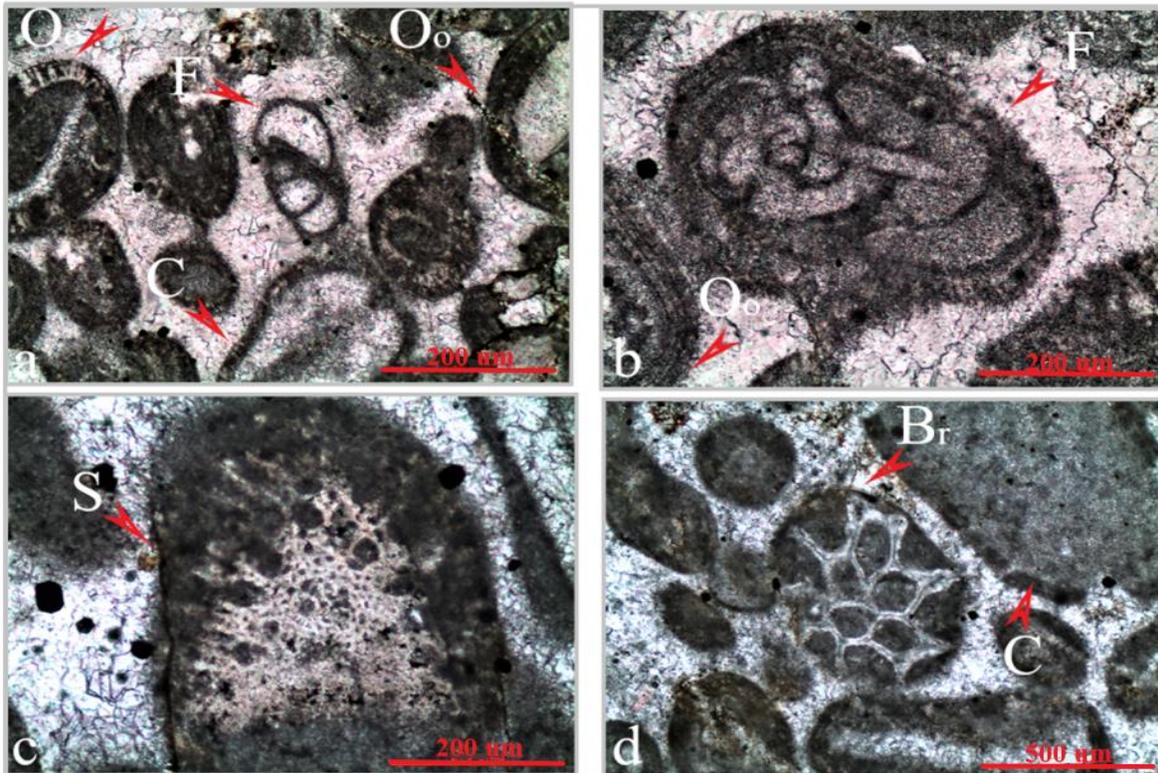


Figura 10-34. a) Ejemplar de foraminífero (F), placa de crinoideo (C), ooide con estructura radial (Oo y O), b) foraminífero (F), ooide (Oo), c) esponja (S) y d) briozoo (Br) y placa de crinoideo (C). a) S.D: MC-3b 4X, b) MC-3b, 10X, c) MC-3b, 10X, d) MC-3b, 4X.

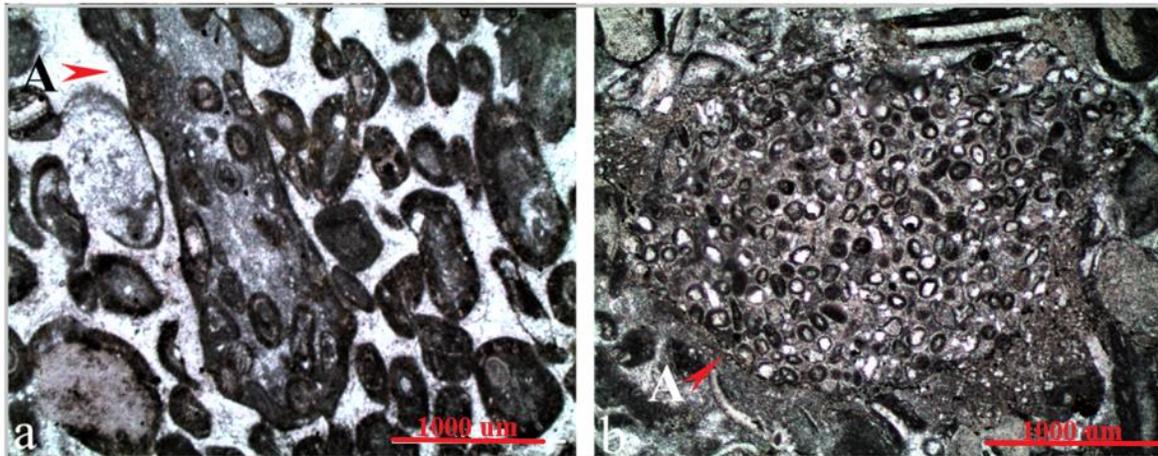


Figura 10-35. a) intraclasto? y b) Intraclasto de ooesparita, (A), a) S.D: MC-3b, 2X; b) S.D: ML-38, 2X.

## 11. Interpretación Ambiental

El estudio detallado de las facies y sus asociaciones de facies permiten elaborar la reconstrucción del ambiente deposicional con el reconocimiento de distintos subambientes con desarrollo contemporáneo. Como la sucesión no muestra evidencia de depósitos de pendientes, la interpretación más probable es que fue depositada en una rampa monoclinial, (Read, 1982 en Flügel, 2004).

Las facies y asociaciones de facies reflejan varias fases de deposición durante la evolución de la rampa mixta de carbonato y siliciclásticos, y es una respuesta a los cambios en el nivel del mar o a los efectos de la tectónica. La Figura 9-1, muestra los distintos subambientes de depositación durante la evolución de la sucesión del Paleozoico del Río Nevado.

Teniendo en cuenta lo anterior, los granos esqueléticos y no esqueléticos que representan la facies de packstone-grainstone (F7), de bioclastos, ooides y oncoides se acumularon en un ambiente de energía del agua de moderada a ligeramente agitado, con esporádicos eventos de fuertemente agitado, Energy Index Classification (Plumley *et al.*, 1962).

Los bioclastos representados por fragmentos de braquiópodos, trilobites, crinoideos, algas, foraminíferos, ostrácodos, gastrópodos, bivalvos, briozoos y corales, los cuales presentan buena selección, subredondeados a redondeados, los tipos de ooides diferenciados en las secciones delgadas de las rocas de esta facies, claramente asociados con faunas marinas y depositados en un contexto marino, los núcleos son fragmentos de bioclastos, bioclastos conservados, dados como ejemplos, foraminíferos-fusulinidos, ostrácodos y granos de minerales como cuarzo y hematita, en su gran mayoría, los ooides corresponden a los Tipos 1 y 3, del esquema de clasificación desarrollado por Strasser (1986), predominando los ooides Tipo 1, tamaño arena fina a gruesa, acumulados en pequeñas barras (sandbars), bajo la influencia de las corrientes de marea en aguas marinas, someras, normales bajo condiciones de alta energía, (Strasser, 1986). La mayoría de los ooides se interpretan como originados en ambientes marinos poco profundos en agua supersaturada con respecto al carbonato de calcio, la temperatura se mantiene entre 18-20° C y la salinidad levemente elevada parece favorecer la formación de los ooides (Flügel, 2004).

Los granos esqueléticos o bioclastos que hacen parte de la conformación de las rocas de la facies de *packstone-grainstone* son el producto de la fragmentación o conservación de macro o micro-organismos con partes duras, entre los cuales tenemos: braquiópodos, artejos de crinoideos, bivalvos, algas calcáreas (dasycladaceas y filoidales), calciesferas, ostrácodos, gastrópodos, corales solitarios y coloniales, briozoos, foraminíferos, cefalópodos, conodontes, equinodermos, trilobites, esponjas, serpulidos y escleritos de holoturias, en su mayoría recubierto por una película de micrita. La desarticulación y fragmentación de conchas, abrasión y concentración de restos bioclásticos que en general son subredondeados a redondeados y moderadamente seleccionados, indican que fueron transportados. La

microfauna más abundante son los foraminíferos fusulinidos, pequeños foraminíferos, algas y los conodontes extraídos de estas rocas.

De los foraminíferos bentónicos, los más comunes son los fusulinidos y pequeños foraminíferos, se han encontrado libres o encapsulados como núcleos de ooides y oncoides. Según, Flügel (2004), la mayoría de los foraminíferos bentónicos están presentes en áreas de concentración normal de oxígeno, aunque formas de aguas profundas pueden tolerar niveles de oxígeno muy bajos. Los foraminíferos bentónicos viven en o sobre sedimentos en el fondo del mar. Sus conchillas fósiles aparecen en rocas calcáreas de aguas poco profundas de color gris claro o lutitas calcáreas. Se asocian con algas filoidales, corales, esponjas y crinoides (Almazán-Vázquez *et al.*, 2007 en Boudagher, 2018). Este tipo de producción de carbonato bentónico (organismos fotoautótrofos-algas calcáreas e invertebrados calcificados y metazoos heterotróficos), reflejan ambientes poco profundos, oligotróficos, cálidos e iluminados por el sol, con un aporte mínimo de cuarzo y con tasas de producción más altas en aguas muy poco profundas por encima de una profundidad máxima de 25-30 m (Weidlich, 2007). Boudagher (2018), infiere que los fusulinidos requerían una salinidad marina normal y prosperaban en aguas poco profundas, bien oxigenadas y ricos en nutrientes.

Los conodontes son parte de organismos marinos con un rango de salinidad que va desde normal hasta ligeramente hipersalinos. Son comunes en entornos de plataforma poco profundas, y raros en ambientes de aguas profundas. Tanto las formas pelágicas como las bentónicas pueden haber existido (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

Los bioclastos con envoltura de micrita son el resultado de la alteración de los gránulos y recubrimiento de algas o de microperforadores, que estaban presentes en el ambiente de depositación de los granos esqueléticos de la facies de *packstone-grainstone*. Está película de micrita que los envuelve se forma cuando los granos yacen en el fondo del mar (Bebout *et al.*, 1983). La envoltura o película de micrita se puede formar mediante la adición de material fino granular sobre la superficie del grano (Kobluk, 1977 en Halley *et al.*, 1983). Este tipo de “cemento” es generalmente atribuido a la acción de algas endolíticas (Bathurst, 1966; Gevirtzman *et al.*, 1977), pero existen antecedentes donde la ausencia de estos organismos sugiere, para este tipo de envolturas, un origen físicoquímico con marcados períodos de nucleación durante la precipitación (Aïssaoui, 1988 en Palma & Laprida, 1997).

Los bioclastos y los ooides se acumularon formando barras (*barrier-bank*), o bancos (*sandshoal*), en un ambiente deposicional con energía del agua ligeramente agitada, laminación ondulada no paralela e inclinada, conformados por biooosparita o oobioesparita con textura *grainstone* de ooides y bioclastos (Flügel, 2004).

En un ambiente subacuático de energía moderada a ligeramente agitado se formaron los oncoides con composición de la laminación Tipo 2, Tipo 3 y Tipo 4 y de forma geométrica Tipo C y Tipo R (Logan *et al.* 1964), que hacen parte de las barras y/o bancos, hacia los bordes de estos, donde la energía es alternante entre aguas quietas y moderadamente agitadas en condiciones meteorológicas normales, condicionada, probablemente por las mareas. La parte alta de las barras y/o bancos amortiguan o disipan la energía del agua hacia el fondo,

donde las cianobacterias (*Girvanella*) tiene un papel importante en la construcción de las láminas de micrita que envuelven los núcleos o el enrollamiento de los oncoides. Al aumentar la energía del agua hacen que giren y el crecimiento sea envolvente, formando oncoides elongadas, redondeadas y subredondeadas, conformando rocas de oncobiomicrita de textura *packstone* de oncoides y bioclastos y oncobioesparita de textura *grainstone* de oncoides y bioclastos (Flugüel, 2004).

Este ambiente de depositación estuvo sometido a fuertes corrientes que actuaron sobre el fondo marino como lo demuestra la acumulación de intraclastos angulosos de composición, de micrita, biomicrita y oobioesparita que sugieren procedencia de varios subambientes de una cuenca de depósito poco profunda y sometidos a poco transporte. Esto es el producto de la acción mecánica de corrientes que actuaron sobre el fondo marino (tormentas), que fue capaz de romper un sustrato parcialmente litificado, transportando y redepositando los fragmentos. La gradación que muestra es el resultado de sedimentación de una corriente que perdía gradualmente velocidad (Flugüel, 2004).

Dada la configuración geométrica de los estratos y contenido de bioclastos, ooides, oncoides, peles e intraclastos, se presume que estos se acumularon conformando barras o banco calcáreos (*barrier bank* y/o *sandbars*) en un fondo poco profundo con circulación abierta y sometido a la acción de olas y corrientes, aguas claras, bien oxigenadas, cálidas, salinidad normal y esporádicos eventos de tormentas.

Estrechamente relacionada con la facies (F7) se encuentra la facies mixta de micrita de aspecto nodular beige y lodolita roja, (griottes), (F8). Por las características texturales y composicionales, constituida por componentes autigénicos, lodo calcáreo, alogénicos como lodo terrígeno y óxidos e hidróxidos de hierro que le da la pigmentación roja. El color rojo lo adquirió en el sitio de depositación por procesos químicos y biológicos como lo sugiere las estructuras “*wrinkle* y *Kinneyia*” formadas por comunidades bentónicas microbianas sideróforas que inducen la pigmentación roja. El tamaño de las partículas (arcilla y limo), indica que su depositación se debió a procesos de decantación en ambientes restringido de aguas quietas a ligeramente agitado y no apto para la fauna y flora, evidenciado en parte por el nulo a bajo grado de bioperturbación y nulo contenido de fósiles. Esto muestra que el ambiente era de condiciones adversas para la fauna y flora, indicando un medio restringido.

El tamaño del material ortoquímico (lodo calcáreo), que compone los nódulos de micrita se depositó por decantación y precipitación química y biológica en un fondo marino de baja energía. La procedencia del material puede ser micrita autóctona o alóctona (Flugüel 2004, p. 81).

De acuerdo con las Zonas de Facies Estándar del modelo modificado de Wilson en Flugüel (2004), estaría en una plataforma interior marina normal (FZ6-FZ7), en el tope de una plataforma plana dentro de la zona eufótica, normalmente por encima de la base de las olas en condiciones meteorológicas normales.

La forma de los nódulos de micrita, alargados, arriñonados, redondeados de contornos irregulares y dispuestos paralelamente a la estratificación, embebidos en una “matriz” de lodo

rojo o verde (contenido de óxido e hidróxidos de hierro), sugiere que la hipótesis de su génesis nodular está ligada con las condiciones ambientales del lecho marino.

La actividad bacteriana es responsable de la pigmentación (Mamet & Boulvain, 1988; Boulvain, 1993; Mamet *et al.*, 1997; Preat *et al.*, 1999; Mamet & Preat, 2003 en Abbache *et al.*, 2019). Las bacterias ferro-oxidantes proliferan en ambientes marinos y no marinos, induciendo la pigmentación roja relacionada con su actividad (Ghiorse, 1984).

Una explicación de la formación de los nódulos de micritas es dada por Einsele (1982), donde un mecanismo controlado globalmente puede ser superpuesto por otros fenómenos de naturaleza regional o local. De particular interés para el lecho rítmico, son las variaciones en las condiciones redox en el fondo del mar o por encima de la interfaz sedimento-agua. Las condiciones reductoras moderadas con oxígeno todavía presente en pequeñas cantidades en el fondo marino promueven la descomposición de la materia orgánica y, por lo tanto, la disolución del carbonato (Wefer, 1976; Berger, 1979). Como resultado, las capas de lodolita roja están agotadas en  $\text{CaCO}_3$ . En las cuencas euxínicas, el carbonato producido en aguas superficiales oxigenadas se conserva mejor en el fondo del mar, porque en condiciones anaeróbicas se dificulta la descomposición de la materia orgánica y, por lo tanto, impide la redisolución del carbonato (Berger, 1979; Golubic & Schneider, 1979). Por consiguiente, los períodos de deficiencia de oxígeno pueden generar capas más ricas en carbonato, que los períodos de mayor oxigenación del agua en el fondo. La mayoría de los autores sugieren que estas rocas calcáreas se depositaron en un entorno de baja energía en plataformas o rampas, pero en condiciones tectónicamente inestables, (Bourrouilh, 1981; Coudray & Michel, 1981; D. Michel, tesis no pública, University de Paris, Paris Sud, 1981; Franke & Walliser, 1983; Dreesen, 1989) en Girard *et al.* 2011. Sin embargo, el origen de las alternancias calcáreas es controversial (Einsele, 1982).

El origen de la estructura nodular en la textura griotte se dio de acuerdo con tres procesos principales: un proceso diagenético (disolución, cementación y crecimiento de nódulos en los sedimentos, esto no se observa en la micrita de aspecto nodular en el Paleozoico del Río Nevado), un proceso sedimentario (función de transporte y re-sedimentación) y un proceso microtectónico ("micro"-cizallamiento y boudinage), Flügel, (2010) en Abbache *et al.* (2019).

De acuerdo con las interpretaciones concernientes con la formación de micrita de aspecto nodular y el desarrollo de alternancias de micrita nodular-lodolita roja, permiten deducir lo siguiente:

1. Los "nódulos" de micrita originados como lodo calcáreo de origen autóctono o alóctono.
2. La diferenciación de sedimento de micrita y lodo rojo es probable que haya ocurrido durante la diagénesis de enterramiento temprano, es decir sin sobrecarga excesiva. Estos procesos diagenéticos tempranos dan lugar a alternancias más o menos regulares de micrita-lodolita (Munnecke *et al.* 1996).
3. La alternancia de micrita-lodolita regulares pueden resultar de lodos de carbonato relativamente homogéneos (Munnecke *et al.* 1996).

4. También pueden estar relacionados con ciclos climáticos.
5. Podrían estar relacionados con cambios del nivel del mar.

Otra propuesta para la formación de la micrita de aspecto nodular es dada por Fursich (1973), que considera que los nódulos de caliza son producto de rellenos (lodo calcáreo, micrita) y compactación de madrigueras. Esto, está ligado a la densidad de organismos perturbadores del sustrato o de la velocidad de sedimentación. Una densidad alta de madrigueras es el producto de una densidad alta de población o de una velocidad lenta de sedimentación, que permite un grado alto de bioperturbación en el sustrato. La compactación es la reducción del volumen del sedimento producida por el peso de los sedimentos suprayacentes que reduce la distancia entre las madrigueras. El problema de esta hipótesis es que, entre los niveles de la micrita de aspecto nodular, el contenido de fósiles (macro y micro) es inexistente o escaso y en las tres dimensiones los nódulos de micrita son discontinuas e irregulares, Figura 7-24 y Figura 7-25; si el fondo, como se plantea, estuviera habitado por organismos, el sustrato tendría aportes de nutrientes para sostener esta fauna.

La presencia de estructuras tipo *wrinkle* (marcas de arruga), en las superficies de las capas muy delgadas de limolita y/o arenita lodosa de grano muy fino subordinadas a la facies de lodolita rojas, es muy controversial. Algunos autores consideran que estas estructuras representarían superficies estabilizadas por comunidades bentónicas microbianas (matas o tapetes), que se preservaron (Hagadorn & Bottjer, 1997 en Ponce *et al.*, 2018), mientras que otros interpretan, que estas estructuras se formaron por debajo de la superficie como comunidades bentónicas microbianas (Noffke, 2010 en Ponce *et al.*, 2018), también la interpretan y la relacionan, en su origen, con la presencia de comunidades bentónicas microbianas que se desarrollan en la superficie del estrato y que dan lugar a alteraciones del plano sedimentario (Bouougri & Porada, 2002, 2007; Porada *et al.*, 2008 en Azarevich, 2010). Mariotti (2014 en Ponce *et al.*, 2018), demostró experimentalmente que agregados microbianos pueden formar estas estructuras en arenas sueltas. Aceñolaza (2005) indica que hacen parte en la formación del proceso de colonización de los fondos marinos en zonas no muy profundas en donde se registran condiciones fóticas particulares. La presencia de comunidades bentónicas microbianas en un sustrato puede reconocerse tanto por características macroscópicas como por estudios microscópicos. La matriz orgánica define paquetes de espesor variable reconocidos macroscópicamente. Esta matriz está integrada por una lineación milimétrica horizontal ondulado a lenticular, con granos de arena “flotando” en la matriz de las láminas microbianas (flechas amarillas de la Figura 6-3b). La ocurrencia de granos orientados es característica de la presencia de comunidades epibentónicas maduras (Noffke, 2010). También es común observar micritica entre los granos siliciclásticos, debido a que la precipitación de carbonatos se ve favorecida por las actividades metabólicas del microbiota (Eriksson, 2007 en Ponce *et al.*, 2018).

Los biominerales de hierro comprenden aproximadamente el 40% de todos los minerales formados por organismos (Lowenstam, 1986; Bazylnski & Frankel, 2003 en Weiner & Dove, 2003), y desempeñan un papel importante en las reacciones redox biogeoquímicas de ambientes marinos y de agua dulce (Schieber & Glamoclija 2007). Paleoambientalmente este

tipo de estructuras tipo “*wrinkle*” se forman entre la zona marina intermareal y submareal (Hagadorn & Bottjer 2007).

Las reacciones bióticas responsables de la formación de óxidos de hierro biogénicos incluyen la oxidación microbiana de Fe (II) a Fe (III) por una amplia gama de microorganismos bajo pH tanto ácido como neutro y en condiciones óxicas y anóxicas. La formación de óxido de hierro también se produce como resultado de reacciones pasivas, por lo que las condiciones químicas in situ favorecen la precipitación de los minerales en las superficies biológicas, es decir, las paredes celulares bacterianas y el material extracelular (Fortin & Langley 2005).

La alternancia de la facies de arenita roja (F4) con la facies de lodolita roja (F2), se desarrollaría en un fondo afectado en forma intermitente por procesos de tracción. La facies de arenita roja (F4) su acumulación se debería a la acción intermitente tanto de corrientes oscilatorias como traslatorias o combinadas, relacionada con eventos de mareas que transportarían y acumularían sedimentos rápidamente por debajo de la base permanente de las olas de aguas en reposo (Bridge & Willis, 1994).

Hay una transición de color entre la facies de lodolita roja a la facies de lodolita gris-gris verdoso que se exhibe por el cambio de color gris rojizo con moteados de color gris-gris verdoso y rojo a completamente gris-gris verdoso.

Los sedimentos que constituyen la facies de lodolita gris-gris verdoso (F1), se depositaron en un ambiente contiguo al de los sedimentos con pigmento de color rojo de la facies de lodolita roja (F2), y por el otro lado con los sedimentos de la facies de arenita gris-gris verdoso (F3), lo que refleja cambios energéticos del cuerpo de agua de moderadamente a ligeramente agitado en los sedimentos de la facies de arenita a aguas relativamente en reposo en los sedimentos de la facies de lodolita.

La depositación de las partículas tamaño arcilla y limo constituyentes de la facies de lodolita gris-gris verdoso (F2), se asentaron en un ambiente de baja energía en el fondo, influenciado ligeramente por la acción de las olas como lo muestra la laminación ligeramente ondulada no paralela y paralela continua y discontinua, escasamente oxigenado, evidenciado en parte por la baja a moderada bioperturbación, además la presencia de fósiles, tales como productidos, bivalvos, lingúlidos y gastrópodos de tallas pequeña, puede sugerir que el medio presentaba condiciones adversas para el establecimiento de otro tipo de fauna. Esta condición es probable que se haya dado por restricción del medio de depositación. La existencia de gastrópodos pequeños de paredes delgadas y con espiral alta, parecen ser más abundantes en ambientes restringidos (Flügel, 2004).

La alternancia de sedimentos de la facies de lodolita (F1) y sedimentos de la facies de arenita (F3) con ondulaciones simétricas de crestas redondeadas, se desarrollaron en un fondo afectado intermitentemente por oleaje. La acumulación alternante de estos sedimentos por procesos de decantación y tracción, sugiere que los sedimentos lodosos se depositaron en periodos donde las condiciones energéticas del agua del mar son tranquilas o nulas en periodos de intertormentas y las capas de arena se sedimentaron, tanto por corrientes oscilatorias como traslatorias o combinadas, relacionadas con eventos agitados del agua que acumularían

sedimentos rápidamente por debajo de la base permanente de las olas de aguas en reposo (Bridge & Willis, 1994).

La facies de *mudstone* gris (F5) intercalada con la facies de lodolita gris-gris verdosa (F1), indicaría que se depositó por decantación y precipitación química y biológica en un fondo marino de baja energía. La procedencia de la micrita puede ser autóctona o alóctona que precipita en ambientes protegidos, de baja energía, en caso contrario los pequeños cristales serían dispersados por agitación del agua (Flügel, 2004).

Entre la facies de lodolita (F1) y la facies de arenita (F3) se muestra una zona de transición grano creciente que pasa gradualmente de sedimentos tamaño arcilla y limo de la facies de lodolita (F1) a sedimentos de tamaño limo, hasta sedimento tamaño arena muy fina a fina de la facies de arenita (F3), en Reineck & Sing (1980), que refleja hacia las partes más proximales de la plataforma, hacia la línea de costa, un incremento en la energía deposicional de los flujos tractivos.

Las estructuras sedimentarias que exhibe la facies de arenita (F3) como estratificación ondulada paralela con laminación ondulada no paralela continua y discontinua, ondulítica o lenticular con lentes conectados, integrada por una alternancia de láminas de sedimentos tamaño arena y lodo, formando una estratificación mixta (heterolítica), se relacionan con corrientes que experimentan variaciones en su poder energético y aporte de sedimentos, es decir durante condiciones de energía moderada se produce la movilización de arenas como carga de lecho con desarrollo de estructuras sedimentarias tractivas, mientras que durante condiciones de baja o nula energía, se produce la acumulación de las partículas tamaño lodo. En el caso de la estratificación mixta producida por procesos de difusión mareal, la movilización de las arenas con generación de ondas se produce durante las condiciones de mayor energía de las mareas (flujo y reflujo), mientras que durante las condiciones de baja energía (producidas durante el máximo y mínimo de las mareas), los depósitos arenosos son cubiertos por delgadas láminas de lodo, acumulados por procesos de decantación y/o floculación. Los entornos de depositación son las áreas donde se produce un cambio entre el agua tranquila o estáticas y el agua turbulenta. Por lo tanto, los entornos principales de su acumulación son las zonas submareales (Reineck 1963a; Reineck *et al.*, 1968, en Reineck *et al.*, 1980) y las zonas intermareales (Hantzschel, 1936a; van Straaten, 1954a en Reineck *et al.*, 1980).

En las superficies de base y techo de la facies de arenita gris-gris verdoso (F3), es notable la presencia de estructuras de origen orgánico en posición horizontal a subverticales con respecto al plano de estratificación, siendo la más notable y reconocida la icnofacies *Cruziana*, con variables etológicas, tipos tróficos representados, diversidad y abundancia de estructuras biogénicas, reflejan comúnmente la estabilidad ambiental general y tasas de sedimentación de baja a moderada. Los elementos más comunes corresponden a trazas de locomoción, reposo, alimentación, domicilio y pastoreo. La icnodiversidad y abundancia de estructuras biogénicas es alta. El dominio de estructuras horizontales en esta icnofacies refleja la acumulación de detritos orgánicos en el sedimento, en ambientes con condiciones de energía moderada a baja (Buatois & Mángano, 2011). Los sustratos están integrados por

intercalaciones de niveles arenosos y lodosos que forman sucesiones heterolíticas, lo cual favorece la preservación de las estructuras horizontales (Buatois & Mángano, 2011).

Ambientalmente, esta icnofacies ocurre desde ligeramente por encima de la base de la ola en condiciones meteorológicas normales hasta la base de la ola de tormenta, en una zona que va desde el *shoreface* inferior (frente de playa), hasta el *offshore* inferior (mar adentro o alejado de la costa), en los mares dominados por las olas (MacEachern & Pemberton, 1992; MacEachern *et al.*, 1999a en Buatois *et al.*, 2011). A la inversa, en las costas dominadas por la marea, la icnofacies de *Cruziana* se localiza entre la marea alta y la marea baja, aunque depende del régimen de marea (Mángano & Buatois, 2004a en Buatois *et al.*, 2011).

Para la asociación de facies IV, específicamente en la facies de arenita gris-gris verdoso (F3) es notable la presencia de formas de domos con superficie basal erosiva sobre la que se depositan láminas subparalelas suavemente inclinadas ( $\sim 10^\circ$ ), que muestran un adelgazamiento lateral con desarrollo de convexidades de la superficie es la denominada “estratificación cruzada *hummocky*” (HCS), la cual se formó mediante la degradación activa y la migración de las capas *hummocky*, formadas a altas velocidades de ondas oscilatorias y flujos oscilatorios dominantes combinados (tormentas). Durante las tormentas, se generan grandes olas y fuertes corrientes unidireccionales que, en combinación, comúnmente erosionan la arena de la costa superior y la transportan mar adentro hacia aguas más profundas (Vincent *et al.*, 1982; Grant & Madsen, 1979; Snedden *et al.*, 1988; Swift & Figueiredo, 1983 en Dumas & Arnott, 2006). Las condiciones de flujos combinados sería los más probable por el componente unidireccional del flujo que proporciona el mecanismo para erosionar la arena de la costa superior y transportar los sedimentos mar adentro, hacia el área de depositación. Este tipo de estratificación se puede formar entre 13 m a 50 m de profundidad (Dumas & Arnott 2006).

Estos sedimentos habrían sido transportados como carga en suspensión desde la zona del *nearshore* (cerca de la costa), hacia la plataforma durante eventos de tormentas (Dott & Burgeois 1982) y luego sobrevendría un período de decantación desde suspensión, que recubriría la microtopografía monticular generada durante el primer evento, correspondiendo a condiciones un poco más someras, posiblemente del *shoreface* bajo (frente de playa), (Prave *et al.* 1996). Las capas discretas con bases y topes definidos, y predominio de trenes de ondulaciones bien marcados, se generarían por debajo de la base de olas de buen tiempo, situación que permitiría mantener parcialmente las características originales del depósito. En cambio, el desarrollo de paquetes tabulares con gran extensión lateral conformados por numerosos bancos amalgamados de arenita con HCS, correspondería a condiciones un poco más someras, posiblemente del *shoreface* bajo (frente de playa), (Prave *et al.* 1996).

Hacia la parte final de la asociación de facies V, se exhibe una sucesión de sedimentos intercalados en capas de sedimentos de arena (arenita gris-gris verdoso, F3) y lodo calcáreo con bioclastos (*mudstone*, F5 y *wackestone*, F6) que reflejan cambios en las condiciones del ambiente de sedimentación, de un ambiente netamente marino a un ambiente costero salobre. En comunicación escrita de la Dra. Pamela Diaz Saravia (2019), la asociación de ostrácodos presentes en los *wackestone* de ostrácodos son del dominio paleoequatorial que se interpreta como fauna asociada a ambientes costeros salobres no netamente marinos. Los niveles

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

arenosos intercalados de la facies de arenita gris-gris verdoso (F3), intercalados podrían corresponder a eventos de transición desde un tipo de sustrato estable, con comunidad bentónica, hacia otro, ocasionado por flujos originados por corrientes de tracción mareales o flujos de corrientes. La fauna exclusiva de ostrácodos sugiere condiciones restringidas e inadecuadas para muchos otros organismos con respecto a la salinidad y sustrato (Flugüel, 2004). Este ambiente de acumulación puede ser de lagos o albuferas con entradas intermitentes del mar.

En líneas generales se puede concluir que la facies de packstone-grainstone (F7) que hacen parte de las asociaciones de facies II y III reflejan ambientes de acumulación de barras o bancos calcáreos (*barrier bank* y/o *sandbars*) en un fondo poco profundo con circulación abierta y sometido a la acción de olas y corrientes, aguas claras, bien oxigenadas, cálidas, salinidad normal y esporádicos eventos de tormentas (Flugüel, 2004).

A espaldas de las barras y/o bancos calcáreos se deposita en un ambiente restringido o protegido de la acción de olas o corrientes los sedimentos de lodo calcáreo (micrita) y lodo terrígeno (arcilla y limo) de la facies griotte (micrita de aspecto nodular y lodolita de color rojo) que hacen parte de la asociación de facies III, que es contigua con el ambiente de sedimentación de los sedimentos terrígenos tamaño arcilla y limo que constituyen la facies de lodolita gris-gris verdoso, F1, presentes en las asociaciones de facies I, II, III, IV y V, que por sus características sedimentológicas y estructuras sedimentarias inorgánicas se depositaron en un ambiente de baja energía en el lecho marino, influenciado ligeramente por la acción de las olas, escasamente oxigenado, evidenciado en parte por la baja a moderada bioperturbación, además por la presencia de fósiles exclusivos, tales como productidos, bivalvos o lingúlidos, y gastrópodos de tallas pequeña. Esto puede sugerir que el medio presentaba condiciones adversas para el establecimiento de otros tipos de fauna. Este tipo de ambiente de depositación puede corresponder a un *offshore* dentro de la plataforma interior. La facies de lodolita gris-gris verdoso F1, pasa transicionalmente a la facies de arenita gris-gris verdoso F3, constituida por sedimentos tamaño arena y por las estructuras sedimentarias y estructuras de icnitas tanto horizontales como subverticales, lo que indica que se acumularon en ambiente de leve a moderada energía del agua hasta la base de las olas de buen tiempo dentro de la zona de *shoreface* medio a bajo.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

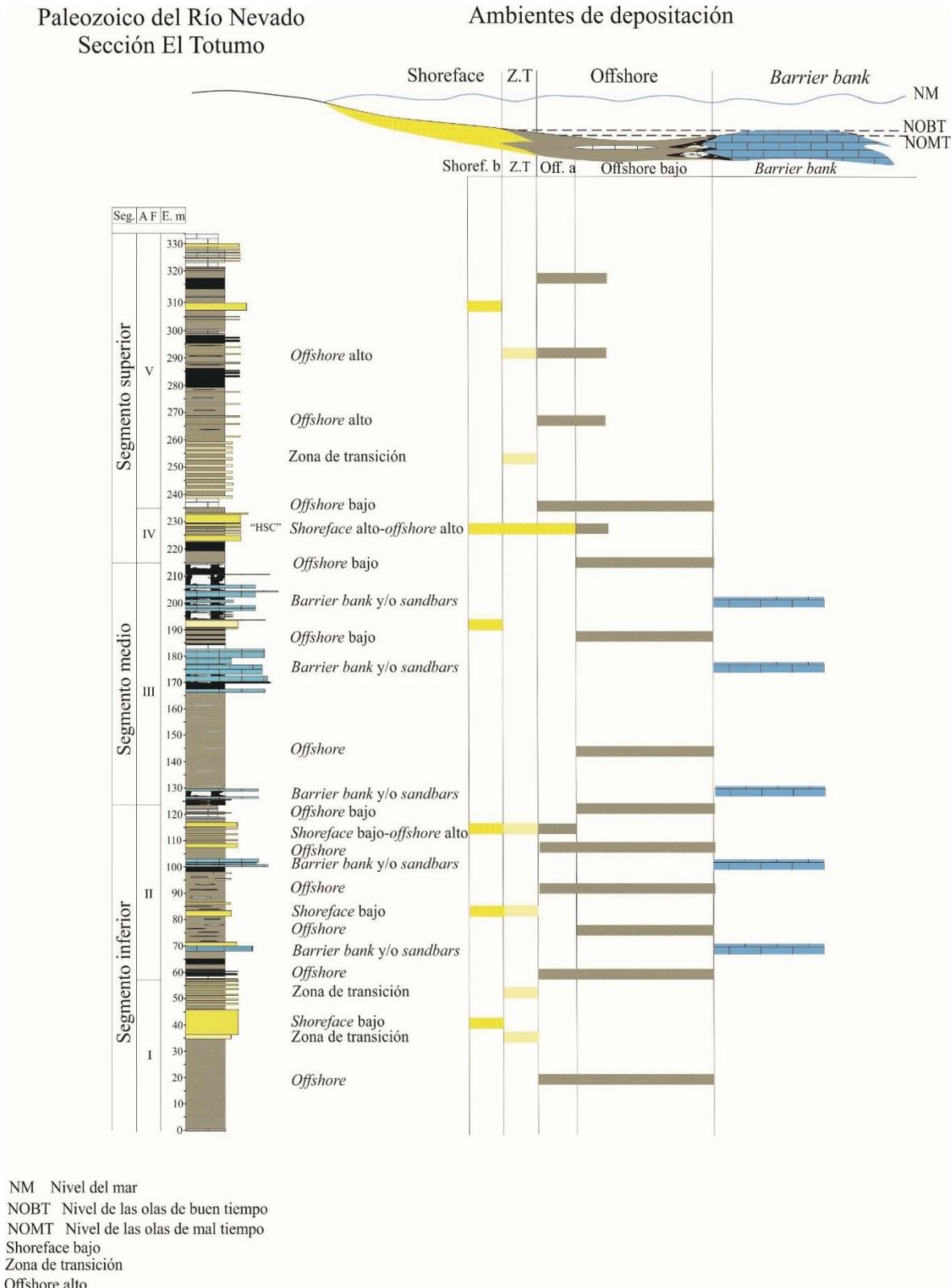


Figura 11-1. Ambiente de sedimentación de la sucesión del Paleozoico del Río Nevado

## 12. Modelo deposicional

A partir de la identificación de las facies, asociaciones de facies y su distribución espacial y temporal se han observado tres sistemas deposicionales distintos, Figuras 7-2, Figura 7-15 y Figura 7-18 que se desarrollaron en diferentes momentos durante la evolución de la depositación de las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado. La sedimentación representada por dos sucesiones predominantemente siliciclásticas, en los segmentos inferior y superior, y una mixta por intercalación de rocas calcáreas y siliciclásticas, en el segmento medio.

El análisis detallado de las facies y asociaciones del denominado Paleozoico del Río Nevado permite inferir o elaborar un modelo de acumulación en una plataforma marina somera no bordeada, de acuerdo con lo propuesto por Pomar (2001). La plataforma puede verse como una superficie de equilibrio dinámico controlada por las variables de los cambios relativos del nivel del mar, la velocidad y el carácter de la entrada, velocidad y transporte de los sedimentos (Pomar, 2001). En plataformas siliciclásticas, el nivel base para el sedimento a acumular, tiende a ser el perfil de equilibrio de la plataforma, que es un equilibrio entre la entrada de sedimento y la potencia del fluido (Swift & Thorne, 1991). En carbonatos, la mayor diversidad de perfiles de depósito y la distribución de las facies reflejan diferencias importantes en los factores genéticos. Debido a que la energía hidráulica depende de las condiciones oceanográficas en la plataforma, las diferencias existentes entre los sistemas calcáreos y siliciclásticos deben relacionarse con las diferencias en la entrada de sedimentos (Pomar 2001).

Así, se han podido reconocer distintos subambientes, que están relacionados y representan variaciones transicionales a lo largo de toda la plataforma y que se han desarrollado contemporáneamente. Así que es importante considerar la fuerte variabilidad que presenta el registro vertical de la sucesión sedimentaria.

En esta plataforma, constituida por la acumulación de sedimentos siliciclásticos y calcáreos, donde los granos esqueletales, no esqueletales calcáreos y precipitados de carbonato que se asentaron, se configuraron en barras o bancos calcáreos, constituidos por organismos eufóticos que viven en sustratos blandos (por ejemplo, algas) que producen esqueletos de tamaño hasta grava (gránulos a guijarros), formando una zona de disipación de energía hidráulica que puede estabilizar o deflectar el sedimento (Pomar, 2001).

Estas barras o bancos calcáreos crearon condiciones restringidas o disiparon la energía hidráulica sobre el fondo, creando zonas restringidas en la plataforma que permitió las condiciones para la acumulación de sedimentos muy finos siliciclásticos (lodos) y calcáreos (lodos calcáreos). Los lodos calcáreos (micrita y biomicrita dispersa) se intercalan en los lodos siliciclásticos gris-gris verdoso (lodolita gris-gris verdoso), el contenido de fauna fósil en los lodos calcáreos (*Anticuatonia?* sp. y crinoideos), sugiere que se depositaron muy

próximos o por debajo del nivel del oleaje en condiciones meteorológicas normales. La escasa y baja diversidad de fauna fósil en los lodos siliciclásticos gris se podrían haber desarrollados en un medio marino poco oxigenado y circulación restringida del agua. La biomicrita empaquetada (*packstone* de bioclastos), los granos esqueléticos están rotos, desgastados e intraclastos de tamaño grava con estratificación paralela, dirección unidireccional, intercalados en la asociación I y II, estarían indicando esporádicos eventos de fuerte agitación del agua generados por tormentas o corrientes que actuaron en el fondo de depositación. Es frecuente la intercalación de capas muy delgadas a delgadas de arena muy fina a fina en los lodos siliciclásticos gris-gris verdoso (lodolita gris), lo que refleja aumentos de energía del agua en el fondo de depositación, probablemente inducidas por tormentas o corrientes mareales. La transición entre la depositación de las capas de lodos siliciclásticos gris a las capas de arenas muy finas a finas es gradual como se evidencia en la asociación I, el paso de lodos siliciclásticos gris-gris verdoso a limos gris-gris verdoso pasando a arenas muy finas a finas gris-gris verdoso.

Siguiendo a Reineck & Singh, (1980), las capas de arena gris-gris verdosa se depositaron por encima del nivel base de las olas de buen tiempo, el sustrato está permanentemente sometido a flujos. El material detrítico tamaño arena muy fina a fina se transporta normalmente mediante flujos hidráulicos que variaban a medida que se sucedía la sedimentación que posibilitan la acumulación de sucesiones de capas de arenas muy fina a fina con laminación ondulada, estos sedimentos constituirían el shoreface bajo, con sustrato suelto y bien oxigenados, aptos para la proliferación de organismos, sustentado, además, por la presencia de la icnofacies *Cruziana* (Buoatois & Mangano, 2011) y los lodos se asentaron en el *offshore* (costa afuera o mar adentro), ((Reineck & Singh, 1980).

Contiguo al lodo gris-gris verdoso se evidencia la acumulación de sedimentos tamaño lodo de color rojo, que también fue afectado por aumentos de energía del agua que produjeron la acumulación en estratos muy delgados a delgados de sedimentos tamaño arena muy fina de color rojo. Muy ligada con la depositación de los griottes, que por sus condiciones ambientales restringidas y adversa para el asentamiento de organismos infaunales o epifaunales, excepto para las comunidades bentónicas microbiales, pasan gradualmente a la depositación de las biomicritas y biooesparitas (*packstone-grainstone*), que conforman las barras o bancos calcáreos. En los contactos de los griottes y los estratos de *packstone-grainstone* se asentó la fauna fósil de braquiópodos, (destacándose la comunidad de *Composita* sp., lingúlidos, productidos de talla pequeña, orthidos), trilobites, gastrópodos, bivalvos, tallos de crinoideos, cefalópodos y conodontes. Las barras o bancos calcáreos están compuestos por granos esqueléticos y no esqueléticos que permiten inferir las condiciones ambientales imperantes y la naturaleza energética del agua, siguiendo a Plumley *et al.* (1962), desde moderado a ligeramente agitado; con salinidad normal, bien oxigenado e iluminados (Flügel, 1984).

Desde un punto de vista energético, la acumulación de los sedimentos varía desde un ambiente de baja energía, agitación mínima del agua, donde se asentaron las partículas tamaño lodo terrígeno y calcáreo (lodolita gris-gris verdoso y *mudstone-wackestone*), pasando por ambientes de depositación alternantes de las condiciones hidrodinámicas del

agua, agitada y tranquila, como lo expone la laminación muy delgadas a delgadas de lodolita que recubren las crestas y senos de las ondulaciones formadas en las capas muy delgadas a muy gruesa de arena de grano muy fino a fino, indicando la transición dentro de la plataforma interior de offshore a shoreface bajo, que sugiere la influencia de las mareas, más arriba del shoreface bajo, estas capas de arena se vuelven más potentes hasta conformar paquetes tabulares macizos. Los niveles energéticos del agua de ligeramente agitada expuesta en las barras o bancos calcáreos donde se forman los oncoides de formas elipsoidales y redondeados de contornos irregulares, pasando a moderadamente agitadas que es la energía del agua requerida para la rotación de los granos que permitan la formación de los ooides y bioclastos redondeados y subredondeados, a fuertemente agitadas reflejadas en la capa de intramicrita tamaño grava.

La presencia de estratos de arena de grano muy fino a fino, gris-gris verdoso con laminación subparalelas o suavemente inclinadas ( $\sim 10^\circ$ ), formando estructuras tipo *hummocky*, que es generada por flujos de tipo combinado, integrados por una corriente unidireccional y un flujo oscilatorio subordinado (Duke *et al.*, 1991 en Ponce *et al.* 2018) y dependiendo de las relaciones de magnitud que presentan las componentes de los flujos combinados, los *hummocky* pueden ser clasificados en anisótropos e isótropos, (Mutti *et al.*, 1994 en Ponce *et al.* 2018), por lo anterior los *hummocky* del Paleozoico del Río Nevado son isótropos que son frecuentes en zonas no confinadas de los sistemas depositacionales, como los depósitos de *shoreface* (frente de playa) y *offshore* (costa afuera o mar adentro), (Ponce *et al.*, 2018).

Las acumulaciones de capas de sedimento de lodo calcáreo con ostrácodos (*wackestone* de ostrácodos), que alternan con estratos de sedimentos de arena lodosa de grano muy fino (arenita lodosa gris-gris verdoso), al final de la sucesión paleozoica en la sección de El Totumo (columna estratigráfica Boavita, Figura 7-15c). Los lodos calcáreos se depositaron en condiciones de baja energía a partir de la decantación de sedimento transportado principalmente en suspensión; compuesto exclusivamente por conchas y ostrácodos completos in situ, con pocos granos esqueléticos de gastrópodos y foraminíferos, sugiere un ambiente de sedimentación poco profundo, condiciones de baja energía, restringido (fósiles exclusivos). Según Kidwell (1986) “estas concentraciones biogénicas incluyen aquellas producidas por conjuntos de especies oportunistas”. Estas condiciones son de un ambiente de *lagoon* o bahía restringido. Dëtraz & Mojon (1989) mencionan que los ostrácodos son abundantes en ambientes de *lagoon* restringidos.

Teniendo en cuenta, las variaciones de depositación de la sucesión las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado, sugiere que estas se acumularon en una plataforma ocupada por un mar epicontinental que reflejan condiciones de sedimentación de una plataforma, somera, con circulación abierta del agua, salinidad normal y oxigenada, que las barras o bancos calcáreos, actuaron como barreras para crear a espaldas de estas, las condiciones restringidas en la circulación del agua y poco oxigenada, donde se asentaron sedimentos tamaño lodo que formaron las rocas siliciclásticas como lodolita, calcáreos como *mudstone* y *wackestone*, y las micritas de aspecto nodular y lodolita roja (griotte), (lodo calcáreo y lodo siliciclástico), pasando transicionalmente con el aumento de la energía del agua en el fondo se depositaron las capas de arenas de grano muy fino a fino, arenita gris-gris verdoso.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

En la parte más alta del segmento superior se acumuló, de acuerdo con sus características sedimentológicas y paleontológicas, en los niveles calcáreos (*wackestone* de ostrácodos), donde los ostrácodos se encuentran como fósiles exclusivos, los cuales revelan un ambiente restringido, asociados a ambientes transicionales de lagunas costeras de agua salobre conectadas al mar, Díaz-Saravia, (2015) y comunicación escrita de Díaz-Saravia, (2019).

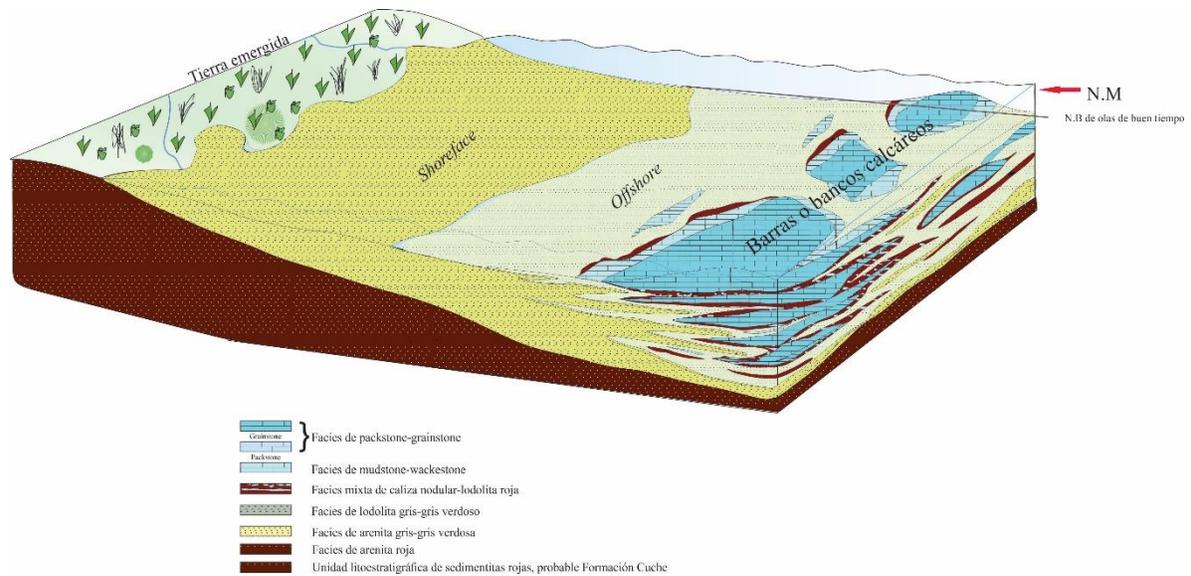


Figura 12-1. Modelo esquemático del ambiente de deposición de los sedimentos que formaron las rocas del Paleozoico del Río Nevado.

### 13. Distribución de los fósiles en la sucesión estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado

A lo largo de los tres segmentos estratigráficos de la sucesión sedimentaria del Paleozoico del Río Nevado se observó una distribución variable de los fósiles. La fauna y flora fósil en las sedimentitas siliciclásticas es escaso para las de color gris-gris verdoso e inexistente en las de color rojo. La mayor riqueza fosilífera (macro y micro) se encuentra en las rocas calcáreas.

Los braquiópodos son los fósiles más abundantes donde se reconocen formas de grupos como athyridos, espiriferidos, productidos, orthidos y lingúlidos. Los más abundantes son los athyridos del género *Composita* sp., le siguen los espiriferidos entre los que se han reconocido *Anthracospirifer* sp. y *Neospirifer* sp. y los de mayor tamaño, productidos del género *Anticuatonia* ? sp. Figura 13-1.

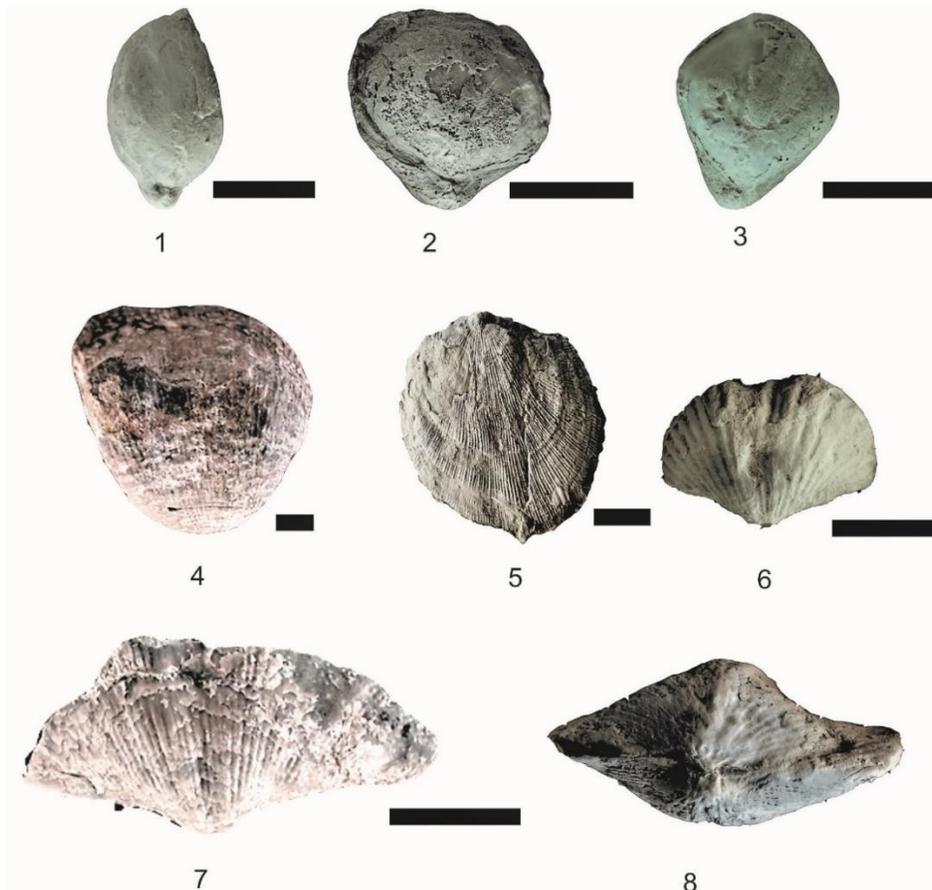


Figura 13-1. Imágenes de los braquiópodos más representativos del Paleozoico del Río Nevado. 1- *Composita elongata* Dumbar & Condra, 1932, 2- *Composita ovata* Mather, 1915, *Composita subtilita* Hall, 1852, 4- *Anticuatonia* ? sp., 5- *Derbyia* cf. *crassa* Meek & Hayden, 6- *Anthracospirifer* sp., 7 y *Neospirifer* sp., 8. (1,2 y 3 vista dorsal, 4, vista ventral, 5, molde externo de una valva ventral, 6, valva ventral, 7, valva ventral y vista posterior 8). Muestras (5,6,7 y 8 LN-5), (4- L-18), (1-2-3. L-16a). Muestras 4 y 7 tomadas de Rojas A. La barra representa un (1) cm.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Le siguen en abundancia los gastrópodos, bivalvos, crinoideos, briozoos, corales solitarios tipo rugosa y tabulata aislados y escasos, lo mismo que los amonoideos y artrópodos (trilobites y ostrácodos).

Los amonoideos son de la Familia Adrianitidae del género *Aricoceras* o *Sosiocrimites* del Pérmico (Cisuraliano-Guadalupiano), (cf. Patarroyo *et al.*, 2019), Figura 13-3. Estos amonoideos se colectaron en el afloramiento del puente El Totumo y el nivel de su hallazgo esta reportado en la columna estratigráfica de El Puente El Totumo (entre 20 m a 25 m) como RNPT-7, Figura 7-18 y ejemplares colectados por Obregón & Terraza, (1988) hallados en el afloramiento de la quebrada El Difícil, muestra LA-0, (columna estratigráfica IV, sección quebrada El Difícil). Figura 13-2

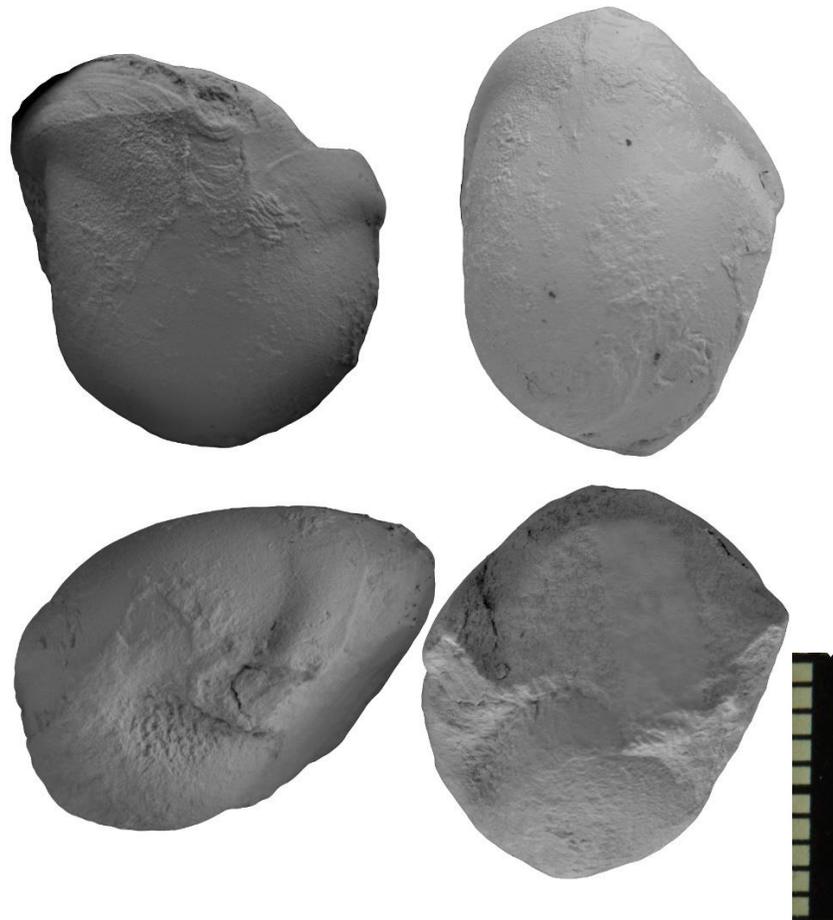


Figura 13-2. Imagen de los amonoideos del Paleozoico del Río Nevado de la Familia Adrianitidae *Aricoceras* o *Sosiocrimites* (Patarroyo *et al.*, 2019). Muestra LA-0 y RNPT-07 Escala un (1) cm.

Los trilobites colectados son del género *Simulopaladin* y *Acanthophillipsia* del Pérmico (Cisuraliano-Guadalupiano), (Esteve, comunicación escrita), hallados en la exposición del puente El Totumo, muestras MT-4 y RNPT-6 ubicados en la columna estratigráfica El Totumo, Figura 7-18.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

En las secciones delgadas de las rocas calcáreas se observó una abundancia de microfauna y microflora, representada por foraminíferos bentónicos fusulinidos y foraminíferos pequeños, ostrácodos, formas juveniles de gastrópodos, cefalópodos, braquiópodos y bivalvos, microflora como algas dasicladaceas, filoidales y calciesferas. Artejos de crinoideos, briozoos, escleritos de holoturias, fragmentos de corales y serpulidos.

De las imágenes de las algas la Dra. Brenda Kirkland, identificó *Mizzia* sp. y *Pseudoepimastopora pertunda*, Figura 13-4 y 13-5. *Mizzia* sp. se halló a la altura de los 184 m de la columna estratigráfica Macaravita y de la columna general del Paleozoico del Río Nevado, localidad El Totumo, sección delgada ML-35. Esta alga es exclusiva del Pérmico, indica que los depósitos a esa altura de la sección de El Totumo son del Pérmico. Es probable que los bancos de biooesparita y biopeloesparita que están por debajo de este nivel en las columnas (184 m, C.E. Macaravita), sean del Pérmico, ya que contienen microfauna de foraminíferos comparables a los reportes de otras localidades en el mundo. *Pseudoepimastopora pertunda* Endo, 1960, del Pérmico inferior. Se encuentra en la sección delgada MT-6 de la columna estratigráfica El Totumo y en la columna general a la altura de los 204 m. Figuras 13-3 y Figura 13-4

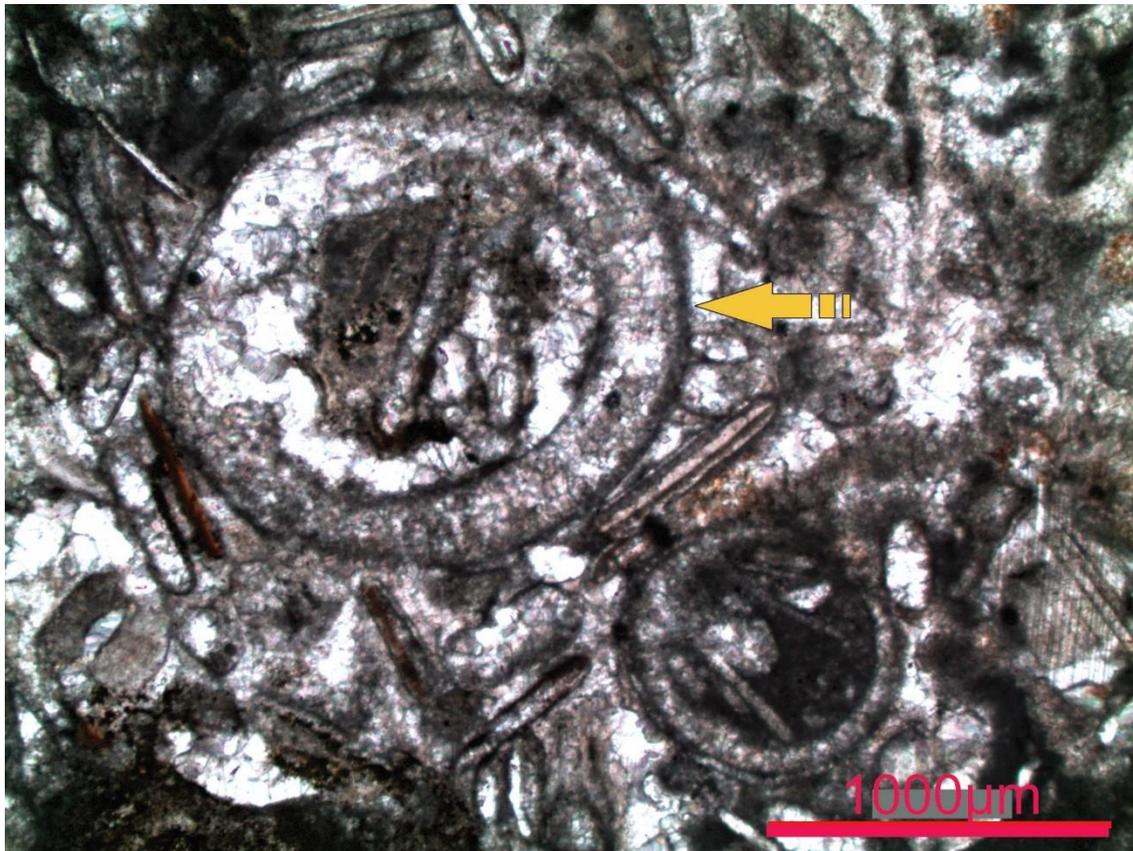


Figura 13-3. Alga Dasicladaceas *Mizzia* sp. (Kirkland comunicación escrita). S.D: ML-35, C.E Macaravita, 184 m.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Figura 13-4. *Pseudoepimastopora pertunda* (Endo, 1960), del Pérmico inferior. (Kirkland comunicación escrita). S.D: MT-6. Columna estratigráfica El Totumo, 204 m.

De ciertos horizontes de rocas calcáreas se lograron separar conodontes, algunas de estas capas coinciden con la microfauna de conodonte que extrajo Stibane (1967) y Stibane & Forero (1969). Las formas se compararon con las reportadas por Stibane (1967) del Paleozoico del Río Nevado y Rabe (1977) del Paleozoico de Bucaramanga, Formación Diamante. En las Figuras 13-5 a Figura 13-12 se observan algunas de las formas que son comparables con las reportadas por Stibane y Rabe.

En la Figura 13-13, se ubican los niveles donde se colectaron los conodontes, identificados como RN y RNPT y los códigos utilizados por Stibane & Forero, AF y números arábigos. Se incluye la distribución de los fósiles identificados y reconocidos.

En la sección del Paleozoico del Río Nevado en la localidad de Carcasí se halló fauna fósil comparable con el reporte de Stibane & Forero, (1969) en el afloramiento del río Nevado, El Totumo. En la Figura 7-28b, 7-28c y 7-28d, se sitúan en donde se encontraron. Entre los reconocidos se tienen *Anthracospirifer* sp., *Anticuatonia?* sp. y *Composita* sp. La microfauna de las secciones delgadas de ambas localidades es comparable.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

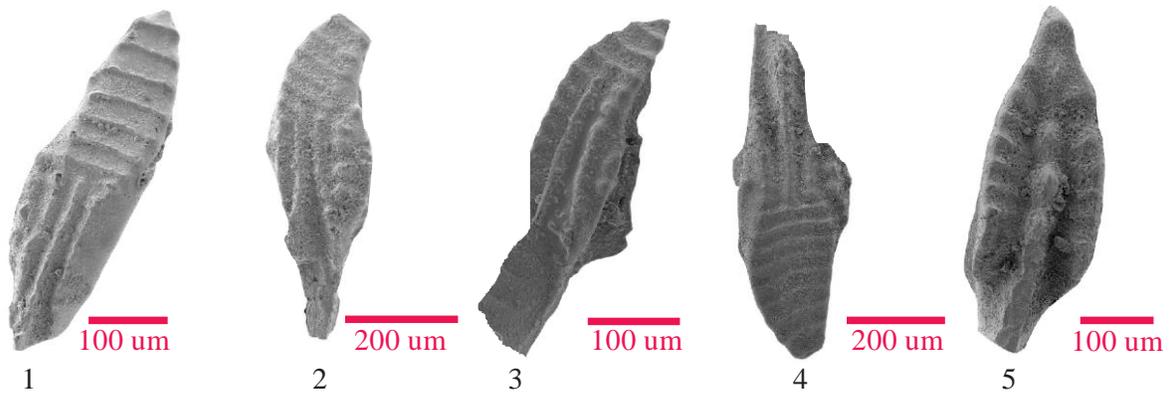


Figura 13-5. (1, 2, 3, 4)- *Idiognathodus* cf. *delicatus*, Gunnell., (5)- *Gnathodus* cf. *bassleri*, Lane. Muestras RNPT-3, C.E Puente El Totumo. (Muestra Stibane AF-18) y (5 comparable con Rabe).

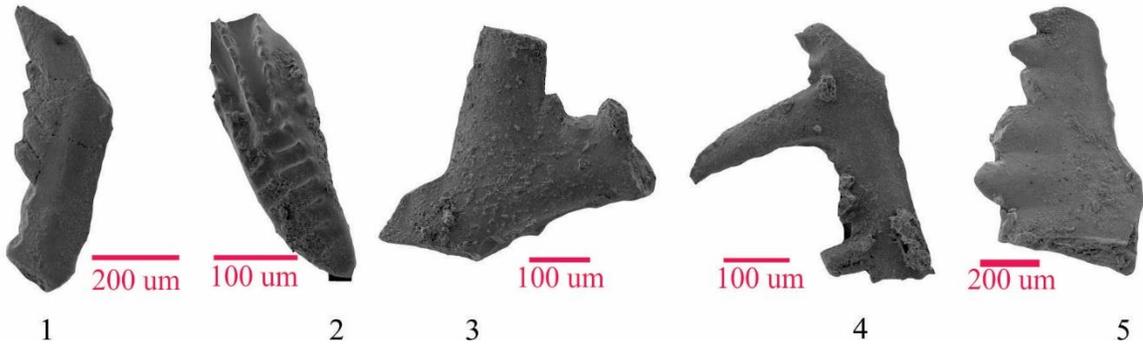


Figura 13-6. (1, 3)- *Ozarkodina* sp., 2- *Idiognathodus* cf. *delicatus*, Gunnell., (4)- *Hindeodella* sp., (5)- *Hindeodus* sp. 1 a 4 Muestras RNPT-3., 5 Muestra RNPT-4. C.E Puente El Totumo.

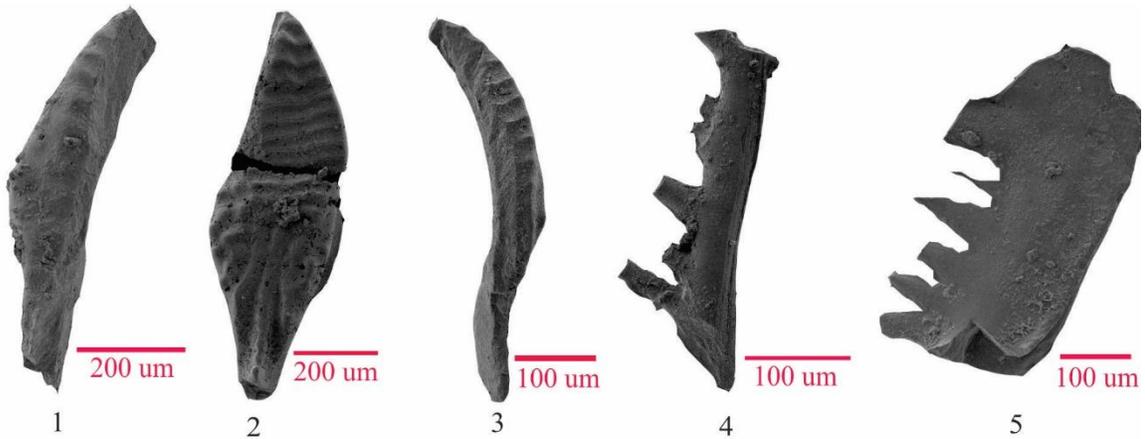


Figura 13-7. (1)- *Rhachisthognathus* sp., (2)- *Idiognathodus* sp., (3)- *Streptognathodus* cf. *elongatus*, Gunnell., (4)- *Ozarkodina* sp., (5)- *Hindeodus* sp. 1 y 2 Muestra RNPT-4 (16 y 17 Stibane). 3, 4 y 5 Muestra RNPT-5 (18 y 19 Stibane).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

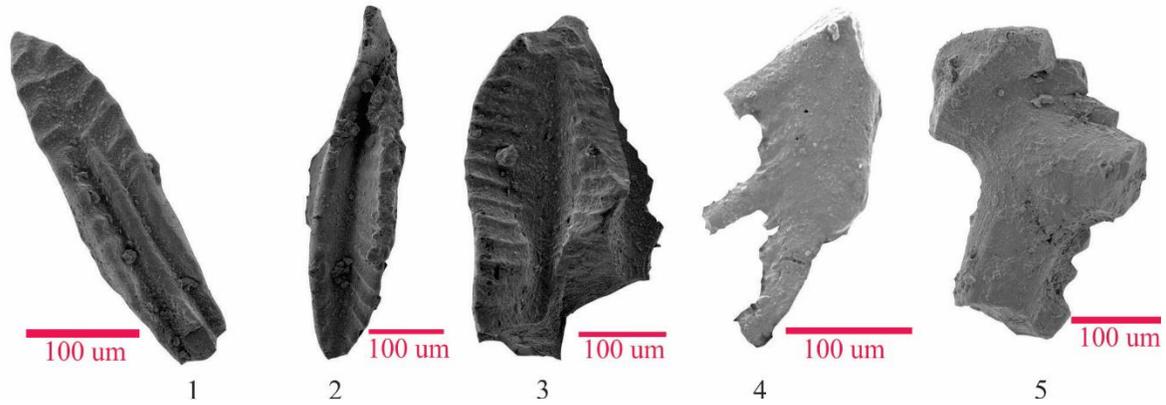


Figura 13-8. (1)- *Streptognathodus* sp., (2)- *Cavusgnathus* sp., (3)- *Cavusgnathus* cf. *regularis*, Youngquist & Miller, (4)- *Ozarkodina* sp., (5)- *Hindeodella* sp. 1, 2, 3, 4 y 5 Muestra RNPT-5.

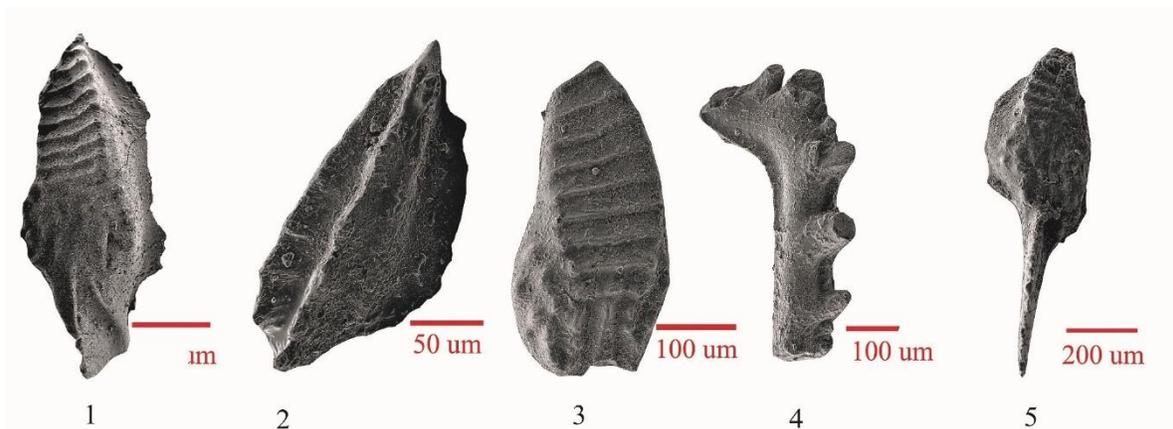


Figura 13-9. (1)- *Idiognathodus* sp., (2)- *Gnathodus* sp., (3)- *Idiognathodus* cf. *meekerensis*, Murray & Chronic, (4)- *Hindeodella* sp., (5)- *Idiognathodus* cf. *meekerensis*, Murray & Chronic. 1 Muestra RNPT-5. 2,3,4 y 5 Muestra RNPT-6. (Muestras 18,19 y 20 Stibane).

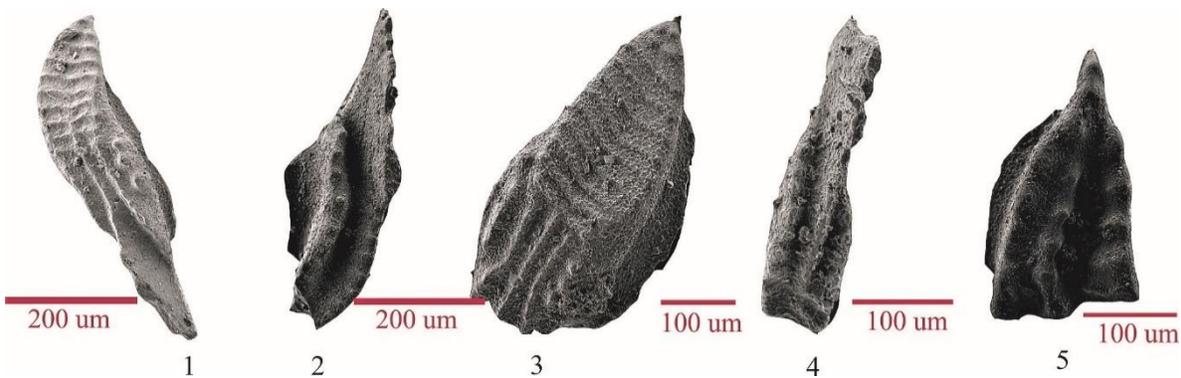


Figura 13-10. (1)- *Streptognathodus* cf. *mucronatus*, Youngquist & Downs, (2)- *Cavusgnathus* cf. *regulari*, Youngquist & Downs, (3)- *Idiognathodus* cf. *delicatus*, Gunell, (4)- *Streptognathodus* sp., (5)- *Streptognathodus* cf. *colombiensis*, Stibane. (1,2,3 y 4 Muestra RNPT-7). (5 Muestra RNPT-8).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

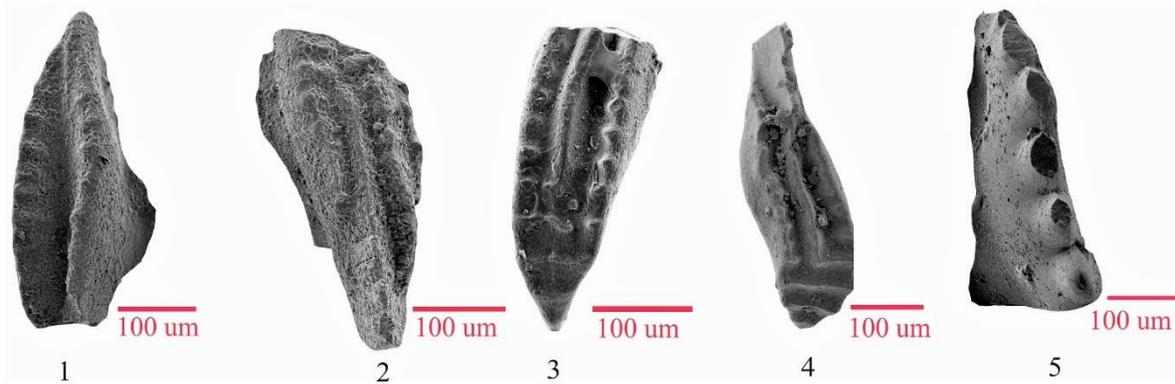


Figura 13-11. (1)- *Cavusgnathus* cf. *regularis*, Youngquist & Miller, (2)- *Idiognathodus* cf. *meekerensis*, Murray & Chronic, (3)- *Streptognathodus* cf. *asymmetricus*, Stibane, (4)- *Streptognathodus* sp., (5)- *Hindeodus* sp. Muestras RNPT-8 (1,2 y 3) y RN-14 (4,5 y 6).

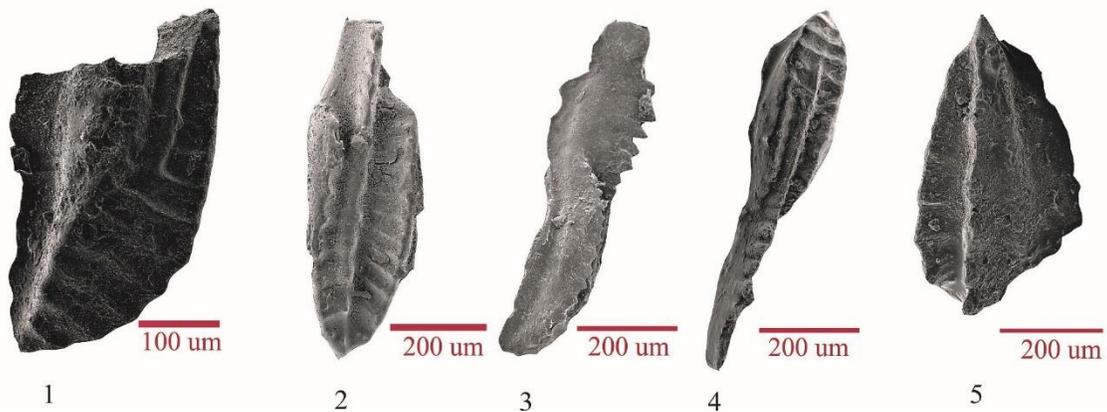


Figura 13-12. (1)- *Idiognathodus* sp., (2)- *Gnathodus* sp., (3)- *Idiognathodus* sp., (4)- *Idiognathodus* sp., (5)- *Streptognathodus* sp. (1, 2, 3 y 4 Muestra RN-14. (5) Muestra RN-17.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

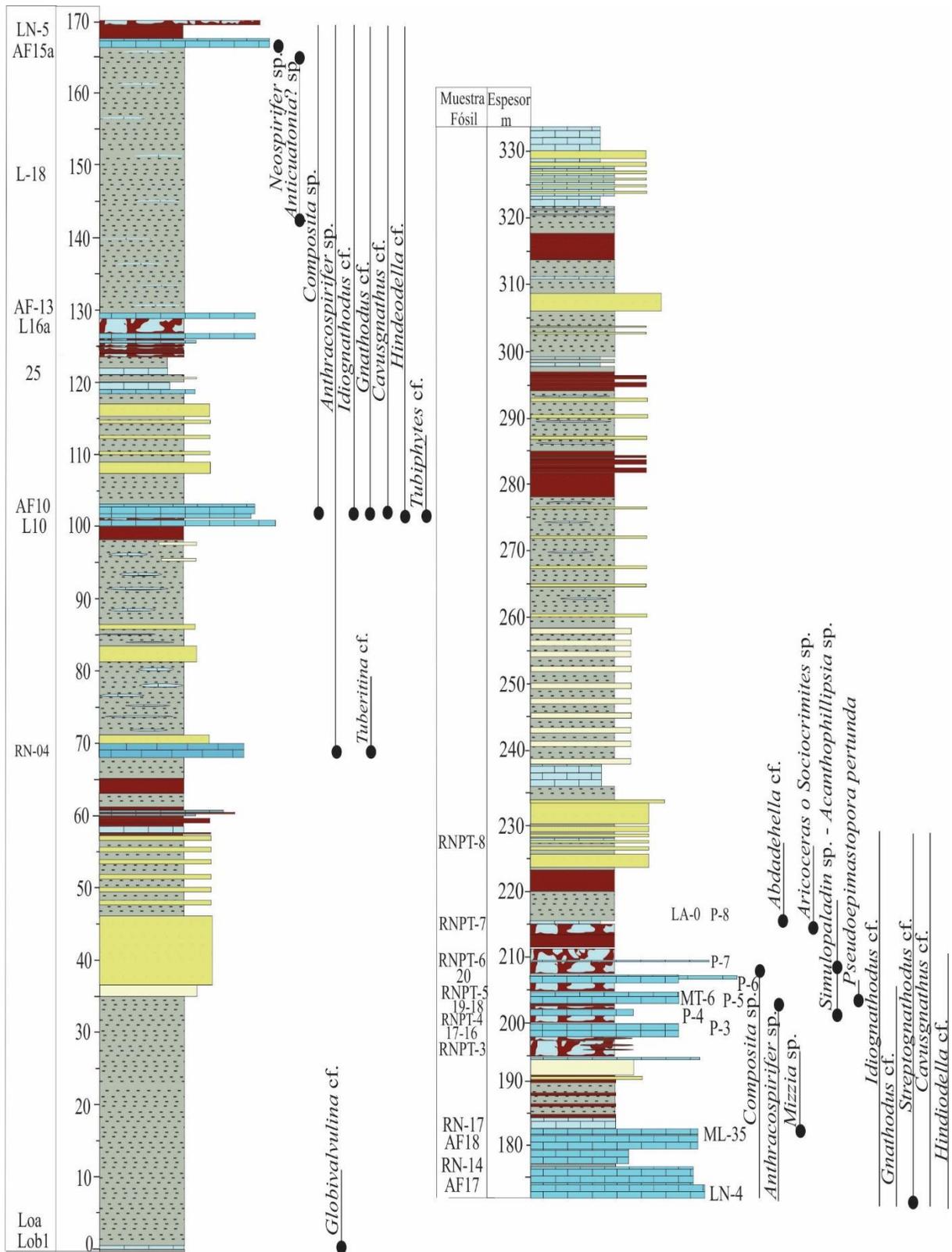


Figura 13-13. Ubicación de los fósiles y distribución en la columna estratigráfica compuesta del Paleozoico del Río Nevado. Columnas estratigráficas Macaravita, El Totumo y Boavita.

## 14. Correlación de las unidades litoestratigráfica del Paleozoico del Río Nevado

Para la correlación de la unidad litoestratigráfica del Paleozoico del Río Nevado se toma como referencia la sección expuesta en la localidad de El Totumo, ya que fue la reportada y descrita en primera instancia dentro de la literatura geológica de Colombia, con base en Stibane & Forero, (1969) y ha sido el afloramiento de mayor estudio.

Los criterios utilizados para la correlación entre la sección El Totumo y Carcasí son las características litológicas en cada una de estas exposiciones y el contenido fosilífero comparable.

Los segmentos en que se dividió la sucesión del Paleozoico del Río Nevado en la sección El Totumo con características petrográficas, contenido fósil y ambiente de depositación, son distintivos y además reconocibles en la exposición sedimentaria de Carcasí. Figura 14-1.

Los segmentos se han denominado inferior, medio y superior.

El segmento inferior constituido primordialmente por arenitas y lodolitas de colores gris-gris verdoso y rojo. El segmento medio conformado principalmente por bancos de *grainstone* y *packstone* de bioclastos, ooides y oncoides beige, gris y rojos. El segmento superior compuesto esencialmente por arenitas y lodolitas de colores gris-verdoso y rojos.

Las columnas estratigráficas del Paleozoico del Río Nevado, de la sección El Totumo, tienen un espesor acumulado mínimo de 334 m, el contacto con la unidad litoestratigráfica infrayacente no está expuesto y hacia el techo, está suprayacida en contacto discordante por la Formación Tibú-Mercedes con rango estratigráfico Aptiano. Figura 14-1 y 14-2

Las exposiciones de los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado tanto en la sección de El Totumo y Carcasí tienen las siguientes características litológicas:

El segmento inferior, con espesor mínimo de 98 m, constituido en la sección del puente El Totumo, principalmente por estratos delgados a muy gruesos de lodolita gris-gris verdosa con intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de arenita y arenita lodosa gris-gris verdosa, estratos delgados a gruesos de lodolita rojas y estratos muy delgados a gruesos de micrita y micrita fosilíferas, (*mudstone-wackestone* de bioclastos y ooides) y biooesparita, bioconoesparita, biomicritas (*packstone-grainstone* de bioclastos, ooides y oncoides beige y gris-gris rojiza. El segmento en la sección de El Totumo está incompleto, la porción más baja y el contacto con la unidad litoestratigráfica infrayacente no aflora, está cubierta o está por debajo topográficamente de la superficie del terreno natural de la zona. Figura 14-1 y Figura 15-1.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Columna estratigráfica El Totumo

Columna estratigráfica Carcasí

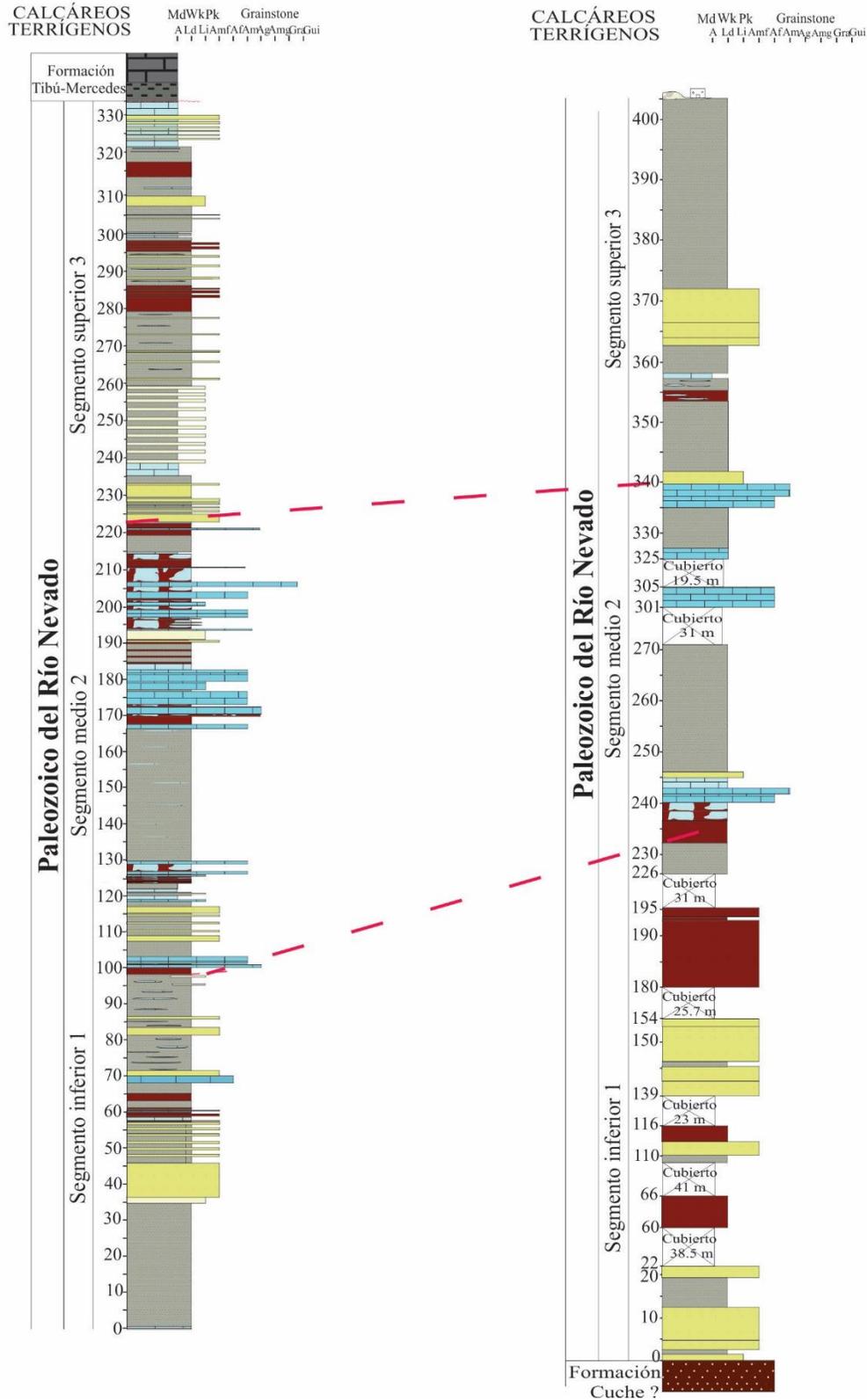


Figura 14-1. Litocorrelación de las columnas estratigráficas entre la sección El Totumo y Carcasí

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Este segmento en Carcasí tiene un espesor de 232 m, parcialmente cubierto por derrumbes, compuesto por intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de lodolita gris-gris verdoso, estratos muy gruesos de arenita y arenita lodosa gris-gris verdoso, lodolita roja y arenita roja y está en contacto neto con la unidad litoestratigráfica infrayacente, que podría corresponder con la Formación Cucho y su límite superior con el segmento medio, donde aparecen las micritas beige de aspecto nodulares y lodolita roja, tipo griotte, a la altura de la columna estratigráfica 235 m. Este segmento está completo en la localidad de la sección de Carcasí. Figura 14-1 y Figura 14-2.

El segmento medio, en la sección El Totumo tiene un espesor de 122 m (entre el metro 98 a 220 en la columna compuesta, Figura 14-1 y Figura 13-7, se compone predominantemente de estratos muy gruesos de biooesparita, biooncoesparita, biomicrita, con textura *packstone-grainstone* de bioclastos, ooides y oncoides, beige y gris rojiza con intercalaciones de estratos delgados a gruesos de lodolita roja, lodolita gris y estratos medianos a muy gruesos de interestratificación compuesta de capas muy delgadas a medias de micrita de aspecto nodular con lodolita roja, tipo griotte. Este segmento en Carcasí lo constituyen estratos gruesos a muy gruesos de biooesparita, bioesparita y biomicrita con textura *packstone-grainstone* de bioclastos y ooides gris claro a beige con intercalaciones de estratos muy gruesos de lodolita gris, lodolita roja y estratos medianos a gruesos de interestratificación de capas muy delgadas a medianas de micrita de aspecto nodular con lodolita roja, tipo griotte. Tiene un espesor de 108 m (del metro 232 a 340 de la columna estratigráfica. Figura 14-1 y Figura 14-2.

El segmento superior, predominantemente conformado en la sección de El Totumo por estratos muy delgados a muy gruesos de lodolita gris-gris verdosa con intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de arenita y arenita lodosa gris-gris verdosa, arenita roja, lodolita roja y estratos delgados de micrita y micrita fosilífera con textura *mudstone-wackestone* de bioclastos grises. Con un espesor de 114 m (entre 220 m a 334 m), la parte superior de este segmento está en contacto neto, discordante con la Formación Tibú-Mercedes. En Carcasí tiene un espesor medido mínimo de 68 m, constituido por intercalaciones de estratos delgados a muy gruesos de lodolita gris-gris verdosa, estratos gruesos a muy gruesos de arenita y arenita lodosa gris-gris verdosa y roja, estratos gruesos de lodolita roja y capas delgadas a gruesas de micrita con textura *mudstone* gris.

Teniendo en cuenta los criterios litológicos que muestra cada uno de los segmentos en ambas localidades, donde se reconocen dos segmentos siliciclásticos (inferior y superior) y un segmento calcáreo (intermedio), con algunas variaciones litológicas que pueden corresponder a cambios laterales de facies, las dos secciones son correspondientes, además ambas localidades contienen fauna fósil comparable.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

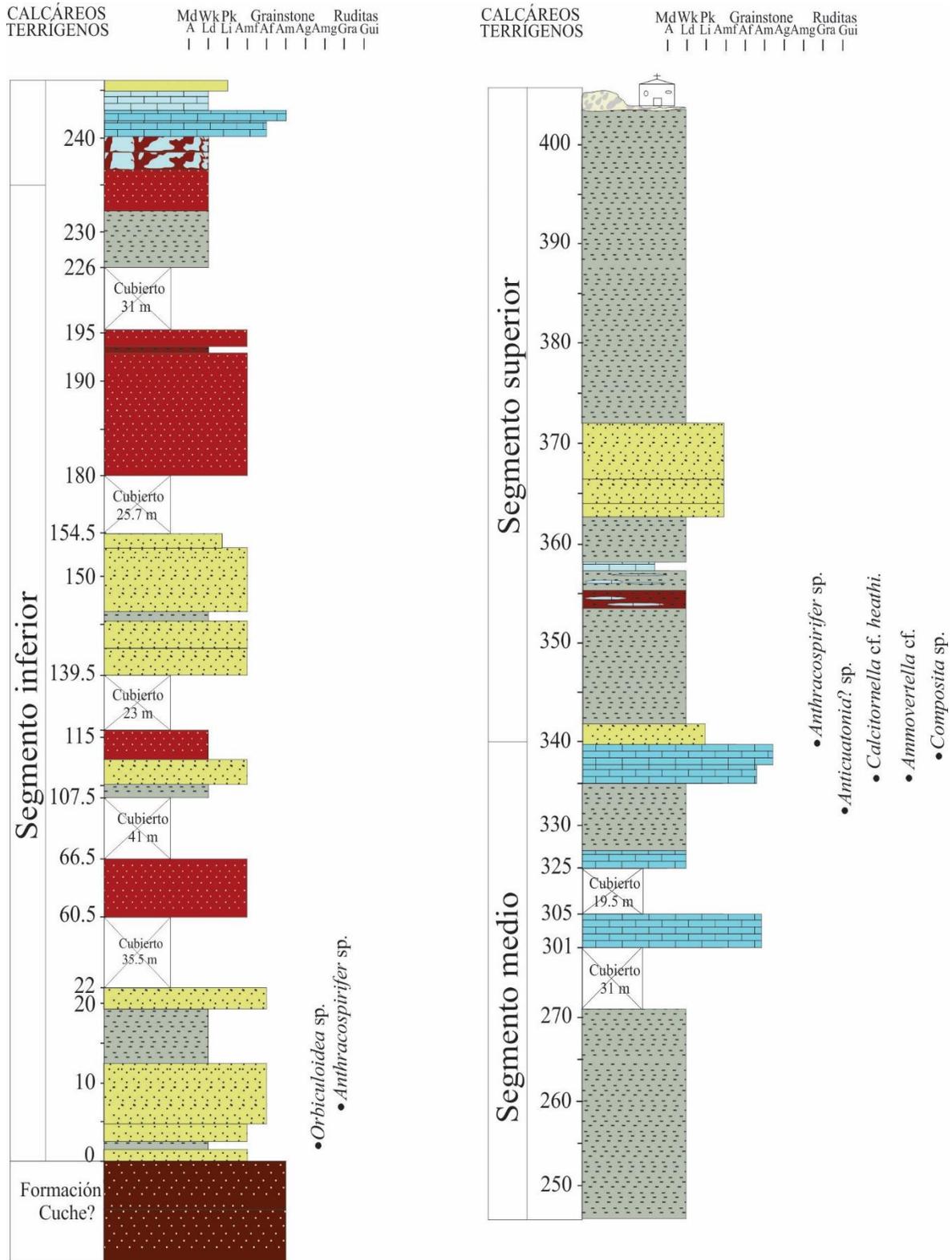


Figura 14-2. Columna estratigráfica del Paleozoico del Río Nevado. Flanco occidental del Anticlinal Tunebo. Sección de Carcasí.

## 15. Discusión

En el reconocimiento de campo se evidenció que las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado se encuentran estratigráficamente limitadas entre la unidad litoestratigráfica infrayacente de la probable Formación Cuche, en contacto neto y la suprayacente Formación Tibú-Mercedes en contacto discordante.

La sucesión medida y descrita en las localidades de El Totumo y Carcasí del Paleozoico del Río Nevado, por los rasgos litoestratigráficos y distintivos, permite el reconocimiento de las divisiones naturales en segmentos. Tabla 15-1.

<b>Segmento</b>	<b>Sección El Totumo</b>	<b>Sección Carcasí</b>
Inferior	98	232
Medio	122	108
Superior	114	68
Espesor total (m)	334	408

Tabla 15-1. Resumen de los espesores de los segmentos y de las columnas estratigráficas medidas.

El segmento inferior conformado predominantemente por intercalaciones de estratos de arenita y arenita lodosa de color gris-gris verdosa y rojas, lodolita de color gris-gris verdosa y roja con algunas capas de micrita gris, biomicrita y biooesparita.

El segmento medio compuesto distintivamente por bioomicrita, biooesparita y oncoesparitas de color beige y gris rojizas, lodolita de color rojo y gris-gris verdoso y niveles de micrita de aspectos nodulares con lodolita roja, tipo griotte.

Segmento superior constituido esencialmente por estratos intercalados de arenita y arenita lodosa de color gris-gris verdosa y roja, lodolita gris-gris verdosa y roja, y micrita y biomicrita de color gris-gris verdosa.

El espesor acumulado del Paleozoico del Río Nevado en la sección de El Totumo es de 334 m, faltando la porción inferior de la sucesión, ya que no afloran por estar cubierta o por estar por debajo de la superficie natural del terreno en la zona. De igual manera en la sección de Carcasí, el espesor medido es de 408 m. Figuras 15-1, Figura 15-2 y Figura 14-2.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

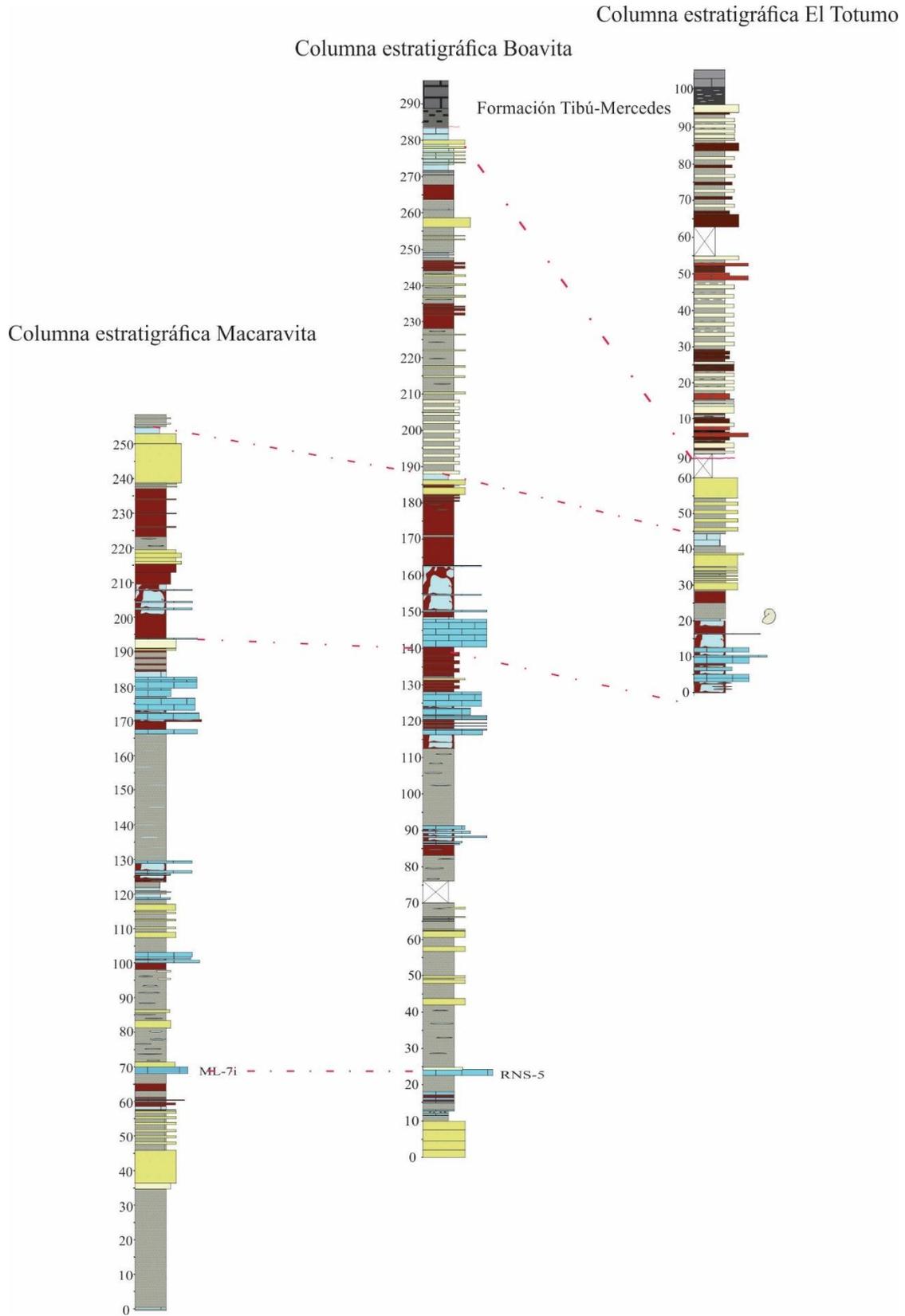


Figura 15-1. Litocorrelación columnas estratigráficas del Paleozoico del Río Nevado. Sección El Totumo

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

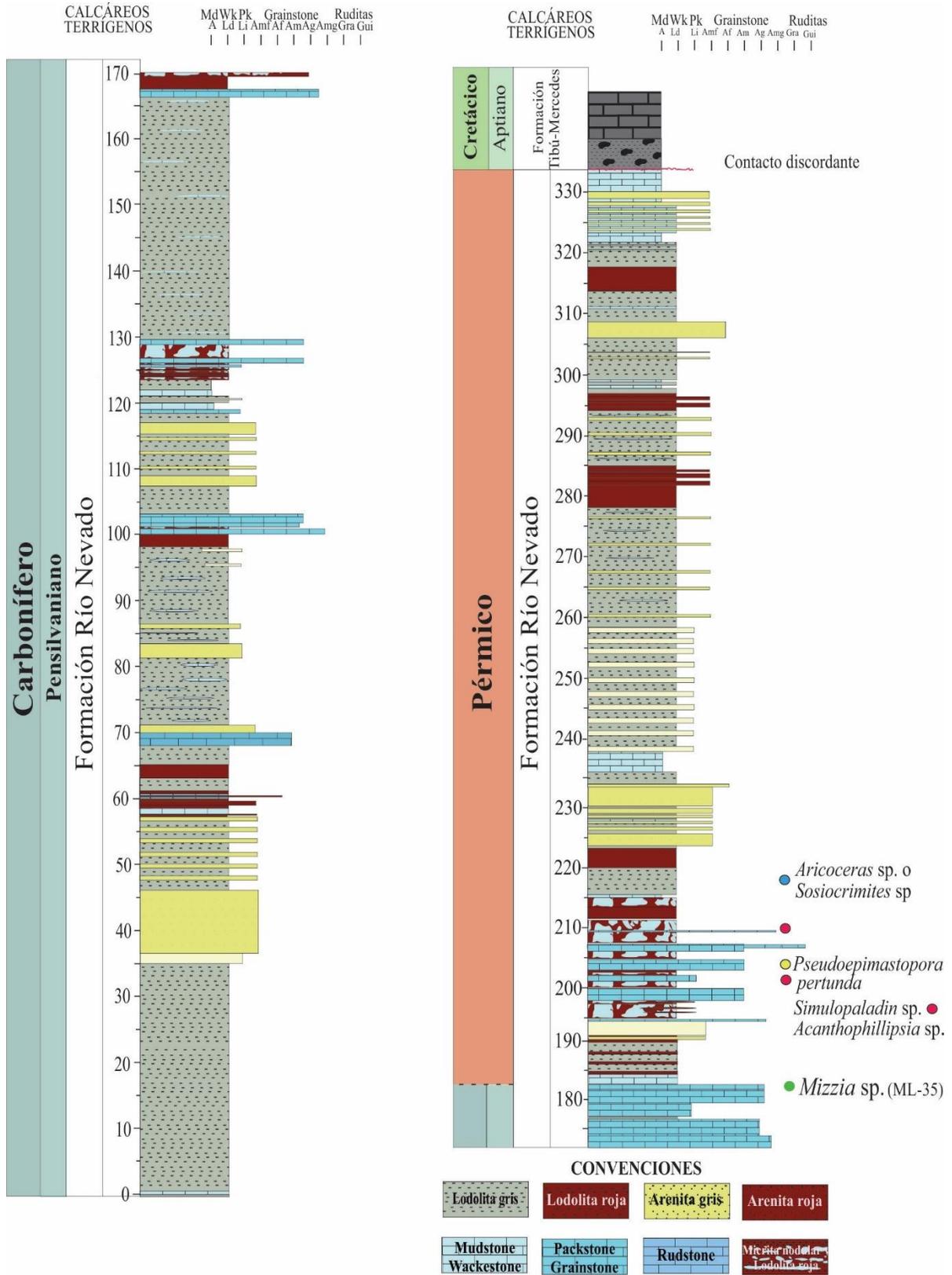


Figura 15-2. Columna estratigráfica general de la Formación Río Nevado. Sección El Totumo.

En la tabla 15-1, se muestra el espesor de cada uno de los segmentos diferenciados por sus características litológicas y estructuras sedimentarias en las secciones de El Totumo y Carcasí. Para el segmento medio en ambas localidades el espesor es muy similar. Se debe resaltar que el segmento inferior en Carcasí está completo.

A partir de las observaciones de campo se identificó el límite discordante entre el Paleozoico del Río Nevado y la suprayacente Formación Tibú-Mercedes del Aptiano. Esto indica que hay un faltante en el registro geológico en el área de estudio de parte del Pérmico, Triásico, Jurásico y de la parte media del Cretácico inferior. Figura 15-2

El contacto inferior en la sección de Carcasí es neto con la unidad litoestratigráfica constituida por arenita de grano fino a medio de color rojo purpura, en estratos cuneiformes y laminación inclinada a gran escala, que por posición estratigráfica probablemente corresponda a la Formación Cucho. Allí se reconoce el límite por el cambio morfológico del terreno de escarpes con pendientes altas de la posible Formación Cucho, conformada por estratos medios a muy gruesos de arenita de grano fino a medio, en comparación con las rocas que le suprayacen del Paleozoico del Río Nevado, constituidas por lodolita y arenita lodosa de grano muy fino de color gris-gris verdoso, en estratos tabulares y cuneiformes. Las capas hacia la parte inferior son onduladas con laminación ondulada no paralela, que muestran una expresión morfológica del terreno con pendientes suaves y contornos ondulados, Figura 7-32 y 7-33. La lodolita gris-gris verdosa, hacia la base del segmento inferior del Paleozoico del Río Nevado, contiene braquiópodos (discínidos y espiriferidos), entre los cuales se identifica *Orbiculoidea* sp., (Martínez, comunicación escrita) e impresiones de plantas, lo que refleja un cambio de las condiciones ambientales de depositación, pasando de un ambiente más continental a un ambiente marino.

De los depósitos del Paleozoico del Río Nevado en la sección de El Totumo se colectaron amonoideos de la Familia Adrianitidae, comparables con *Aricoceras* o *Sosioermites* del Cisuraliano-Guadalupiano (Patarroyo *et al.*, 2019), trilobites como *Simulopaladin* sp. y *Acanthophillipsia* sp. (Esteve, comunicación escrita) del Cisuraliano-Guadalupiano y microfauna de algas como *Pseudoepimastopora pertunda* Endo, 1960 y *Mizzia* sp. del Pérmico (Kirkland, comunicación escrita). El género *Mizzia* se limita al Pérmico, en donde alcanzó la mayor diversidad genérica durante el Pérmico medio a tardío (Johnson 1961), y existió durante aproximadamente 40 millones de años (Palmer, 1983 en Kirkland, 1992). Figura 15-2.

Con anterioridad, Stibane (1967), Stibane & Forero (1969), habían determinado con conodontes y braquiópodos, colectados en la sección de El Totumo, depósitos del Pensilvaniano superior. Figura 13-3

Con la nueva información de la macrofauna de amonoideos, trilobites y microfauna de algas de los depósitos del Paleozoico del Río Nevado en la sección de El Totumo, llevadas a cabo en esta investigación, se confirma que al menos, la parte media y superior de la sucesión son del Pérmico, Figura 13-3 y Figura 15-2.

Por lo anterior, las sedimentitas del Paleozoico del Río Nevado se definen como la unidad litoestratigráfica con características líticas, posición estratigráfica y fauna fósil distintivas, que la diferencian de la infrayacente unidad litoestratigráfica de sedimentitas rojas que podría corresponder con la Formación Cucho y de la Formación Tibú-Mercedes del Aptiano que la suprayace en las áreas estudiadas.

Teniendo en cuenta, además, la restricción geográfica de la unidad litoestratigráfica del denominado Paleozoico del Río Nevado que es cartografiable a escala 1:25.000, se sugiere proponer la formalización como Formación Río Nevado. Con rango estratigráfico del Pensilvaniano superior-Pérmico. Figura 15-2 y Figura 14-2

Se debe proponer una sección tipo compuesta con las secciones de El Totumo y Carcasí. Dicha propuesta se hace teniendo en cuenta que el límite inferior solo aflora en la sección de Carcasí, cerca al puente sobre el cauce del río Tunebo, por la vía que conduce a San Miguel-Santander, donde está en contacto neto con la infrayacente unidad litoestratigráfica de sedimentitas rojas purpura que podría corresponder con la Formación Cucho. Figura 14-2, Figura 15-2. En las secciones de El Totumo se cuenta con una buena exposición de parte del segmento inferior, todo el segmento medio y superior. Además, se tiene muy en cuenta la propuesta inicial de Stibane & Forero (1969).

La extensión geográfica de esta unidad es probable que se prolongue a las localidades de Concepción (Montenegro) Santander y Toledo (Labateca) y Cucutilla en Norte de Santander donde se han reportado rocas del Carbonífero-Pérmico?

En Concepción (Montenegro), Mendoza, (1983) menciona sedimentitas del Carbonífero-Pérmico?, e indica que la suprayace la Formación Tibú-Mercedes, su descripción es una “sucesión de capas de 20-80 cm de espesor de arenita de grano medio a fino de color pardo gris, bien cementadas y con abundantes láminas de mica y materia orgánica en las superficies de estratificación. Esporádicamente se aprecian interposiciones hasta 1 m de limolitas y lodolitas (lutitas) pardo rojizas, en capas con estratificación paralela a subparalela”. Esta sucesión sedimentaria reportada es muy parecida a la que se ha denominado segmento superior de la que se sugiere proponer como Formación Río Nevado.

El Carbonífero-Pérmico? de Toledo, descrito en la Memoria de la Plancha 111 Toledo, que denominan Formación Diamante, cuya descripción litológica consiste en la parte inferior de una sucesión siliciclástica de color gris verdoso y rojo, la parte media intercalaciones de estratos siliciclásticos gris verdosos y rojos, y calizas grises-grises claras; una parte superior constituida por una sucesión predominantemente siliciclástica gris verdosa y roja con intercalaciones de capas de micrita gris.

Por otro lado, en relación con la distribución geográfica de los afloramientos cartografiados y descritos como Paleozoico del Río Nevado en Vargas *et al.*, (1981) en la Plancha 152-Soata y 136-Málaga del Ingeominas, hoy Servicio Geológico Colombiano, en los municipios de Susacón, Soata, Covarachia, Boavita y San Mateo en el departamento de Boyacá y Macaravita-Carcasí en el departamento de Santander, se puede afirmar lo siguiente:

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

La unidad litológica cartografiada como Paleozoico del Río Nevado, localizada entre Susacón y Soata-Boyacá, quebrada El Muerto, está conformada por estratos cuneiformes gruesos a muy gruesos de conglomerado de color rojo, suprayace a rocas metamórficas e infrayacida por la denominada Formación Tibú-Mercedes. Figura 15-3.

Se observaron bloques de conglomerado calcáreo, en el cauce de la quebrada con fauna de crinoideos y en sección delgada de un clasto con microfauna de foraminíferos fusulinidos.



Figura 15-3 a) Exposición de los conglomerados rojos, en la quebrada El Muerto y b) detalle de los estratos de conglomerados de esta unidad.

En la localidad de Covarachia-Boyacá la unidad litológica cartografiada y descrita en la Memoria de la Plancha 136-Málaga como Paleozoico de Río Nevado, consiste de “limolitas grises, bandeas arcillas y limos rojos con nódulos calcáreos, calizas y esporádicos bancos de areniscas blancas cuarcíticas”, Vargas *et al.*, (1981). Esta descripción no coincide con la observación de campo, en la investigación adelantada en esta localidad.



Figura 15-4. Panorámica que muestra la disposición de la unidad litoestratigráfica de conglomerados rojos que superpone a la unidad litológica metamórfica (filitas grises). El trazo de la línea amarilla muestra el contacto entre estas dos unidades litológicas.

Lo cartografiado como Paleozoico del Río Nevado, corresponde a exposiciones de rocas metamórficas. La superpone una unidad litoestratigráfica conformada por estratos gruesos a muy gruesos cuneiformes de conglomerado rojo intercalados con estratos de arenita de grano fino a medio de color rojo púrpura. Figura 15-4.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre  
Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Después de verificar la extensión y afloramientos de la propuesta como Formación Río Nevado, descartando las unidades litológicas reportados en Susacón-Soata y Covarachia, estos se localizan en la sección El Totumo (Boavita-Boyacá y Macaravita-Santander), Carcasí-Santander y un pequeño afloramiento en la vereda Chapetón, municipio de San Mateo-Boyacá.

## 16. Conclusiones

Los depósitos del Paleozoico del Río Nevado están representados por una sucesión siliciclástica y calcárea, a partir de la cual se pueden diferenciar segmentos.

En la sección de El Totumo (río Nevado. Límite Boyacá-Santander), la sucesión litológica del Paleozoico del Río Nevado tiene un espesor de 334 m. Allí no aflora el contacto inferior, pero se pueden reconocer tres segmentos.

De lo que aflora del segmento inferior se obtuvieron 98 m, que están conformados principalmente por intercalaciones de estratos de lodolita y arenita gris-gris verdosa, lodolita y arenita roja, y en menor proporción biomicitas.

El segmento medio tiene un espesor de 122 m. Está constituido por estratos muy gruesos de biooesparita, oncobioesparita y biomicrita de color beige rojizo, con intercalaciones de lodolita roja, lodolita gris-gris verdosa y capas de micrita de aspecto nodular con lodolita roja (griottes).

El segmento superior posee un espesor de 114 m, está representado por intercalaciones de lodolita gris-gris verdosa, lodolita roja, arenita gris-gris verdosa y arenita roja y biomicrita gris.

Para la sección de Carcasí (Santander), se midieron 408 m de la sucesión sedimentaria del Paleozoico del Río Nevado, en donde se identificaron las mismas características litológicas de la sección El Totumo. Además, en la sección de Carcasí se determinó el límite de la base.

Para la sección de Carcasí, el segmento inferior muestra un espesor de 232 m, conformados por intercalaciones de estratos de lodolita y arenita gris-gris verdosa y lodolita roja y arenita roja.

El segmento medio cuenta con 108 m de espesor, está constituido por estratos de biooesparita, biooncomicrita y ooesparita, intercaladas con lodolita gris-gris verdosa, lodolita roja y micrita de aspecto nodular con lodolita roja (griottes).

El segmento superior aflorante representa un espesor de 68 m, está constituido principalmente por intercalaciones de estratos de lodolita gris-gris verdosa, lodolita roja, arenita gris-gris verdosa y arenita roja.

El límite de la base del Paleozoico del Río Nevado, reconocido en Carcasí, se define como un contacto neto con la unidad litoestratigráfica infrayacente, que probablemente pueda corresponder con la Formación Cuche.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

El límite del techo del Paleozoico del Río Nevado, expuesto en la localidad El Totumo, es un contacto discordante con la Formación Tibú-Mercedes (Cretácico inferior).

Con base en la litoestratigrafía, facies, asociaciones de facies, fauna y flora fósil del Paleozoico del Río Nevado se determina que los depósitos se acumularon en ambientes asociados a un mar epicontinental.

Dentro de la sucesión se identificaron fósiles de braquiópodos (productidos, espiriferidos, orthidos, lingúlidos) bivalvos, gastrópodos, amonoideos, trilobites, ostrácodos, corales tipo rugosa y tabulata, crinoideos, briozoos, conodontes, foraminíferos y algas.

*Composita subtilita*, *Composita ovata*, *Composita elongata*, *Neospirifer* sp., *Anthracospirifer* sp., *Derbyia* cf. *crassa* y *Anticuatonia?* sp. son los braquiópodos más representativos.

*Gnathodus* sp., *Hindeodella* sp., *Idiognathodus* sp., *Ozarkodina* sp. y *Gnathodus* cf. *bassleri* son los conodontes identificados, que ya habían sido reportados por Stibane (1967) en la misma zona y por Rabe (1977) en la Formación Diamante (Bucaramanga).

Las secciones delgadas permitieron reconocer foraminíferos de la Familia Nodosinellidae, *Globivalvulina* sp., *Tuberitina* sp., *Abadehella?* sp., *Calcitornella* cf. *heathi* y *Ammovertella* sp., algas dasycladeas y filoidales.

El reporte sobre depósitos del Pérmico, que es nuevo para esta localidad, se sustenta en fósiles de amonoideos como *Aricoceras* o *Sociocrimites* (familia Adrianitidae) del Cisuraliano-Guadalupiano, trilobites como *Simulopaladin* y *Acanthophillipsia* del Cisuraliano-Guadalupiano, algas como *Pseudoepimastopora pertunda* Endo, (1960) y *Mizzia* sp.

El rango estratigráfico para los depósitos del Paleozoico del Río Nevado está entre el Pensilvaniano superior y el Pérmico (Cisuraliano-Guadalupiano).

Como la unidad litoestratigráfica que involucra la sucesión del Paleozoico del Río Nevado posee características líticas distintivas, posición estratigráfica de acuerdo con su contenido fósil, límites de base y techo, expresión morfológica, se sugiere su formalización como Formación Río Nevado.

Dentro de la propuesta de formalización deben ser usadas las secciones de El Totumo (Boavita, Boyacá-Macaravita, Santander) y Carcasí (Carcasí-Santander) como una sección compuesta, ya que en Carcasí se expone el límite de la base.

La extensión geográfica de los afloramientos del Paleozoico del Río Nevado se encuentra claramente localizada al oriente de los ríos Chicamocha y Servitá en las localidades de El Totumo (Boavita-Boyacá y Macaravita-Santander), Chapetón (San Mateo-Boyacá) y Carcasí (Santander).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Si bien, es probable que la sucesión de este Paleozoico se extienda hacia el norte a las localidades de Montenegro (Santander) y Labateca (Norte de Santander), en donde se han reportado sedimentitas del Carbonífero-Pérmico?, falta realizar una comprobación directa.

Por otro lado, los afloramientos reportados como de Paleozoico del Río Nevado, ubicados al occidente del río Chicamocha (quebrada El Muerto y Covarachia, Boyacá), poseen litologías bien diferentes a las investigadas. En estos sectores las sucesiones están constituidas por estratos de arenitas y conglomerados de color rojo purpura, cuya posición estratigráfica no se encuentra claramente definida.

## Referencias

- Abbache A., Ouali A., Crônier C., Fellah A., Allaire N. & Monnet C. 2019. Le Dévonien supérieur du Sahara nord-occidental (Algérie): Faciès, environnements et signification géodynamique des calcaires griottes. *Carnets Geol.* 19 (5). P 26.
- Adams A., Mackenzie S. & Guilford C. 1987. *Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope.* English Language Book Society/Longman. P 104.
- Blakey R. 2003. Carboniferous–Permian paleogeography of the assembly of Pangaea. *Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy.* Utrecht, the Netherlands, 10–16 August 2003. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. P 443-456.
- Boggs S. 2009. *Petrology of sedimentary rocks, second edition.* Cambridge University Press. Cambridge England. P 612.
- BouDagher M. 2018. *Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera.* UCL Press. University College London. P 704.
- Boiteau R., Mendec D., Hawcoa N., McIlvina M., Fitzsimmons J., Saitoa M., Sedwicke P., DeLonge E. & Repetaa D., 2016. Siderophore-based microbial adaptations to iron scarcity across the eastern Pacific Ocean. Edited by W. Ford Doolittle, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada. P 6.
- Bouougri E. & Porada H. 2002. Mat-related sedimentary structures in Neoproterozoic peritidal passive margin deposits of the West African Craton (Anti-Atlas, Morocco). *Sedimentary Geology* 153. P 85–106
- Bridge J. & Willis B. 1994. Marine transgressions and regressions recorded in Middle Devonian shore-zone deposits of the Catskill clastic wedge. *Geological Society of America Bulletin*, v. 106. P 1440-1458.
- Buatois L. & Mángano M. 2011. *Ichnology.* Cambridge University Press. P 744.
- Campbell Ch. 1967. Lamina. Laminaset, bed and bedset. *Sedimentology* 8. Elsevier Publishing Company, Amsterdam. P 7-26.
- Canudo J. 2002. Micropaleontología, capítulo 23 conodontos. Eustoquio Molina. P 439-450.
- Cardozo A., Cetina M., Ibáñez D., Castro E., Villabona J., Patiño H & Bejarano I. 2016. *Mapa Geológico de la Plancha 136II.* Servicio Geológico Colombiano.
- Cediel, F. 1969. Geología del Macizo de Floresta. *Primer Congreso Colombiano de Geología.* Universidad Nacional de Colombia. P 17-30.

- Collinson Ch. 1963. Collection and Preparation of Conodonts Through Mass Production Techniques. Illinois State Geological Survey. P 20.
- Detraz H. & Mojon P 1989. Evolution paléogéographique de lamarge jurassienne de la Téthys du Tithonique-Portlandien au Va-langinien: corrélations biostratigraphiques et séquentielles des faciès marins à continentaux. *Eclogae Geol. Helv.*, 82. P 37-112.
- Díaz P. 2015. Nuevas especies de Ostrácoda (Arthropoda) de la Formación Río del Peñón, Carbonífero Superior de La Rioja, Argentina. *Acta geológica lilloana* 27. P 16-28.
- Dott, Jr R. & Bourgeois J. 1982. Hummocky stratification: Significance of its variable bedding sequences. *Geological Society of America Bulletin* v. 93. P 663-680.
- Dumas S. & Arnott R. 2006. Origin of hummocky and swaley cross-stratification-The controlling influence of unidirectional current strength and aggradation rate. *Geology*, v. 34, no. 12. P 1073–1076.
- Einsele G. 1982. Limestone-Marl Cycles (Periodites): Diagnosis, Significance, Causes - a Review. In: Einsele G. & Seilacher A. (eds.), *Cyclic and Event Stratification*. - Springer, Berlin. P 8-53.
- Einsele G. 1992. *Sedimentary Basins*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. P 632.
- Forero A. 1970. Estratigrafía del Precretácico en el flanco occidental de la Serranía del Perijá. *Geología Colombiana* N° 7. P 7-77.
- Flügel E. 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P 995.
- Folk R. 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company Austin, Texas. P 190.
- Fortin D. & Langley S. 2005. Formation and occurrence of biogenic iron-rich minerals. *Earth-Science Reviews* 72. P 1–19.
- Fürsich F. 1973. Thalassinoids and the origin of nodular limestone in the Corallian Beds (Upper Jurassic) of southern England. *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Monatsh* 1. P 136-156.
- Girard C., Corneé J., Corradini C., Fravallo A. & Feist A. 2013. Palaeoenvironmental changes at Col des Tribes (Montagne Noire, France), a reference section for the Famennian of north Gondwana-related areas. *Geol. Mag.* P 1 a 21. Cambridge University.
- Glamoclija M. & Schieber J. 2006. Biotic contributions to the formation of submarine iron-rich hydrothermal crusts near the Panarea island, Tyrrhenian sea, Italy. *Lunar and Planetary Science XXXVII* (2006). P 2.
- Hagadorn J. & Bottjer D. 1997. Wrinkle structures: Microbially mediated sedimentary structures common in subtidal siliciclastic settings at the Proterozoic-Phanerozoic transition. *Geology*, v.25; N° 11. P 1047-1050.

- Heckel P. 1995. Glacial eustatic base-level-climatic model for late Middle to Late Pennsylvanian coal-bed formation in the Appalachian Basin. *Journal of Sedimentary Research*, volume: B65. P 348-356.
- Heckel P. 2008. Pennsylvanian cyclothems in Midcontinent North America as far-field effects of waxing and waning of Gondwana ice sheets. *The Geological Society of America*. P 275-289.
- Janvier P & Villarroel C. 2000. Devonian vertebrates from Colombia. *Palaeontology*, Vol. 43, Part 4, 2000. P 729±763.
- Kidwell S., Fürsich F. & Aigner T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios* V 1. P 228-238.
- Kirkland B. 1992. Distinctions between reefs and bioherms based on studies of fossil algae: *Mizzia*, Permian Capitan reef complex (Guadalupe Mountains, Texas and New Mexico) and *Eugonophyllum*, Pennsylvanian Holder Formation (Sacramento Mountains, New Mexico). Ph. D. LSU Historical Dissertations and Theses, The Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Kirkland B. 1994. Distribution of Dasycladacean Algae in the Permian Capitan Formation and Carlsbad Group, Guadalupe Mountains, Texas and New Mexico, U.S.A. *Beitr. Paläont.*, 19. P 153-159.
- Marban N. & Duarte C. 2010. Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biology*. P 2366–2375.
- Martínez D. & Martín J. 2016. Propuesta para la diferenciación experimental entre óxidos e hidróxidos usando compuestos de hierro. *Bórax*. P 22-47.
- Méndez S. (2017). Análisis de procedencia de rocas siliciclásticas de las Formaciones Girón y Tibasosa en el Macizo de Floresta. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. P 219.
- Mendoza H. 1990. Mineralizaciones de Pb-Zn en sedimentitas cretáceas de la Cordillera Oriental. Región de Montenegro, Santander. *Boletín Geológico Ingeominas Vol. 31 (Servicio Geológico Colombiano)*. P 19-59.
- Mojica J. & Villarroel C. 1984. Contribución al conocimiento de las unidades paleozoicas del área de Floresta (Cordillera Oriental colombiana); Departamento de Boyacá y en especial de la Formación Cuche. *Geología Colombiana* N° 13. P 55-78.
- Moreno M. 2004. Devonian plants from Colombia: geologic framework and paleogeographic implications. Ph. D. Tesis, Faculté des Sciences Département de Géologie. Université de Liège. P 183.
- Moreno M., Toro L., Gómez A. & Ruiz E. 2016. Formación Nogontova, una nueva unidad litoestratigráfica en la Cordillera Oriental de Colombia. *Boletín de Geología* Vol. 38, N° 2 Universidad Industrial de Santander. P 55-62.

- Mount J. 1985. Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology* 32. P 435-442.
- Muktibodh P. 2010. A brief class notes sandstone - their genesis, classification, occurrence and distribution. Geological Survey of India, Hyderabad. P 24.
- Munnecke A. & Samtleben Ch. 1996. The Formation of Micritic Limestones and the Development of Limestone-Marl Alternations in the Silurian of Gotland, Sweden. *Facies* 34. P 159-176
- Navas J. 1962. Geología del Carbonífero al N de Bucaramanga. *Boletín de geología, Universidad Industrial de Santander* N° 11, P 23-34.
- Noffke N. 2010. *Geobiology. Microbial Mats in Sandy Deposits from the Archean Era to Today*. Springer. P 200.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature 2004. North American Stratigraphic Code. *AAPG Bulletin*, v. 89, no. 11 (November 2005). P 1547–1591.
- Obregón L. & Terraza R. 1988. Caracterización facial del Paleozoico Superior del Río Nevado. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. P 116.
- Okimura Y. Ishii K. & Nakazawa K. 1975. *Abadehella*, A New Genus of Tetrataxid Foraminifera from the Late Permian. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University. Series of geology and mineralogy* (1975), 41(1). P 35-48.
- Palma R. & Laprida C. 1997. Cementación marina reciente y contenido micropaleontológico en arenitas de playa “beachrock” en la costa de Salvador (Praia da Paciência), Brasil. *Asociación Argentina de Sedimentología AAS Revista* vol. 4 n°1. P 37-48.
- Patarroyo P., Obregón L. & Pastor A. 2019. Cefalópodos del Paleozoico de Colombia. XVII Congreso Colombiano de Geología. P 3.
- Pomar L. 2001. Types of carbonate platforms a genetic approach. *Géologie Méditerranéenne*, Tome XXVIII, n°1-2. P 139-143.
- Ponce J., Carmona N. & Montagna A. 2018. Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas. Fundación YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales). Buenos Aires, Argentina. P 165.
- Prave A., Duke W. & Slattery W. 1996. A depositional model for storm- and tide-influenced prograding siliciclastic shorelines from the Middle Devonian of the central Appalachian foreland basin, USA. *Sedimentology*, v.43. P 611-629.
- Rabe E. 1977. *Zur Stratigraphie des ostandinischen Raumes von Kolumbien*. Lenz Verlag Giessen. P 133.
- Raith M., Raase P. & Reinhardt J. 2011. Guía para la microscopía de minerales en láminas delgadas. Universidad de Bonn. P 107.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

- Reineck H. & Singh I. 1986. *Depositional Sedimentary Environments*, second edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. P 565.
- Richards B. 2013. Current status of the International Carboniferous time scale. Lucas, S.G., et al. eds., 2013, *The Carboniferous-Permian Transition*. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 60. P 6.
- Riding R. & Guo L. 1992. Affinity of *Tubiphytes*. *Paleontology* vol.35 Part 1. P. 37-49.
- Rojas A. 2008. Patrones de distribución de la fauna de braquiópodos pensilvanianos del Río Nevado, Colombia. Trabajo de Grado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia. P 28.
- Royero J. & Clavijo J. 2001. Memoria explicativa del Mapa Geológico generalizado Departamento de Santander. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Ingeominas (Servicio Geológico Colombiano).
- Royero J. 2001. Geología y geoquímica de la Plancha 111 Toledo - Norte de Santander. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Ingeominas (Servicio Geológico Colombiano).
- Scholle P. & Ulmer-Scholle D. 2003. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks*. AAPG Memoir 77. The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U.S.A. P 469.
- Scholle P., Bebout D. & Moore C. 1983. *Carbonate Depositional Environments* AAPG Memoir 33. The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma 74101, U.S.A. P 696.
- Seilacher A. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer Berlin Heidelberg. P 238.
- Selley R. 2000. *Applied sedimentology*, second edition. Academic Press. P 523.
- Shen S., Schneider J., Angiolini L. & Henderson Ch. 2013. The International Permian timescale: march 2013 update. Lucas, S.G., et al. eds., 2013, *The Carboniferous-Permian Transition*. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 60. P 6.
- Sibley D. & Gregg J. 1987. Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Research*, v. 57, n°6. P 967-975.
- Stibane F. 1967. Conodonten des Karbons aus den nördlichen Anden Südamerikas. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 128, Stuttgart. P 329-340.
- Stibane F. & Forero A. 1969. Los afloramientos del Paleozoico en La Jagua (Huila) y Río Nevado (Santander del Sur). *Geología Colombiana* N° 6. P 31-66.
- Stow D. 2010. *Sedimentary Rocks in the Field*. Manson Publishing Ltd. P 321.
- Schwarz E. 1999. Facies sedimentarias y modelo deposicional de la Formación Mulichinco (Valanginiano), Cuenca Neuquina Septentrional. *Asociación Argentina de Sedimentología AAS Revista* vol. 6. P 37-59.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

- Sudar M, Kolar-Jurkovšek T, Nestell G, Jovanovic D, Jurkovšek B, Williams J, Brookfield M & Stebbins A., 2018. New results of microfaunal and geochemical investigations in the Permian-Triassic boundary interval from the Jadar Block NW Serbia. *geologica Carpathica*, Vol. 69, P. 169–186
- Terraza R. 1988. El Paleozoico Superior del Río Nevado: registro de una albufera durante el lapso Pensilvaniano Tardío - permiano? *Memorias X Congreso Latinoamericano de geología*, Argentina 1998. P 6.
- Terraza R. 1999. Metodología para la descripción y análisis para rocas sedimentarias siliciclásticas y calcáreas en sección delgada. Instituto de investigaciones en geociencias, minería y química (Servicio Geológico Colombiano). P 58.
- Thompson M. & Miller A. 1949. Permian fusulinids y cephalopods from the vicinity of the Maracaibo basin, in the northern South America. *Journal of Paleontology* volume 23 number 1. P 33.
- Torres M. & Sour F. 2016. Braquiópodos discínidos (Lingulida, Discinoidea) de la Formación Ixtaltepec, Carbonífero del área de Santiago Ixtaltepec, Oaxaca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Volumen 68, núm. 2, 201. P 313-321.
- Tucker M. 1996. *Sedimentary Rocks in the Field*. John Wiley & Sons Ltd. P 249.
- Yarahmadzahi H. & Vachard D., 2016. The uppermost Carboniferous (Gzhelian)–Lower Permian (Asselian–Sakmarian) stratigraphy and smaller foraminifers of the Ozbak-Kuh region (Tabas Block, east central Iran). *Geological Journal*. Vol. 53 (2). P 510-526.
- Vargas R., Arias A., Jaramillo L. & Téllez N. 1981. Geología de la Plancha 136 Málaga. Ingeominas (Servicio Geológico Colombiano).
- Vargas R., Arias A., Jaramillo L. & Téllez N. 1981. Geología de la Plancha 152 Soata. Ingeominas (Servicio Geológico Colombiano).
- Velandia F. 2018. Cinemática de las fallas mayores del Macizo de Santander - énfasis en el modelo estructural y temporalidad al sur de la Falla de Bucaramanga. Ph. D. Tesis, Universidad Nacional de Colombia. P 222.
- Villaroel C. & Mojica J. 1987. El Paleozoico Superior (Carbonífero-Pérmico) sedimentario de Colombia. Afloramientos conocidos y características generales. *Geología Colombiana*, N° 16. P 81-87.
- Ward D., Goldsmith R., Jimeno A., Cruz J., Restrepo, H. & Gómez, E. 1973. Cuadrángulo H-12 Bucaramanga, Planchas 109 Rionegro –120 Bucaramanga Cuadrángulo H-13 Pamplona Planchas 110 Pamplona – 121Cerrito. Instituto Colombiano de Geología y Minería. Ingeominas.
- Weidlich O. 2007. Permian reef and shelf carbonates of the Arabian platform and Neo-Tethys as recorders of climatic and oceanographic changes. *Geological Society, London, Special Publications* 2007, v.275. P 229-253.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre  
Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Weiner S. & Dove P. 2003. An Overview of Biomineralization Processes and the Problem of the Vital Effect. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, Vol. 54 Number 1. P 29.

Yarahmadzahi H. & Vachard D. 2017. The uppermost Carboniferous (Gzhelian)–Lower Permian (Asselian–Sakmarian) stratigraphy and smaller foraminifers of the Ozbak-Kuh region (Tabas Block, east central Iran). *Geological Journal*. 53. P 1–17.

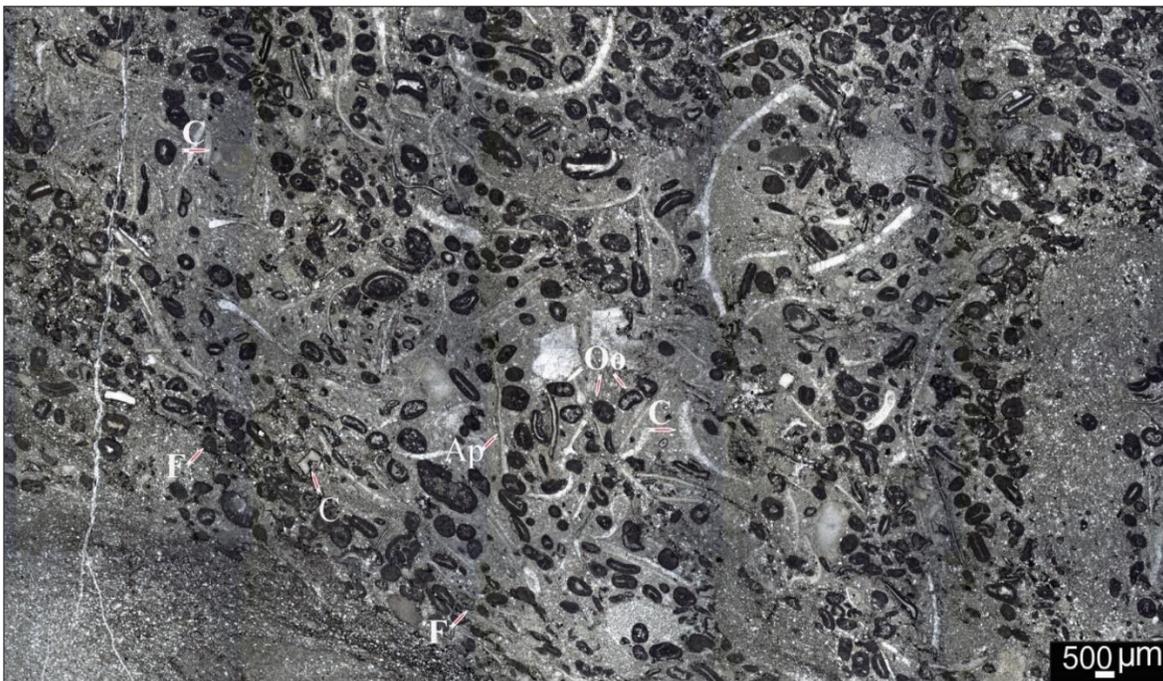
## **A. Anexo: Petrografía**

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA MACARAVITA

### MUESTRA: ML-0

#### Descripción macroscópica

Roca de color gris, compuesta por lodo calcáreo, granos esqueléticos (bioclastos), de coral solitario tipo rugosa, braquiópodos, crinoideos y briozoos; granos no esqueléticos de ooides micríticos ferruginosos, esféricos con cortezas tangenciales y terrígenos tamaño arena muy fina. Moderadamente bioperturbada. Los ooides están alineados paralelamente al plano de estratificación.



Fotomosaico de la sección delgada, donde se observan granos esqueléticos como foraminíferos (F), como núcleos de los ooides, algas filoidales (Ap), fragmentos de braquiópodos y artejos de crinoideos (C). Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
ARMAZÓN					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Foraminíferos	8	3%	Ooides	67	21%
Braquiópodos	2	1%	Peloides	2	1%
Crinoideos	10	3%	Intraclastos	1	0%
Algas	9	3%	Oncoides	-	-
Coral solitario tipo rugosa	7	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	70	22%
Fragmentos indeterminados	15	4%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	51	16%	Microsparita	170	54%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	6	2%
Cuarzo	2	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	176	56%
Óxido de hierro	1	0%	<b>CEMENTO</b>		
-	-	-	Dolomita	16	5%
<b>Subtotal terrígenos</b>	3	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	16	5%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	51
Granos no esquelatales	70
Terrígenos	3
Micrita	0
<b>TOTAL PUNTOS</b>	124

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	51	16%
Ooides	67	22%
Oncoides	-	-
peloides	2	1%
Intraclastos	1	0%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>121</b>	<b>39%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Microesparita	170	54%
Esparita	6	2%
Dolomita	16	5%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>192</b>	<b>61%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Oobiomicrita dispersa de ooides, foraminíferos y algas

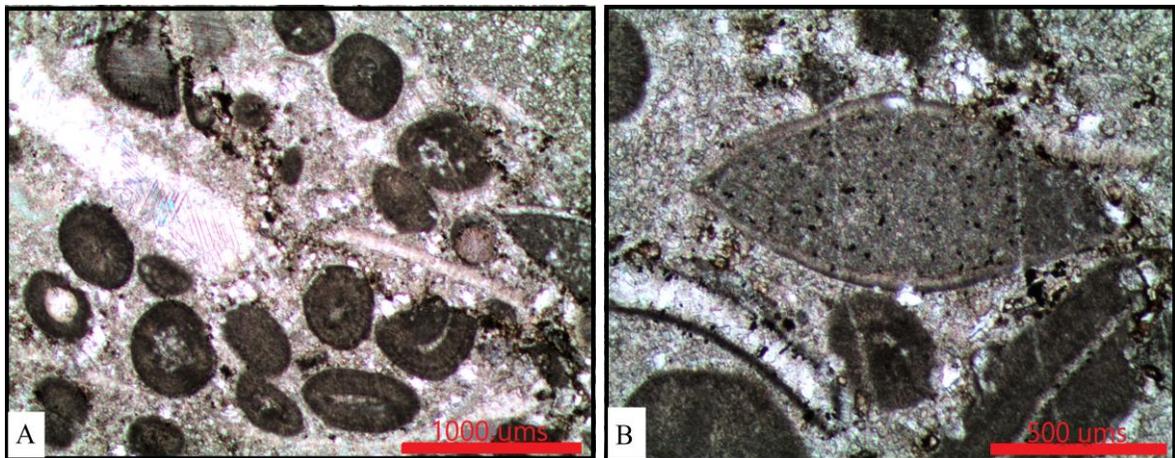
**Dunham (1962):** *Wackestone* de ooides y bioclastos

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

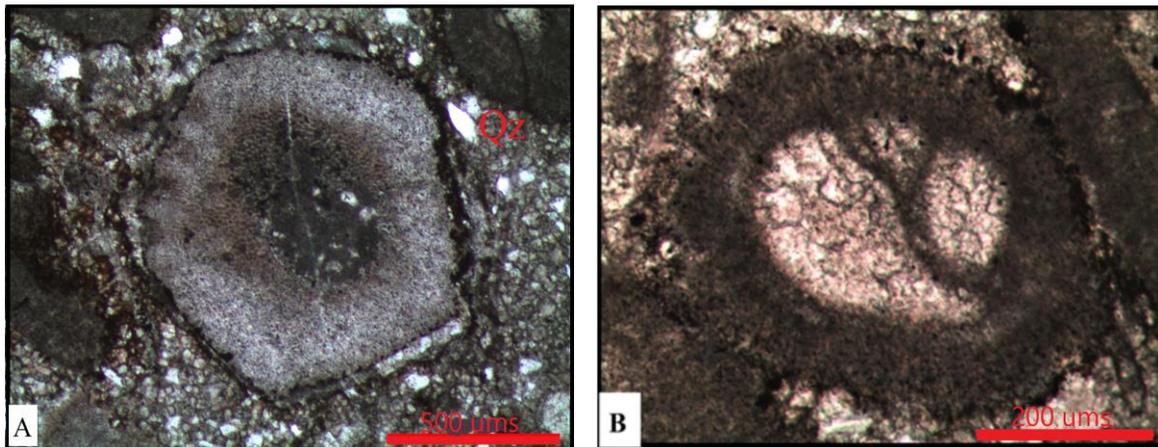
Oobiomicrita dispersa con textura *wackestone* de ooides y bioclastos. Los ooides y bioclastos de tamaño arena gruesa a muy gruesa. Ooides redondeados a subredondeados con estructura tangencial, tanto los ooides como los bioclastos entre un 40% a 50% están rotos, el núcleo de los ooides son granos de fragmentos fósiles, foraminíferos, cuarzo y peloides ricos en óxidos de hierro, rodeados por una corteza o lámina micrítica con óxidos de hierro. De acuerdo con la clasificación de Strasser (1986 en Flügel, 2004), los ooides son de origen tipo 1, micríticos ferruginosos, redondeados con cortezas tangenciales. El desgaste y rotura de los ooides sugiere que fueron transportados y redepositados. Adicionalmente hay contenido de cuarzo tamaño limo medio, angular a subangular.

Bioperturbación: Moderada (grado 3), índice de bioperturbación, después de Tucker (1996).

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y pseudoesparita.



Microfotografía que muestra: **A**, ooides ferruginosos, en buen estado y rotos, evidenciando transporte, **B**, ejemplar de braquiópodo completo. Se observa la matriz de micrita con neomorfismo a microesparita de color marrón verdoso. Nícoles paralelos 2X (A) y 4X (B).

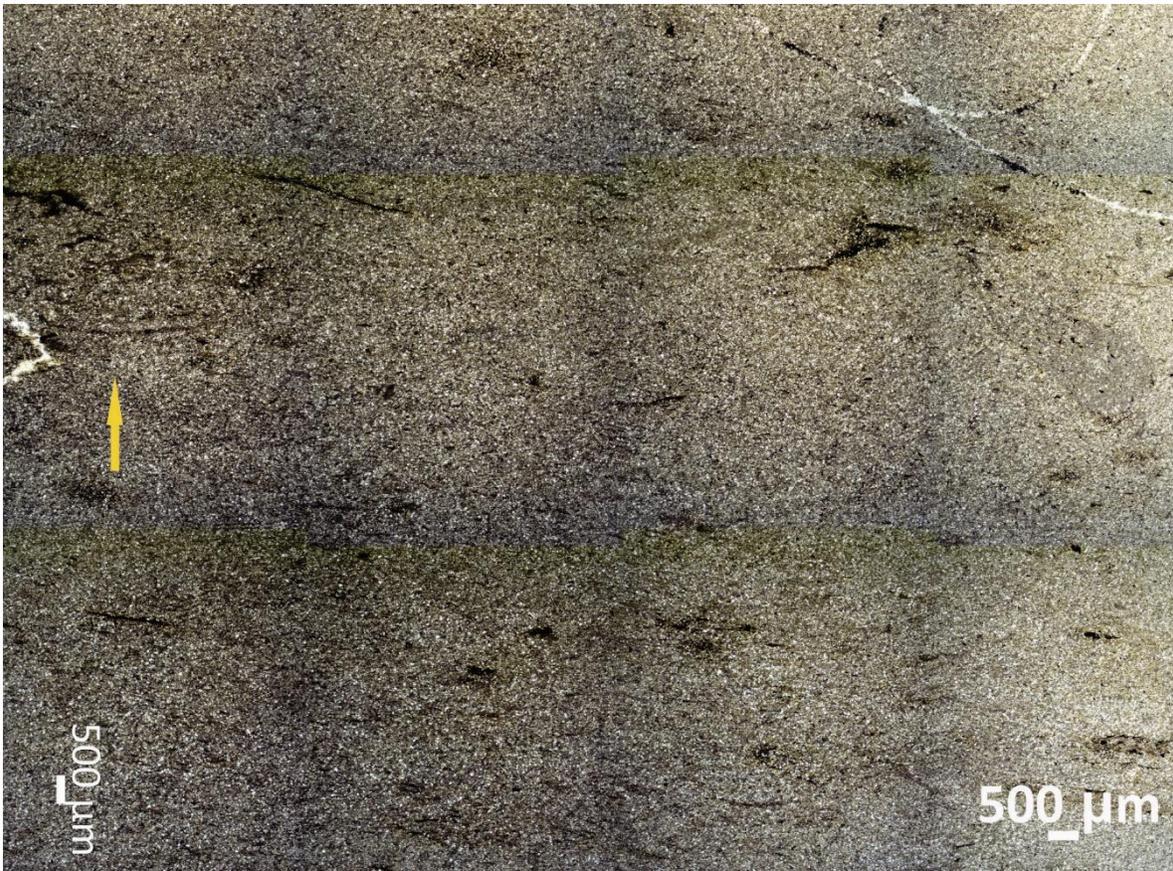


Las imágenes muestran: **A**, artejo de crinoideo y **B**, foraminífero bentónico (*Globivalvulina* sp.), encapsulado (núcleo) de un ooide micritizado. Se observan granos de terrígenos, cuarzo (Qz), tamaño limo a arena muy fina y óxidos de hierro. Nícoles paralelos 4X (A) y 10X (B).

**MUESTRA: ML-I**

**Descripción macroscópica:**

Lodolita gris, constituida por granos terrígenos de tamaño arcilla y limo, intraclastos de lodo calcáreo y materia carbonosa. Presenta laminación muy fina ligeramente ondulada no paralela discontinua, laminación muy fina de óxido de hierro discontinua. Moderadamente bioperturbada.



En el fotomosaico se observa la laminación ondulada no paralela discontinua, muy fina (flecha amarilla), se aprecia además la laminación de óxidos de hierro, discontinua y paralela. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES		
LODO SOPORTADA	PUNTOS	%
Lodo terrígenos	176	57%
Minerales arcillosos	176	57
Limo terrígeno medio a grueso	94	31%
Cuarzo	47	15
Feldespato	12	4
Lítico cuarzo metamórfico	4	1
Muscovita	13	4
Clorita	4	1
Biotita	3	1
Esfena	4	1
Turmalina	4	1
Óxido de hierro	3	1
Materia orgánica	2	1
Micrita	36	12%
TOTAL CONTEO	308	100%

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS SILICICLÁSTICAS	
TERRÍGENOS	88%
Minerales arcillosos	58%
Limo terrígeno	30%
Micrita	12%

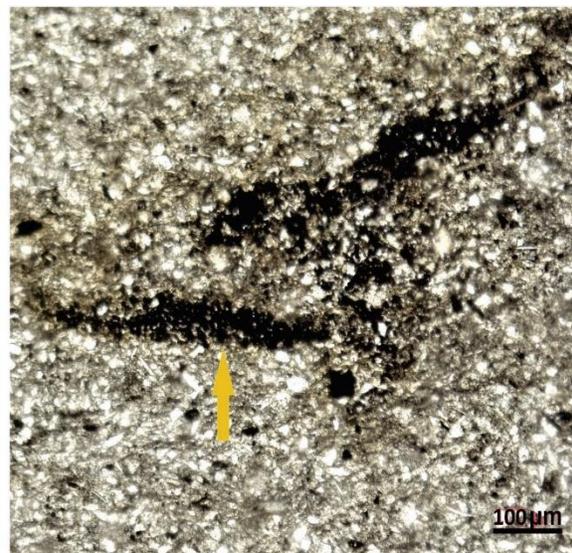
**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1974):** Lodolita

**Pettijhon et al. (1973):** Lodolita

**Mount (1985):** Lodolita micrítica

Lodolita micrítica, soportada por 58% de minerales arcillosos, 30% de granos tamaño limo medio a grueso, (compuesto por cuarzo 16%, feldespato 4%, lítico-cuarzo metamórfico 1%, micas detríticas-muscovita, biotita, clorita 7% y esfena, turmalina 2%) y micrita 12%.



En las imágenes se aprecian los granos de cuarzo tamaño limo medio, angulares a subangulares incluidos en la fracción tamaño arcilla de los minerales arcillosos, con laminación muy fina discontinua de óxido de hierro (flecha ocre), algunos granos de cuarzo están flotando en estas láminas de óxido de hierro, que sugiere que pueden ser láminas de una comunidad bentónica microbial. Nicoles cruzados y paralelos 20X-

## MUESTRA: ML-A

### Descripción macroscópica

Arenita lodosa de grano tamaño arena muy fina, bien seleccionada, gris verdosa, levemente calcárea, laminación muy fina a fina ondulada no paralela, discontinua, de baja a moderadamente bioperturbada (grado 2 a 3), índice de bioperturbación después de Tucker, (1996 en Stow, 2010).



Fotomosaico de la sección delgada ML-A, se observa la laminación muy fina ondulada no paralela discontinua, bioperturbación baja a moderada. Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos, arena muy fina	209	68%
Cuarzo	92	30
Feldespato	49	16
Líticos (Cuarzo metamórfico)	21	7
Muscovita	6	2
Clorita	16	5
Biotita	4	1
Circón	4	1
Turmalina	4	1
Óxido de hierro	7	2
Opacos	6	2
Materia orgánica	6	2%
<b>MATRIZ</b>		
Minerales arcillosos	68	22%
<b>CEMENTO</b>		
Silíceo	15	5%
Calcáreo	8	3%
TOTAL CONTEO	306	100

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS SILICICLÁSTICAS	
TERRÍGENOS, arena muy fina	70%
Cuarzo	40
Feldespato	21
Líticos	9
<b>MATRIZ</b>	<b>30%</b>
Minerales arcillosos	30

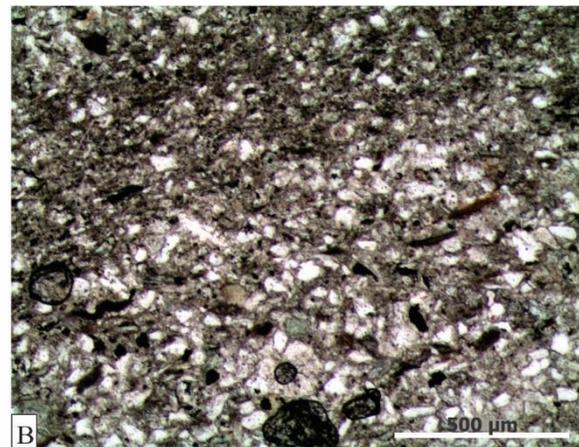
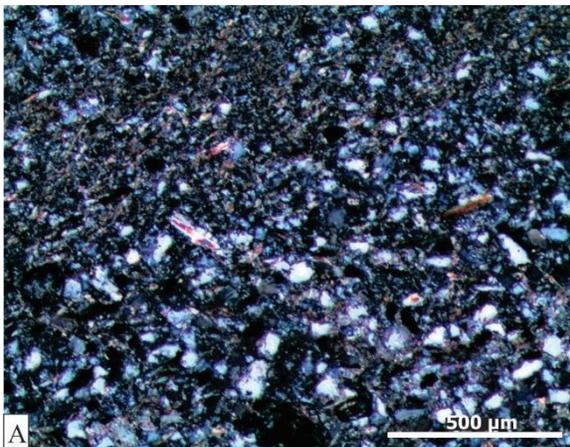
COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	57%
Feldespato	30%
Líticos	13%

### CLASIFICACIÓN

**Folk (1974):** Arenita lodosa (arcosa lítica)

**Pettijhon *et al.* (1973):** Wacka arcosa

Arenita lodosa (arcosa lítica), de grano muy fino, angular a subangular, subesféricos, inmadura, cemento silíceo y como secundario calcáreo, laminación muy fina ondulada no paralela discontinua con moderada bioperturbación. Se observan granos flotando en la matriz, en contacto tangencial, cóncavo-convexo (contacto presión-solución).



Micrografía que muestra los granos angulares a subangulares de cuarzo y feldespato. Se observan muscovita y circón. **A.** nicoles cruzados 4X, **B.** nicoles paralelos 4X.

## MUESTRA ML-1

### Descripción macroscópica:

Roca con fósiles de gastrópodos, fragmentos de conchas fósiles indeterminadas y crinoideos de color gris oscuro con venas rellenas de calcita y óxidos de hierro. Los bioclastos muestran una leve orientación concordante al plano de estratificación.



Micromosaico donde se reconocen algunos fósiles de gastrópodos (G), crinoideos (C) y fragmentos indeterminados rotos. Se observa fracturas rellenas de óxidos de hierro. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica:**

COMPONENTES					
ARMAZÓN					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos fósiles	77	26%	Intraclastos	2	1%
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	2	1%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	77	26%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Micrita	10	3%
Cuarzo	6	2%	Microesparita	147	48%
Óxido de hierro	17	6%	Seudoesparita	25	8%
Silice	15	5%	<b>Subtotal Matriz</b>	182	59%
<b>Subtotal terrígenos</b>	38	13%	<b>CEMENTO</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
			Esparita	4	1%
			<b>Subtotal Cemento</b>	4	1%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	75
Granos no esquelatales	2
Terrígenos	38
Micrita	182
Esparita	4
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>301</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	77	29%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>77</b>	<b>29%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	10	3%
Microesparita	147	56%
Seudoesparita	25	10%
Esparita	4	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>186</b>	<b>71%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>263</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de bioclastos

**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos

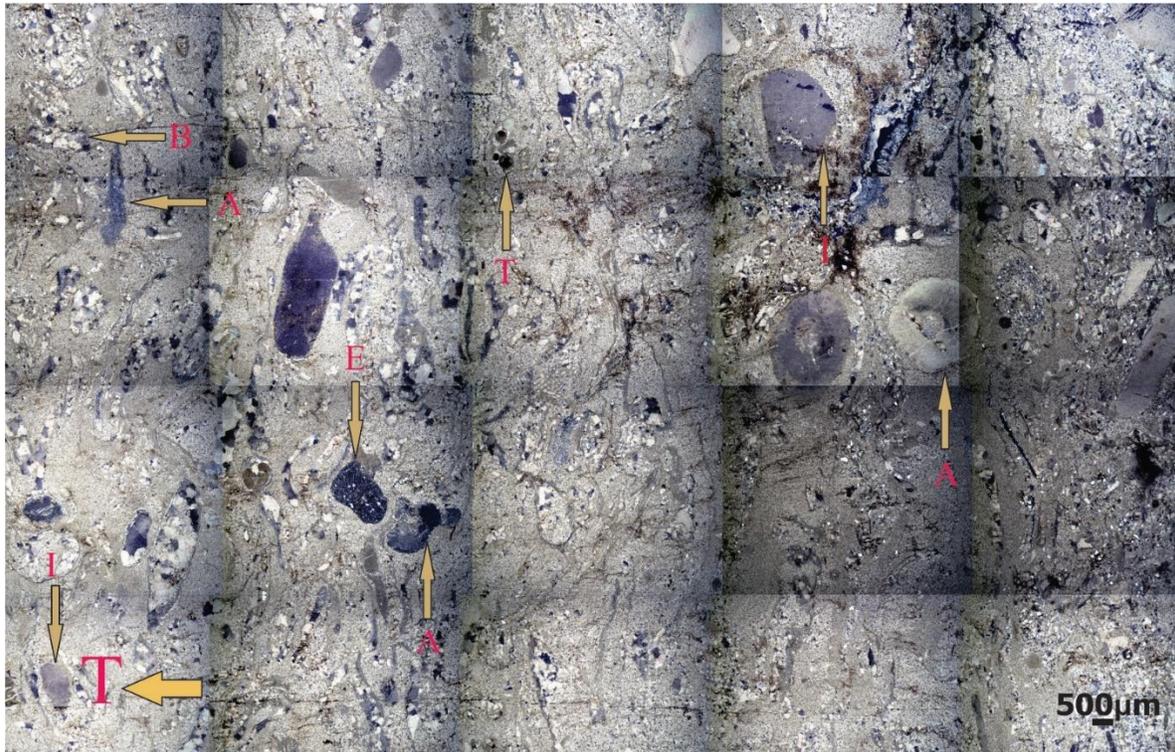
Biomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos, los fragmentos esquelatales están rotos en su mayoría (90%) y recristalizados. Se reconocen gastrópodos y artejos enteros y rotos de crinoideos. Contiene fragmentos de gastrópodos y crinoideos silicificados y cuarzo, tamaño limo medio a grueso, angular a subangular.

Diagénesis: Micrita por neomorfismo se transforma en microesparita y seudoesparita.

## MUESTRA ML-6

Sedimentita gris rojiza con fragmentos esqueléticos de crinoideos, algas y fragmentos rotos no determinados. Los bioclastos muestran una orientación paralela al plano de estratificación.

### Descripción macroscópica:



Fotomosaico donde se observa la orientación de los bioclastos concordante al plano de estratificación (flecha roja T, indica el techo de la placa). Principalmente bioclastos de algas (A), se identifican, comparables con “*Tubiphytes*” (Maslo 1956) (T), intraclastos (I), crinoideos o alga (C) y extraclastos (E). Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>ARMAZÓN</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Algas	36	12	Intraclastos	7	2
Espículas de braquiópodos	7	2	-	-	-
Artejos de crinoideos	7	2	-	-	-
Briozoos	6	2	-	-	-
Fragmentos indeterminados	18	6	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	7	2%
-	-	-	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	74	24%	Micrita	8	3
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Microesparita	171	55
Cuarzo	4	1	Seudoesparita	35	11
Óxido de hierro	1	0	<b>Subtotal Matriz</b>	214	69%
Silice	2	1	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	7	2%	Dolomita	8	3
			<b>Subtotal Cemento</b>	8	3%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esqueléticos o bioclastos	74
Granos no esqueléticos	7
Terrígenos	7
Micrita	222
Esparita	-
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>310</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	74	25%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	7	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>81</b>	<b>27%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	8	3%
Microesparita	171	55%
Seudoesparita	35	12%
Dolomita	8	3%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>222</b>	<b>73%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>303</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de algas

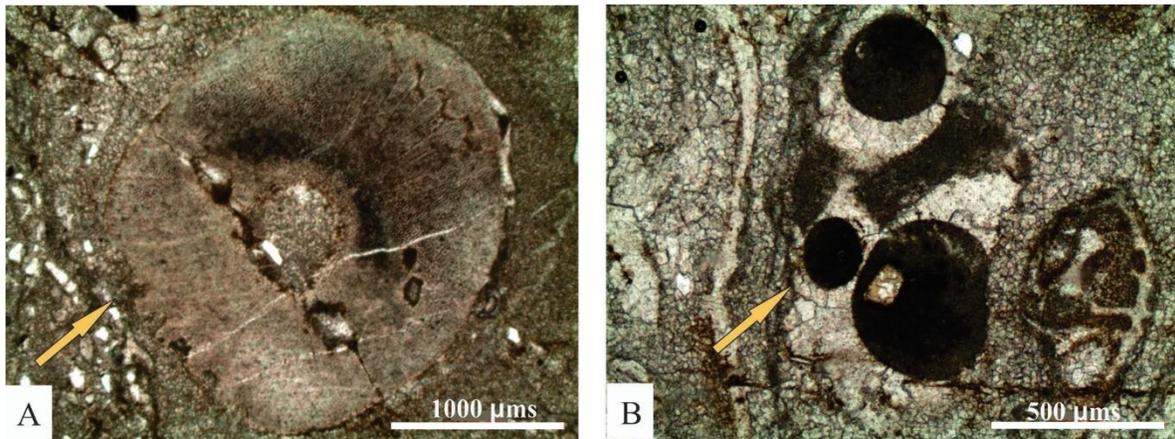
**Dunham (1962):** Wackestone de algas

**Embry & Klovan (1971):** Floatstone de algas

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Biomicrota dispersa con textura *wackestone*, localmente *floatstone* de algas. Los granos esqueléticos en más del 90% están rotos y recristalizados. Los fragmentos esqueléticos se encuentran en material intergranular de micrita con neomorfismo a microesparita y pseudosparita, además dolomita con textura planar-e, (Clasificación textural de Sibley & Gregg 1987). Los bioclastos más representativos son las algas, algunas bien conservadas, donde se reconocen “*Tubiphytes*” y algas dasicladaceas, además briozoos del Orden Trepostomata, intraclastos y extraclastos.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y pseudosparita y dolomita con textura planar-e, (Clasificación textural de Sibley & Gregg 1987)

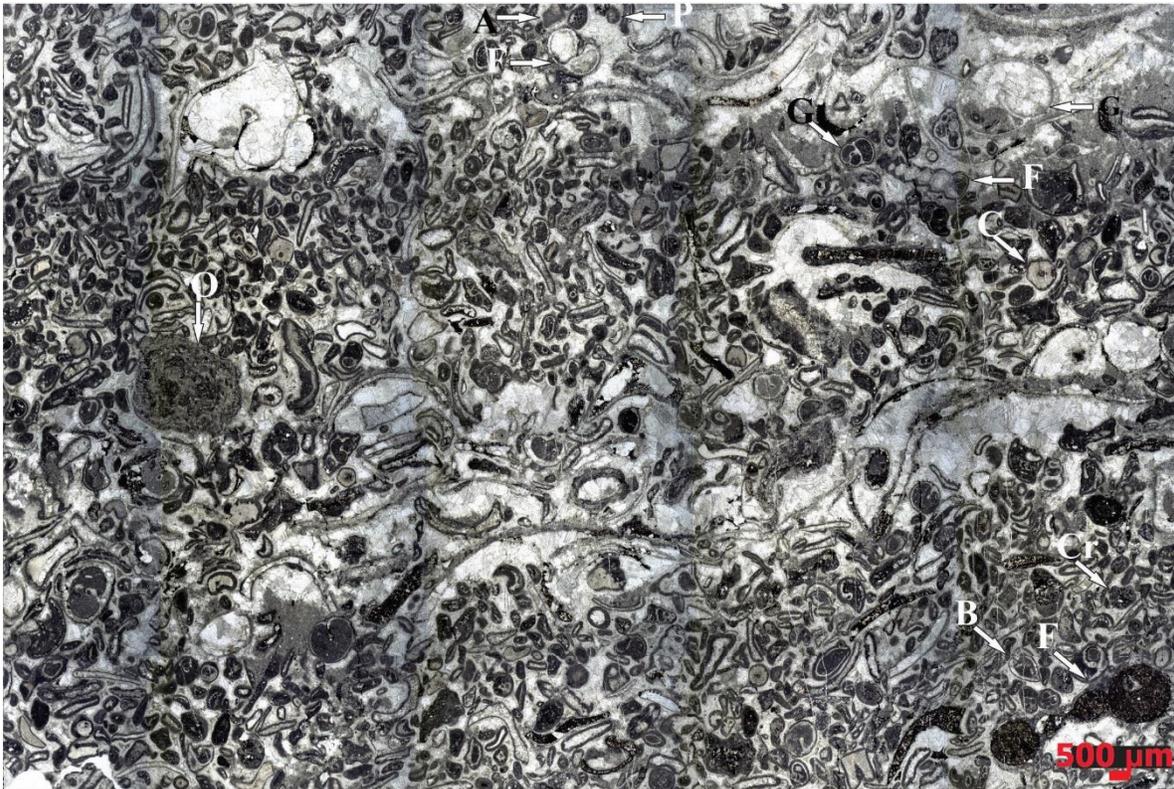


Fotomicrografía donde se observa: A, alga o crinoideo? B, “*Tubiphytes*”. Nícoles paralelos 2X y 4X.

## MUESTRA ML-7<sub>1</sub>

### Descripción macroscópica

Roca grano soportada, gris. El armazón está compuesto por granos esqueléticos como fósiles completos e incompletos de braquiópodos, gastrópodos, crinoideos y no esqueléticos como ooides, oncoides e intraclastos.



Fotomicrografía donde se identifican bioclastos de foraminíferos (F), bivalvos (B), crinoideos (C), gastrópodos (G), calciesfera (Cs) y coral tipo rugosa (Cr) y granos no esqueléticos de oncoides de *Girvanella* (O), ooides (Oo) y peloides (P). Se aprecia una laminación mediana a gruesa de bioclastos por granulometría. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Artejos de crinoideos	10	3%	Ooides	53	14%
Gastrópodos	13	3%	Oncoides	43	10%
Foraminíferos	7	2%	Peloides	15	4%
Algas	15	4%	Intraclastos	14	4%
Fragmentos indeterminados	70	18%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	125	32%
-	-	-	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	115	30%	Micrita	8	2%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Microesparita	8	2%
Cuarzo	2	1%	Seudoesparita	4	1%
Óxido de hierro	5	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	20	5%
-	-	-	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	7	2%	Esparita	118	31%
			<b>Subtotal Cemento</b>	118	31%

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	115	30%
Ooides	53	14%
Oncoides	43	11%
peloides	15	4%
Intraclastos	14	4%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>240</b>	<b>63%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	8	2%
Microesparita	8	2%
Seudoesparita	4	1%
Esparita	118	32%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>138</b>	<b>37%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

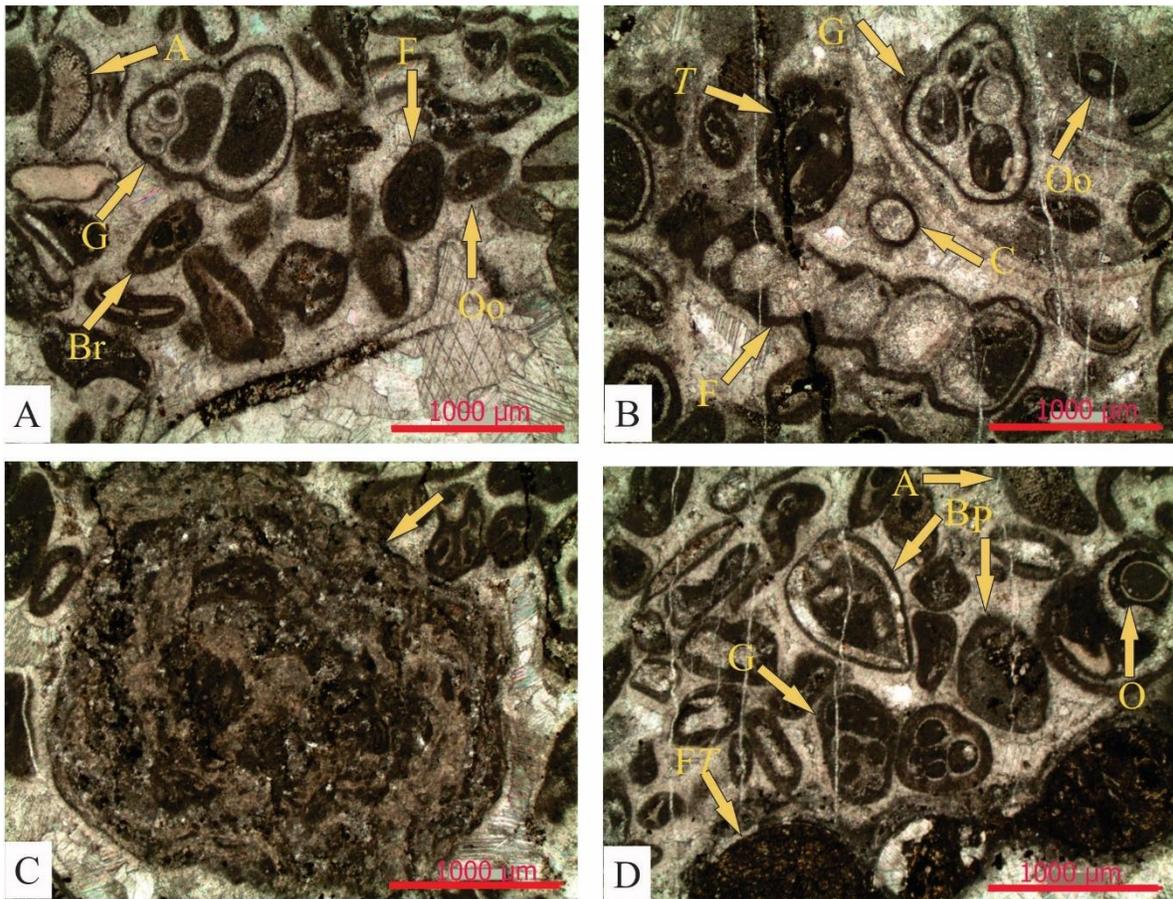
**Folk (1962):** Bioooesparita seleccionada de algas y gastrópodos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de bioclastos y ooides

**Embry & Klovan (1971):** *Floatstone* de bioclastos y ooides

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Biooosparita seleccionada con textura *grainstone*, localmente *floatstone* de bioclastos ooides. Los granos esqueléticos y no esqueléticos constituyen el armazón de la roca, unidos por cemento de esparita, los granos son subredondeados a redondeados, flotando o en contacto tangencial y tienen una película de micrita que los recubre o están parcial o completamente micritizados. Los granos más representativos son los ooides y bioclastos. Los ooides son de origen tipo 1, micríticos redondeados con cortezas tangenciales, el núcleo son microfósiles de gastrópodo, foraminífero, pero por lo general son fragmentos esqueléticos indeterminados y los bioclastos reconocidos son gastrópodos, foraminíferos, algas, braquiópodos, crinoideos, calciesferas, espículas de equinodermos, ostrácodos y bivalvos, algunos de los ooides se han micritizados.



En las micrografías se observan los constituyentes fósiles reconocidos y en la mayoría de estos, recubierto con una película de micrita (M). En **A**, se aprecian gastrópodos (G), fragmentos de briozoos (Br), crinoideos (C), ooides (Oo), **B**, foraminíferos (F) de la familia Nodosinellidae, calciesferas (C), gastrópodos (G), algas (T) (“*Tubiphytes*?”), fragmentos microproblemático y ooides (O), la imagen **C**, corresponde a un oncoide de *Girvanella* y **D**, con microfósiles de bivalvos (B), gastrópodos (G), ostracodos (O), foraminíferos “*Tuberitina*” (FT) e intraclastos (I). Nícoles paralelos 2X.

## MUESTRA ML-9

### Descripción macroscópica:

Arenita lodosa de grano fino, compuesta por cuarzo, feldespato y micas detríticas, fósiles completos e incompletos de braquiópodos y crinoideos orientados paralelamente a los planos de estratificación cemento calcáreo y escasa bioperturbación (grado 1).



El Fotomicromosaico de la sección delgada muestra los bioclastos (B) paralelos al plano de estratificación de la roca. Se observan foraminíferos (F), algas (A), crinoideos (C). Nicoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción microscópica**

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos arena fina	175	50%
Cuarzo	101	29
Feldespato	37	11
Líticos (Cuarzo metamórfico)	12	3
Micas (muscovita, biotita y clorita)	11	3
Circón y Turmalina	8	2
Opacos	6	1
ALOQUÍMICOS		
Granos esquelatales o bioclastos	33	10%
Materia orgánica	4	1%
MATRIZ		
Minerales arcillosos	33	10%
Microsparita	52	15%
Seudoeparita	24	7%
CEMENTO		
Siliceo con óxido de hierro	24	7%
TOTAL CONTEO	345	100

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS MIXTAS	
TERRÍGENOS, arena fina	52%
Cuarzo	35
Feldespato	13
Líticos	4
MATRIZ	
Minerales arcillosos	11%
ALOQUÍMICOS	
Granos esquelatales-bioclastos	11%
MATRIZ	
Micrita	26%

COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	67%
Feldespato	25%
Líticos metamórficos	8%

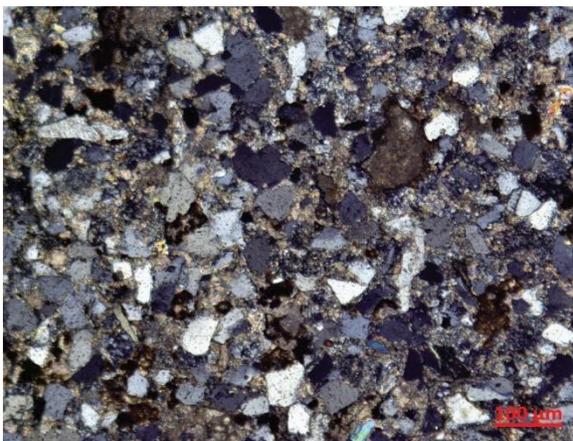
**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1974):** Arenita lodosa (arcosa)

**Pettijhon et al. (1973):** Wacka arcosa

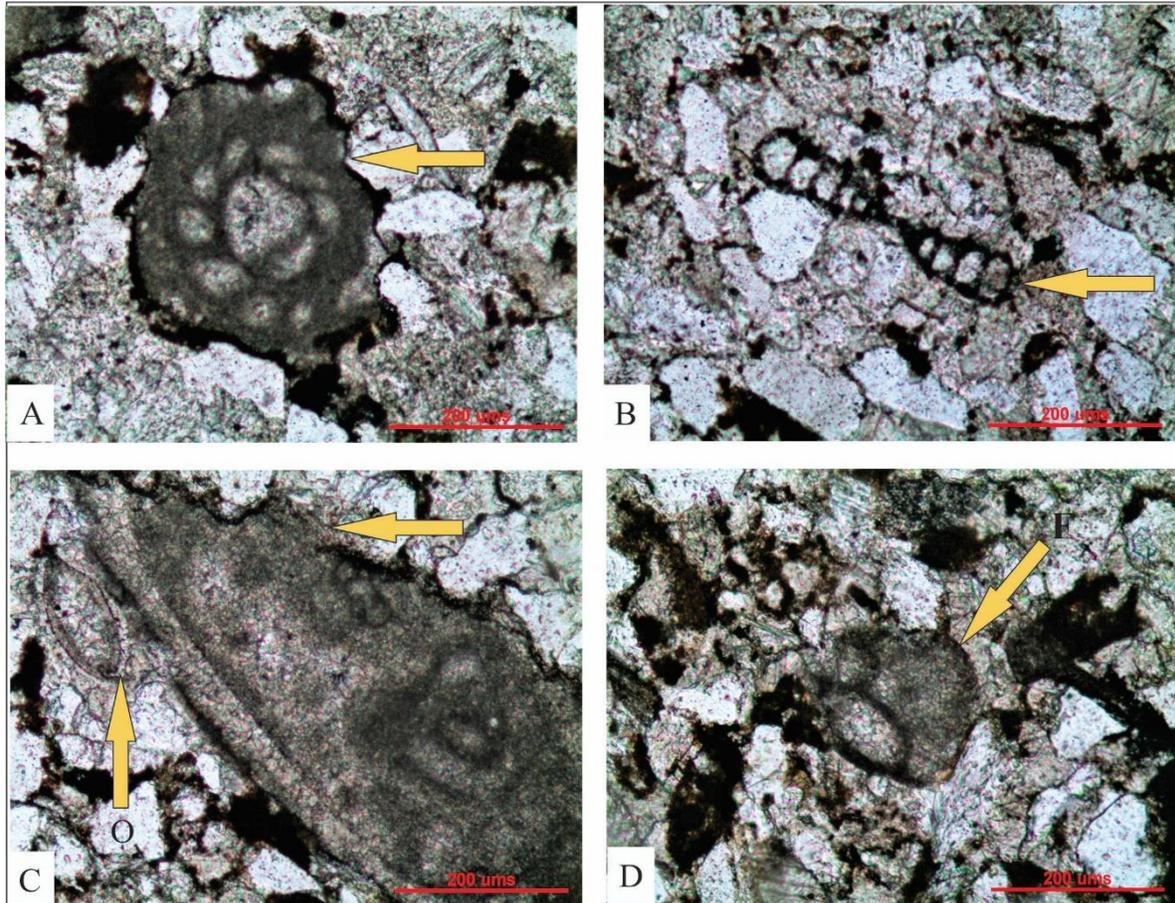
**Mount (1985):** Arenita micrítica con bioclastos

Arenita lodosa (arcosa) de grano fino, subangulares a subredondeados, subesféricos a subelongados, inmaduras, cemento silicio con óxido de hierro, contacto entre los granos flotante, tangencial, longitudinal y concavoconvexo. Con contenido de micrita y bioclastos, representados por fósiles completos e incompletos de foraminíferos, valvas de braquiópodos, algas, crinoideos, briozoos, ostrácodos y trilobites.



En las micrografías se observan las características texturales de la roca, granos subangulares a subredondeados, subesféricos a subelongados y los tipos de contactos entre los granos, bioclasto (B). Nicoles cruzados 10X y nicoles paralelos 20X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



En las microfotografías se contemplan los microfósiles desgastados y rotos presentes en la sección delgada de la roca: **A**, Fusulinido, **B**, Foraminífero bentónico, **C**, ostrácodo (O) y fragmento fósil y **D**, Foraminífero Endothyridae? (Br). Nícoles paralelos 10X.

## MUESTRA ML-10a

### Descripción macroscópica:

Micrita de color gris de aspecto homogéneo con algunos fragmentos fósiles.



Fotomosaico donde se observan fragmentos fósiles, valvas desarticuladas, terrígenos tamaño limo grueso, laminación muy fina discontinua de óxidos de hierro paralelos al plano de estratificación. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos fósiles (valvas)	1	0%	-	-	-
Fragmentos indeterminados	2	1%	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	-	-
-	-	-	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	3	1%	Micrita	120	40%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	microsparita	165	44%
Cuarzo	6	2%	Dolomita	2	1%
Óxido de hierro	3	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	287	95%
Materia Orgánica	3	1%			
<b>Subtotal terrígenos</b>	12	4%			

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	3
Granos no esquelatales	0
Terrígenos	12
Micrita	287
	-
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>302</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUIMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	0.397351	0%
Ooides	-	-
Oncooides	-	-
peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>0.397351</b>	<b>0%</b>
<b>ORTOQUIMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	120	42%
Microsparita	165	57%
Dolomita	2	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>287</b>	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>287</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

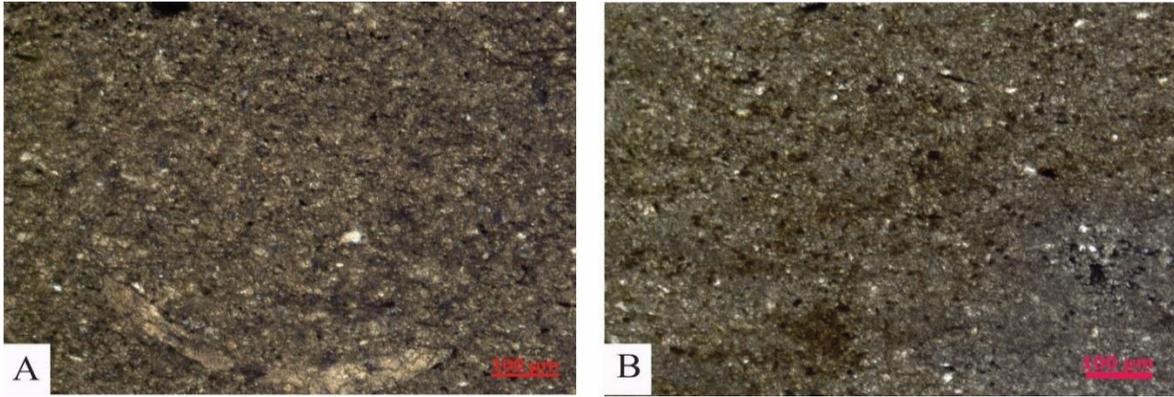
**Folk (1962):** Micrita Fosilífera

**Dunham (1962):** *Mudstone*

Micrita fosilífera con textura *mudstone*. Los bioclasto rotos y contenido de cuarzo, muscovita, materia orgánica y óxidos de hierro diseminado.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microsparita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

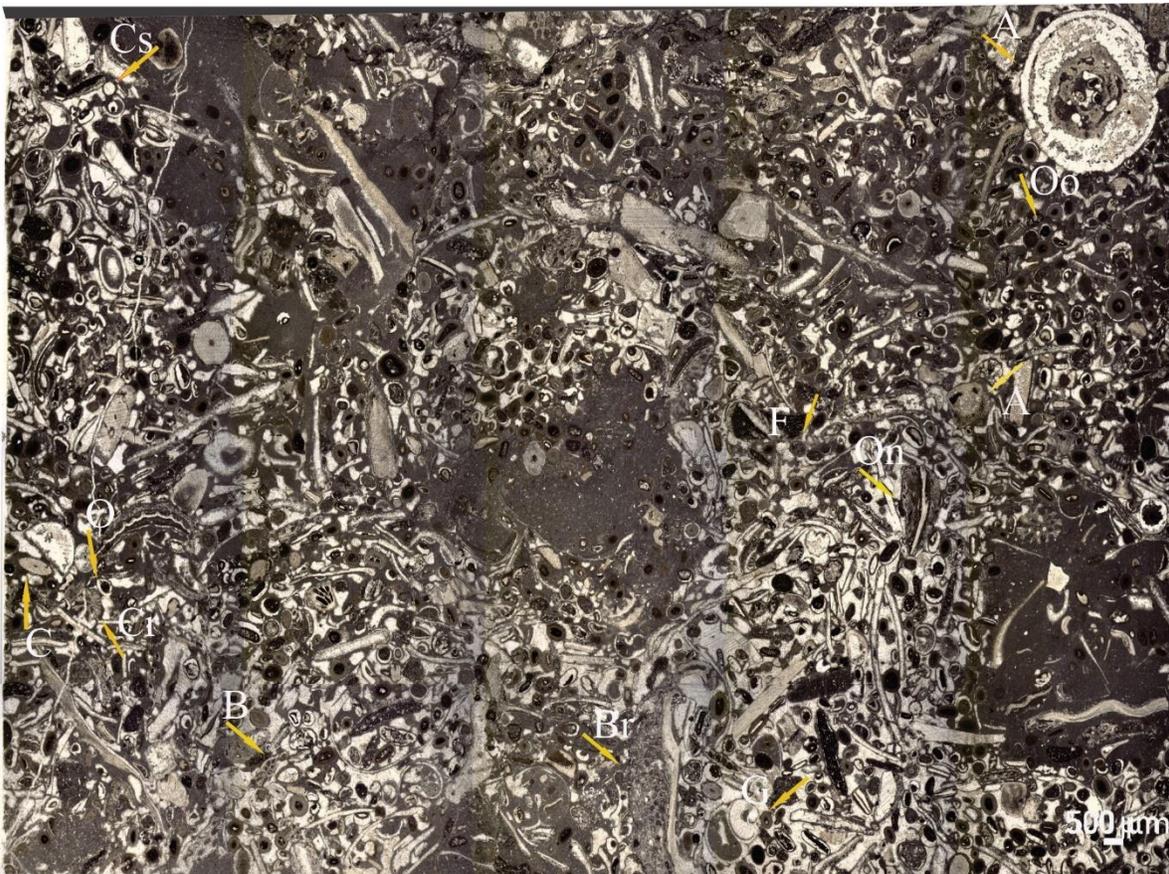


En la microfotografía **A**, se aprecia fragmento de fósil, valva desarticulada y cuarzo, tamaño limo medio a grueso angular a subangular, **B**, se observan óxidos de hierro diseminados. Nicoles paralelos 20X.

## MUESTRA ML-14

### Descripción macroscópica:

Roca grano soportada de color rojo, compuesta por ooides, bioclastos indeterminados, bivalvos, crinoideos y braquiópodos. Moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4).



Fotomosaico de la sección delgada donde se observa la diversidad de granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca grano soportada y la bioperturbación. Un efecto de la bioperturbación es la inversión textural (sensu Folk, 1974, pg. 103). Algas (A), oncoideos (On), foraminíferos (F), briozoos (Br), gastropodos (G), bivalvos (B), crinoideos (C), ostrácodos (O) y coral solitario tipo rugosa (Cr). Nícoles paralelos 2X.

## Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	39	13%	Ooides	78	26%
Algas	13	4%	Oncoides	6	2%
Artejos de crinoideos	7	2%	Peloides	-	-
Briozoos	4	1%	Intraclastos	15	5%
Coral tipo rugosa	3	1%	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	99	33%
Bivalvos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Ostrácodos	2	1%	Micrita	45	15%
Foraminíferos	2	1%	Microesparita	9	3%
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	72	24%	Seudoesparita	6	2%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	60	20%
-	-	-	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	-	-	Esparita	69	23%
			<b>Subtotal Cemento</b>	69	23%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esqueléticos o bioclastos	72
Granos no esqueléticos	99
Terrígenos	-
Micrita	60
Esparita	69
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>300</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	72	24%
Ooides	78	26%
Oncoides	6	2%
Peloides	-	-
Intraclastos	15	5%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>171</b>	<b>57%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	60	20%
Esparita	69	23%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>129</b>	<b>43%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

## CLASIFICACIÓN

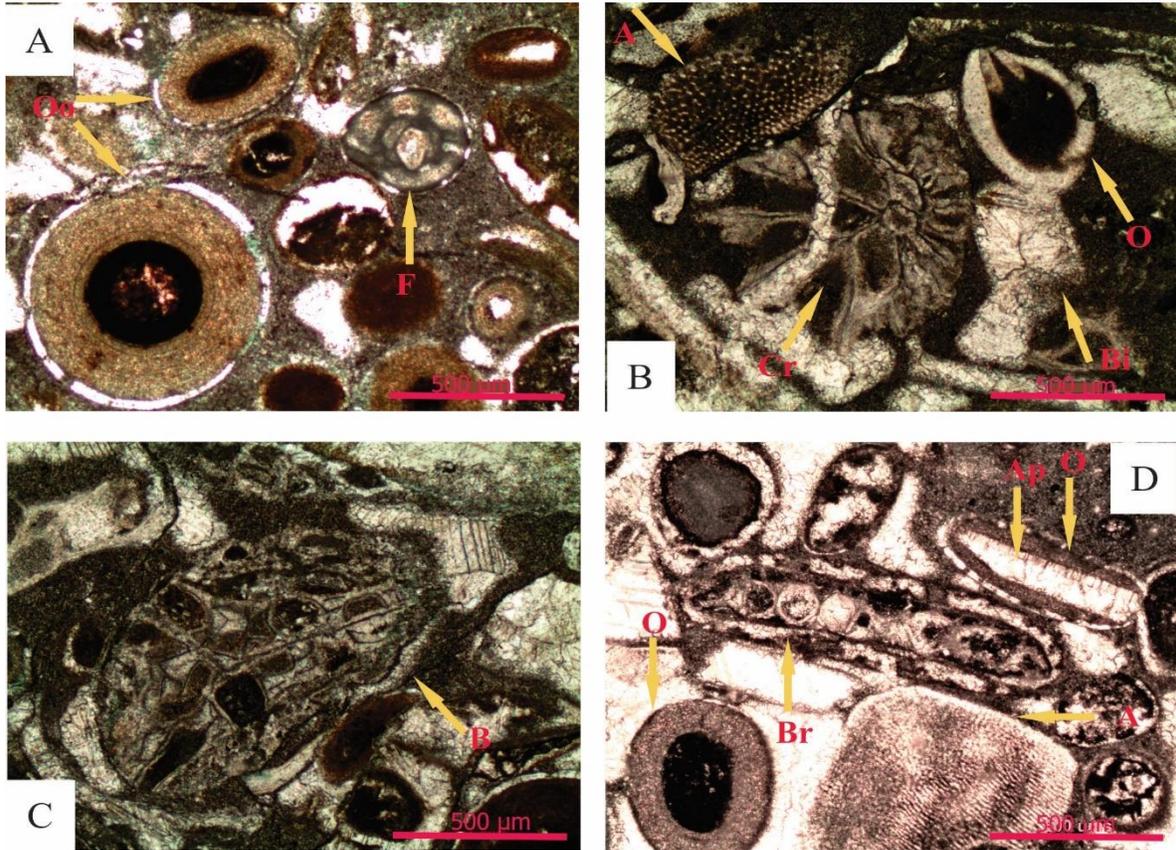
**Folk (1962):** Oobioesparita escasamente lavada (*poorly washed*) de algas

**Dunham (1962):** *Packstone* de ooides y bioclastos

Oobioesparita escasamente lavada con textura *packstone* de ooides y bioclastos. La textura *packstone* está restringida a sectores con inversión textural por bioperturbación, ya que en la sección delgada hay zonas de textura *grainstone* que no han sido bioperturbadas. Los ooides son de origen tipo 1, redondeados, tamaño arena media a gruesa con estructura tangencial, núcleo de bioclastos indiferenciados, foraminíferos, algas y peloides ricos en óxido de hierro, rodeados por una corteza o láminas micríticas con óxido de hierro. Los bioclastos están representados por fragmentos de braquiópodos, algas, crinoideos, foraminíferos, briozoos del Orden Cyclostomida y Trepostomida, corales solitarios tipo rugosa, ostrácodos, foraminíferos fusulinidos, calciesferas y bivalvos. Los oncoides son de tipo C, caracterizados por láminas concéntricas de acuerdo con la subdivisión descriptiva de oncoides laminados (Logan *et al.*, 1964).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Bioperturbación: Inversión textural por bioperturbación, la cual varía de moderada a alta (grado 3 a 4).



En las micrografías se observan: **A**; Ooides (Oo) donde muestra la estructura tangencial y núcleo de peloide rico en óxido de hierro, y foraminífero bentónico fusulinido; **B**, alga (A), ostrácodo (O), coral solitario tipo rugosa (Cr) y bioclasto indeterminado (B), **C**, briozoo (Br) del Orden Trepostomida; **D**, briozoo (Br), algas (A), oncoide (O), núcleo del oncoide probablemente algas filoidales. Nicoles paralelos 10X.



La imagen muestra: algas (A), fragmento de briozoos (Br) del Orden Cyclostomida y ooides (Oo). Nicoles paralelos 2X.

## MUESTRA ML- 19a

### Descripción Macroscópica

Arenita gris verdosa de grano muy fino, bien calibrada, compuesta por granos de cuarzo, feldespato, micas detríticas y contenido de óxido de hierro en forma de motas o gránulos. Laminación ondulada no paralela discontinua, moderada a altamente bioperturbada.



Fotomosaico de la sección delgada donde se observa los gránulos de óxido de hierro (puntos negros) dándole a la roca una apariencia pecosa. Muestra una tenue laminación muy fina, ondulada discontinua. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos, arena muy fino	244	80
Cuarzo	154	50
Feldespato	34	11
Líticos metamórfico	17	6
Micas detríticas	11	4
Muscovita		
Biotita		
Clorita		
Circón, Turmalina y granate	11	3
Opacos	9	3
Oxidos de hierro	8	3
<b>MATRIZ</b>		
Minerales arcillosos	25	8
<b>CEMENTO</b>		
Silíceo con óxido de hierro	36	12
<b>TOTAL CONTEO</b>	<b>305</b>	<b>100</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS TERRÍGENAS	
TERRÍGENOS, arena muy fino	77%
Cuarzo	58
Feldespato	13
Líticos metamórficos	6
<b>MATRIZ</b>	
Minerales arcillosos	9%
<b>CEMENTO</b>	
Silíceo con óxido de hierro	14%

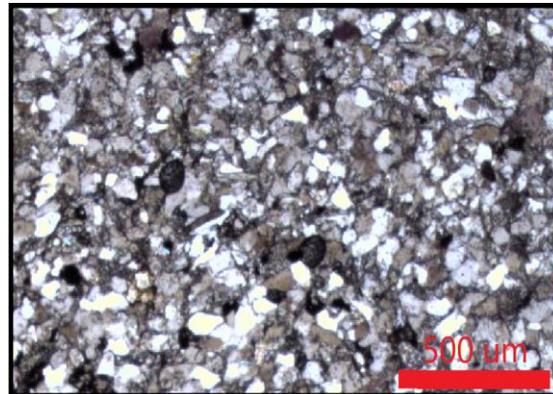
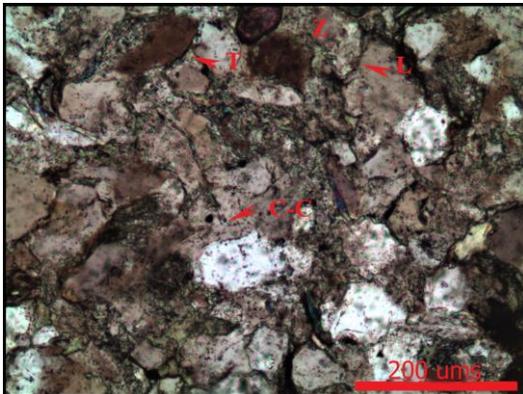
COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	75%
Feldespato	17%
Líticos metamórficos	8%

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1974):** Arenita (arcosa lítica)

**Pettijhon et al. (1973):** Arenita arcósica

Arenita (arcosa lítica) de grano muy fino, angular a subangular, selección moderada a buena, granos subsféricos a elongados; cemento silíceo, laminación muy fina ondulada discontinua, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4).



Micrografía en nicoles cruzados y paralelos de la arenita donde se observa la angularidad y selección de los granos, igualmente el contacto entre los granos, tangencial (T), longitudinal (L) y concavoconvexo (contacto presión-solución) (C-C). Nicoles cruzados y paralelos 10X.

## MUESTRA ML-25

### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada, roja, constituida por ooides, fragmentos de braquiópodos (espiriferidos) y artejos de crinoideos. Se observa laminación, muy delgada a delgada plana no paralela continua.



Micrografía de sección delgada de la roca grano soportada, donde se aprecia la laminación muy delgada a delgada no paralela. Se observan granos esqueléticos con foraminíferos como núcleos de los ooides, briozoos, gastrópodos, placas articuladas de crinoideos y no esqueléticos como ooides, peloides e intraclastos. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	30	9%	Ooides	156	48%
Artejos de crinoideos	10	3%	Oncoides	-	-
Briozoos	5	2%	Peloides	3	1%
Coral tipo rugosa	3	1%	Intraclastos	3	1%
Bivalvos	2	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	162	50%
Ostrácodos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Foraminíferos	3	1%	Micrita	3	1%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	55	18%	Microesparita	5	2%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	6	2%
Cuarzo	3	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	14	5%
Oxido de hierro	3	1%	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	6	2%	Esparita	85	25%
			<b>Subtotal Cemento</b>	85	25%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	55
Granos no esquelatales	162
Terrígenos	6
Micrita	14
Esparita	85
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>322</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	55	18%
Ooides	156	49%
Oncoides	-	-
Peloides	3	1%
Intraclastos	3	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>217</b>	<b>69%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	14	4%
Esparita	85	27%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>99</b>	<b>31%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>316</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Oobioesparita bien seleccionada de crinoideos y briozoos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de ooides y bioclastos

Oobioesparita bien seleccionada con textura *grainstone* de ooides y bioclastos. Los granos no esquelatales y esquelatales constituyen el armazón de la roca, representados por ooides y bioclastos. Los ooides micríticos esféricos con corteza tangencial Tipo 1, redondeados, tamaños de arena fina a gruesa con núcleos de bioclastos indiferenciados, foraminíferos, briozoos, gastrópodos y peloides ricos en óxido de hierro, rodeados por una corteza o lámina micrítica con óxido de hierro. Algunos ooides están completamente micritizados y han perdido su estructura de la corteza radial. Los

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

bioclastos tamaño arena gruesa son subredondeados a redondeados, representados por artejos de crinoideos, fragmentos de valvas rotas, foraminíferos, briozoos, corales coloniales, ostracodos, bivalvos, braquiópodos y algas. El cemento es esparita.

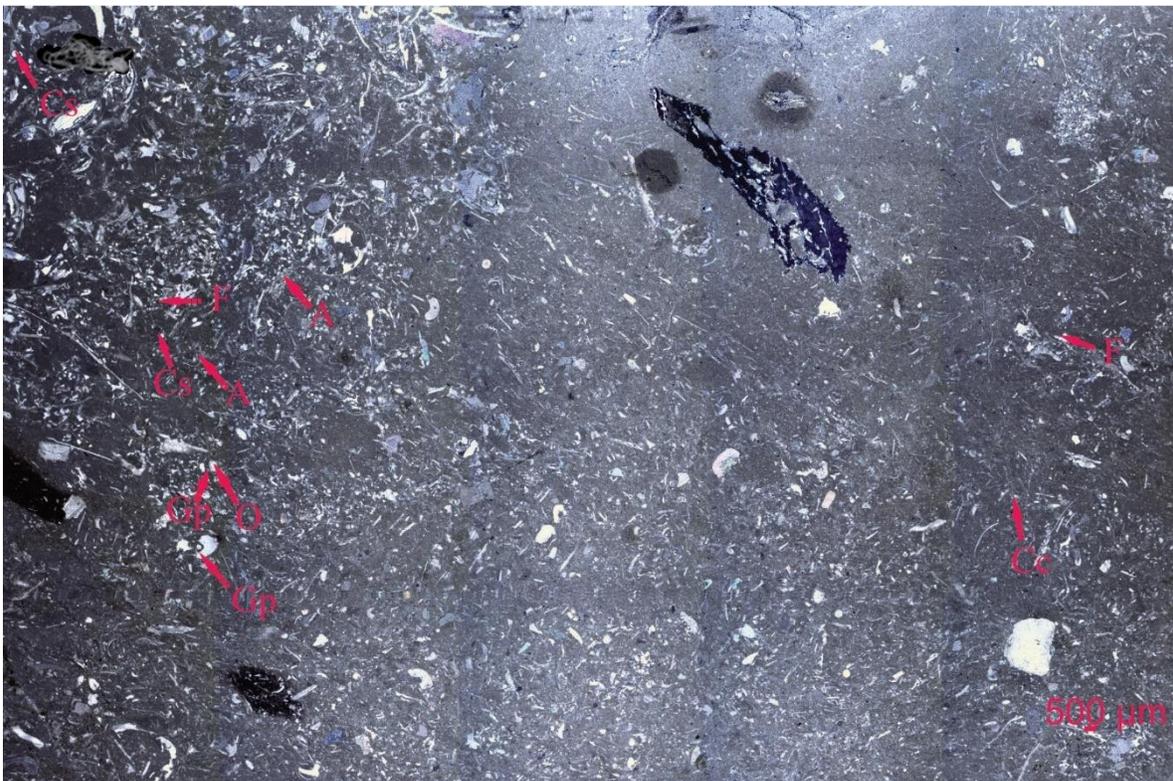


Micrografías mostrando los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca: **A**, foraminíferos (F), ooides (Oo) mostrando la estructura tangencial y algunos micritizados que han perdido esta estructura, ostrácodo (O), crinoideo (C) e intraclastos (I); **B**, briozoo del Orden Trepostomida. Nícoles paralelos 2X.

## MUESTRA ML-26

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada, compuesta por lodo calcáreo, gris claro verdoso y bioclastos de fósiles y rotos, tamaño arena fina a media, con intercalaciones de capas muy delgadas discontinuas de lodolita roja.



Micrografía donde se observa la disposición de los clastos esqueléticos en laminación muy delgada a gruesa, muy tenue y moderadamente bioperturbada (grado 3). Algunos microfósiles presentan estructura geopetal. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	58	19%	Ooides	-	-
Artejos de crinoideos	8	3%	Oncoides	-	-
Espículas de equinodermos	6	2%	Peloides	-	-
Bivalvos	3	1%	Intraclastos	-	-
Ostrácodos	4	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	-	-
Foraminíferos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	<b>81</b>	<b>27%</b>	Micrita	184	61%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Microesparita	10	3%
Cuarzo	6	2%	Seudoesparita	3	1%
Clorita	3	1%	Dolomita	-	-
Oxido de hierro	3	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	<b>197</b>	<b>65%</b>
<b>Subtotal terrígenos</b>	<b>12</b>	<b>4%</b>	<b>CEMENTO</b>		
			Esparita	12	4%
			<b>Subtotal Cemento</b>	<b>12</b>	<b>4%</b>

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	81
Granos no esquelatales	-
Terrígenos	12
Micrita	197
Esparita	12
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>302</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	81	29%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>81</b>	<b>29%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	197	71%
Esparita	0	0%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>197</b>	<b>71%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>278</b>	<b>100%</b>

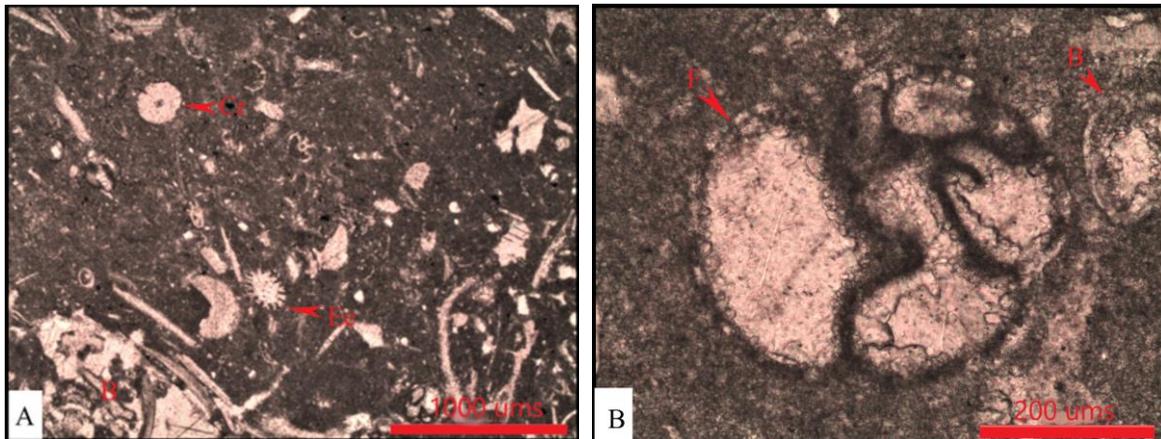
**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de crinoideos

**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos

Biomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos. Los aloquímicos representan el 27% de tamaño arena media, angular a subangular, presentan recristalización a esparita, y algunos silicificados, entre los cuales se reconocen foraminíferos bentónicos, crinoideos, espículas de equinodermos, ostrácodos y briozoos. Los bioclastos por su rotura, desgaste y depositación paralelos a la estratificación reflejan rastros de haber sido transportado y redepositados.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

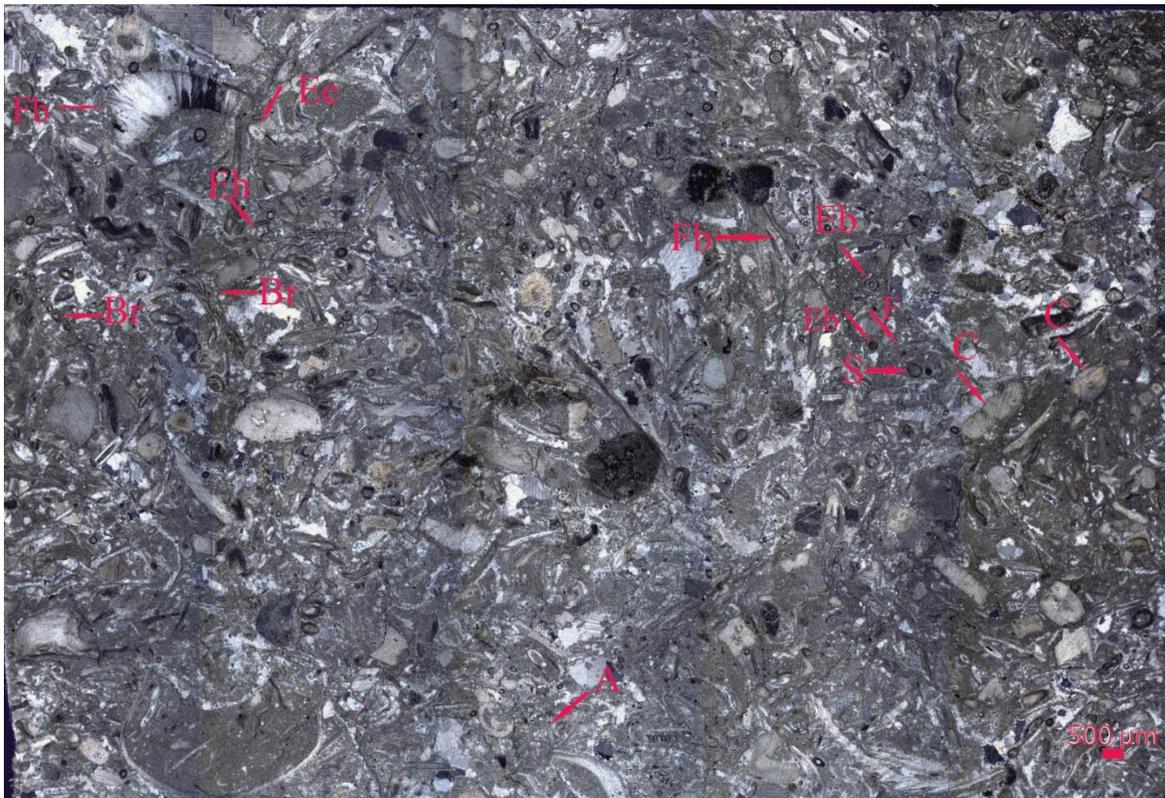


Micrografía que muestra los granos esqueléticos de esta roca, **A**, crinoideos (C), espículas de equinodermos (Ee) y bioclastos indeterminados (B), **B**, foraminífero bentónico *Globivalvulina* sp. y bivalvo (B).

## MUESTRA ML-29

### Descripción macroscópica

Roca grano soportada de color gris, gris verdoso y café claro rojizo. Compuesta por granos esqueléticos de braquiópodos, crinoideos y bivalvos.



La micrografía muestra la disposición de los granos esqueléticos, mal seleccionados, los bioclastos están flotando o en contacto tangencial, afectada por una moderada a alta bioperturbación (grado 3 a 4). Los bioclastos están representados por fragmentos de braquiópodos (Fb), crinoideos (C), espículas de braquiópodos (Eb), tubos de serpulidos, escleritos de holoturias (Eh), briozoos (Br) y foraminíferos bentónicos. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos de braquiópodos	96	28%	Ooides	-	-
Artejos de crinoideos	38	11%	Oncoides	-	-
Espículas de equinodermos	20	6%	Peloides	-	-
Tubos de serpúlidos	14	4%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	-	-
Esclerito de holoturia	12	4%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Algas	4	1%	Micrita	52	15%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	<b>184</b>	<b>54%</b>	Microesparita	65	19%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	20	6%
Cuarzo	4	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	<b>137</b>	<b>40%</b>
Clorita	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	-	-	Esparita	15	5%
<b>Subtotal terrígenos</b>	<b>4</b>	<b>1%</b>	<b>Subtotal Cemento</b>	<b>15</b>	<b>5%</b>

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	184
Granos no esquelatales	-
Terrígenos	4
Micrita	137
Esparita	15
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>340</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	184	55%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>184</b>	<b>55%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	137	41%
Esparita	15	4%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>152</b>	<b>45%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>336</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita empaquetada de crinoideos

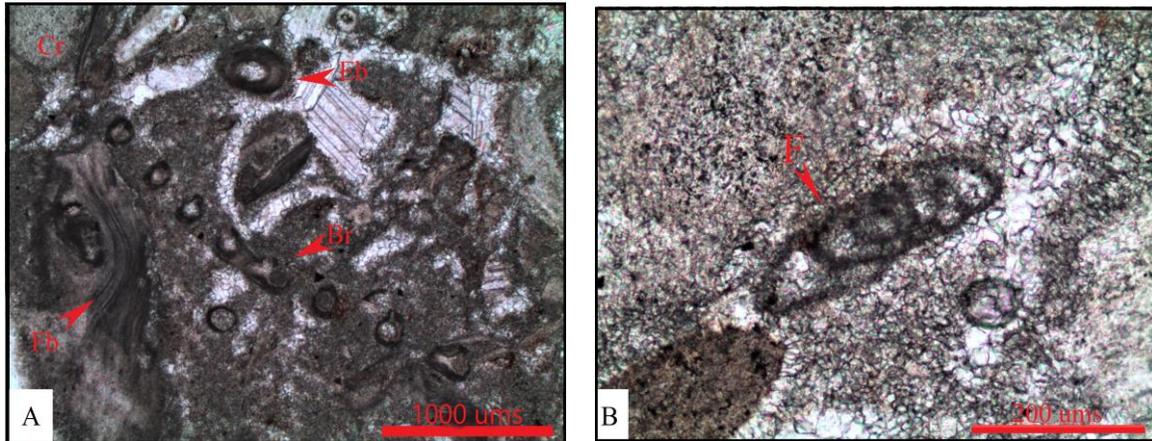
**Dunham (1962):** *Packstone* de bioclastos

Biomicrita empaquetada de crinoideos con textura *packstone* de bioclastos, los granos esquelatales de tamaño arena media a muy gruesa, subangulares a redondeados, flotando o en contacto tangencial en micrítica. Los granos esquelatales reconocidos, fragmentos de braquiópodos, crinoideos, espículas de equinodermos, tubos de serpúlidos, escleritos de holoturia y algas.

Bioperturbación: Moderada a alta (grado 3 a 4).

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y pseudoesparita

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

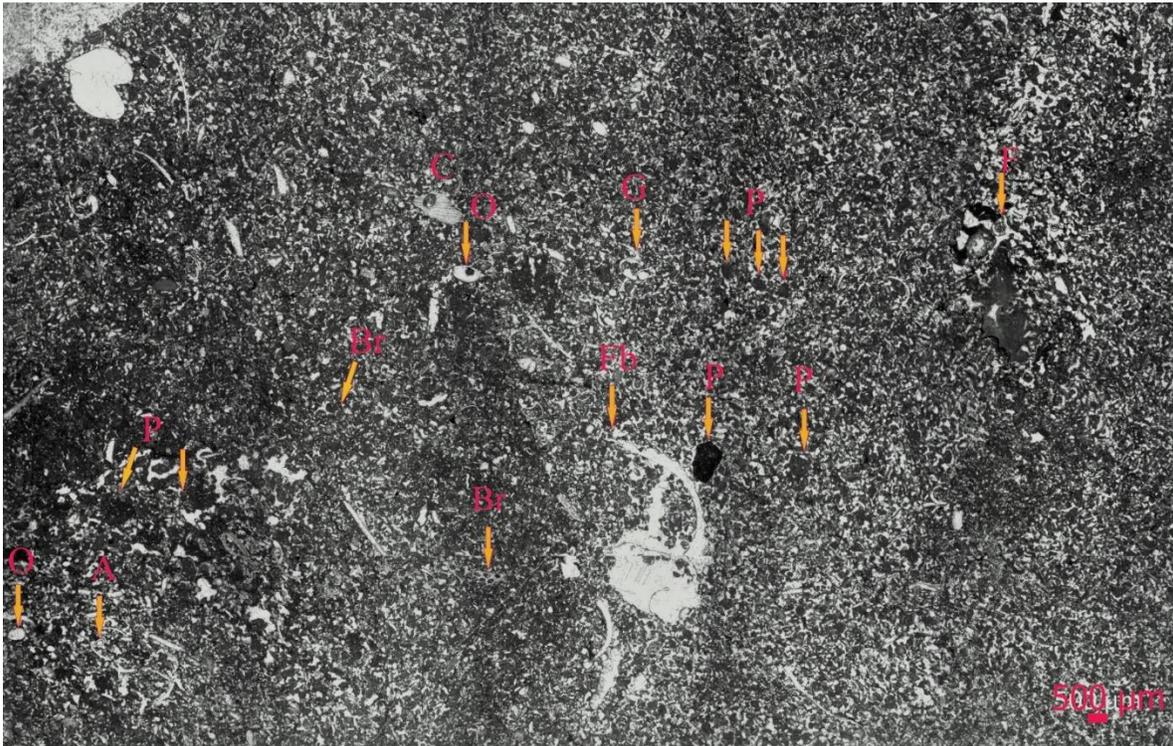


Micrografía de los granos esqueléticos que conforman esta roca en **A**, fragmento de braquiópodo (Fb), espícula de braquiópodo (Eb), crinoideo (Cr) y briozoo fenestrados (Br), **B**, foraminífero bentónico (F) se observa el neomorfismo de la micrita a microesparita y seudoesparita. Nícoles paralelos 2X y 10X.

## MUESTRA ML-31

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportado gris claro rojiza, conformada por granos esqueléticos como fragmentos de braquiópodos, gastrópodos, crinoideos y no esqueléticos como peloides, en una matriz fino granular calcárea. Moderada a altamente bioperturbada.



Micromosaico donde se exhibe la granulometría tamaño arena fina a media, se observan algunos granos con estructura geopetal, indicando el techo de la muestra, hacia la parte de abajo. Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	18	6%	Ooides	-	-
Foraminíferos	10	3%	Oncoides	-	-
Ostrácodos	8	3%	Peloides	126	41%
Gastrópodos	6	2%	Intraclastos	-	-
Briozoos	7	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	126	41%
Fragmentos indeterminados	25	8%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	74	24%	Micrita	8	3%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Microesparita	3	1%
Cuarzo	1	0%	<b>Subtotal Matriz</b>	11	4%
Clorita	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	-	-	Esparita	95	31%
<b>Subtotal terrígenos</b>	1	0%	<b>Subtotal Cemento</b>	95	31%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	74
Granos no esquelatales	126
Terrígenos	1
Micrita	11
Esparita	95
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>307</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	74	24%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	126	41%
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>200</b>	<b>65%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	11	4%
Esparita	95	31%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>106</b>	<b>35%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>306</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

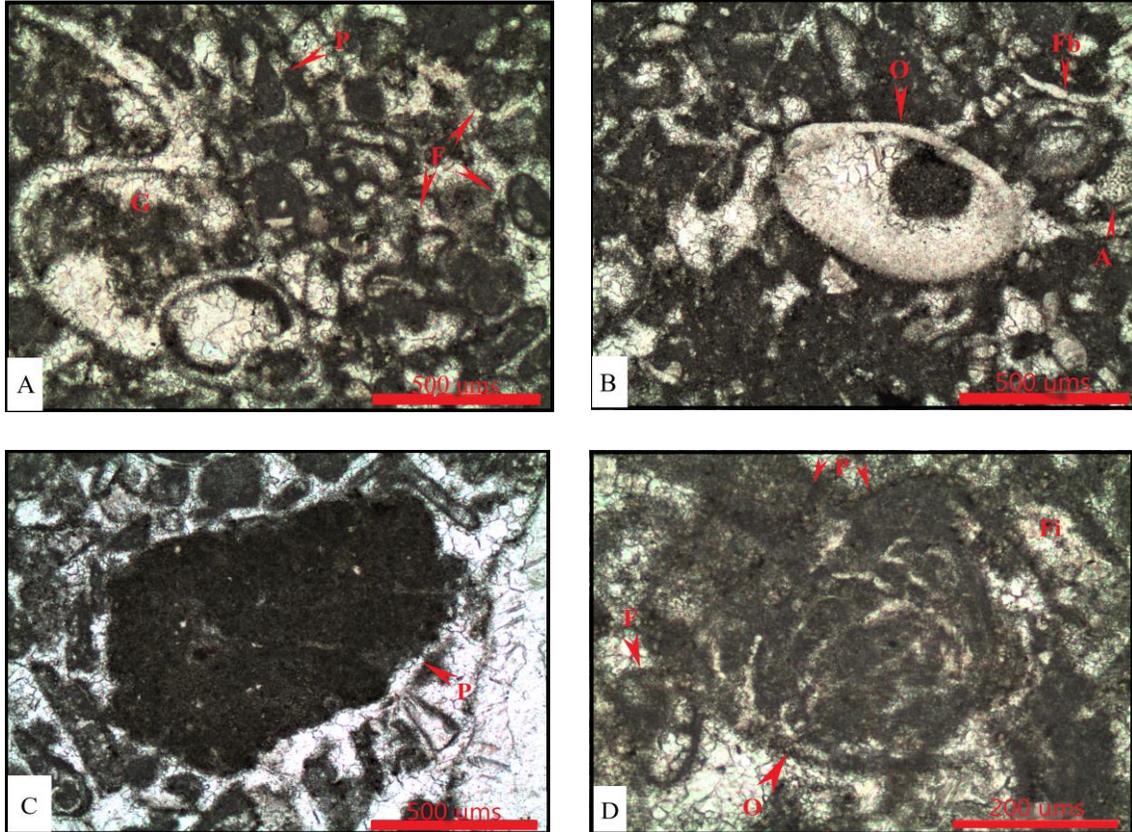
**Folk (1962):** Pelbioesparita no seleccionada de foraminíferos y ostrácodos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de peloides y bioclastos

Pelbioesparita no seleccionada con textura *grainstone* de peloides y bioclastos, los granos no esquelatales y esquelatales son subredondeados a redondeados, flotando o en contacto tangencial que constituyen el armazón de la roca, unidos con cemento de esparita. Los peloides se encuentran como granos aislados o amalgamados y pueden ser peles fecales, bioclastos micríticos, clastos de lodo calcáreo retrabajados o “steinkern” de algas dasicladaceas. Los granos esquelatales representados por foraminíferos bentónicos, ostrácodos, gastrópodos, briozoos, algas, fragmentos de braquiópodos y fragmentos indeterminados algunos muestran una película de micrita que los recubre.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Bioperturbación: Moderadamente bioperturbada.

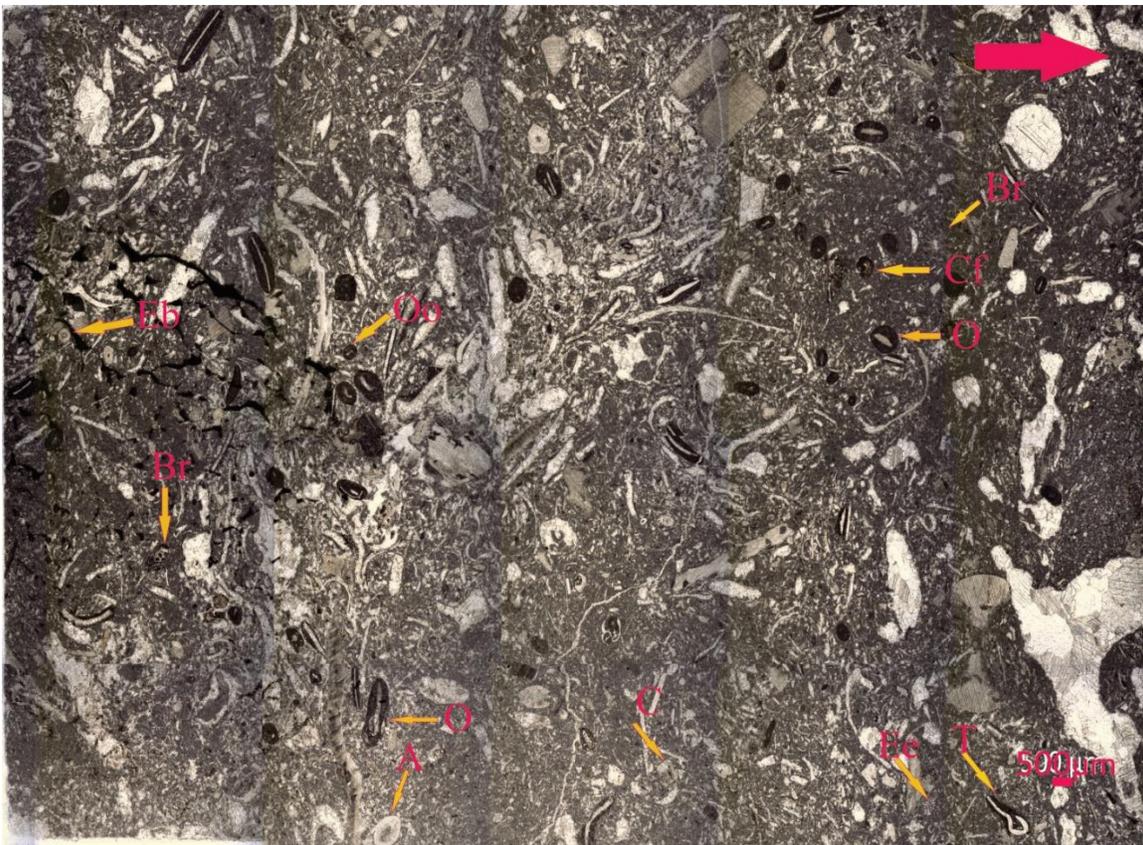


Micrografía de los granos esqueléticos y no esqueléticos que constituyen el armazón de esta roca. **A**, peloides (P), foraminíferos bentónicos (F), gastrópodo (G) **B**, ostrácodo con estructura geopetal, fragmento de braquiópodo (Fb) y alga (A), **C**, peloide (P), por su forma redondeada e inclusiones de carbonato y partículas terrígenas tamaño limo pueden ser peles (posiblemente de crustáceo) y **D**, oncoide (O), foraminífero bentónico (F), peloides (P) y fragmentos indeterminados (Fi). Nícoles paralelos **A**, **B**, **C** 4X y **D**, 10X.

## MUESTRA ML- 33

### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada, gris, compuesta por fósiles completos e incompletos de braquiópodos, crinoideos, gastrópodos y bivalvos, y granos no esqueléticos como oncoides e intraclastos en una matriz fino granular calcárea, moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4).



Micrografía, sección delgada de la roca, mostrando la disposición de los granos esqueléticos y no esqueléticos paralelos al plano de estratificación (Flecha roja techo), moderadamente bioperturbada, se observan fragmentos de briozoos (Br), trilobites (T), crinoideos (C), espículas de braquiópodos (Eb), espículas de equinodermos (Ee), oncoides (O) y ooides (Oo). Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	90	29%	Ooides	6	2%
Artejos de crinoideos	10	3%	Oncoides	4	1%
Gastrópodos	4	1%	Peloides	-	-
Briozoos	5	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	10	3%
Fragmentos indeterminados	80	25%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
-	-	-	Micrita	47	15%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	189	60%	Microesparita	16	5%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	29	-
Cuarzo	2	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	92	29%
Clorita	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	-	-	Esparita	22	7%
<b>Subtotal terrígenos</b>	2	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	22	7%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	189
Granos no esquelatales	10
Terrígenos	2
Micrita	92
Esparita	22
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>315</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	189	61%
Ooides	6	2%
Oncoides	4	1%
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>199</b>	<b>64%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	92	29%
Esparita	22	7%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>114</b>	<b>36%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita empaquetada de fragmentos de braquiópodos

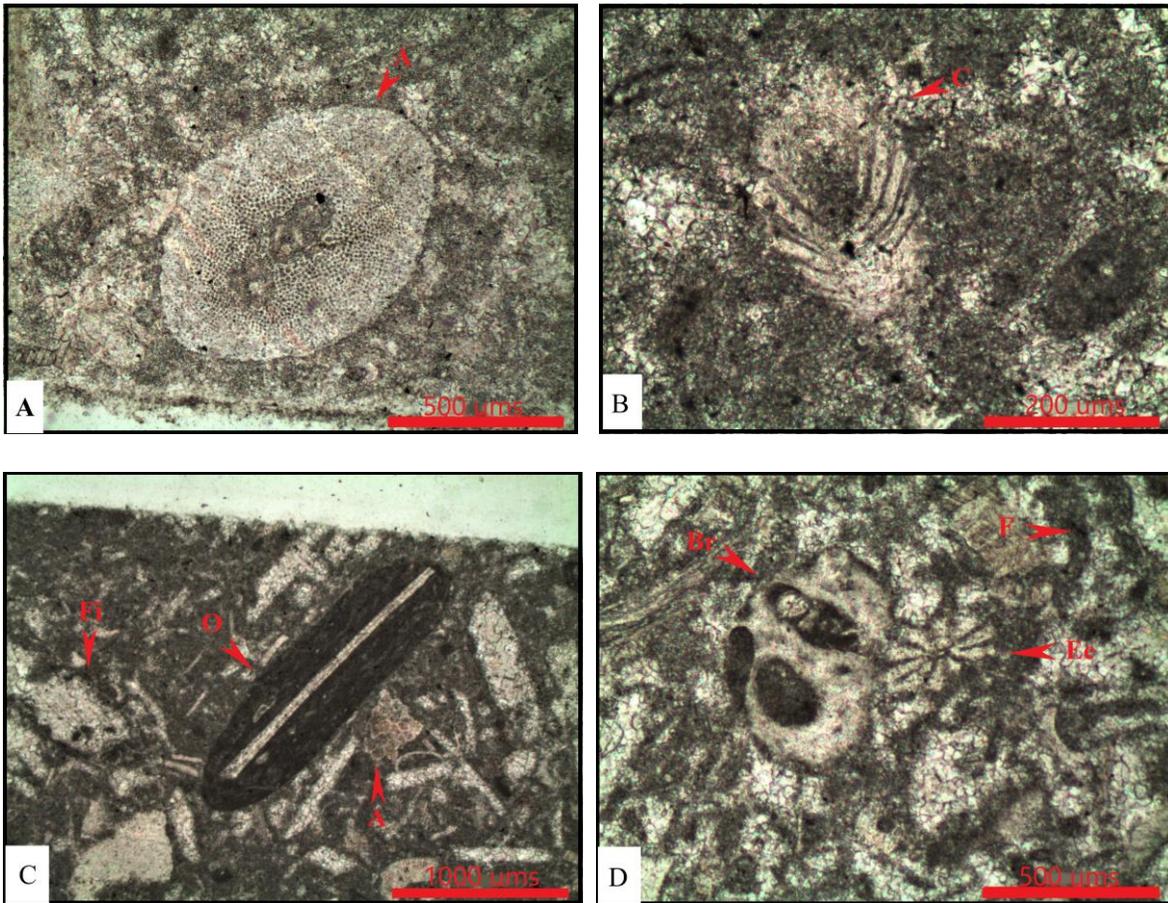
**Dunham (1962):** *Packstone* de bioclastos

Biomicrita empaquetada de bioclastos con textura *packstone* de bioclastos, los granos esquelatales son subredondeados, mal seleccionados, contacto entre los granos es tangencial. Entre los granos esquelatales reconocidos figuran valvas de braquiópodos, artejos de crinoideos, gastrópodos, ostrácodos, algas, espículas de braquiópodos y equinodermos y no esquelatales como oncoides y ooides con estructura tangencial.

Bioperturbación: Moderada a alta (grado 3 a 4)

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Micrografía de los granos esqueléticos y no esqueléticos observados en esta roca: **A**, alga (A), se puede observar la micrita con neomorfismo a microesparita y pseudoesparita, **B**, crinoideo (C), **C**, oncoide (O) Tipo C de láminas concéntricas, contornos redondeados, **D**, espícula de equinodermo (Ee), fragmento de briozoos (Br) del Orden Trepostomida, foraminífero bentónico (F). Nícoles paralelos **A**, 4X, **B**, 10X, **C**, 2X y **D**, 4X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**MUESTRA ML-35**

**Descripción Macroscópica**

Sedimentita grano soportada, color gris claro, constituida por fragmentos de conchas indeterminadas, gastrópodos, crinoideos y braquiópodos en una matriz fino granular calcárea. Los granos esqueléticos de tamaño arena media a gruesa son subredondeados, mal seleccionados.

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos de braquiópodos	4	1%	Ooides	-	-
Artejos de crinoideos	5	2%	Oncooides	-	-
Gastrópodos	2	1%	Peloides	71	24%
Tubos de serpúlidos	7	2%	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	71	24%
Fragmentos indeterminados	88	29%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Algas	16	5%	Micrita	18	6%
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	122	40%	Microesparita	8	3%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	6	2%
Cuarzo	-	-	<b>Subtotal Matriz</b>	32	11%
Clorita	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	-	-	Esparita	76	25%
<b>Subtotal terrígenos</b>	-	-	<b>Subtotal Cemento</b>	76	25%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esqueléticos o bioclastos	122
Granos no esqueléticos	71
Terrígenos	-
Micrita	32
Esparita	76
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>301</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	122	40%
Ooides	-	-
Oncooides	-	-
Peloides	71	24%
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>193</b>	<b>64%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	32	11%
Esparita	76	25%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>108</b>	<b>36%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>301</b>	<b>100%</b>

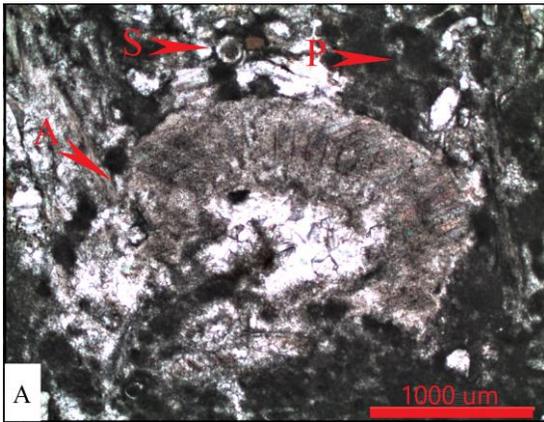
## CLASIFICACION

**Folk (1962):** Biopelosparita mal seleccionado de algas

**Dunham (1962):** *Packstone* de bioclastos y peloides

Biopelosparita mal seleccionado con textura *packstone* de bioclastos y peloides. Los bioclastos en su mayoría están recristalizados. El tamaño de los granos esqueléticos son arena fina a gruesa, subredondeado, mal seleccionado, contacto entre los granos, tangencial con material intergranular de micrita y esparita. La micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita.

Bioperturbación: Moderada (grado 3).

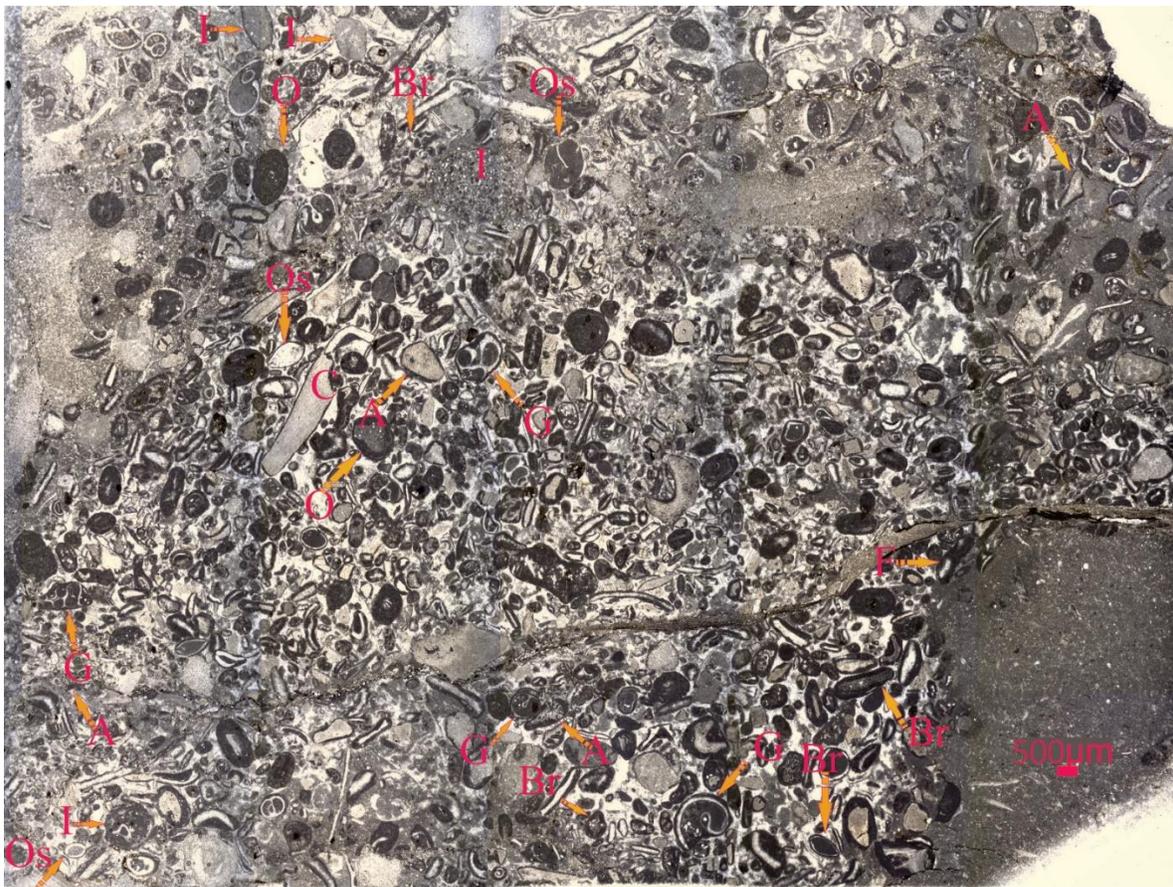


Micrografía de bioclastos: **A**, algas (A), tubos de serpulidos (S) y peloides (P), **B**, algas (A) *Mizzia* sp. y peloides (P).

## MUESTRA ML-38

### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada, tamaño arena muy gruesa, color gris verdoso con fósiles completos e incompletos de braquiópodos, gastrópodos, crinoideos y granos no esqueléticos de oncoides y ooides en una matriz fino granular. Intensa a completamente bioperturbada (grado 5 a 6).



Micrografía de la sección delgada de la roca, se observa la distribución de los granos sin ningún patrón de orientación, altamente bioperturbada, muestra inversión textural. Se reconocen granos esqueléticos y no esqueléticos, entre los cuales tenemos braquiópodos (Br), ostrácodos (Os), algas (A), gastrópodos (G), oncoides (O), intraclastos (I). Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	30	9%	Ooides	27	9%
Artejos de crinoideos	10	3%	Oncoides	30	9%
Briozoos	5	2%	Intraclastos	18	6%
Gastrópodos	4	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	75	24%
Fragmentos de braquiópodos	63	20%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Algas	5	2%	Micrita	28	8%
Foraminíferos	7	2%	Microesparita	8	3%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	124	39%	Seudoesparita	6	2%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	42	13%
Cuarzo	2	1%	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	-	-	Esparita	73	23%
<b>Subtotal terrígenos</b>	2	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	73	23%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	124
Granos no esquelatales	75
Terrígenos	2
Micrita	42
Esparita	73
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>316</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	124	38%
Ooides	27	9%
Oncoides	30	10%
Peloides	-	-
Intraclastos	18	6%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>199</b>	63%
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	42	13%
Esparita	73	24%
<b>SUBTOTAL</b>	115	37%
<b>TOTAL</b>	<b>314</b>	100%

### CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Bioconoesparita mal seleccionada de fragmentos de braquiópodos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de bioclastos y oncoides

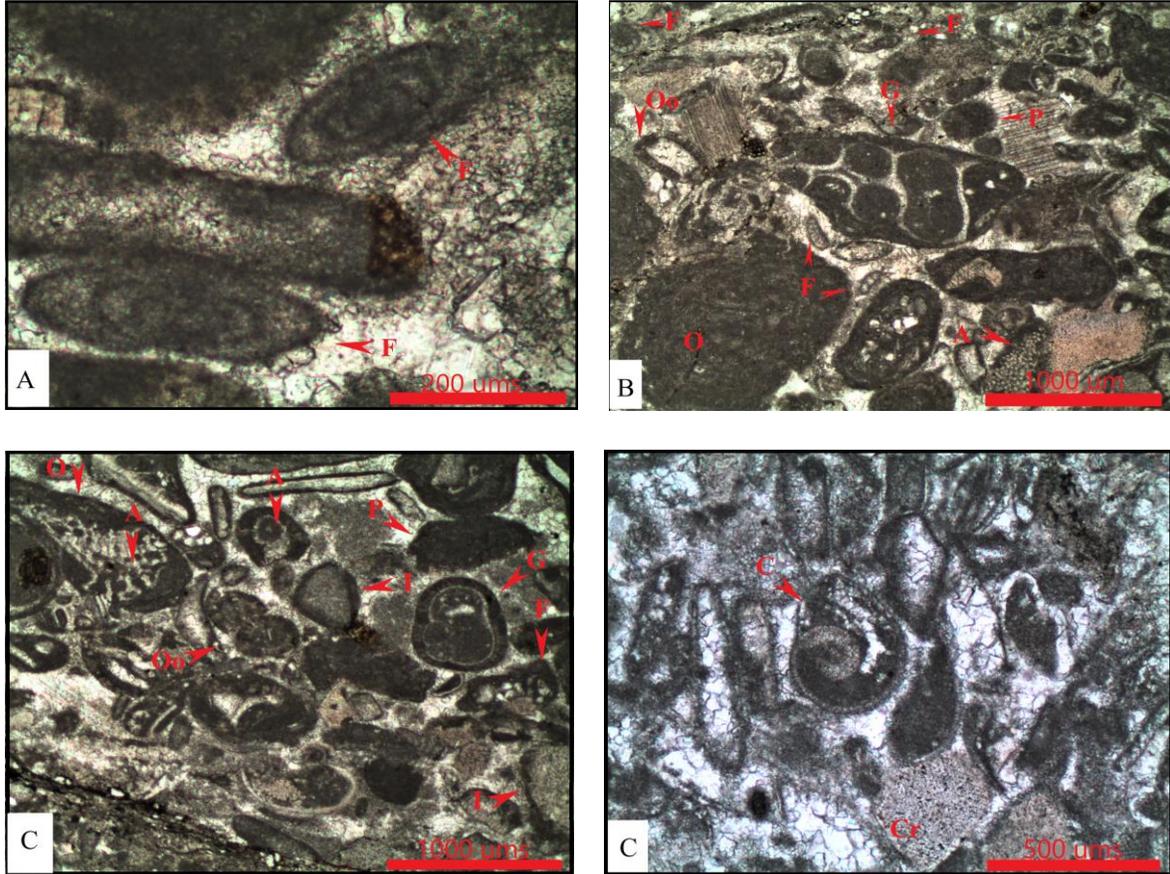
Bioconoesparita mal seleccionada con textura *grainstone* de bioclastos y oncoides con inversión textural por bioperturbación. Los granos esquelatales y no esquelatales tamaño arena gruesa a muy gruesa, subredondeados a redondeados y como material intergranular esparita. Inversión textural por bioperturbación. El contacto entre los granos es tangencial.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Los bioclastos están recubierto por una película de micrita y los ooides tienen estructura tangencial y una parte de estos están rotos.

Bioperturbación: Moderada (grado 3)

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita.



Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca: **A**, foraminíferos bentónicos (F); **B**, foraminíferos (F), algas (A), oncoides (O), ooides completos y rotos (Oo), gastrópodos (G) y peloides (P), **C**, oncoides (O) con núcleo de algas (A), ooides con núcleo de algas (A), ooides (O) con núcleo de gastrópodos (G), intraclastos (I) y peloides (P), **D**, cefalópodo o gastrópodo (C) y crinoideos (Cr). Nícoles paralelos A: 10X, B: 2X, C: 2X y D: 4X (Muestra ML-38a).

## MUESTRA ML-39

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada de color beige, compuesta por oncoides, fragmentos de braquiópodos, crinoideos y gastrópodos en una matriz fino granular calcárea. No muestra ningún ordenamiento.



Micrografía, mosaico de la sección delgada mostrando los constituyentes calcáreos esqueléticos y no esqueléticos de esta roca. Los granos no tienen un patrón de ordenamiento ni laminación, indicando una intensa bioperturbación e inversión textural. El armazón de esta roca lo componen oncoides (O), gastrópodos (G), crinoideos (C), braquiópodos (Br), ostrácodos (Os), bivalvos (B), espículas de equinodermos (Ee) y cefalópodos o gastrópodos? (Cf). Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	6	2%	Oncoides	156	51%
Artejos de crinoideos	5	2%	Peloides	-	-
Briozoos	6	2%	Intraclastos	7	2%
Gastrópodos	4	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	163	53%
Foraminíferos	1	0%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Algas	4	1%	Micrita	16	5%
Fragmentos indeterminados	13	4%	Microesparita	8	3%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	39	12%	Seudoesparita	6	2%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	30	10%
Cuarzo	8	3%	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	-	-	Esparita	67	22%
<b>Subtotal terrígenos</b>	8	3%	<b>Subtotal Cemento</b>	67	22%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	39
Granos no esquelatales	163
Terrígenos	8
Micrita	30
Esparita	67
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>307</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	39	14%
Ooides	-	-
Oncoides	156	51%
Peloides	-	-
Intraclastos	7	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>202</b>	<b>67%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	30	10%
Esparita	67	23%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>97</b>	<b>33%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>299</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Oncobioesparita escasamente lavada de briozoos y crinoideos

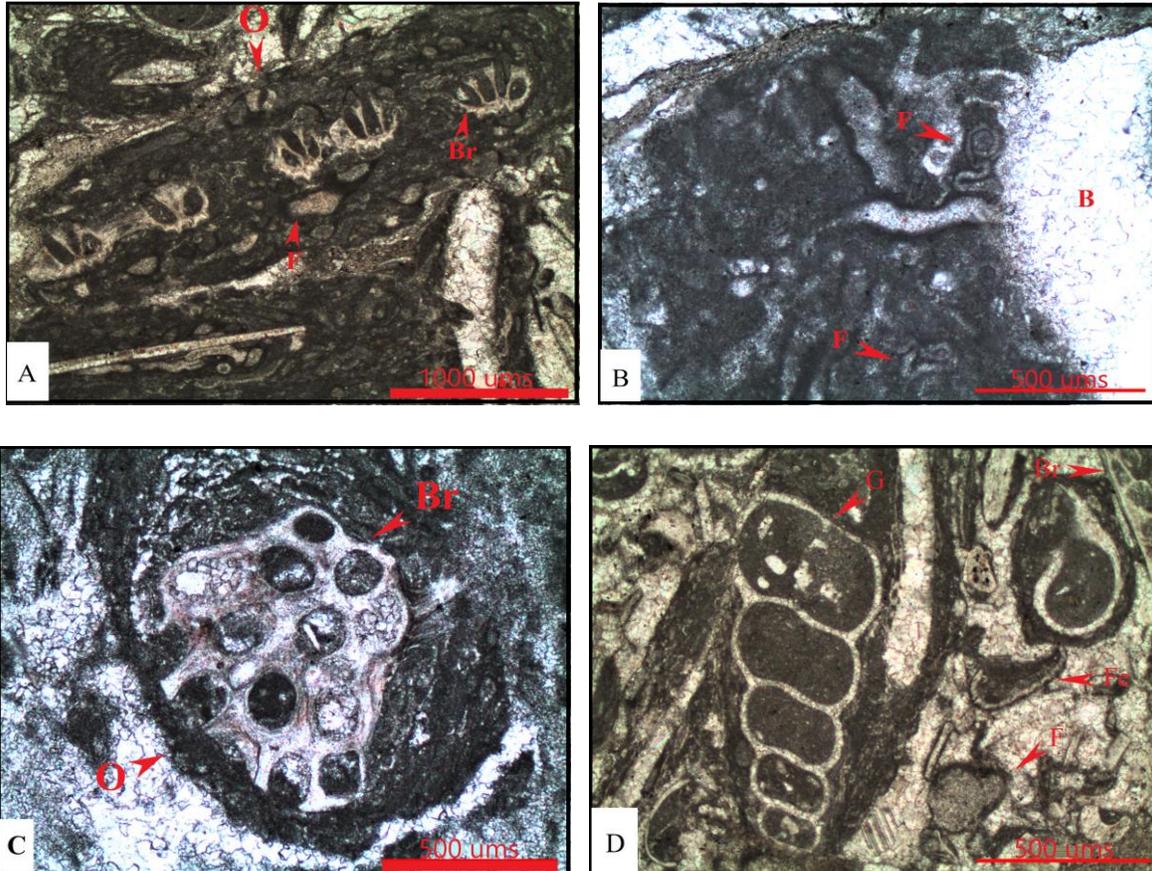
**Dunham (1962):** *Grainstone* de oncoides y bioclastos

Oncobioesparita escasamente lavada con textura *grainstone* de oncoides y bioclastos, localmente *rudstone*. Los granos esquelatales con tamaño arena media y los no esquelatales de tamaño arena muy gruesa a gránulo, subredondeados a redondeados, unidos por cemento de esparita. Los oncoides son de Tipo C, caracterizados por capas esféricas concéntricamente apiladas y oncoides Tipo R en capas hemisféricas dispuestas aleatoriamente. Las láminas micríticas de los oncoides incluyen o alternan con capas de microfósiles incrustantes,

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

probablemente foraminíferos del género *Palaeonubecularia*. Entre los granos esqueléticos se reconocen braquiópodos, ostrácodos, crinoideos, briozoos, foraminíferos, bivalvos, algas, gastrópodos, espículas de equinodermos y fragmentos indeterminados.

Bioperturbación: Alta a intensamente (grado 4 a 5)

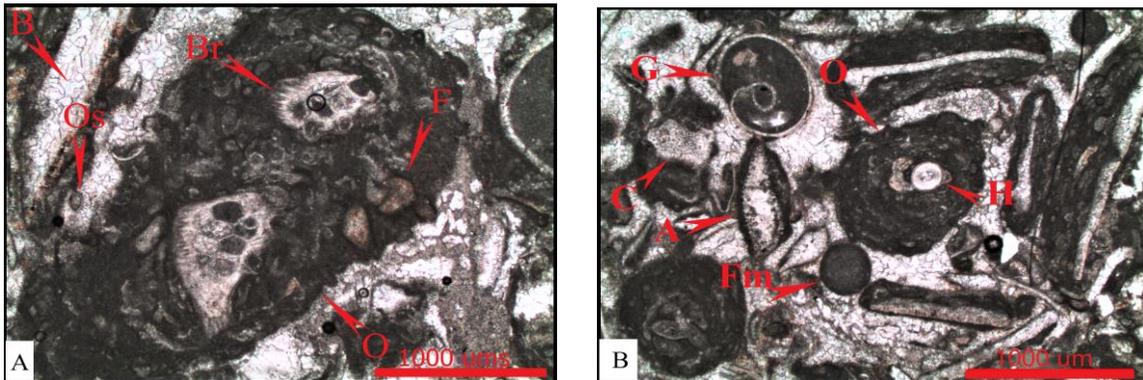


Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca: **A**, oncoide (O) de contornos esféricos a elipsoidales con capas concéntricas alrededor de un núcleo y foraminíferos incrustados formando capas. El núcleo de los oncoides son fragmentos de briozoos (Br); **B**, detalle de los foraminíferos (F), presentes e incrustados entre las capas del oncoide, probablemente foraminíferos del género *Palaeonubecularia*; **C**, núcleo del oncoide (O) es un fragmento de briozoo del Orden Trepostomida; **D**, bioclastos de gastrópodos (G), briozoos (Br), foraminíferos (F), fragmento de equinodermo (Fe) y fragmentos indeterminados.

## MUESTRA ML-40

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada de color beige con moteados de color rojo. Compuesta principalmente por oncoides y bioclastos como gastrópodos y fragmentos de braquiópodos de tamaño que varía de arena gruesa a gránulo, mal seleccionada.



Micrografía de la sección delgada que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que constituyen esta roca. **A**, oncoides (O), con núcleos de briozoos (Br) y entre las capas del oncoide, foraminíferos incrustados (F), bioclastos indeterminados (B) y ostrácodos (Os). **B**, oncoide (O) con núcleo de esclerito de holoturia (H), gastrópodo (G), fragmento de crinoideo (C), algas (A) y fragmento microproblemático (Fm). Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	34	11%	Oncoides	83	27%
Fragmentos de braquiópodos	7	2%	Peloides	12	4%
Gastrópodos	4	1%	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	95	31%
Artejos de crinoideos	5	2%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Ostrácodos	3	1%	Micrita	10	3%
Foraminíferos	7	2%	Microesparita	21	7%
Espículas de equinodermos	3	1%	Seudoesparita	17	5%
Esclerito de holoturia	2	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	48	15%
Briozoos	5	2%	<b>CEMENTO</b>		
Algas	5	2%	Esparita	87	29%
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	75	25%	<b>Subtotal Cemento</b>	87	29%

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esqueléticos o bioclastos	75
Granos no esqueléticos	95
Terrígenos	-
Micrita	48
Esparita	87
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>305</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	75	25%
Ooides	-	-
Oncooides	83	27%
Peloides	12	4%
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>170</b>	<b>56%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	48	15%
Esparita	87	29%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>135</b>	<b>44%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>305</b>	<b>100%</b>

## CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Oncobioesparita escasamente lavada (poorly washed) de foraminíferos

**Dunham (1962):** *Packstone* de oncooides y bioclastos

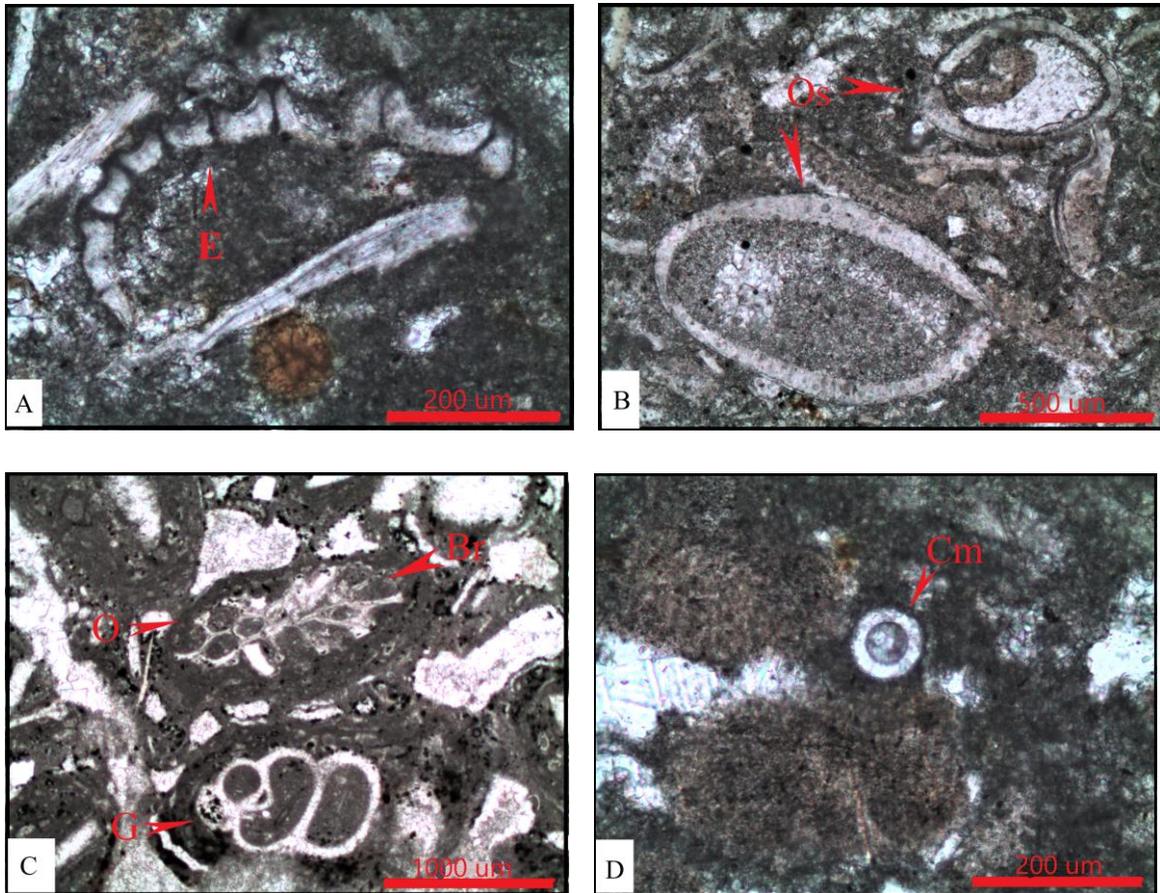
**Embry & Klovan (1971)** *Rudstone* de oncooides y bioclastos

Oncobioesparita mal seleccionada con textura packstone de oncooides y bioclastos o *rudstone* de oncooides y bioclastos. Los granos esqueléticos con tamaños arena media y los no esqueléticos de tamaño arena muy gruesa a gránulo, subredondeados a redondeados. Como material intergranular esparita y en partes de la muestra micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita. Los oncooides Tipo C, caracterizados por láminas concéntricas y oncooides Tipo R en capas hemisféricas dispuestas aleatoriamente. Las láminas micríticas de los oncooides incluyen o alternan con capas de microfósiles incrustantes, probablemente foraminíferos del género *Palaeonubecularia*. Dentro del armazón se reconocen braquiópodos, ostrácodos, crinoideos, briozoos, foraminíferos, algas, gastrópodos, espículas de equinodermos, espículas de holoturia y fragmentos indeterminados dentro de los cuales están los clastos microproblemáticos.

Bioperturbación: Moderada a altamente bioperturbada (3°-4°)

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

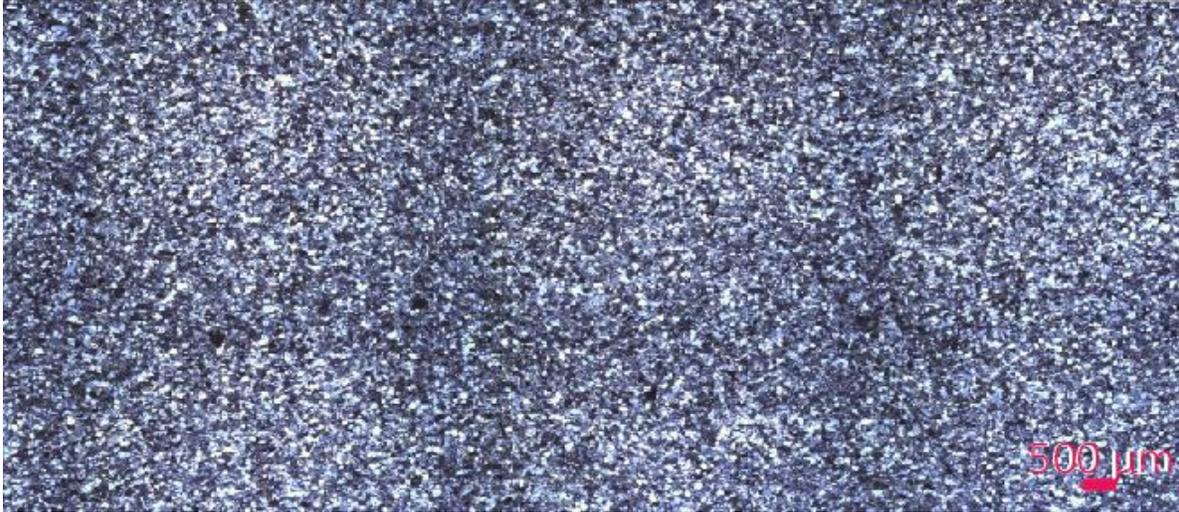


Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que integran esta roca. **A**, fragmento de equinodermo (E) en una matriz de micrita; **B**, ostrácodos (O); **C**, fragmentos esqueléticos que son núcleos de los oncoides (O) tales como gastrópodos (G) y briozoos del Orden Cyclostomida; **D**, clasto microproblemático es un elemento esférico.

**MUESTRA ML-41a**

**Descripción Macroscópica**

Arenita de grano muy fino, color rojo, bien seleccionada, compuesta por cuarzo, feldespato, micas detríticas y levemente calcárea.



Micrografía, mosaico de la arenita de color rojo, los puntos oscuros son óxidos de hierro. Nícoles paralelos 2X.

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos, arena muy fina	219	70%
Cuarzo	121	38
Feldespato	58	19
Líticos metamórfico	40	13
Micas detríticas	19	6%
Muscovita	7	2
Clorita	11	4
Accesorios de la roca	22	7%
Turmalina	4	1
Circón	6	2
Opacos	7	2
Oxidos de hierro	5	2
<b>MATRIZ</b>		
Minerales arcillosos	21	7%
Micrita	8	3%
<b>CEMENTO</b>		
Silíceo con óxido de hierro	23	7%
<b>TOTAL CONTEO</b>	<b>312</b>	<b>100</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE LA ROCA	
TERRÍGENOS, arena muy fina	83%
Cuarzo	46
Feldespato	22
Líticos metamórficos	15
<b>MATRIZ</b>	
Minerales arcillosos	8%
<b>CEMENTO</b>	
Silíceo con óxido de hierro	9%

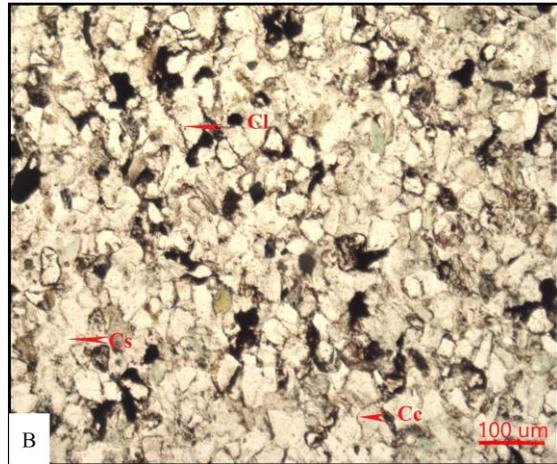
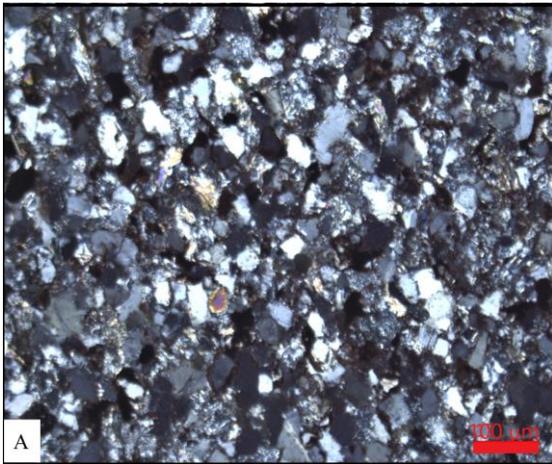
COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	55%
Feldespato	27%
Líticos metamórficos	18%

## CLASIFICACIÓN

**Folk (1974):** Arenita (arcosa lítica)

**Pettijhon *et al.* (1973):** Arenita arcósica

Arenita soportada por 83% de granos terrígenos, tamaño arena muy fina, angulares a subangulares, subesféricos a subelongados, selección moderada. Madurez textural submadura. El color rojo es dado por el contenido de óxido de hierro y cemento silicio con óxido de hierro. Los feldespatos en gran parte sericitizados.



Micrografía que muestra la composición y características texturales de la roca y tipos de contacto entre los granos, **A**, muestra los feldespatos sericitizados, cuarzo y óxido de hierro (puntos oscuros) y **B**, los contactos entre los granos, contacto longitudinal (Cl) y cóncavo-convexo (Cc), además se observa la disposición del óxido de hierro en la roca, como manchas (puntos oscuros) o bordeando los granos. **A** Nícoles cruzados y **B**, nícoles paralelos 20X.

## MUESTRA ARN-13

### Descripción Macroscópica

Arenita de grano muy fino de color gris verdoso, compuesta por cuarzo, feldespato y micas detríticas, cemento calcáreo y puntos diseminados de óxido de hierro.



Micrografía, mosaico de la arenita lodosa con fracturas rellenas de carbonato. No se observa laminación. Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos, arena muy fino	155	52%
Cuarzo	117	39
Feldespato	14	5
Líticos metamórficos	24	8
Micas detríticas	19	6%
Muscovita	6	2
Clorita	13	4
Accesorios de la roca	14	5%
Turmalina	4	1
Circón	6	2
Titanita	2	1
Oxidos de hierro	2	1
MATRIZ		
Minerales arcillosos	51	17%
Micrita	32	11%
CEMENTO		
Silíceo con óxido de hierro	27	9%
<b>TOTAL CONTEO</b>	<b>298</b>	<b>100</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS MIXTAS	
TERRÍGENOS, arena muy fina	58%
Cuarzo	44
Feldespato	5
Líticos metamórficos	9
MATRIZ	
Minerales arcillosos	19%
Micrita	12%
CEMENTO	
Silíceo con oxido de hierro	10%

COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	75%
Feldespato	10%
Líticos metamórficos	15%

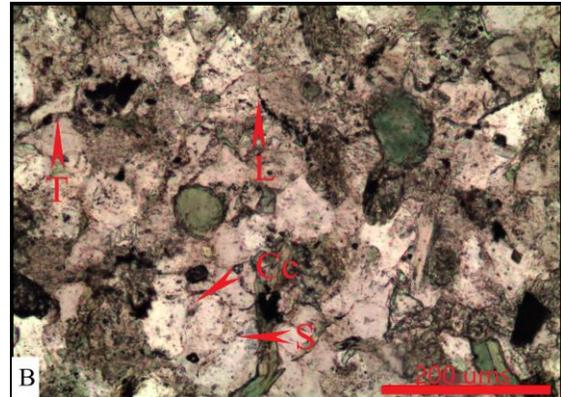
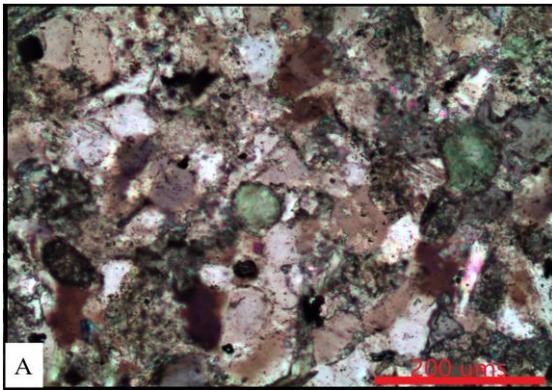
## CLASIFICACIÓN

**Folk (1974):** Arenita lodosa (sublitoarenita)

**Pettijhon *et al.* (1973):** Graywacka lítica

**Mount (1985):** Arenita micrítica

Arenita lodosa, sublitoarenita o graywacka lítica de grano muy fino, angular a subangular, granos subsféricos a subelongados, contacto entre granos tangencial y longitudinal, inmadura texturalmente. Cemento silíceo y calcita como relleno de poros. Los feldespatos están en gran parte sericitizados.



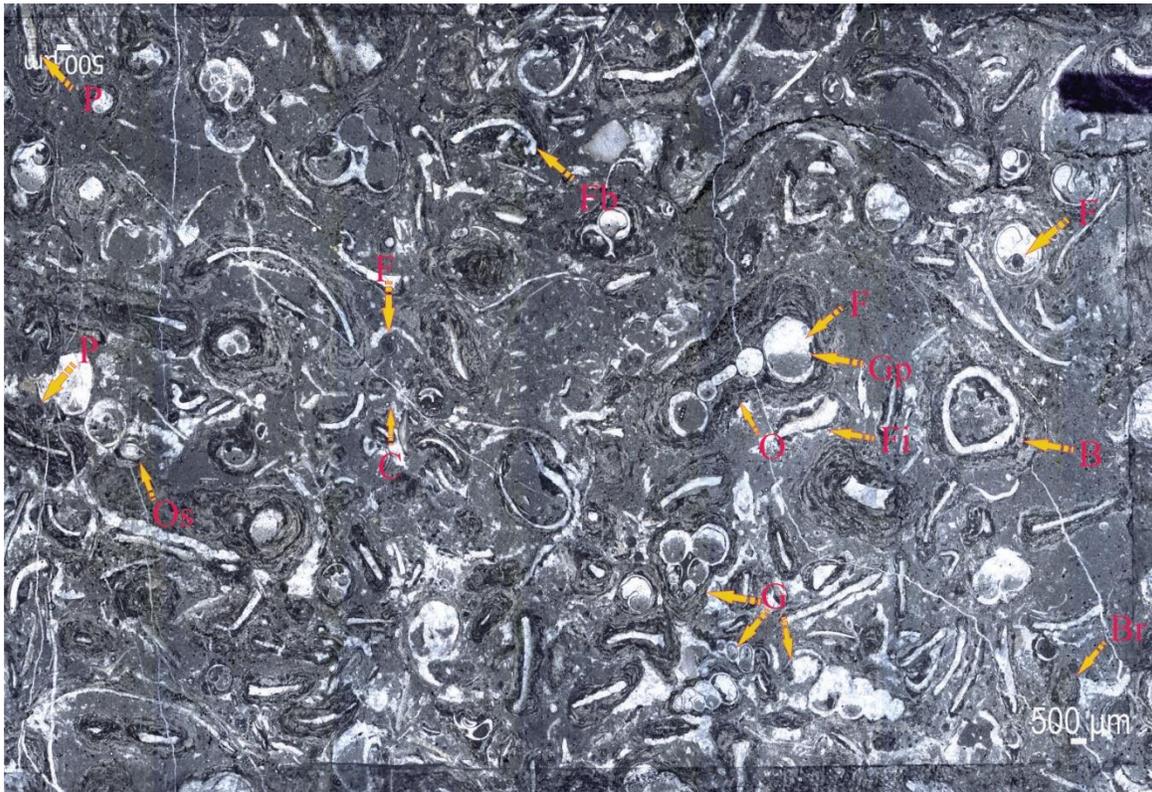
Micrografía que muestra la composición y características texturales de esta roca, en las imágenes se observan granos de cuarzo con contacto tangencial (T), longitudinal (L), concavoconvexo (Cc) y saturado (S), se observan granos de glauconita dispersos. Entre los granos, matriz tamaño arcilla de minerales arcillosos. A, Nícoles cruzados 10X y B, nícoles paralelos 10X.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA BOAVITA

### MUESTRA: RNS-5

#### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada con matriz fino granular calcárea de color gris oscuro a negro, compuesta por oncoides de tamaño arena gruesa a gránulo, de contornos irregulares o de formas lobuladas, gastrópodos, foraminíferos y fragmentos de braquiópodos. Intensamente bioperturbada.



Micrografía de la sección delgada donde se observan los granos esqueléticos y no esqueléticos, los granos esqueléticos en su gran mayoría son núcleos de los oncoides, representados por foraminíferos (F), gastrópodos (G), bivalvos (B), briozoos (Br), ostrácodos (Os), algas filoidales (P), oncoides (O), se observa estructura geopetal (Gp). Nicoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos de braquiópodos	9	3%	Ooides	9	3%
Artejos de crinoideos	6	2%	Oncoides	125	38%
Briozoos	4	1%	Peloides	4	1%
Gastrópodos	7	2%	Intraclastos	-	-
Foraminíferos	6	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	138	42%
Algas	7	2%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	11	3%	Micrita	112	34%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	50	15%	Microsparita	10	3%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	122	37%
Cuarzo	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	3	1%	Esparita	17	5%
<b>Subtotal terrígenos</b>	3	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	17	5%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	50
Granos no esquelatales	138
Terrígenos	3
Micrita	122
Esparita	17
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>330</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	50	15%
Ooides	9	3%
Oncoides	125	38%
Peloides	4	1%
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>188</b>	<b>57%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	122	38%
Esparita	17	5%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>139</b>	<b>43%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>327</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Oncobiomicrita empaquetada de foraminíferos

**Dunham (1962):** *Packstone* de oncoides y bioclastos

**Embry & Klovan (1971):** *Rudstone* de oncoides y bioclastos

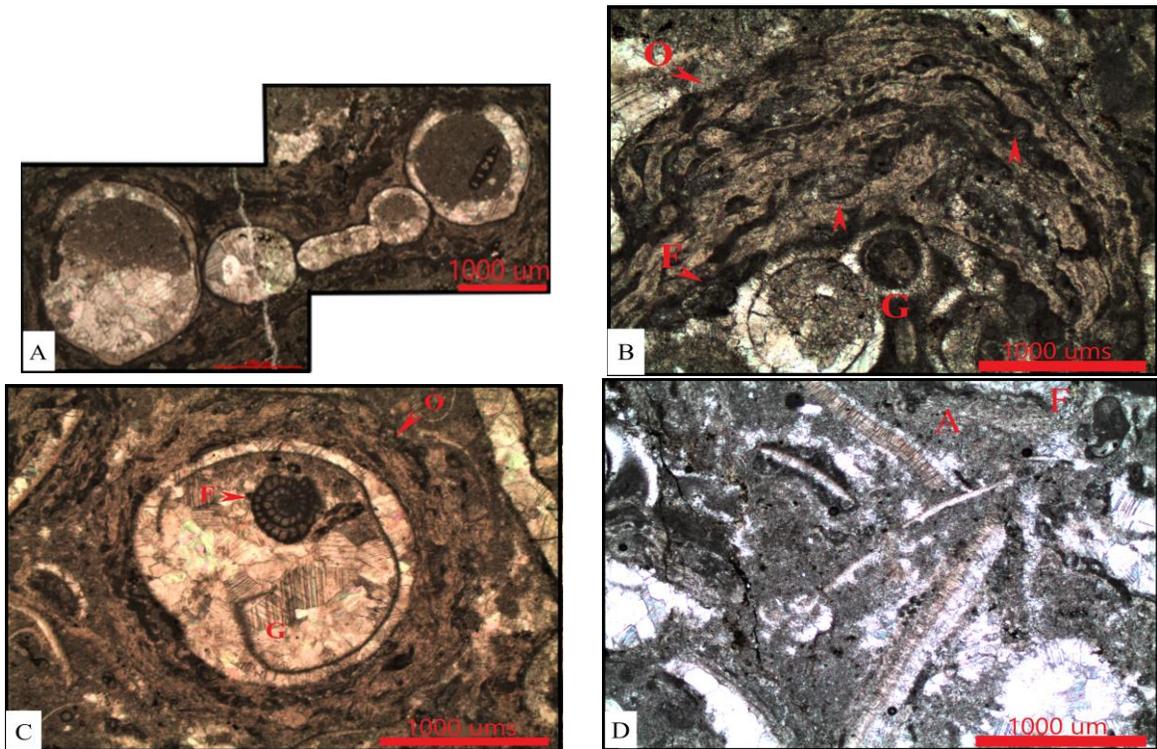
Oncobiomicrita empaquetada con textura *packstone* de oncoides y bioclastos o *rudstone* de oncoides y bioclastos. Roca conformada por oncoides de contornos irregulares y lobulados de capas concéntricas, envolviendo un núcleo, principalmente de granos esquelatales como

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

foraminíferos, gastrópodos, algas, fragmentos de braquiópodos y fragmentos indeterminados. El tamaño de los oncoides varía desde arena gruesa a guijarro, predominando tamaños arena muy gruesa a gránulo.

Bioperturbación: Moderada a altamente bioperturbada (3°-4°)

Diagénesis. Micrita con neomorfismo a microesparita.

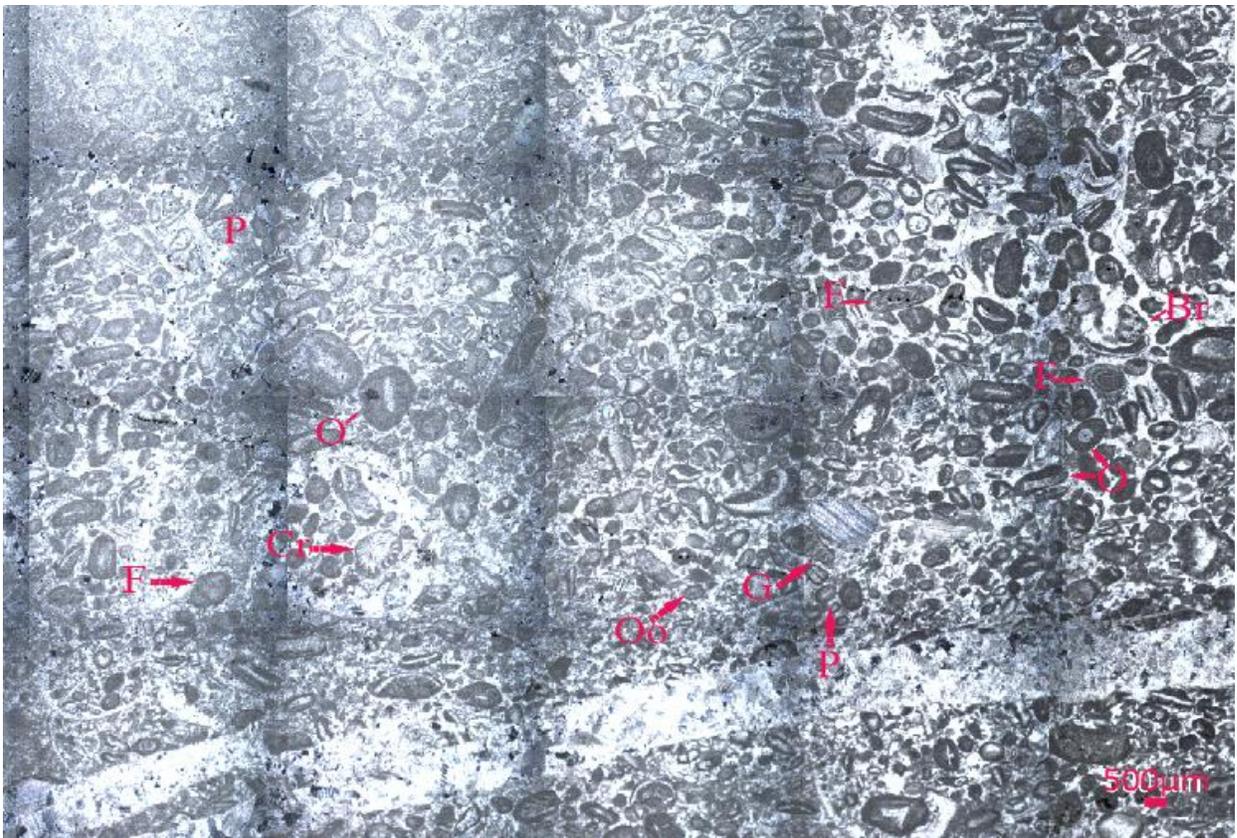


Micrografía de granos esqueléticos y no esqueléticos que componen esta roca, entre los cuales tenemos: **A**, oncoide con núcleo de foraminífero (*Tuberitina* sp. cf. Boudagher-Fadel 2017), dentro de la cámara, foraminífero de la Familia Nodosinellidae); **B**, detalle de la estructura de los oncoides, núcleo de un gastrópodo; **C**, oncoide con núcleo de gastrópodo y dentro de la cámara la presencia de un fusulinido; **D**, algas probablemente filoidales (A) y foraminífero (F). Nicoles paralelos 4X.

## MUESTRA XL-11

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada, constituida por granos no esqueléticos como peloides, ooides, oncoides y granos esqueléticos como gastrópodos y fragmentos de braquiópodos de tamaño arena gruesa a muy gruesa en una matriz fino granular calcárea, color gris.



Micrografía, mosaico que muestra la composición y características texturales de esta roca, compuesta por granos esqueléticos y no esqueléticos, tales como foraminíferos (F), briozoos (Br), gastrópodos, oncoides (O), ooides (Oo) y peloides (P). Nicols paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	31	11%	Ooides	34	11%
Artejos de crinoideos	4	1%	Oncoides	26	8%
Briozoos	4	1%	Peloides	75	24%
Gastrópodos	6	2%	Intraclastos	28	9%
Foraminíferos	3	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	163	52%
Coral solitario tipo rugosa	4	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	-	-	Micrita	10	3%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	52	17%	Microesparita	7	2%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Seudoesparita	8	3%
Cuarzo	2	1%	<b>Subtotal Matriz</b>	25	8%
Óxido de hierro	-	-	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	2	1%	Esparita	69	22%
			<b>Subtotal Cemento</b>	69	22%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	52
Granos no esquelatales	163
Terrígenos	2
Micrita	25
Esparita	69
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>311</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	52	17%
Ooides	34	11%
Oncoides	26	8%
Peloides	75	25%
Intraclastos	28	9%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>215</b>	<b>70%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	25	8%
Esparita	69	22%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>94</b>	<b>30%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>309</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Pelbioesparita mal seleccionada de gastrópodos

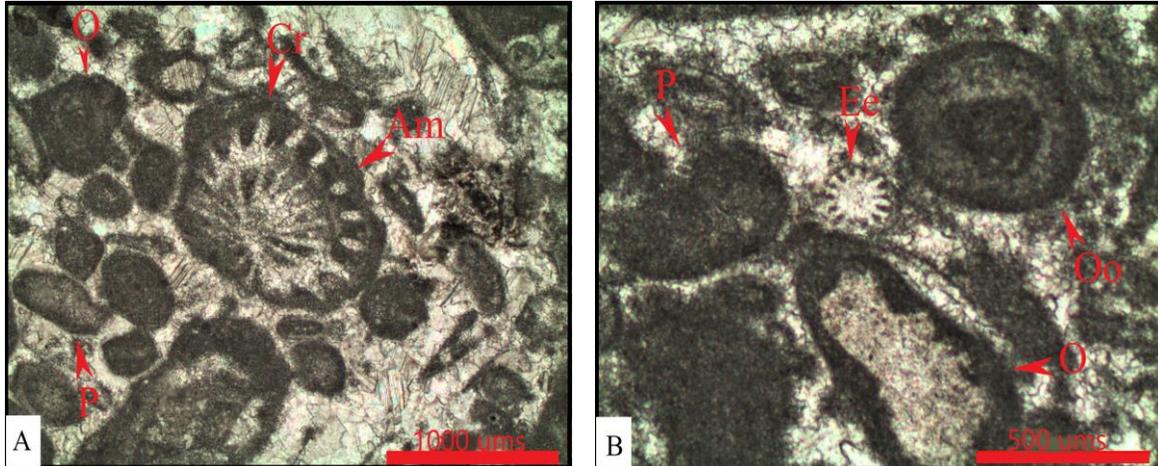
**Dunham (1962):** *Packstone* de peloides y bioclastos

Pelbioesparita con textura *packstone* de peloides y bioclastos, los granos no esquelatales y esquelatales de tamaño arena media a gruesa, moderadamente seleccionados, subredondeados a redondeados. Como material intergranular esparita. Los bioclastos están bordeados por una película de micrita y dentro del armazón se reconocen briozoos,

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

gastropodos, foraminíferos fusulinidos, corales solitarios tipo rugosa y fragmentos indeterminados.

Bioperturbación: Moderada a altamente bioperturbada (3°-4°)

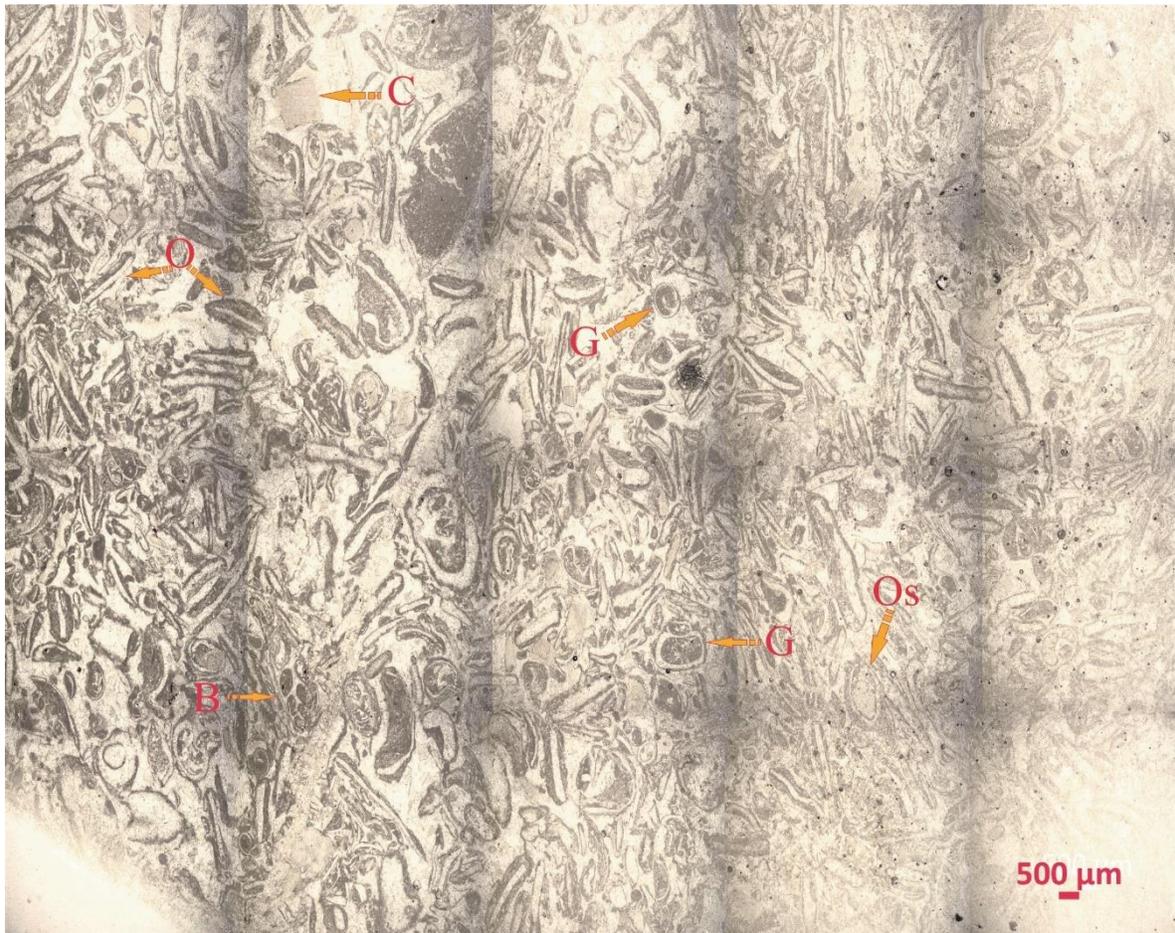


Micrografía que muestra granos esqueléticos y no esqueléticos, presentes en esta roca: **A**, coral solitario tipo rugosa (Cr), bordeado por una película de micrita (Am), peloides (P) y oncolites (O) muy redondeado y **B**, ooide (Oo) con estructura tangencial, espícula de equinodermo (Ee), peloides (P) y oncoide (O) con núcleo de fragmento esquelético indeterminado. Nícoles paralelos A-4X; B-10X.

## MUESTRA XL-16a

### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada de color beige, constituida por granos no esqueléticos de oncoideos y esqueléticos de gastrópodos, fragmentos de crinoideos y braquiópodos de tamaño arena muy gruesa a gránulo, moderadamente seleccionada en una matriz fino granular calcárea.



Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos como braquiópodos (Br), crinoideos (C), ostrácodos (Os), briozoos (B), gastrópodos (G) y no esqueléticos como oncoideos (O). Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	48	15%	Ooides	-	-
Artejos de crinoideos	10	3%	Oncoides	88	28%
Briozoos	3	1%	Peloides	21	7%
Gastrópodos	6	2%	Intraclastos	8	3%
Ostrácodos	2	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	117	38%
Fragmentos de braquiópodos	4	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	-	-	Micrita	4	1%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	73	23%	Microesparita	3	1%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	7	2%
Cuarzo	1	0%	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	-	-	Esparita	115	37%
<b>Subtotal terrígenos</b>	1	0%	<b>Subtotal Cemento</b>	115	37%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	73
Granos no esquelatales	117
Terrígenos	1
Micrita	7
Esparita	115
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>313</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCAREAS		
ALOQUIMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	73	23%
Ooides	-	-
Oncoides	88	28%
Peloides	21	7%
Intraclastos	8	3%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>190</b>	<b>61%</b>
ORTOQUIMICOS	PUNTOS	%
Micrita	7	2%
Esparita	115	37%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>122</b>	<b>39%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>312</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

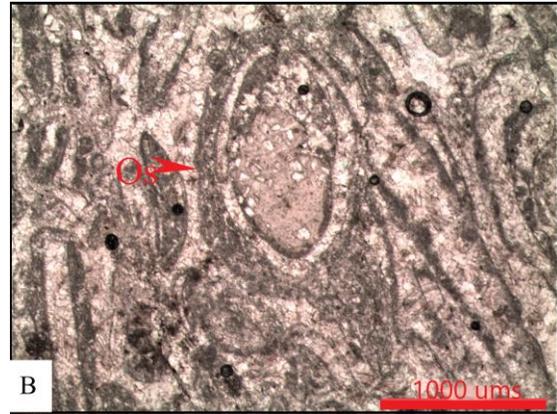
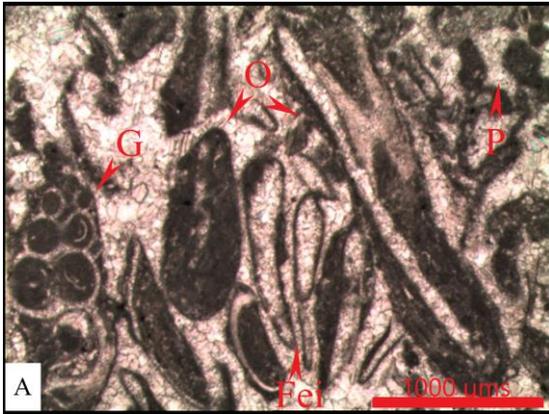
**Folk (1962):** Oncobioesparita mal seleccionada de crinoideos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de oncoides y bioclastos

Oncobioesparita con textura *grainstone* de oncoides y bioclastos, tamaño arena gruesa a gránulo, granos subredondeados a redondeados, mal seleccionados, contacto tangencial o flotando, material intergranular esparita. Los granos esquelatales están bordeados por una película de micrita, representados por braquiópodos y fragmentos de braquiópodos, crinoideos, briozoos, ostrácodos, gastrópodos y espículas de equinodermos. Los oncoides son Tipo C y R (capas hemisféricas dispuestas aleatoriamente). El núcleo de los oncoides lo componen fragmentos esquelatales indeterminados subangulares a redondeados.

Bioperturbación: Moderada a altamente bioperturbada (3°-4°).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

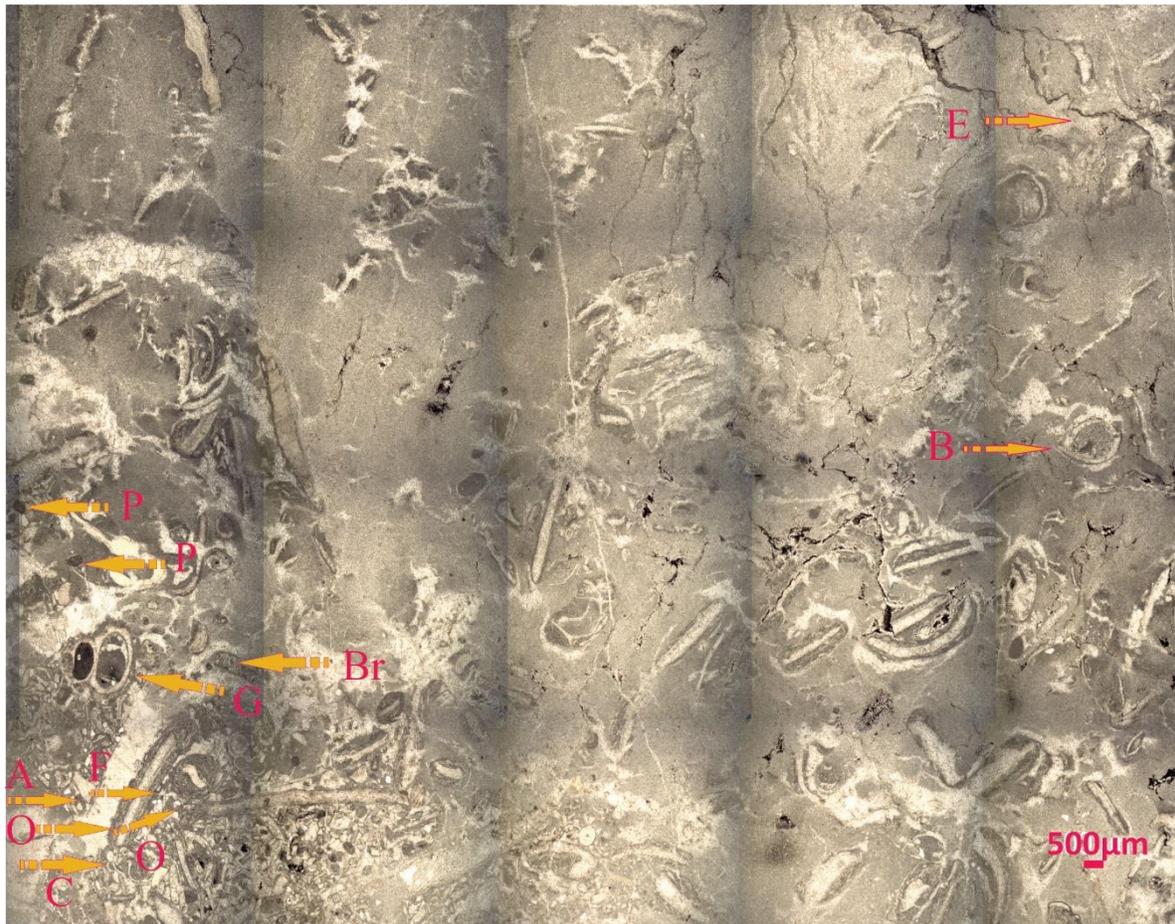


Micrografía donde se observan los granos no esqueléticos y esqueléticos que conforman esta roca. **A**, oncoides (O), peloides (P), gastrópodos (G) y fragmentos esqueléticos indeterminados (Fei); **B**, ostrácodo (Os) donde se observa en su interior material de relleno con granos de cuarzo, tamaño limo muy fino, diferente al de la roca donde se encuentra y bioclastos indeterminados, inmerso en esparita. Nícoles paralelos 2X

## MUESTRA XL-17

### Descripción Macroscópica

Sedimentita fino granular calcárea con granos esqueléticos y no esqueléticos de fósiles completos o rotos de braquiópodos, crinoideos, gastrópodos y oncoideos. Color gris y rojo.



Micrografía de la sección delgada donde se muestran los granos esqueléticos y no esqueléticos que hacen parte de esta roca, oncoideos (O), braquiópodos (B), briozoos (Br), crinoideos (C), algas (A) y peloides (P).

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	21	6%	Oncoides	13	5%
Artejos de crinoideos	5	2%	Peloides	10	3%
Briozoos	2	1%	Intraclastos	3	1%
Gastrópodos	3	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	26	9%
Ostrácodos	1	0%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Braquiópodos	2	1%	Micrita	78	26%
Fragmentos indeterminados	-	-	Microesparita	109	36%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	34	11%	Seudoesparita	29	10%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	216	72%
Cuarzo	4	1%	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	3	1%	Esparita	17	6%
<b>Subtotal terrígenos</b>	7	2%	<b>Subtotal Cemento</b>	17	6%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	34
Granos no esquelatales	26
Terrígenos	7
Micrita	216
Esparita	17
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>300</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCAREAS		
ALOOQUIMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	34	12%
Ooides	-	-
Oncoides	13	4%
Peloides	10	3%
Intraclastos	3	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>60</b>	<b>20%</b>
ORTOQUIMICOS	PUNTOS	%
Micrita	216	74%
Esparita	17	6%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>233</b>	<b>80%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>293</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

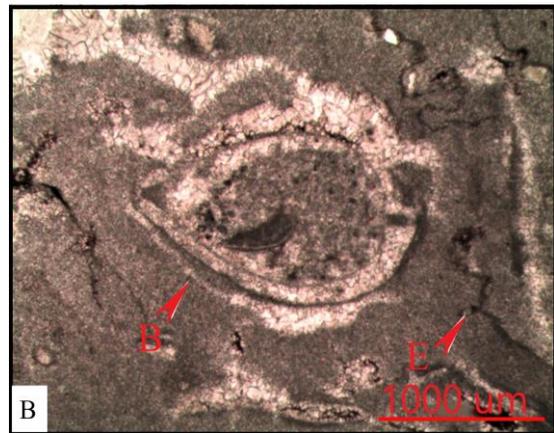
**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de crinoideos

**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos y oncoides

Biomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos y oncoides. Los bioclastos en su mayoría, son fragmentos rotos e indeterminados, se reconocen entre los bioclastos completos braquiópodos y crinoideos, fragmentos de briozoos, bivalvo y gastrópodos. Los oncoides son redondeados del Tipo geométrico C. Los granos son de tamaño arena media a muy gruesa, mal seleccionados, subredondeados a redondeados embebidos en micrita.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

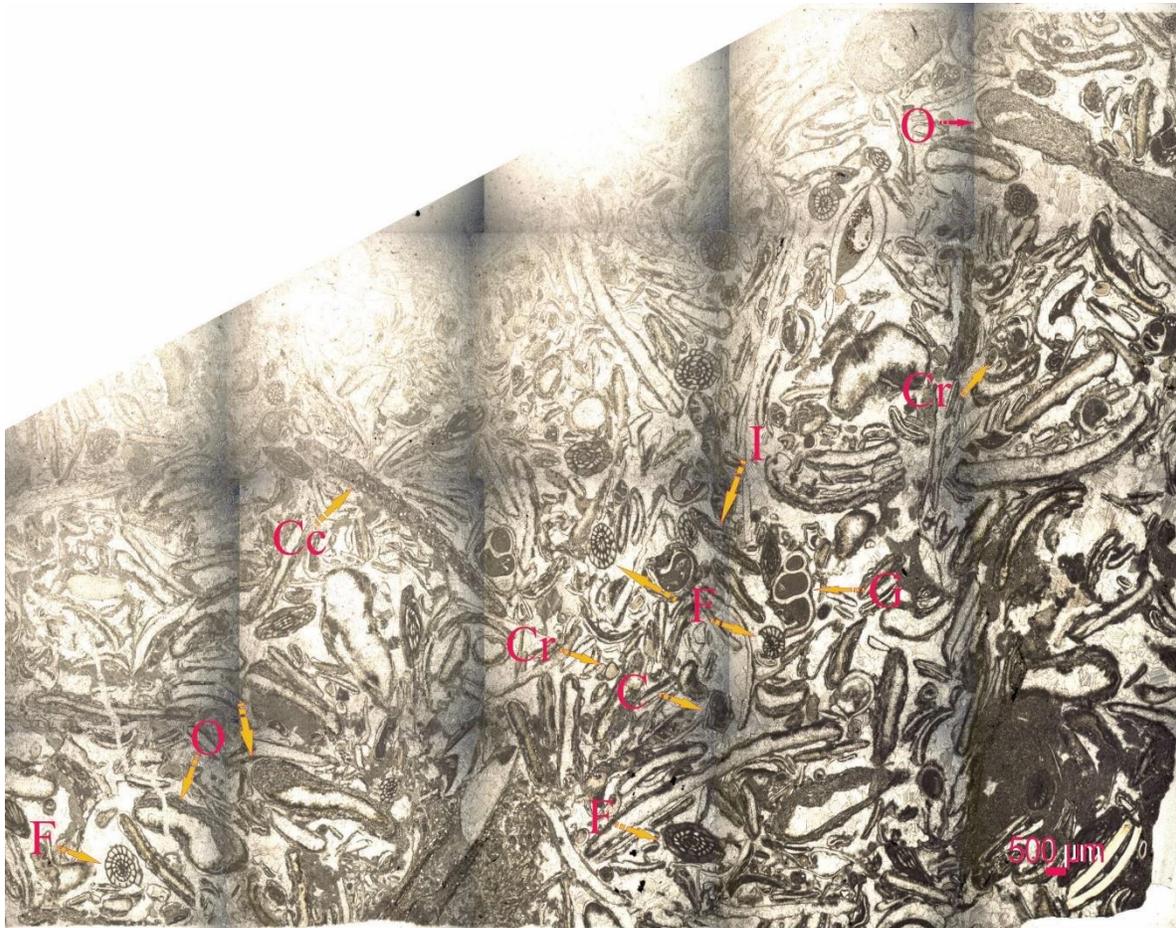


Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca en **A**, oncoides (O) Tipo C, gastrópodo (G) y bioclastos indeterminados, **B**, bivalvo (B) y estilolito (E). Matriz de micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita. Nícoles paralelos 2X.

## MUESTRA XL-18

### Descripción Macroscópica

Roca grano soportada de color beige, constituida por oncoides, fósiles completos e incompletos de braquiópodos, gastrópodos, bivalvos y crinoideos.



Micrografía de la sección delgada que muestra la composición de los granos esqueléticos y no esqueléticos de esta roca, se observan fusulinidos (F), crinoideos (Cr), gastrópodos (G), cefalópodo (C), corales coloniales (Cc), oncoides (O) e intraclastos (I). Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	46	15%	Oncoides	112	37%
Artejos de crinoideos	12	4%	Peloides	-	-
Foraminíferos	9	3%	Intraclastos	3	1%
Gastrópodos	6	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	115	38%
Ostrácodos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Braquiópodos	3	1%	Micrita	8	2%
Algas	4	1%	Microesparita	3	1%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	82	27%	Seudoesparita	-	-
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	11	3%
Cuarzo	3	1%	<b>CEMENTO</b>		
Oxido de hierro	-	-	Esparita	94	31%
<b>Subtotal terrígenos</b>	3	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	94	31%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	82
Granos no esquelatales	115
Terrígenos	3
Micrita	11
Esparita	94
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>305</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCAREAS		
ALOQUIMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	82	27%
Ooides	-	-
Oncoides	112	37%
Peloides	-	-
Intraclastos	3	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>197</b>	<b>65%</b>
ORTOQUIMICOS	PUNTOS	%
Micrita	11	4%
Esparita	94	31%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>105</b>	<b>35%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>302</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Oncobioesparita mal seleccionada de fusulinidos

**Dunham (1962):** *Grainstone* de oncoides y bioclastos

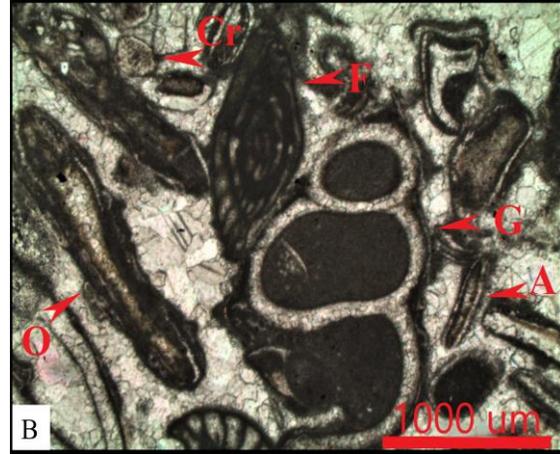
**Embry & Klovan (1971):** Rudstone de oncoides y bioclastos

Oncobioesparita mal seleccionada con textura *grainstone* de oncoides y bioclastos o *rudstone* de oncoides y bioclastos. Lo destacado de la sección delgada es la abundancia de fusulinidos. Los granos esquelatales y no esquelatales que varían de tamaño arena muy gruesa a gránulos, subredondeados a redondeados en contacto tangencial, unidos por esparita. Los oncoides son del Tipo geométrico C y R en capas esféricas concéntricas y hemisféricas, dispuestas aleatoriamente. Entre las capas se observan foraminíferos incrustados. Los bioclastos

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

representados por fusulinidos, braquiópodos, corales coloniales, briozoos, gastrópodos y algas.

Bioperturbación Moderada (grado 3).

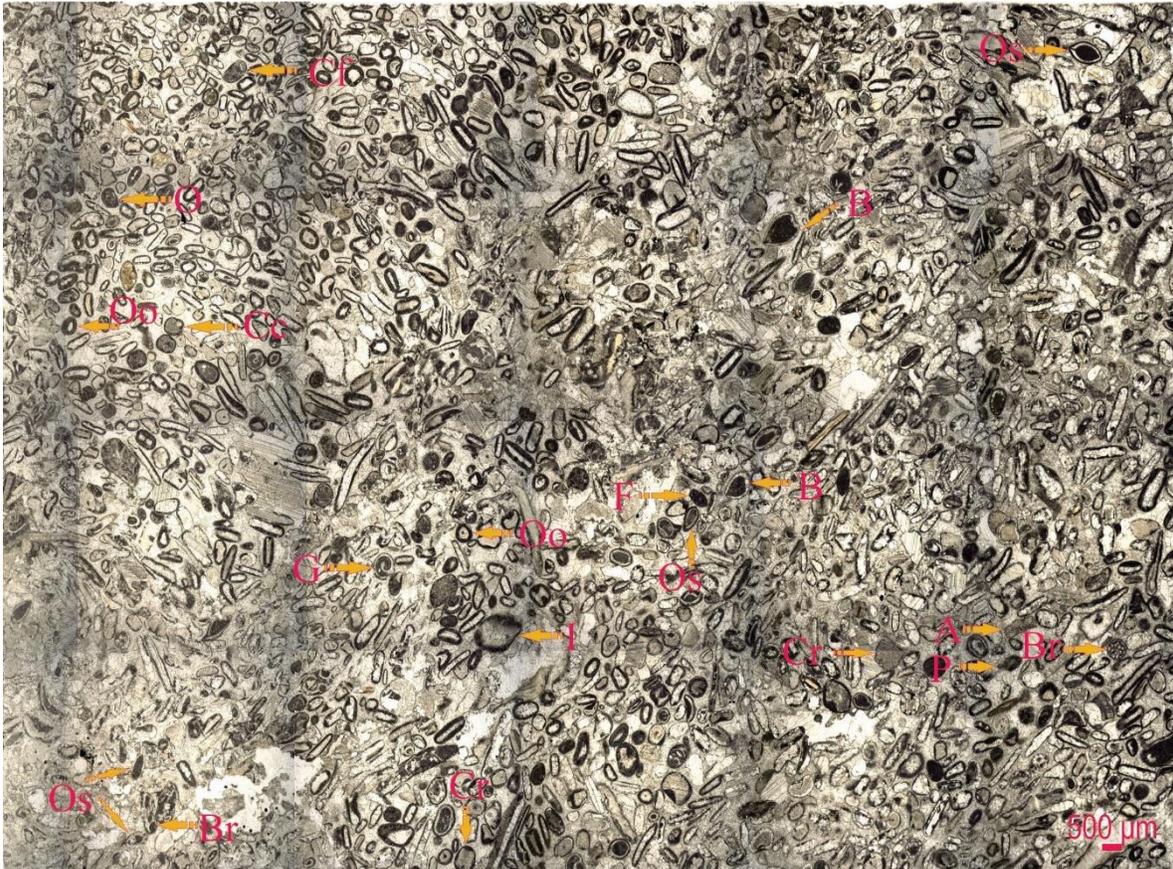


Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca. **A**, oncoide (O); **B**, fusulinidos (F), gastrópodo (G), crinoideo (C) y algas (A) inmersos en esparita. Los bioclastos con una película de micrita que los rodea. Nícoles paralelos 4X.

## MUESTRA XL-19

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada de color beige, compuesta por granos esqueléticos tales como crinoideos y braquiópodos y no esqueléticos como ooides y oncoides.



Micrografía de la sección delgada mostrando los granos esqueléticos y no esqueléticos que la componen, entre otros, ostrácodos (Os), briozoos (Br), crinoideos (Cr), ooides (Oo), foraminíferos (F), bivalvos (B), cefalópodos (Cf), oncoides (O), algas (A) crinoideo (Cc). Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	77	23%	Ooides	58	18%
Algas	9	3%	Oncoides	10	3%
Artejos de crinoideos	16	5%	Intraclastos	7	2%
Briozoos	5	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	75	23%
Coral colonial tipo tabulata	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bivalvos	6	2%	Micrita	3	1%
Ostrácodos	11	3%	Microesparita	3	1%
Gastrópodos	6	2%	Seudoesparita	-	-
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	132	41%	<b>Subtotal Matriz</b>	6	2%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>CEMENTO</b>		
-	-	-	Esparita	111	34%
<b>Subtotal terrígenos</b>	-	-	<b>Subtotal Cemento</b>	111	34%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	132
Granos no esquelatales	75
Terrígenos	-
Micrita	6
Esparita	111
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>324</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	132	41%
Ooides	58	18%
Oncoides	10	3%
Peloides	-	-
Intraclastos	7	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>207</b>	<b>64%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	6	2%
Esparita	111	34%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>117</b>	<b>36%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>324</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Biooesparita bien seleccionada de crinoideos y ostrácodos

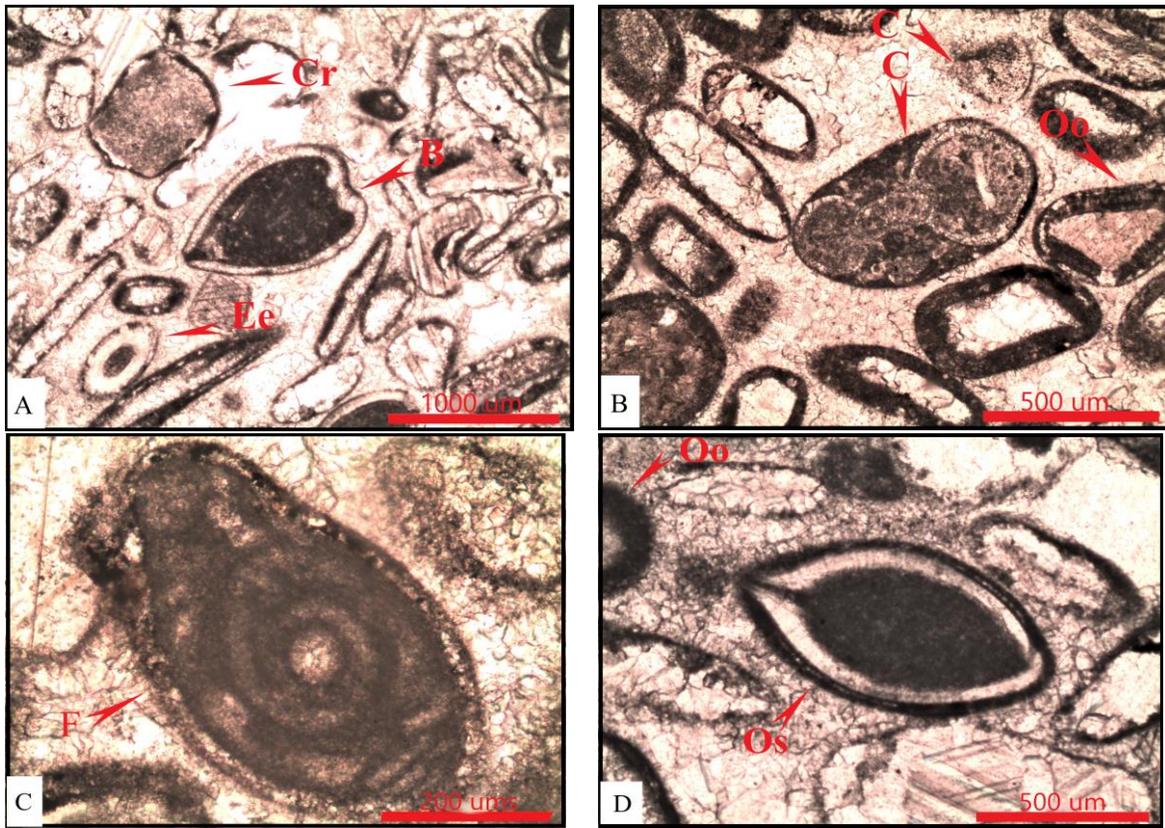
**Dunham (1962):** Grainstone de bioclastos y ooides

Biooesparita bien seleccionada con textura grainstone de bioclastos y ooides. Los granos esquelatales y no esquelatales son de tamaño arena media a gruesa, redondeados, contacto tangencial inmerso en esparita. Los bioclastos están bordeados por una película de micrita.

Bioperturbación: Alta (grado 4).

Bioclastos recristalizados.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



Micrografía que muestra los componentes esqueléticos y no esqueléticos de esta roca. **A**, bivalvo (B), espina de braquiópodo (Ee), artejo desgastado de crinoideo (Cr) y bioclastos indeterminados; **B**, cefalópodo (C) y ooides (Oo); **C**, fusulinido (F); **D**, ostrácodo (Os), oioide (Oo) con la estructura cortical micritizada. Los granos esqueléticos muestran la película de micrita que los recubre y en el caso de la imagen C, la película de micrita por neomorfismo pasa a microesparita. Los granos esqueléticos y no esqueléticos están unidos por cemento de esparita y la mayoría de los bioclastos están recristalizados. Nícoles paralelos **A**, 2X, **B**, 4X, **C**, 10X y **D**, 4X.

## MUESTRA XL-21

### Descripción Macroscópica

Sedimentita grano soportada, color beige, compuesta por granos esqueléticos de braquiópodos, corales coloniales, artejos de crinoideos y gastrópodos, inmersos en una matriz fino granular calcárea. Moderada a altamente bioperturbada.



Micrografía de la sección delgada de esta roca mostrando bioclastos de gastrópodos (G), briozoos (BR), algas (A), además ooides (Oo) y peloides (P). Se evidencia que esta roca ha sido bioperturbada produciéndose una inversión textural por bioperturbación. Nícoles cruzados 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	81	24%	Ooides	9	3%
Algas	9	3%	Oncooides	7	3%
Artejos de crinoideos	19	6%	Peloides	7	2%
Briozoos	3	1%	Intraclastos	6	2%
Coral colonial	2	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	29	10%
Braquiópodos	11	4%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Ostrácodos	2	1%	Micrita	23	7%
Gastrópodos	5	2%	Microsparita	16	5%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	132	42%	Seudoesparita	15	5%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	54	17%
Cuarzo	4	1%	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	4	1%	Esparita	94	30%
			<b>Subtotal Cemento</b>	94	30%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	132
Granos no esquelatales	29
Terrígenos	4
Micrita	54
Esparita	94
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>313</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	132	43%
Ooides	9	3%
Oncooides	7	2%
Peloides	7	2%
Intraclastos	6	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>161</b>	<b>52%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	54	18%
Esparita	94	30%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>148</b>	<b>48%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>309</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Bioesparita mal seleccionada de crinoideos y braquiópodos

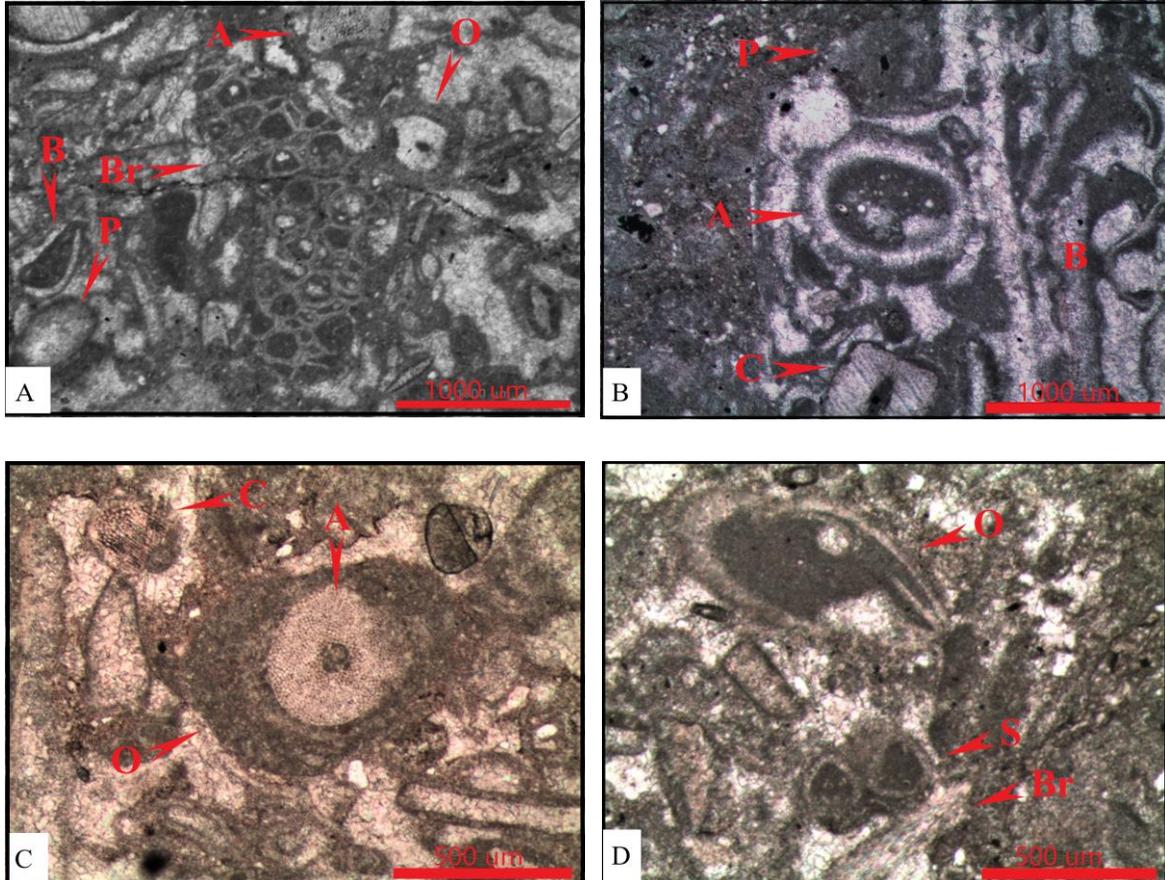
**Dunham (1962):** *Grainstone* a *packstone* de bioclastos

Bioesparita mal seleccionada con textura *grainstone* a *packstone* de bioclastos. El tamaño de los granos esquelatales y no esquelatales varía entre arena gruesa y muy gruesa, subredondeados a redondeados, mal seleccionados, flotando o en contacto tangencial y como material intergranular esparita. Inversión textural por bioperturbación.

Bioperturbación: Moderada a alta (grado 3 a 4).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y pseudoesparita. Recristalización de los bioclastos es alta que altera la apariencia de los microfósiles, que en muchos casos dificulta su identificación.



Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que componen esta roca: **A**, briozoo (Br) del Orden Cyclostomida, ooide (Oo) con núcleo de artejo de crinoideo, algas (A), braquiópodo (B) y peloides (P); **B**, alga dasycladaceas (A) probablemente del género *Mizzia*, por la alta diagénesis es difícil afirmarlo, el ancho de la pared del talo y los rellenos de micritas son correctos (comunicación escrita Kirkland), crinoideos (C), peloides (P) y bioclastos indeterminados; **C**, oncoide (O) con núcleo de alga (A), artejo roto de crinoideo (C); **D**, ostrácodo (O), tubos de serpulidos (S) y fragmento de briozoo (Br). Nícoles paralelos **A** y **B**: 2X, **C** y **D**: 4X.

## MUESTRA XL-25

### Descripción Macroscópica

Arenita de color rojo, de granos tamaño arena fina, bien seleccionada, compuesta por cuarzo, feldespato y micas detríticas. Muestra laminación muy delgada ondulada no paralela discontinua.



Micrografía, mosaico de la arenita donde se muestra la laminación resaltada por el color. El color oscuro es por el óxido de hierro. Nicales paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos terrígenos, arena fina	243	74%
Cuarzo	159	49
Feldespato	69	20
Líticos metamórficos	15	5
Micas detríticas	19	6%
Muscovita	4	1
Clorita	15	5
Accesorios de la roca	32	10%
Turmalina	3	1
Circón	5	2
Titanita	3	1
Opacos	18	6
Oxidos de hierro	3	1
<b>MATRIZ</b>		
Minerales de Arcillas	14	4%
<b>CEMENTO</b>		
Silíceo con óxido de hierro	19	6%
TOTAL CONTEO	327	100

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS MIXTAS	
TERRÍGENOS, arena fina	88%
Cuarzo	58%
Feldespato	25%
Líticos metamórficos	5%
<b>MATRIZ</b>	
Minerales de arcillas	5%
<b>CEMENTO</b>	
Silíceo con oxido de hierro	7%

COMPONENTES CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL	
Cuarzo	66%
Feldespato	28%
Líticos metamórficos	6%

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1974):** Arenita (arcosa)

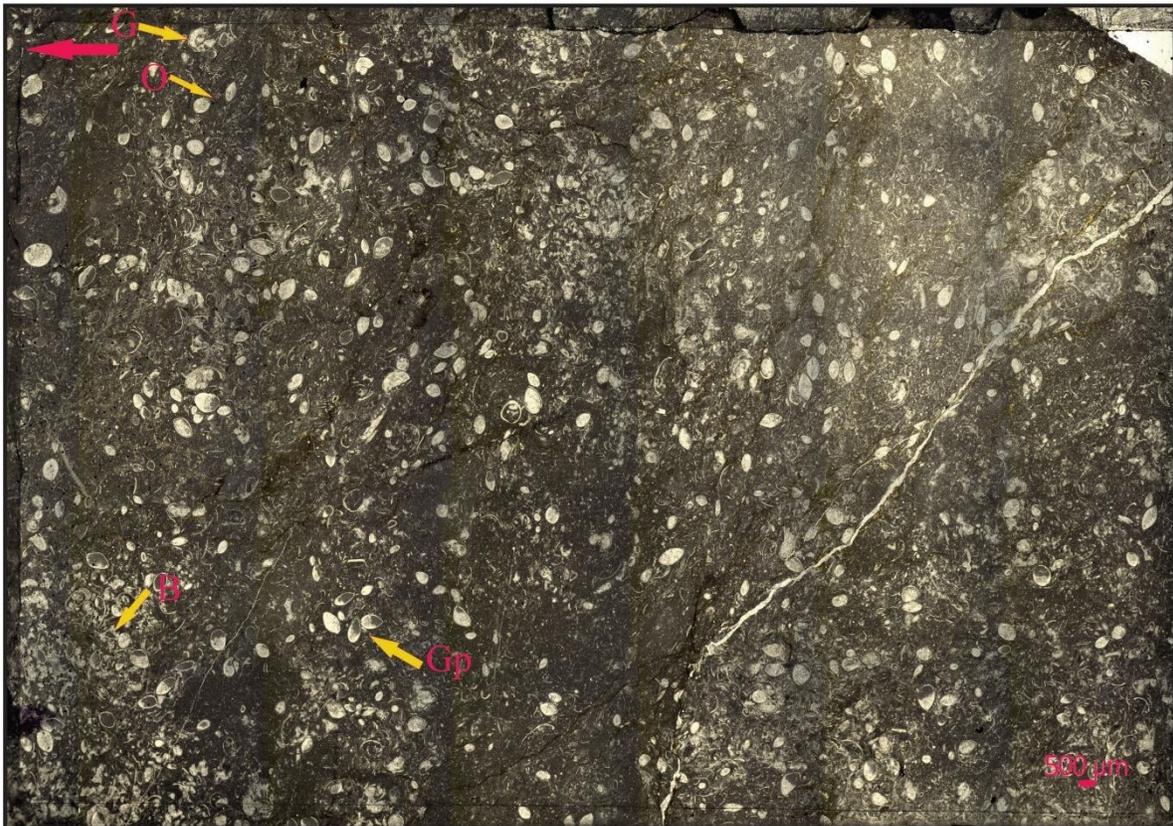
**Pettijhon et al. (1973):** Arenita arcósica

Arenita (arcosa) de grano fino, angulares a subangulares, selección moderada, madurez textural moderada. Laminación muy delgada ondulada no paralela discontinua, las láminas oscuras son de óxido de hierro.

## MUESTRA CMT-2

### Descripción Macroscópica

Roca de color gris oscuro, fino granular con granos esqueléticos, principalmente de ostrácodos de color rosado, los ostrácodos están dispersos en la roca o agrupados. La roca está moderada a altamente bioperturbada (grado 3 a 4).



Micrografía, mosaico que muestra los granos esqueléticos, principalmente ostrácodos, además se identifican bivalvos (B), gastrópodos (G) y se observa la estructura geopetal que nos indica el techo de la capa (Flecha roja en la esquina superior izquierda). Nicoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Ostrácodos	75	20%	Ooides	-	-
Bivalvos	2	0%	Oncoides	-	-
Gastrópodos	3	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	-	-
Briozoos	2	0%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Frag. microproblemáticos	3	1%	Micrita	294	77%
Tubos de serpúlidos	3	1%	Microesparita	-	-
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	<b>88</b>	<b>23%</b>	Seudoesparita	-	-
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Dolomita	-	-
Cuarzo	-	-	<b>Subtotal Matriz</b>	<b>294</b>	<b>77%</b>
Clorita	-	-	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	-	-	Esparita	-	-
<b>Subtotal terrígenos</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Subtotal Cemento</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	88
Granos no esquelatales	-
Terrígenos	-
Micrita	294
Esparita	-
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>382</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	88	23%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>88</b>	<b>23%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	294	77%
Esparita	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>294</b>	<b>77%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

### CLASIFICACIÓN

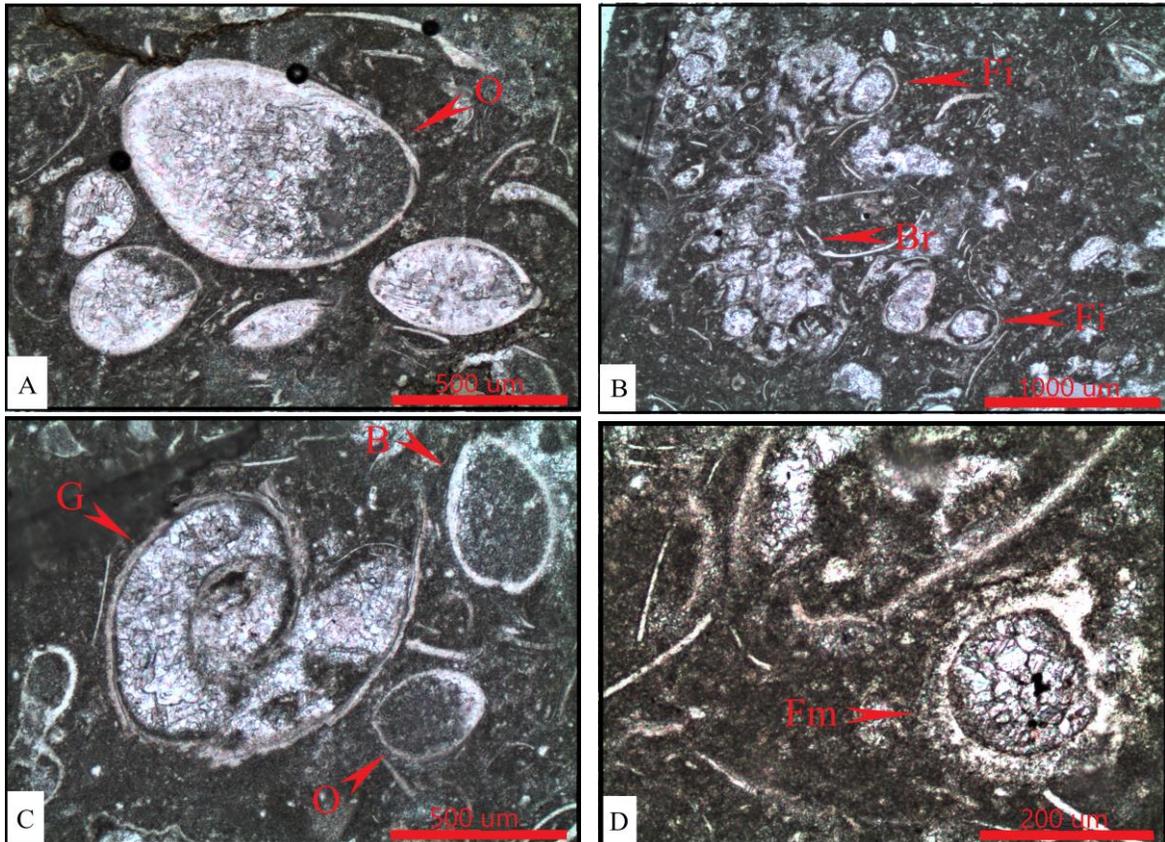
**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de ostrácodos

**Dunham (1962):** *Wackestone* de ostrácodos

Biomicrita dispersa de ostrácodos con textura *wackestone* de ostrácodos, localmente con textura *packstone* de ostrácodos. Los ostrácodos rellenos de esparita. Dentro del armazón hay muchas conchillas desarticuladas de ostrácodos dispuestas en posición paralela a subparalela al plano de estratificación. Dentro del armazón se encuentran bioclastos, aunque escasos de gastrópodos, tubos de serpulidos, bivalvos, briozoos, braquiópodos y fragmentos indeterminados como material intergranular micrita.

Bioperturbación: alta (4°).

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia



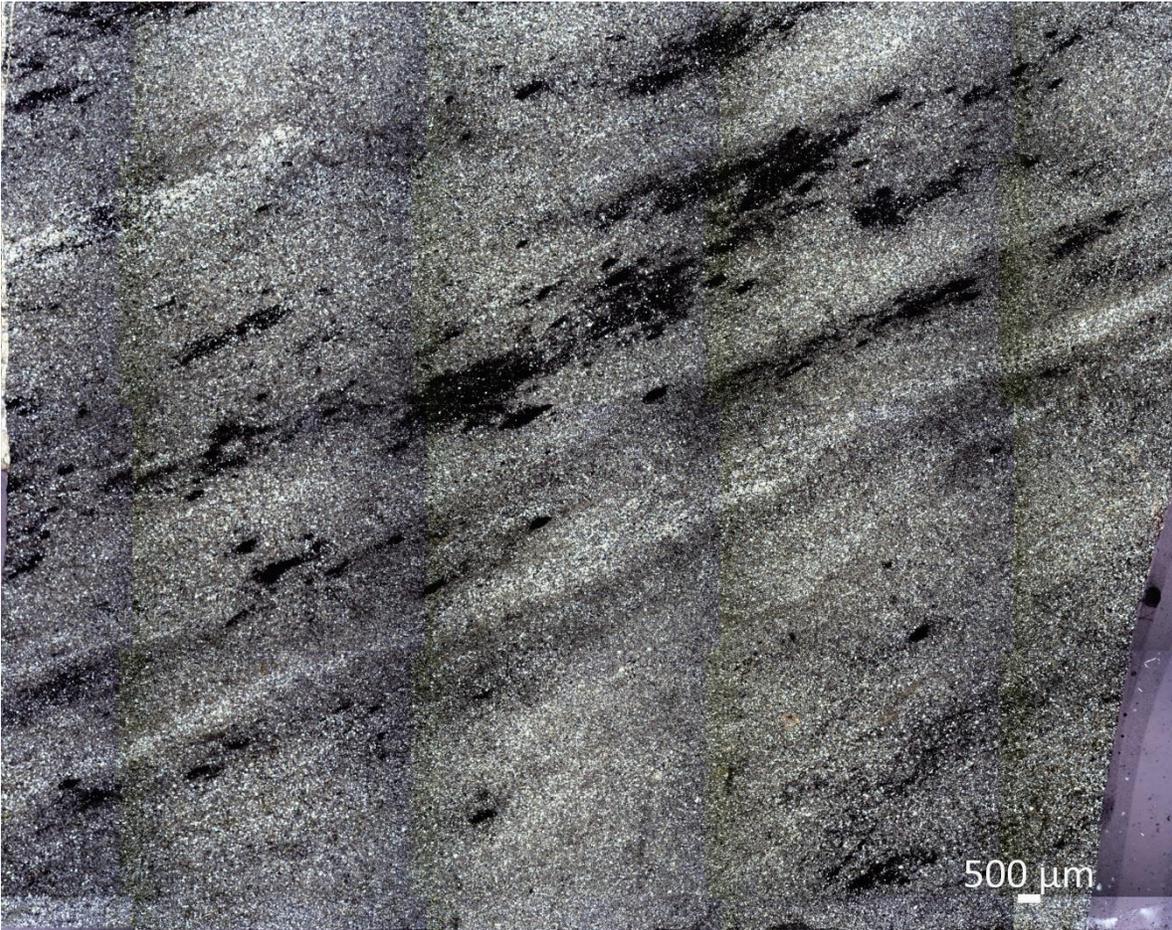
Micrografías de los granos esqueléticos y granos microproblemáticos que componen esta roca, **A**, ostrácodos (O); **B**, fragmento de briozoo (Br) y fragmentos microproblemáticos (Fi), **C**, la imagen indicada como (G) puede ser un gastrópodo o un cefalópodo, (B) braquiópodo y (O) ostrácodo; **D**, fragmento microproblemático (Fm) o foraminífero?. Nícoles paralelos **A** y **C**: 4X; **B**: 2X y **D**: 10X.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA EL TOTUMO

### MUESTRA P-2

#### Descripción Macroscópica

Lodolita de color rojo, levemente calcárea.



Micrografía, que muestra, laminación muy delgada ondulada paralela continua y laminas o moteados de óxido de hierro paralelos al plano de estratificación. Nícoles paralelos 2X.

### Descripción Microscópica

<b>COMPONENTES</b>		
<b>LODO SOPORTADA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Minerales arcillosos	171	54%
Limo Terrígeno	109	35%
Cuarzo	78	25
Feldespato	10	3
Líticos metamórficos	3	1
Muscovita	5	2
Clorita	4	1
Circón	3	1
Óxido de hierro	6	2
Microesparita	21	7%
Seudoesparita	14	4%
<b>TOTAL CONTEO</b>	<b>315</b>	<b>100%</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS MIXTAS</b>	
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>89%</b>
Minerales arcillosos	54
Limo terrígeno	35
Micrita	11%

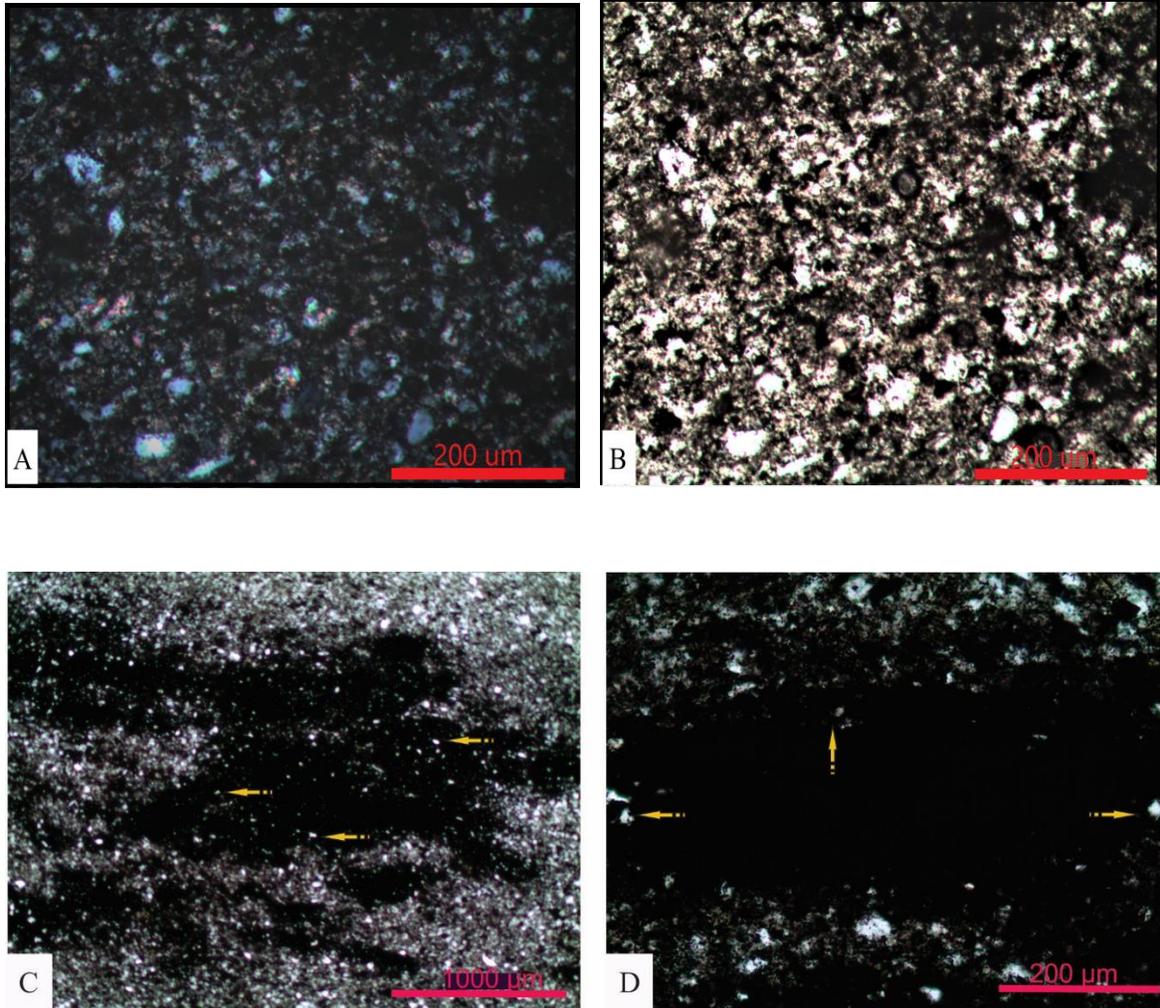
### CLASIFICACIÓN

**Folk (1974):** Lodolita

**Mount (1985):** Lodolita micrítica

Lodolita, micrítica, soportada por 88% de granos siliciclásticos de los cuales el 57% pertenecen a minerales arcillosos, 31% a granos tamaño limo medio a grueso de cuarzo 25%, feldespato 3%, líticos (cuarzo metamórfico) 1%, micas detríticas (muscovita, biotita, clorita) 3%, y micrita 12%. El color rojo es dado por el óxido de hierro que alcanza el 2%.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

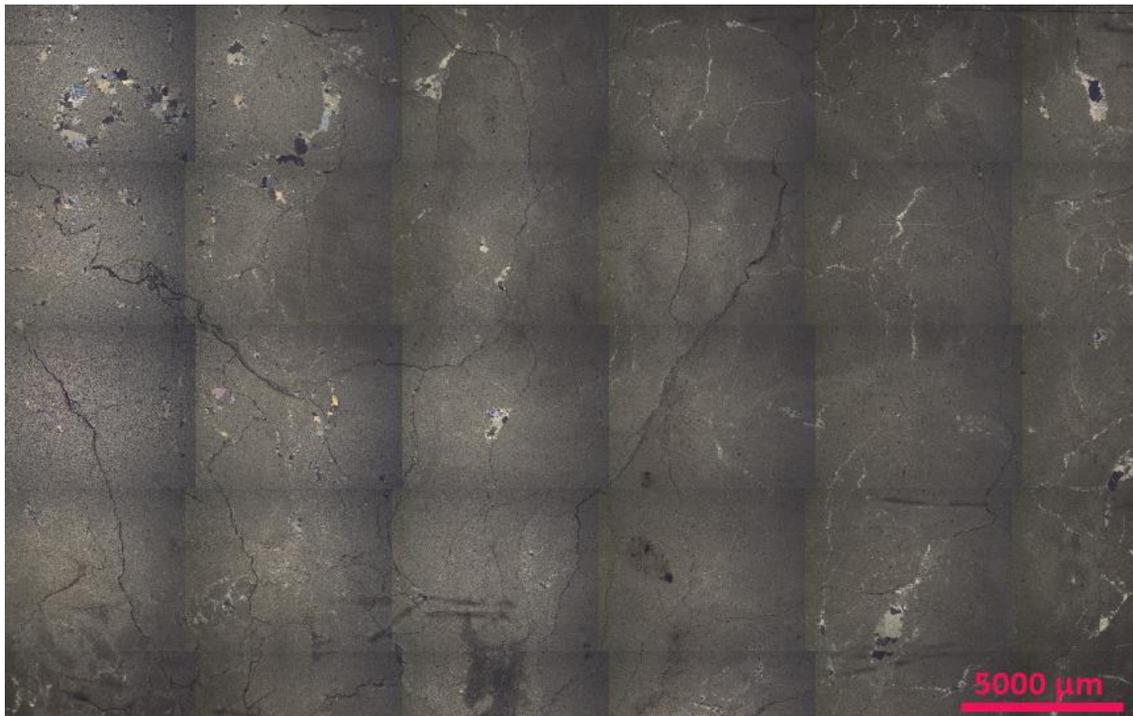


Micrografía que muestra las características texturales de la roca, los granos tamaño limo grueso son angulares a subangulares, embebidos en un material intergranular de minerales arcillosos con óxido de hierro diseminado, **A** y **B**. En **C** y **D** muestra los moteados o láminas irregulares de óxido de hierro, donde se observa granos de cuarzo flotando en estas láminas de óxido de hierro (Flechas amarillas). **A**, nicoles cruzados 10X; **B**, nicoles paralelos 10X; **C**, nicoles paralelos 2X; **D**, nicoles paralelos 10X.

## MUESTRA RNPT-00

### Descripción Macroscópica

Sedimentita fino granular calcárea de color beige rojizo y verde de aspecto macizo. (Nódulos calcáreos de aspecto nodular).



Micrografía, que muestra las características texturales fino granular de los nódulos calcáreos de la Facies Mixta de micrita de aspecto nodular beige y Lodolita roja, tipo griotte, no se observan estructuras como laminación o bioperturbación, se aprecian lo que probablemente son bioclastos recristalizados y aislados. Nicoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES		
LODO SOPORTADA	PUNTOS	%
Micrita	293	94%
Microesparita	6	2%
<b>Subtotal lodo calcáreo</b>	<b>299</b>	<b>96%</b>
Esparita	4	1%
Granos esqueletales	3	1%
Granos terrígenos, limo muy fino	7	2%
Cuarzo	2	1
Óxido de hierro	5	2
TOTAL CONTEO	313	100%

COMPONENTES CLASIFICACIÓN TEXTURAL ROCAS CALCÁREAS		
ORTOQUÍMICO	PUNTOS	%
Micrita	293	96%
Microesparita	6	2%
Esparita	4	1%
Subtotal	303	99%
ALOQUÍMICO		
Bioclastos	3	1%
Subtotal	3	1%
TOTAL	306	100%

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Micrita

**Dunham (1962):** *Mudstone*

Micrita con textura *mudstone*. No se observa bioperturbación ni estructura sedimentaria (como laminación), ni biogénicas.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a seudoesparita.

### MUESTRA MT-3 y RNPT-03

#### Descripción Macroscópica

Roca de color beige grano soportada por granos esqueléticos, tamaño arena gruesa, moderadamente seleccionados, representados por artejos de crinoideos, gastrópodos y braquiópodos.

#### Descripción Microscópica

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	103	34%	Ooides	37	12%
Braquiópodos	7	2%	Oncoides	6	2%
Gastrópodos	4	1%	Peloides	7	2%
Artejos de crinoideos	8	3%	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	50	16%
Foraminíferos	3	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Briozoos	10	3%	Micrita	4	1%
Algas	8	3%	Microesparita	3	1%
-	-	-	Seudoesparita	6	2%
-	-	-	<b>Subtotal Matriz</b>	13	4%
-	-	-	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	143	47%	Esparita	99	33%
			<b>Subtotal Cemento</b>	99	33%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES		COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
		ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Granos esqueléticos o bioclastos	143	Bioclastos	143	47%
Granos no esqueléticos	50	Ooides	37	12%
Terrígenos	-	Oncoides	6	2%
Micrita	13	Peloides	7	2%
Esparita	99	<b>SUBTOTAL</b>	193	63%
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>305</b>	<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
		Micrita	13	4%
		Esparita	99	33%
		<b>SUBTOTAL</b>	112	37%
		<b>TOTAL</b>	<b>305</b>	<b>100%</b>

#### CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Biooesparita mal seleccionada de crinoideos y briozoos

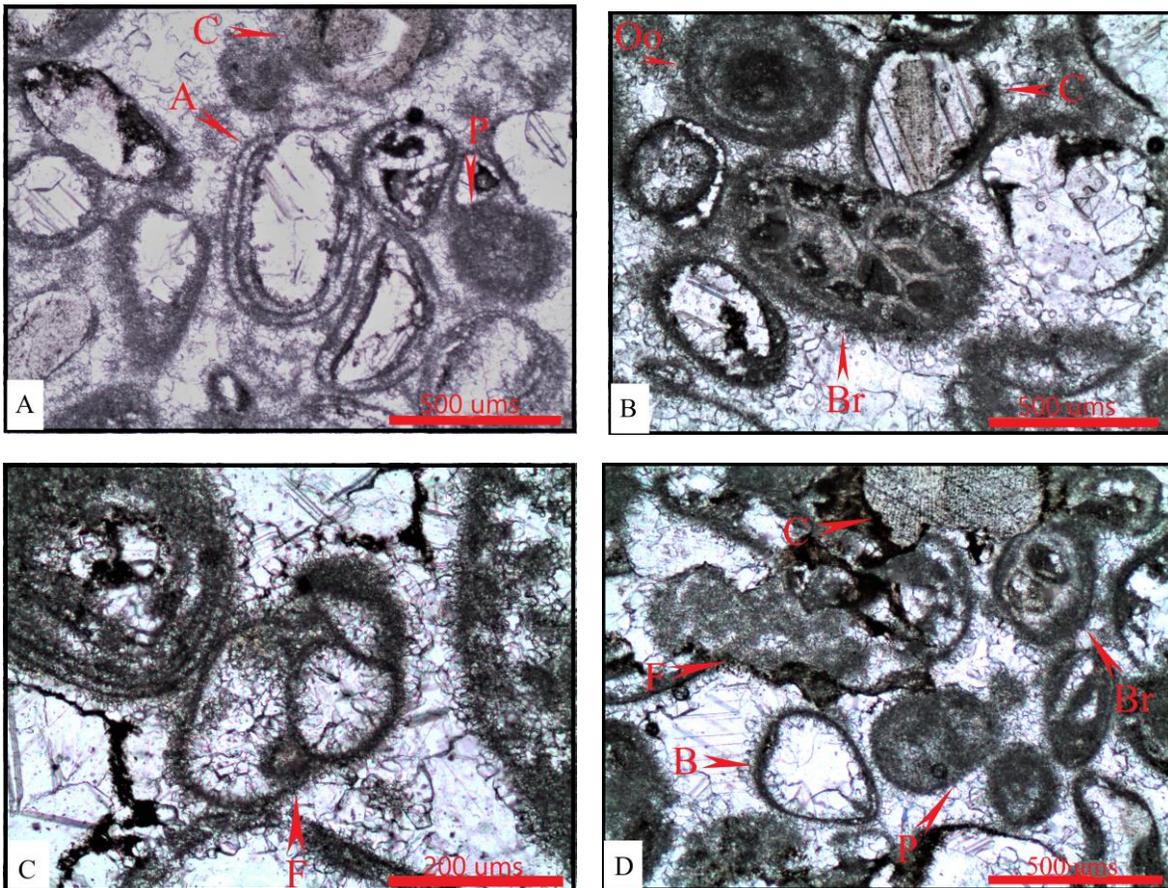
**Dunham (1962):** *Grainstone* de bioclastos y ooides

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Bioesparita mal seleccionada con textura *grainstone* de bioclastos y ooides. Tamaño de los bioclastos varía entre arena gruesa a muy gruesa, redondeados, moderadamente seleccionados y recristalizados por la diagénesis que ha sufrido esta roca, lo que dificulta su identificación. Entre los fósiles reconocidos se tiene artejos de crinoideos, braquiópodos, briozoos, foraminíferos, algas y gastrópodos. Los bioclastos recubierto con una película de micrita.

Bioperturbación de moderada a alta (grado 3 a 4).

Diagénesis: Recristalización.

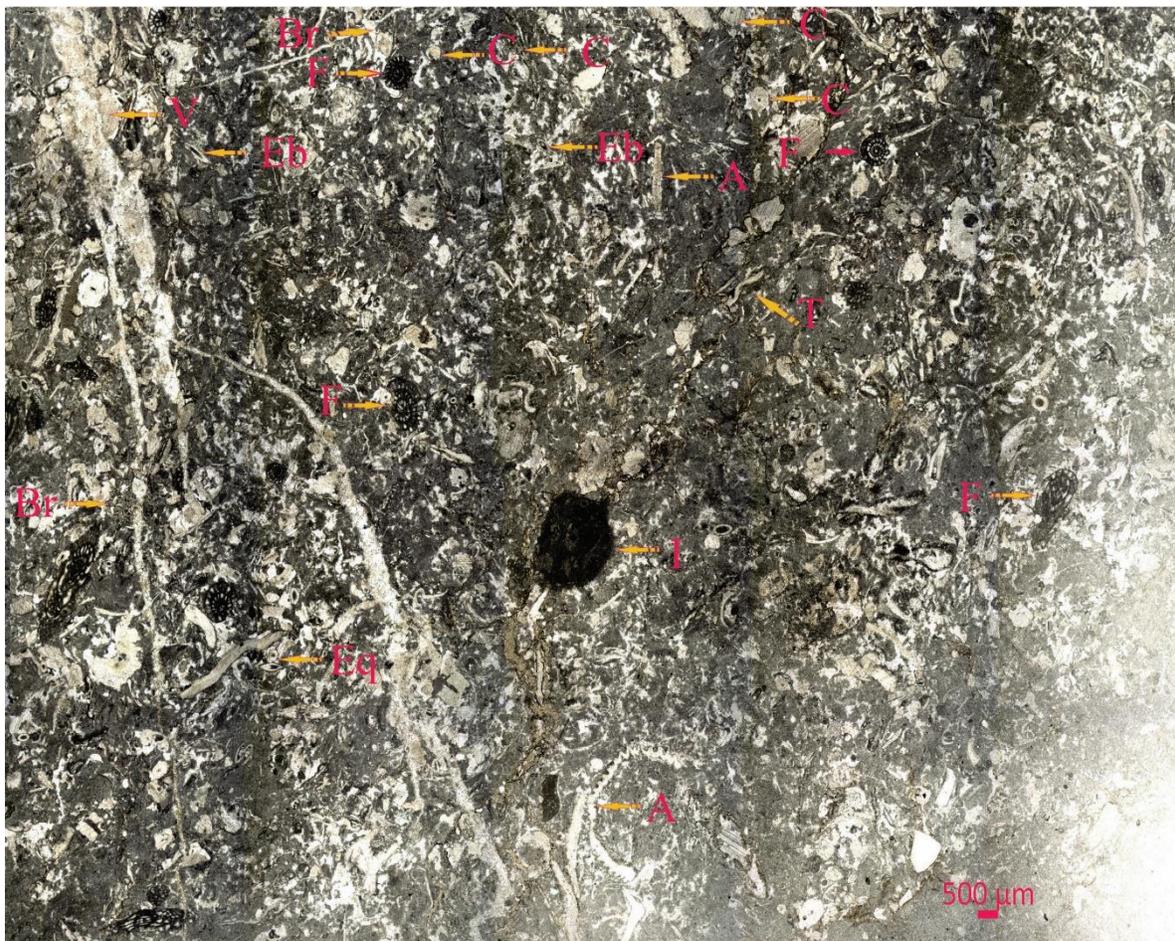


Micrografía de los granos esqueléticos y no esqueléticos que conforman esta roca y se aprecia la envoltura de micrita alrededor de los bioclastos. **A**, crinoideos (C), peloides, (P) y algas? (A); **B**, briozoos (Br), crinoideo (C) y ooides (Oo); **C**, foraminífero (F); **D**, crinoideo (C), bivalvo (B), foraminífero (F) y peloides (P). Nícoles paralelos 4X (A, B y D) y 10X (C).

## MUESTRA MT-4

### Descripción Macroscópica

Roca de color beige, grano soportada por granos esqueléticos de artejos de crinoideos, braquiópodos y gastrópodos.



Micrografía que muestra los constituyentes esqueléticos y no esqueléticos de esta roca, entre otros fusulinidos (F), fragmentos de crinoideos (C), briozoos (Br), algas (A), espículas de braquiópodos, espículas de equinodermos (Eq), fragmentos de trilobites (T), bioclastos indeterminados, intraclastos (I) y venas rellenas de calcita. Nicoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	51	15%	Peloides	-	-
Algas	4	1%	Intraclastos	-	-
Artejos de crinoideos	59	18%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	-	-
Briozoos	3	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos de braquiópodos	45	14%	Micrita	59	18%
Foraminíferos	4	1%	Microesparita	51	15%
Fragmentos de trilobites	4	1%	Seudoesparita	13	4%
-	-	-	Dolomita	-	-
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	<b>170</b>	<b>51%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	<b>123</b>	<b>37%</b>
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>CEMENTO</b>		
-	-	-	Esparita	39	12%
<b>Subtotal terrígenos</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Subtotal Cemento</b>	<b>39</b>	<b>12%</b>

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	170
Granos no esquelatales	-
Terrígenos	-
Micrita	123
Esparita	39
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>332</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	170	51%
Ooides	-	-
Oncoides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>170</b>	<b>51%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	123	37%
Esparita	39	12%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>162</b>	<b>49%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>332</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita empaquetada de crinoideos y fusulinidos

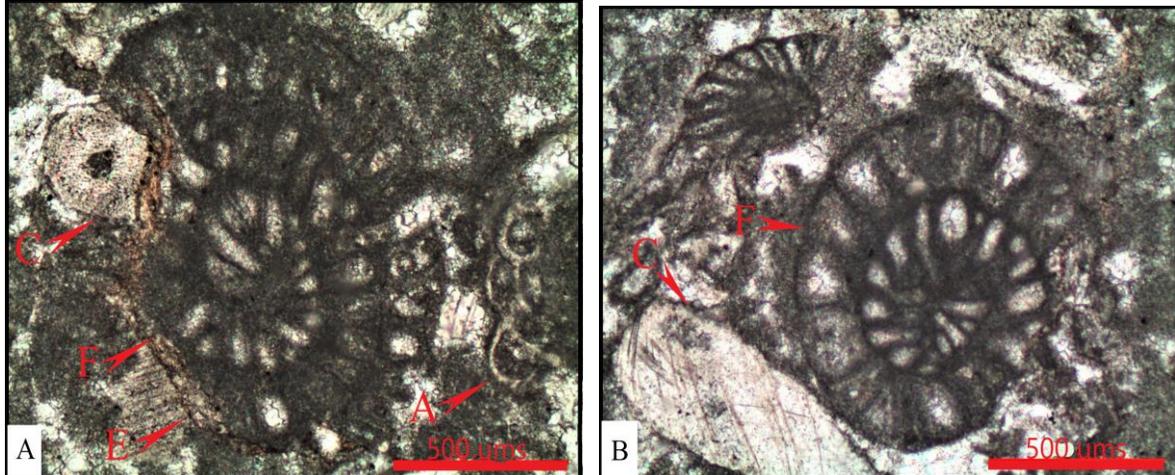
**Dunham (1962):** *Packstone* de bioclastos

Biomicrita empaquetada de crinoideos y fusulinidos con textura *packstone* de bioclastos, localmente *wackestone* de bioclastos. Compuesta por granos esquelatales tamaño arena

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

media a gruesa, mal seleccionados, subangulares a subredondeados en un material intergranular de micrita.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita y recristalización de los bioclastos.

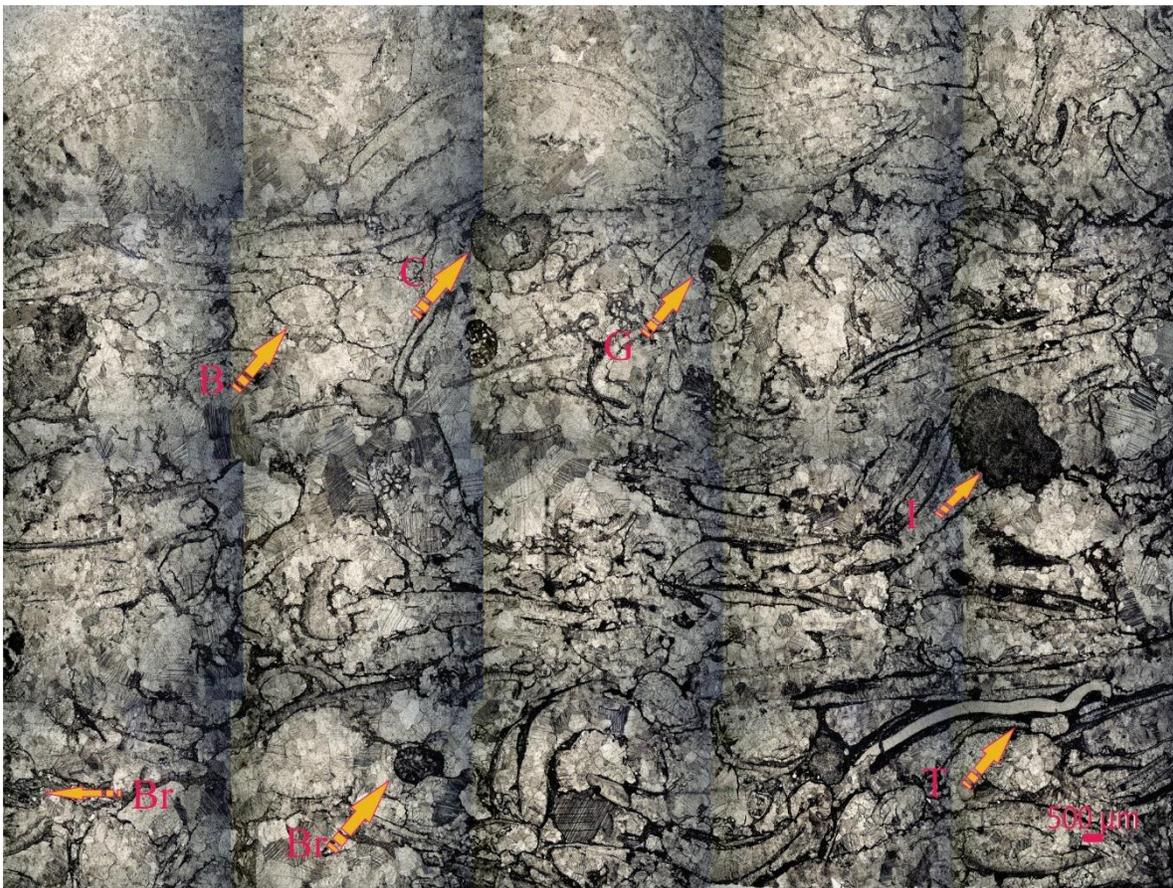


Micrografía que muestra una parte de los granos esqueléticos que componen esta roca. **A**, foraminífero bentónico fusulinido (F), afectado una parte por un estilolito (E), crinoideo (C) y fragmento de, **B**, foraminífero bentónico fusulinido (F) y fragmento de crinoideo (C). Nicoles paralelos 4X

## MUESTRA MT-5 y RNPT-05

### Descripción Macroscópica

Sedimentita de color beige, grano soportado por partículas esqueléticas de braquiópodos, gastrópodos y bivalvos.



Micrografía que muestra la recristalización de toda la sección delgada de esta roca, esto dificulta la identificación de sus constituyentes, sin embargo, se reconocen briozoos (Br), fragmentos de braquiópodos (B), trilobites (T), gastrópodos (G) e intraclastos. Se tomó muestra gemela para sección delgada denominada RNPT-05. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	72	23%	Ooides	6	2%
Algas	3	1%	Oncoides	9	3%
Artejos de crinoideos	7	2%	Peloides	7	2%
Briozoos	3	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	22	7%
Fragmentos de braquiópodos	55	17%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Foraminíferos	2	1%	Micrita	6	2%
Gastrópodos	2	1%	Microesparita	3	1%
-	-	-	Seudoesparita	1	0%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	144	46%	<b>Subtotal Matriz</b>	10	3%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>CEMENTO</b>		
-	-	-	Esparita	141	44%
<b>Subtotal terrígenos</b>	-	-	<b>Subtotal Cemento</b>	141	44%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	144
Granos no esquelatales	22
Terrígenos	-
Micrita	10
Esparita	141
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>317</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUIMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	144	45%
Ooides	6	2%
Oncoides	9	3%
Peloides	7	2%
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>166</b>	<b>53%</b>
ORTOQUIMICOS	PUNTOS	%
Micrita	10	3%
Esparita	141	44%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>151</b>	<b>47%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>317</b>	<b>100%</b>

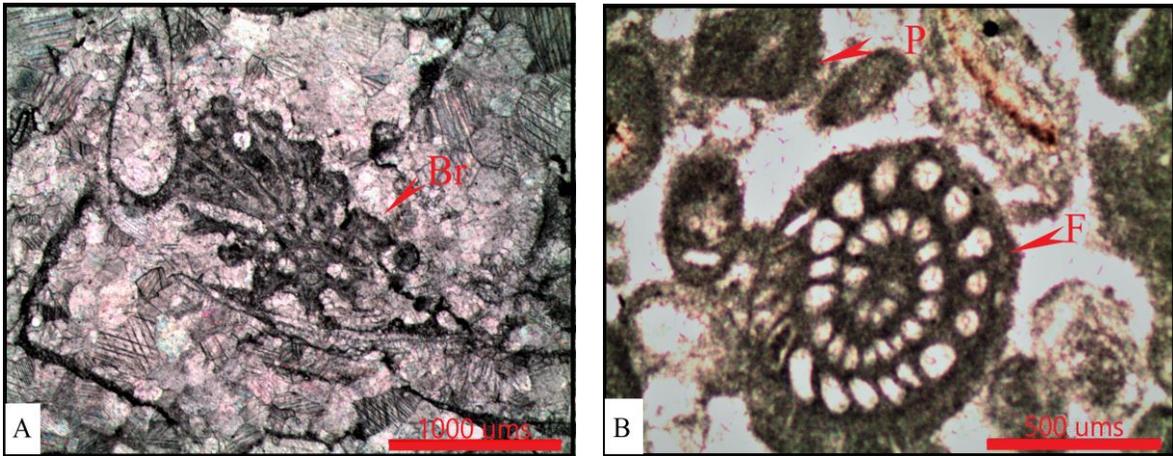
**CLASIFICACIÓN**

- Folk (1962):** Bioesparita mal seleccionada
- Dunham (1962):** *Grainstone* de bioclastos
- Embry & Klovan (1971):** *Rudstone* de bioclastos

Bioesparita mal seleccionada con textura *grainstone* de bioclastos o *rudstone* de bioclastos. Los bioclastos tamaño arena gruesa a gránulo, subredondeados a redondeados, mal seleccionados con material intergranular de esparita. Los bioclastos están representados por fragmentos de braquiópodos, briozoos, foraminíferos y algas.

Diagénesis: Recristalización de los bioclastos, dificulta la identificación de los granos esquelatales.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

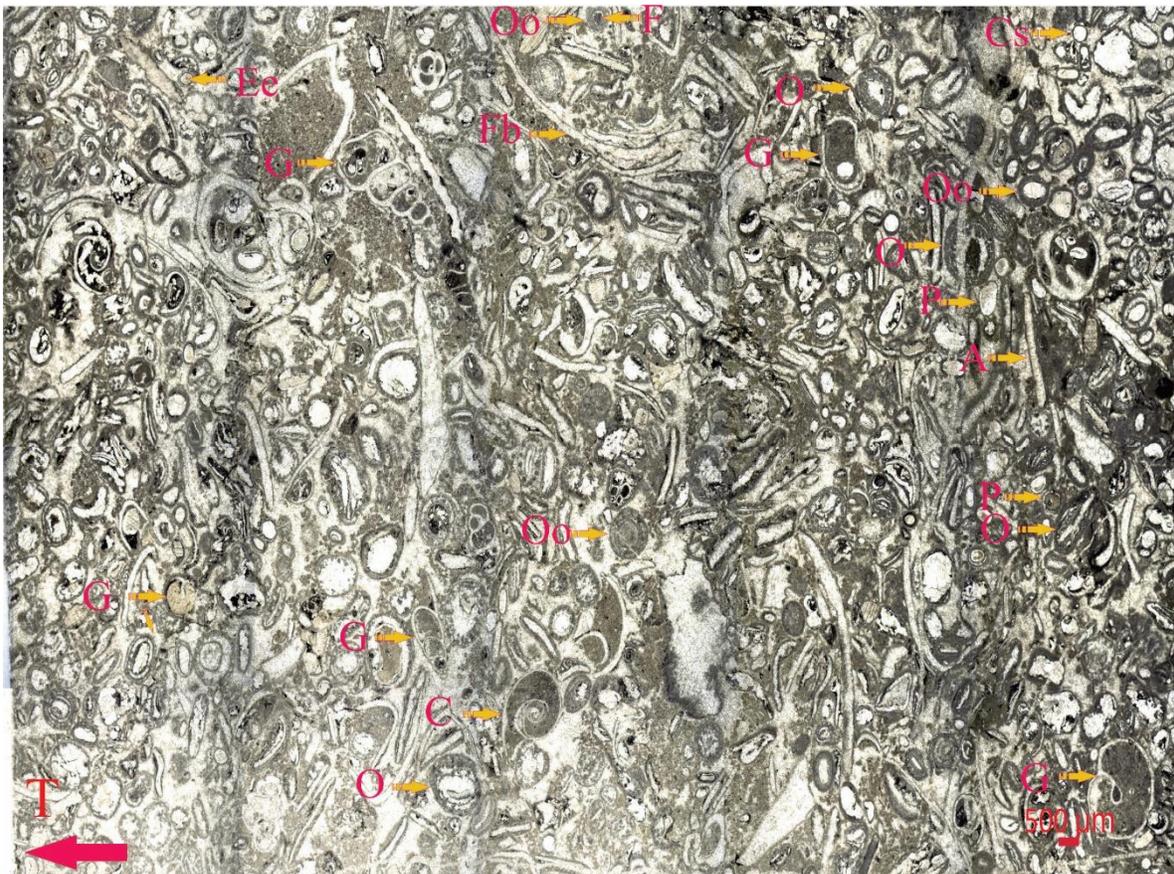


Micrografía mostrando granos esqueléticos y no esqueléticos. Hay recristalización por diagénesis. **A**, briozoos (Br) y **B**, fusulinido (F) y peloides (P). Nicóles paralelos 2x y 4X.

## MUESTRA MT-6

### Descripción Macroscópica

Roca de color beige, grano soportada, compuesta por ooides, oncoides, fragmentos de braquiópodos, crinoideos y gastrópodos. Se observa orientación de las conchas y de los fragmentos fósiles, paralelos al plano de estratificación.



Micrografía, mosaico que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos que componen esta roca, entre los que se tiene oncoides (O), ooides (Oo), peloides (P), gastrópodos (G), cefalópodos (C), espícula de crinoideos (Ee), fragmento de braquiópodos (Fb), calciesferas de algas (Cs). Se observa orientación de los bioclastos paralelos al plano de estratificación, con bioperturbación moderada (grado 3). (Flecha y T techo de la capa). Nicols paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	37	11%	Ooides	40	12%
Algas	14	4%	Oncooides	31	10%
Artejos de crinoideos	13	4%	Peloides	8	3%
Fragmentos de braquiópodos	31	10%	Intraclastos	3	1%
Gastrópodos	5	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	82	26%
-	-	-	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
-	-	-	Micrita	7	2%
-	-	-	Microesparita	60	19%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	100	31%	Seudoesparita	9	3%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	76	24%
-	-	-	<b>CEMENTO</b>		
<b>Subtotal terrígenos</b>	-	-	Esparita	61	19%
			<b>Subtotal Cemento</b>	61	19%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	100
Granos no esquelatales	82
Terrígenos	-
Micrita	76
Esparita	61
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>319</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	100	30%
Ooides	40	13%
Oncooides	31	10%
Peloides	8	3%
Intraclastos	3	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>182</b>	<b>57%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	76	24%
Esparita	61	19%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>137</b>	<b>43%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>319</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biooesparita parcialmente lavada (poorly-washed) de fragmentos de braquiópodo  
**Dunham (1962):** *Packstone* de bioclastos y ooides

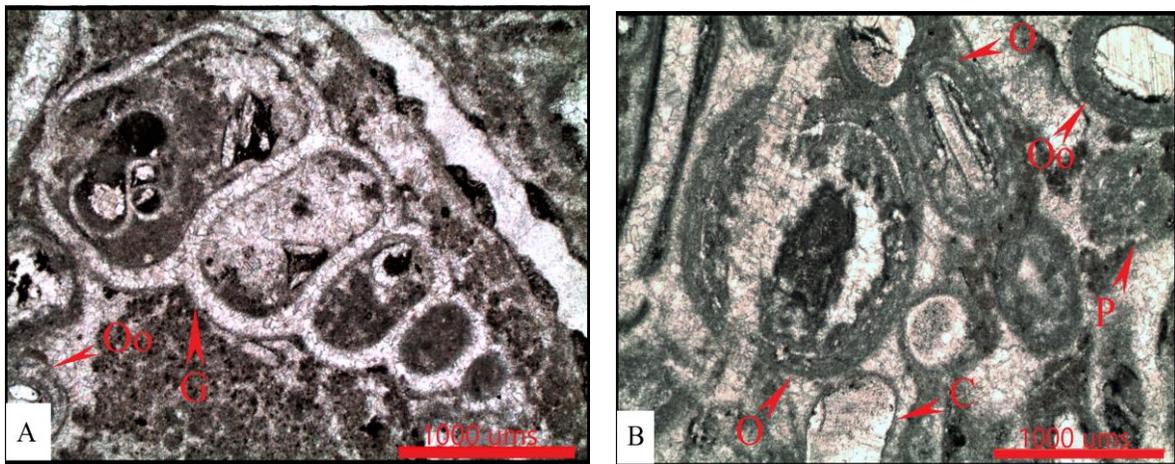
Biooesparita pobremente lavada con textura *packstone* de bioclastos y ooides. Los granos esquelatales y no esquelatales representan el 57% del armazón de la roca, son de tamaño arena gruesa a muy gruesa, subredondeados a redondeados, mal seleccionados, localmente

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

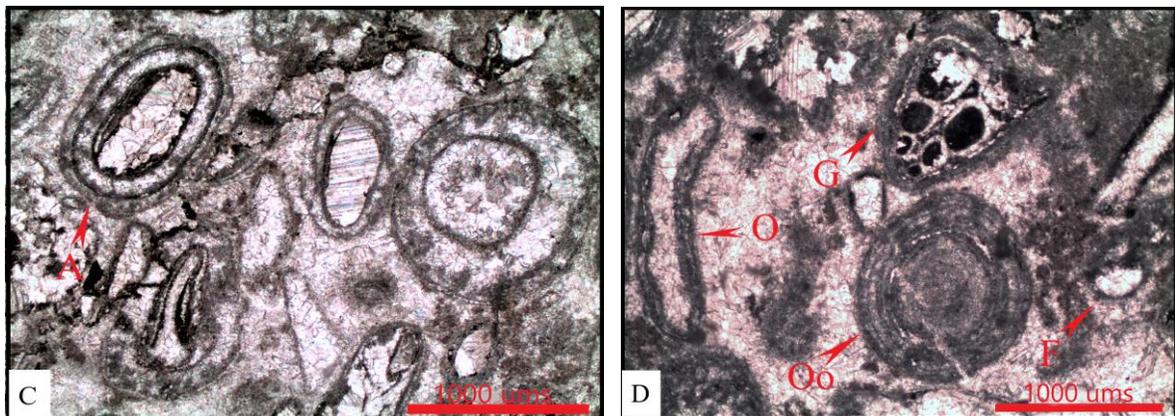
contenidos por material intergranular de micrita o cementados por esparita. La micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita. Los bioclastos están envueltos por una película de micrita y recristalizados, de los cuales se reconocen fragmentos de braquiópodos, restos de crinoideos, algas, gastrópodos, espículas de equinodermos y foraminíferos bentónicos fusulinoideos. Los granos no esqueléticos representados por ooides con estructura tangencial y oncooides Tipo geométrico C y R, son redondeados con tamaños que varían de arena gruesa a muy gruesa.

Bioperturbación: Moderada (grado 3).

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita.



Micrografía que muestra los granos esqueléticos y no esqueléticos observados en la sección delgada de esta roca. **A**, gastrópodo (G) y oide (Oo); **B**, oncoide (O) atravesado por una vena de esparita, oide (Oo), fragmento de crinoideo (C) y peloide (P)



Micrografía donde se observa, **C**, alga dasicladaceas, *Pseudoepimastopora pertunda*, Endo (1960), (Kirkland, comunicación escrita), **D**, gastrópodos (G), ooides (Oo), oncooides (O) y foraminífero bentónico (F), por comparación es similar a *Eotuberitina* sp., cf. Sudar *et al.* (2018). Nícoles paralelos 2X.

## MUESTRA MT-7

### Descripción Macroscópica

Sedimentita de colores gris, beige, gris verdoso, rojizo, grano soportada, compuesta por clastos calcáreos tamaño arena media a guijarro muy grande, angulares a subangulares, mal seleccionados, con fragmentos esqueletales tamaño gránulo a guijarro pequeño de crinoideos y braquiópodos. Muestra estratificación gradada normal.



Sección delgada del estrato de la roca grano soportada de intraclastos, donde muestra que los clastos son de varias procedencias. Hay clastos de micrita (fg), Ooesparita bien seleccionados y biomicrita empaquetada (gs), angulares a subredondeados, tamaño que varía de gránulo a guijarro mediano en una matriz fino granular calcárea y minerales arcillosos. Nícoles cruzados 2X.

### Descripción Microscópica

COMPONENTES		
ARMAZÓN	PUNTOS	%
Granos no esqueletales	28	72%
Intraclastos	28	72
MATRIZ	7	18%
Micrita	7	18
TERRÍGENOS	4	10%
Granos terrígenos, limo fino a medio	2	5
Minerales de arcilla	2	5
TOTAL CONTEO	39	100%

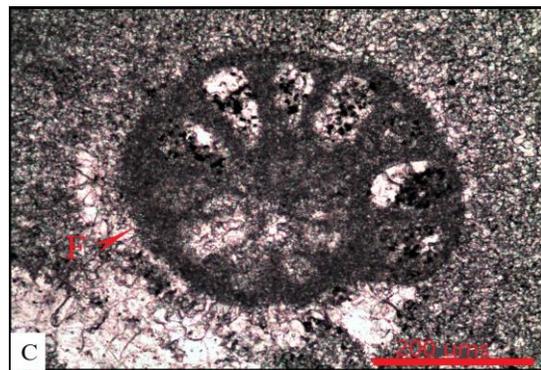
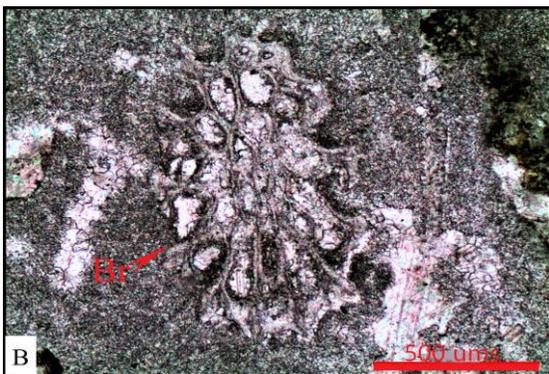
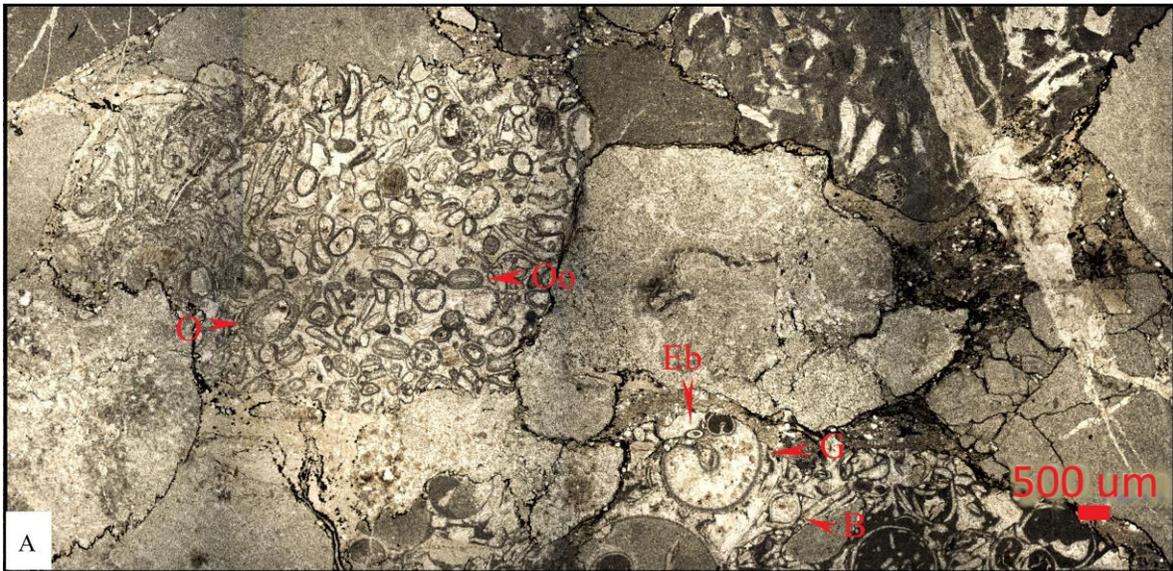
COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	28	80%
Granos no esqueletales	28	80
ORTOQUÍMICO	7	20%
Micrita	7	20
TOTAL	35	100%

**Folk (1962):** Intramicrita empaquetada

**Dunham (1962):** *Packstone* de intraclastos

**Embry & Klovan (1971):** *Rudstone* de intraclastos

Intramicrita empaquetada con textura *packstone* de intraclastos o *rudstone* de intraclastos. Constituida por granos que varían de gránulo a guijarro mediano, angulares a subredondeados, mal seleccionada con material intergranular de micrita y minerales arcillosos. Los intraclastos en su mayoría son de micrita con textura *mudstone* y en menor proporción de Ooesparita bien seleccionados con textura *grainstone* de ooides, bioesparita pobremente lavada con textura *packstone* de bioclastos y biomicrita empaquetada con textura *packstone* de bioclastos.

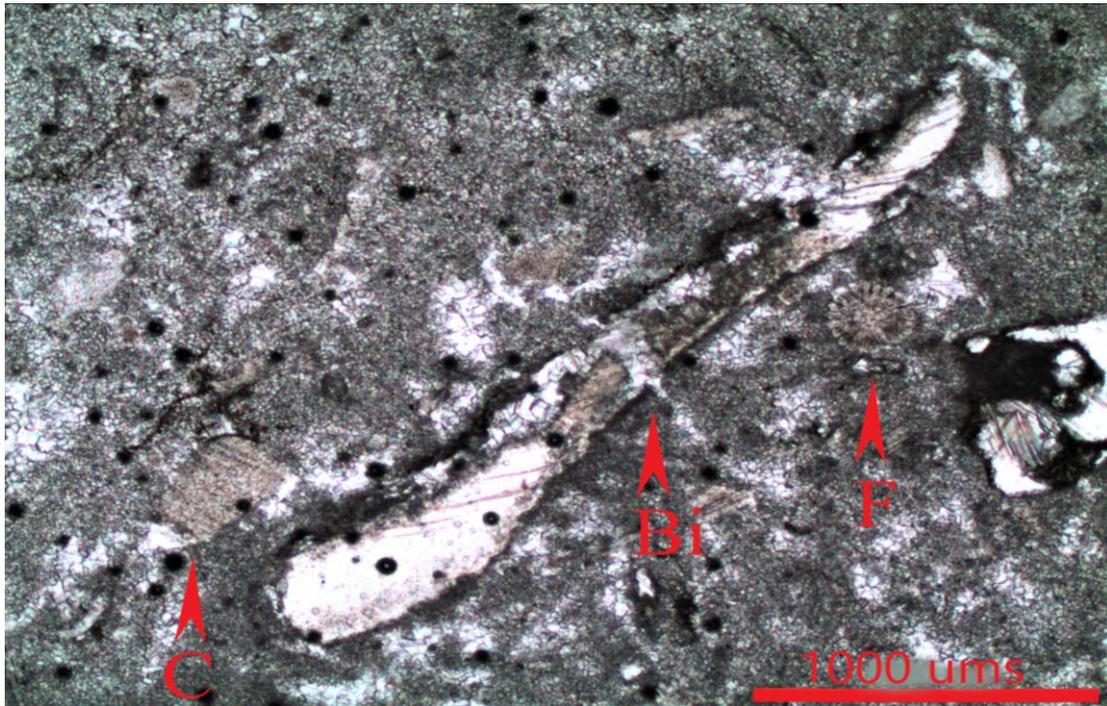


Micrografía que muestra las características texturales y de composición de los intraclastos. **A**, detalle de los intraclastos de Ooesparita bien seleccionados (Oo), bioesparita mal seleccionados (Eb) y biomicrita empaquetada, se observan oncoides (O), ooides (Oo), espícula de braquiópodo (Eb), gastrópodos (G) y braquiópodo (B); los intraclastos de micrita, con neomorfismo a microesparita; **B**, briozoo (Br); **C**, foraminífero bentónico. Nícoles paralelos 4X (B) y 10X (C).

## MUESTRA RNPT-06

### Descripción macroscópica

Sedimentita de color gris rojizo, fino granular con granos esqueléticos de crinoideos y braquiópodos.



Micrografía que muestra los granos esqueléticos que componen esta roca, flotando en una matriz de micrita; entre los cuales tenemos fragmentos de crinoideos (C), bioclasto indeterminado (Bi) y sección sagital de un coral tipo rugosa o comparable con el corte sagital en su etapa inicial del foraminífero *Abadehella* sp., cf. Okimura, *et al.* (1975), ((F), Nicoles paralelos 4X.

### Descripción Microscópica.

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Artejos de crinoideos	9	3%	<b>Subtotal G. no esqueléticos</b>	-	-
Briozoos	4	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Foraminíferos	4	1%	Micrita	91	30%
Fragmentos indeterminados	20	7%	Microsparita	142	47%
-	-	-	Seudoesparita	26	9%
-	-	-	<b>Subtotal Matriz</b>	259	86%
-	-	-	<b>CEMENTO</b>		
-	-	-	Esparita	6	2%
<b>Subtotal G. esqueléticos</b>	37	12%	<b>Subtotal Cemento</b>	6	2%

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esqueléticos o bioclastos	37
Granos no esqueléticos	-
Terrígenos	-
Micrita	259
Esparita	6
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>302</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	37	12%
Ooides	-	-
Oncooides	-	-
Peloides	-	-
Intraclastos	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>37</b>	<b>12%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	259	86%
Esparita	6	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>265</b>	<b>88%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>302</b>	<b>100%</b>

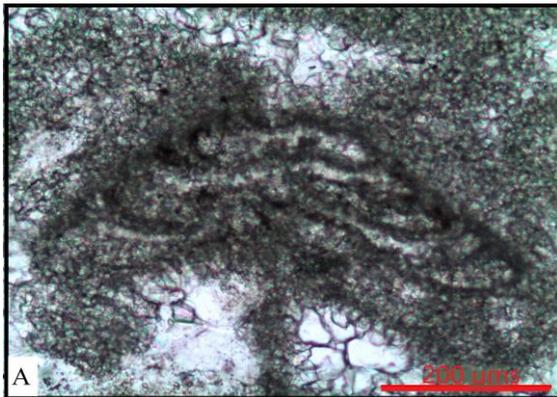
## CLASIFICACIÓN

**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de crinoideos

**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos

Biomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos. Roca lodo soportada por micrita con contenido de granos esqueléticos, tamaño arena media, subangulares a redondeados y mal seleccionados. Los bioclastos representados por fragmentos de crinoideos, briozoos, foraminíferos, algas y bioclastos indeterminados.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita

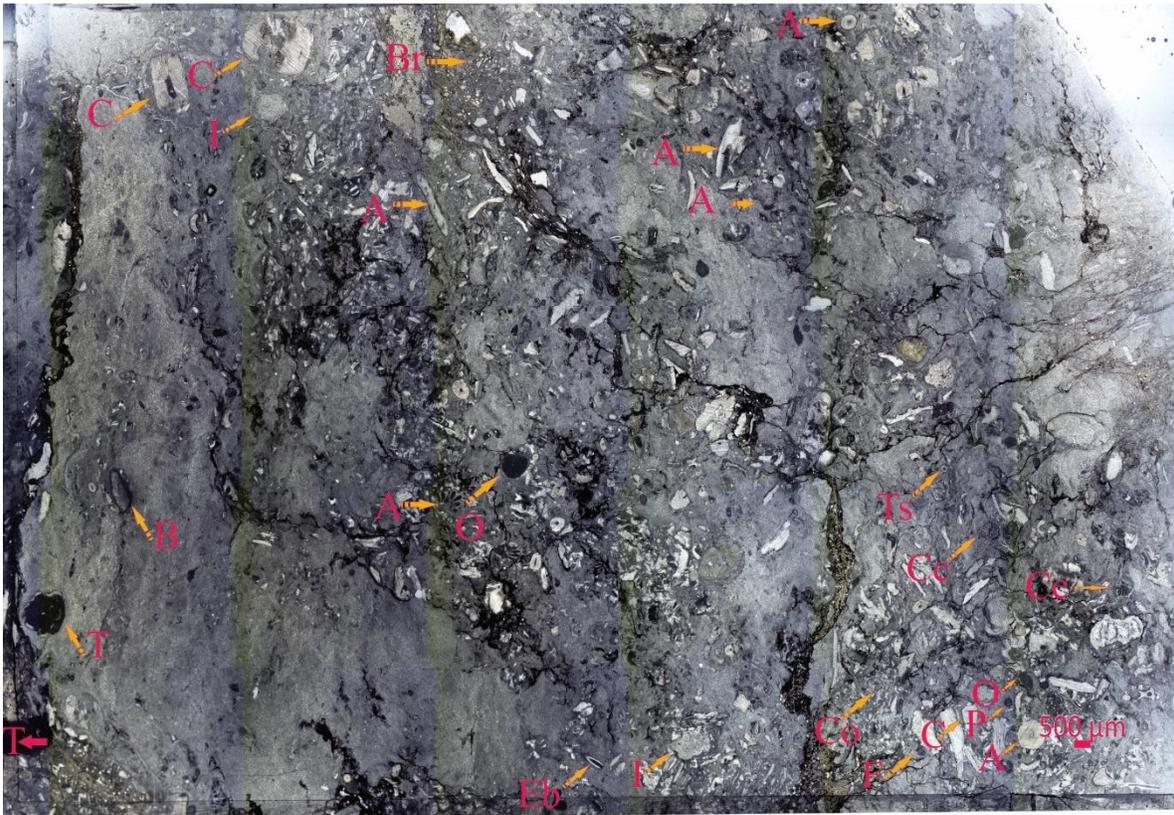


En la micrografía muestra: **A**, foraminífero bentónico probablemente *Abadehella* sp. cf. Okimura, et al., (1975) y **B**, alga.

## MUESTRA RNPT-07

### Descripción macroscópica

Sedimentita de color gris, fino granular con granos esqueléticos dispersos de crinoideos y fragmentos de valvas indeterminadas.



Micrografía, mosaico que muestra los granos esqueléticos que conforman esta roca en una matriz fino granular calcárea, entre los bioclastos presentes tenemos: foraminíferos (F), crinoideos (C), algas (A), coral colonial tipo tabulata (Cc), tubos de serpulidos (Ts), *Tubiphytes?* (T), braquiópodo (B), conodontes (Co) y no esqueléticos como oncoides (O) e intraclastos (I). En la imagen se observan fracturas rellenas de minerales arcillosos y óxidos de hierro. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	12	4%	Ooides	-	-
Algas	11	3%	Oncoides	6	2%
Artejos de crinoideos	11	3%	Peloides	-	-
Coral tipi tabulata	3	1%	Intraclastos	4	1%
Tubos de serpúlidos	2	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	10	3%
Foraminíferos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	41	13%	Micrita	203	65%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	Microesparita	45	14%
Cuarzo	7	2%	<b>Subtotal Matriz</b>	248	79%
Circón y esfena	3	1%	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	2	1%	Esparita	4	1%
<b>Subtotal terrígenos</b>	12	4%	<b>Subtotal Cemento</b>	4	1%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	41
Granos no esquelatales	10
Terrígenos	12
Micrita	248
Esparita	4
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>315</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	41	14%
Ooides	-	-
Oncoides	6	2%
Peloides	-	-
Intraclastos	4	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>51</b>	<b>17%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	248	82%
Esparita	4	1%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>252</b>	<b>83%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>303</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biomicrita dispersa de fragmentos de braquiópodos y algas

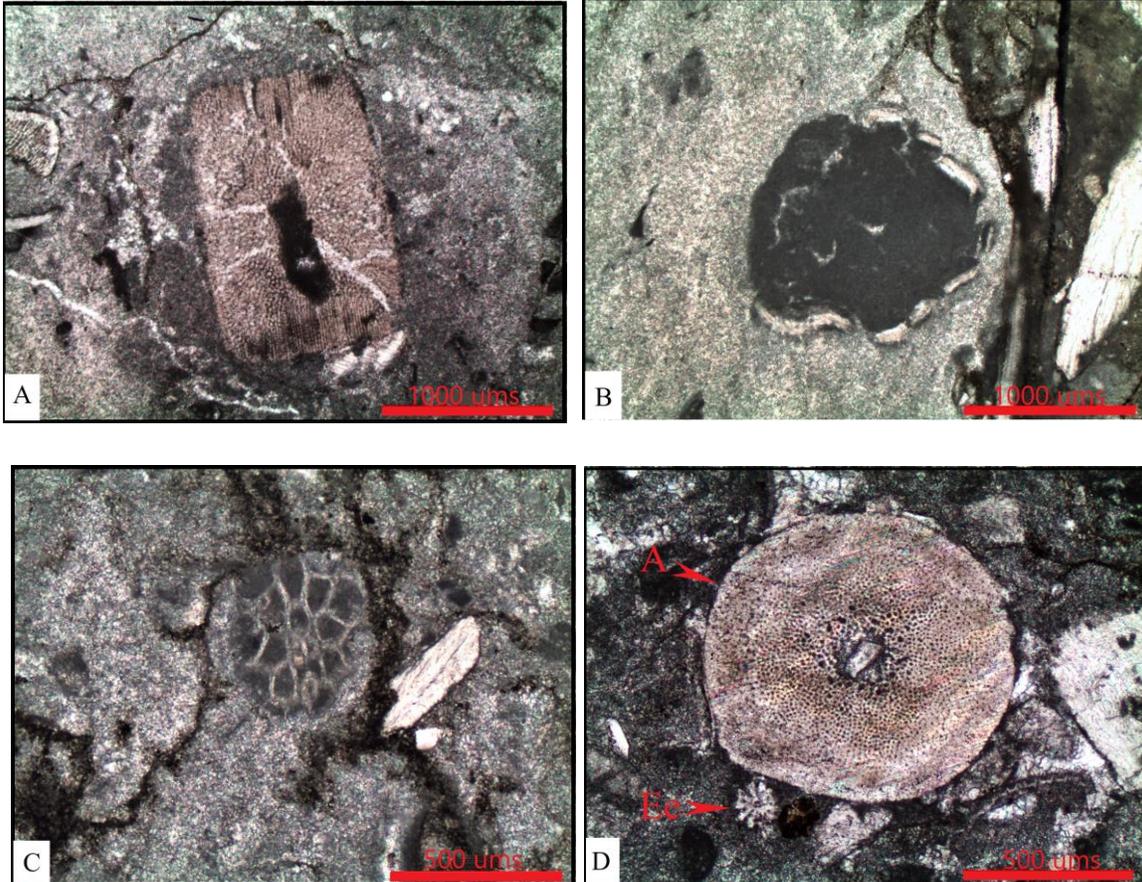
**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos

Biomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos. Roca lodo soportada por micrita y con contenido de granos esquelatales y no esquelatales tamaño arena media a muy gruesa, subangulares a redondeados y mal seleccionados. Los bioclastos representados por

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

fragmentos de braquiópodos, algas, crinoideos, conodontes, tubos de serpulidos, corales coloniales tipo tabulata, briozoos y no esqueléticos como oncoides bien redondeados e intraclastos.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita



Microfotografía que muestra los bioclastos que conforman esta roca. **A**, alga; **B**, *Tubiphytes* cf Maslov, (1956) **C**, coral colonial tabulata (*Favosites?* sp.); **D**, alga (A) y espícula de equinodermo (Ee). Nícoles paralelos 2X (A y B) y 4X (C y D).

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA CARCASÍ

### MUESTRA MC-01

#### Descripción Macroscópica

Roca gris verdosa, rojiza, grano soportada con granos esqueléticos de braquiópodos, crinoideos y no esqueléticos de oncoides e intraclastos de tamaños arena media a gruesa, subredondeados a redondeados, moderadamente seleccionados. Se observa una laminación muy delgada ondulada no paralela.



Micrografía, donde se observan las características texturales y composicionales de la sección delgada de esta roca. Se observan principalmente granos esqueléticos de tamaño arena media a gruesa, subredondeados a redondeados. Los bioclastos presentes son tubos de serpulidos (Ts), braquiópodos (B), corales coloniales tabulata (Cc), espículas de crinoideo (Eb), escleritos de holoturia (Eh), fragmentos de trilobites (T), algas (A), crinoideos y no esqueléticos como oncoides (O) y peloides (P). Nicoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos indeterminados	71	18%	Ooides	8	22%
Fragmentos de braquiópodos	19	5%	Oncoides	12	3%
Algas	17	4%	Peloides	8	2%
Artejos de crinoideos	4	1%	Intraclastos	8	2%
Tubos de serpúlidos	15	4%	<b>Subtotal G. no esqueletales</b>	36	9%
Foraminíferos	2	1%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Coral tipo tabulara	3	1%	Micrita	5	1%
Espícula de equinodermos	3	1%	Microesparita	10	3%
Espícula de braquiópodos	7	2%	Seudoesparita	5	1%
Briozoos	8	2%	<b>Subtotal Matriz</b>	20	5%
Fragmentos de trilobites	4	1%	<b>CEMENTO</b>		
Ostrácodos	2	1%	Esparita	142	37%
<b>Subtotal G. esqueletales</b>	155	41%	<b>Subtotal Cemento</b>	142	37%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>			
Cuarzo	26	6%			
Clorita	3	1%			
Oxido de hierro	2	1%			
<b>Subtotal terrígenos</b>	31	8%			

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esqueletales o bioclastos	155
Granos no esqueletales	36
Terrígenos	31
Micrita	20
Esparita	142
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>384</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	155	45%
Ooides	8	2%
Oncoides	12	3%
Peloides	8	2%
Intraclastos	8	2%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>191</b>	<b>54%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	20	6%
Esparita	142	40%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>162</b>	<b>46%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Bioesparita mal seleccionada de fragmentos de brauiópodos y algas

**Dunham (1962):** *Grainstone* de bioclastos

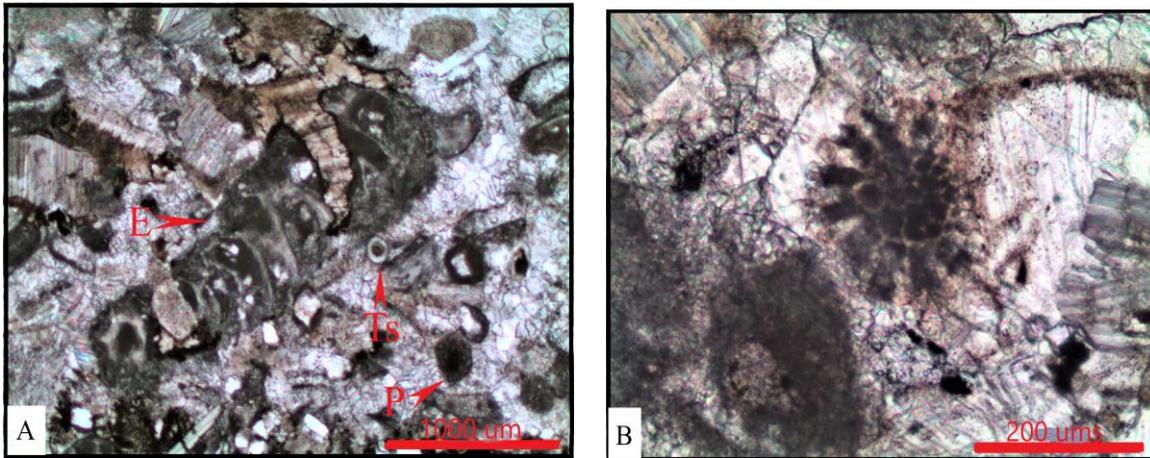
Bioesparita mal seleccionada con textura *grainstone* de bioclastos. Granos esqueletales y no esqueletales tamaño arena media a gruesa, subredondeados a redondeados, moderadamente seleccionados, contacto flotante y tangencial, unidos por esparita. Los granos esqueletales que constituyen esta roca están recristalizados, lo que dificulta su identificación, entre los

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

reconocidos, tenemos fragmentos y microfósiles completos de braquiópodos, crinoideos, tubos de serpulidos, espículas de braquiópodos, escleritos de holoturias, algas, corales coloniales tabulata, esponjas y briozoos. Los no esqueléticos por oncoides, ooides, peloides e intraclastos. Los ooides micríticos con cortezas tangenciales y los oncoides en capas esféricas concéntricas, redondeados, Tipo geométrico C. Con contenido de cuarzo, tamaño arena muy fina a fina, angulares a subangulares.

Bioperturbación: Moderada a alta ( $3^{\circ}$ - $4^{\circ}$ ).

Diagénesis: Recristalización

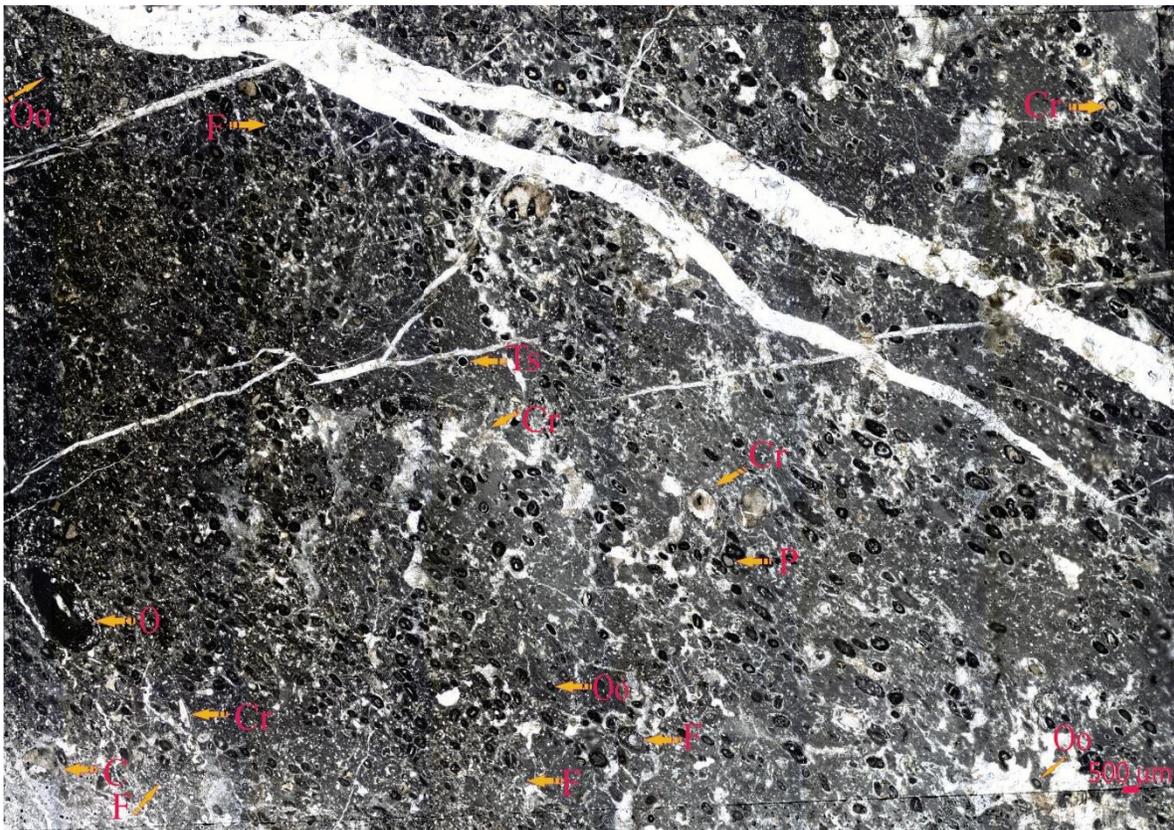


Micrografía mostrando granos esqueléticos que hacen parte de esta roca. **A**, esponja (E), tubos de serpulidos (Ts) y granos no esqueléticos como peloides (P); **B**, briozoo rhabdomesido/rhomboporoides?. Nícoles paralelos 2X y 10X.

## MUESTRA MC-2

### Descripción Macroscópica

Sedimentita de color gris, lodo soportada con granos dispersos no esqueléticos de oncoideos y ooides. Los granos están paralelos al plano de estratificación.



Micrografía, mosaico de la sección delgada de esta roca que muestra las características composicionales y texturales, granos esqueléticos y no esqueléticos flotando en una matriz de micrita. Se observan bioclastos de foraminíferos (F), crinoideos (Cr) y no esqueléticos como ooides (Oo), peloides (P) y oncoideos (O), paralelos al plano de estratificación. Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	11	3%	Ooides	33	8%
Algas	4	1%	Oncoides	44	10%
Artejos de crinoideos	11	3%	Peloides	34	8%
Briozoos	5	1%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	111	25%
Tubos de serpulidos	7	2%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Foraminíferos	6	2%	Micrita	196	45%
Bivalvos	2	0%	Microesparita	19	4%
Ostrácodos	2	0%	Seudoesparita	13	3%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	48	12%	<b>Subtotal Matriz</b>	228	52%
<b>TERRÍGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>CEMENTO</b>		
Cuarzo	10	2%	Esparita	40	9%
<b>Subtotal terrígenos</b>	10	2%	<b>Subtotal Cemento</b>	40	9%

TOTAL PUNTOS COMPONENTES	
Granos esquelatales o bioclastos	48
Granos no esquelatales	111
Terrígenos	10
Micrita	228
Esparita	40
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>437</b>

COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	48	11%
Ooides	33	8%
Oncoides	44	10%
Peloides	34	8%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>159</b>	<b>37%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	228	54%
Esparita	40	9%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>268</b>	<b>63%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>427</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Biooncomicrita dispersa de foraminíferos

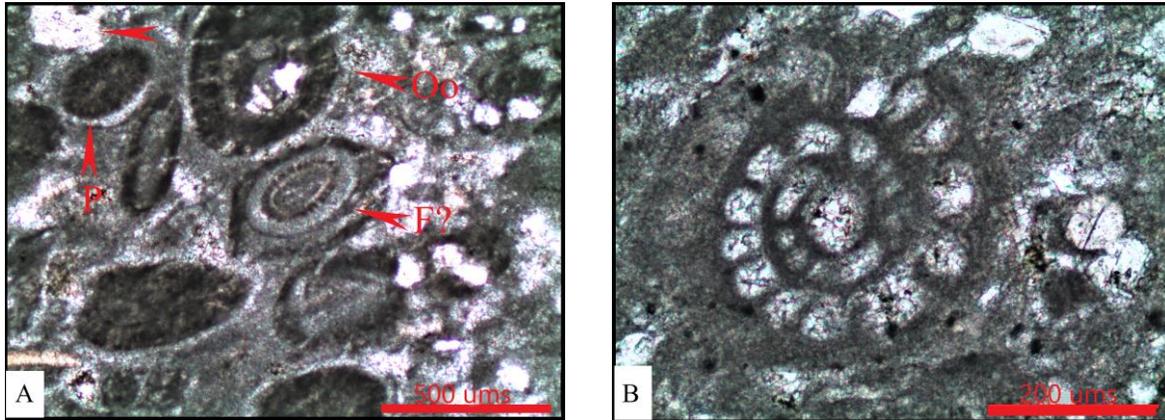
**Dunham (1962):** *Wackestone* de bioclastos y oncoides

Biooncomicrita dispersa con textura *wackestone* de bioclastos y oncoides. Los granos esquelatales y no esquelatales con tamaño entre arena media a gruesa, subredondeados a redondeados, mal seleccionados y flotando en un material intergranular de micrita. Los granos esquelatales representativos son fragmentos de braquiópodos, crinoideos, tubos de serpulidos, foraminíferos, algas, briozoos y presencia de ostrácodos, bivalvos y gastrópodos.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Los no esqueléticos en gran parte están rotos y representados por oncoides redondeados y Tipo geométrico C, ooides de micrita con cortezas tangenciales con proceso de micritización y peloides. Los granos esqueléticos y no esqueléticos son concordante con respecto al plano de estratificación.

Diagénesis: Micrita con neomorfismo a microesparita y seudoesparita y recristalización

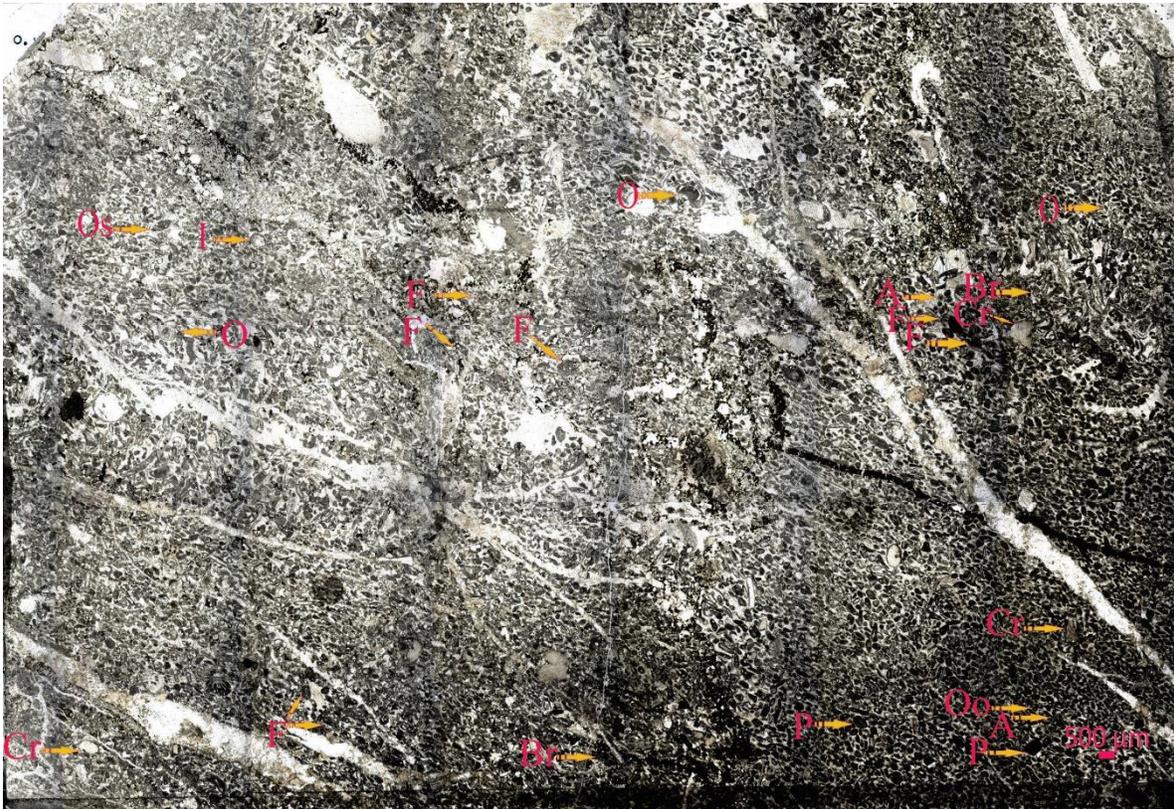


Micrografía que muestra. **A**, ooides (Oo), peloides (P) y probablemente un foraminífero (F?); **B**, corte sagital de foraminífero fusulinido. Nícoles paralelos 4X y 10X.

## MUESTRA MC-3a

### Descripción Macroscópica

Roca gris, grano soportada por granos de ooides, oncoides y fragmentos de valvas. Los cuales, tienen una orientación paralela al plano de estratificación. Muestra puntos aleatorios y láminas muy delgadas, dispersas de óxido de hierro.



Microfotografía de la sección delgada que muestra las características composicionales y texturales de esta roca. Los aloquímicos que constituyen la roca están representados por foraminíferos bentónicos (F), crinoideos (Cr), algas (A), ostrácodos (Os), ooides (Oo), oncoides (O), peloides (P) e intraclastos (I). Nícoles paralelos 2X.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

COMPONENTES					
GRANOS ESQUELETALES	PUNTOS	%	GRANOS NO ESQUELETALES	PUNTOS	%
Fragmentos de braquiópodos	17	5%	Ooides	96	25%
Algas	9	2%	Oncoides	14	4%
Artejos de crinoideos	14	4%	Peloides	36	10%
Briozoos	4	1%	Intraclastos	11	3%
Tubos de serpúlidos	9	2%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	<b>157</b>	<b>42%</b>
Foraminíferos	8	2%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bivalvos	1	0%	Micrita	10	3%
Ostrácodos	2	1%	Microesparita	14	4%
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	<b>64</b>	<b>17%</b>	Seudoesparita	4	1%
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	<b>28</b>	<b>8%</b>
Cuarzo	15	4%	<b>CEMENTO</b>		
Turmalina-Titanita	3	1%	Esparita	101	27%
Oxido de Hierro	3	1%	<b>Subtotal Cemento</b>	<b>101</b>	<b>27%</b>
<b>Subtotal terrígenos</b>	<b>21</b>	<b>6%</b>			

Granos esquelatales o bioclastos	64
Granos no esquelatales	157
Terrígenos	21
Micrita	28
Esparita	101
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>371</b>

COMPONENTES CLASIFICACIÓN ROCAS CALCÁREAS		
ALOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Bioclastos	64	19%
Ooides	96	27%
Oncoides	14	4%
Peloides	36	10%
Intraclastos	11	3%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>221</b>	<b>63%</b>
ORTOQUÍMICOS	PUNTOS	%
Micrita	28	8%
Esparita	101	29%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>129</b>	<b>37%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>350</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

**Folk (1962):** Oobioesparita bien seleccionada de foraminíferos

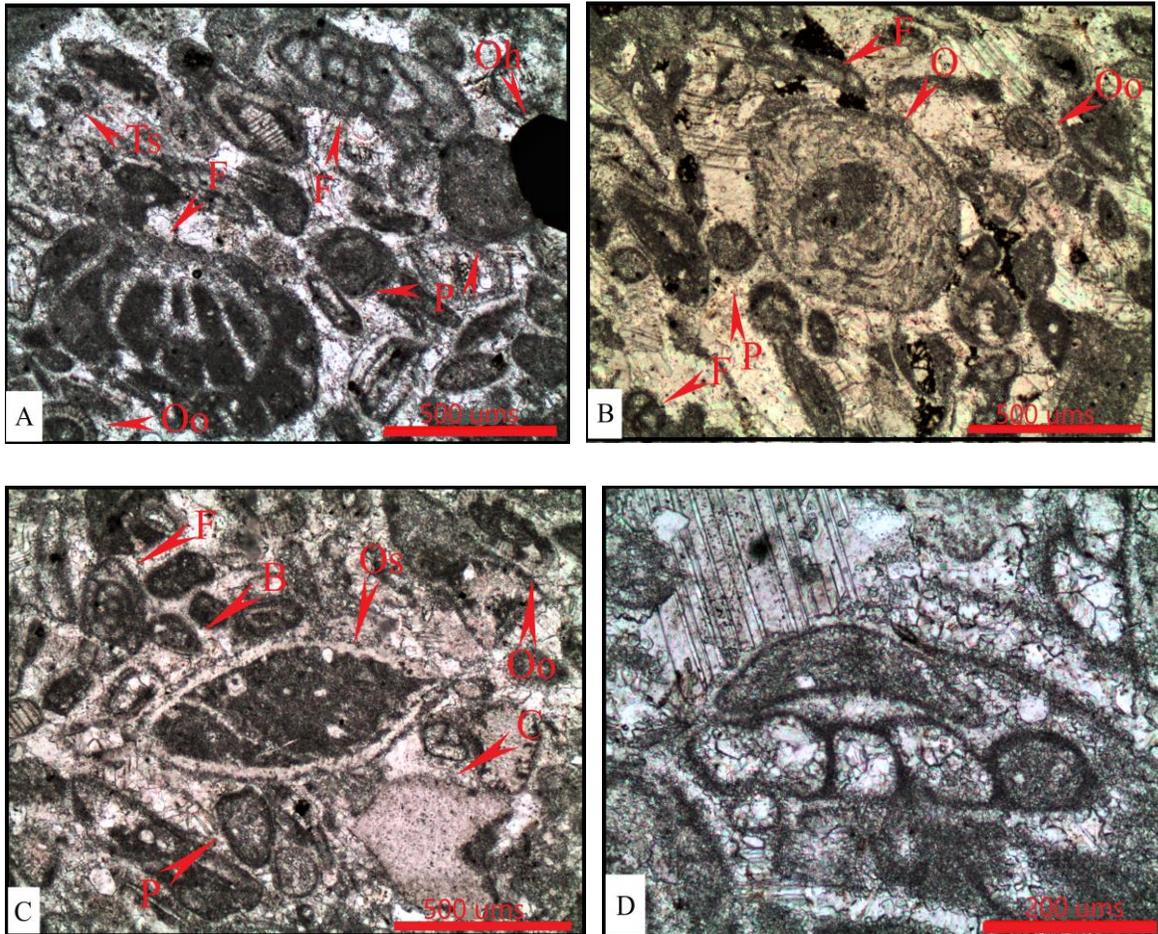
**Dunham (1962):** *Grainstone* de ooides y bioclastos

Oobioesparita bien seleccionada de foraminíferos con textura *grainstone* de ooides y bioclastos. El tamaño de los granos esquelatales y no esquelatales varía entre arena fina y media, subredondeados a redondeados, selección moderada a buena en contacto flotante y tangencial. Cemento esparita. El armazón está representado por bioclastos de fragmentos no determinados y valvas de braquiópodos, artejos rotos y completos de crinoideos, algas,

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

foraminíferos bentónicos, fragmentos de briozoos, tubos de serpulidos, ostrácodos, bivalvos y granos no esqueléticos como ooides micríticos esféricos con cortezas tangenciales, peloides con diámetros entre 50  $\mu\text{m}$  a 1 mm con los bordes bien definidos, oncoides redondeados de forma geométrica Tipo C, capas esféricas concéntricas apiladas e intraclastos de composición micrítica, subelongados y subredondeados. Adicionalmente presenta granos de cuarzo de arena muy fina, angulares a subangulares y óxido de hierro en láminas muy delgadas, paralelas al plano de estratificación o envolviendo los granos esqueléticos y no esqueléticos como parches dispuestos aleatoriamente.

Bioperturbación: Moderada a alta ( $3^{\circ}$ - $4^{\circ}$ ).



Micrografía donde se observan los aloquímicos que conforman esta roca. **A**, foraminíferos (F), peloides (P), ooides (Oo), tubos de serpulidos (Ts) y óxido de hierro (oh); **B**, oncoides (O), ooides (Oo), foraminíferos (F) y peloides (P); **C**, ostrácodos (Os), ooides (Oo), artejos rotos de crinoideos (C), peloides (P) y bivalvos (B); **D**, foraminífero bentónico, por comparación es probable que sea *Calcitornella* cf. *heathi* Cushman & Waters, (1928). Nícoles paralelos 4X (A, B, C) y 10X (D).

## MUESTRA MC-3b

### Descripción Macroscópica

Sedimentita de color gris claro, grano soportada ooides y bioclastos tamaño arena media.



Micrografía, mosaico que muestra las características composicionales y texturales de esta roca, donde se observan granos esqueléticos de artejos de crinoideos (C), algas (A), foraminíferos (F), briozoos (Br), gastrópodos (G) y no esqueléticos de ooides (Oo), peloides (P) e intraclastos (I). La roca está afectada por estilolitos (E), rellenos de óxido de hierro.

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

**Descripción Microscópica**

<b>COMPONENTES</b>					
<b>GRANOS ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>GRANOS NO ESQUELETALES</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Artejos de crinoideos	13	4%	Ooides	121	34%
Algas	6	2%	Oncoides	31	9%
Foraminíferos	3	1%	Peloides	10	3%
Briozoos	3	1%	Intraclastos	42	12%
Espículas de equinodermos	2	0%	<b>Subtotal G. no esquelatales</b>	204	58%
Espículas de braquiópodos	2	0%	<b>MATRIZ CALCÁREA</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Fragmentos indeterminados	6	2%	Micrita	-	-
<b>Subtotal G. esquelatales</b>	35	10%	Microsparita	-	-
<b>TERRIGENOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>	<b>Subtotal Matriz</b>	-	-
Cuarzo	3	1%	<b>CEMENTO</b>		
Óxido de hierro	5	1%	Esparita	105	30%
<b>Subtotal terrígenos</b>	8	2%	<b>Subtotal Cemento</b>	105	30%

<b>TOTAL PUNTOS COMPONENTES</b>	
Granos esquelatales o bioclastos	35
Granos no esquelatales	204
Terrígenos	8
Micrita	-
Esparita	105
<b>TOTAL PUNTOS</b>	<b>352</b>

<b>COMPONENTES CLASIFICACION ROCAS CALCÁREAS</b>		
<b>ALOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Bioclastos	35	10%
Ooides	121	35%
Oncoides	31	9%
Peloides	10	3%
Intraclastos	42	12%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>239</b>	<b>69%</b>
<b>ORTOQUÍMICOS</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>%</b>
Micrita	-	-
Esparita	105	31%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>105</b>	<b>31%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>344</b>	<b>100%</b>

**CLASIFICACIÓN**

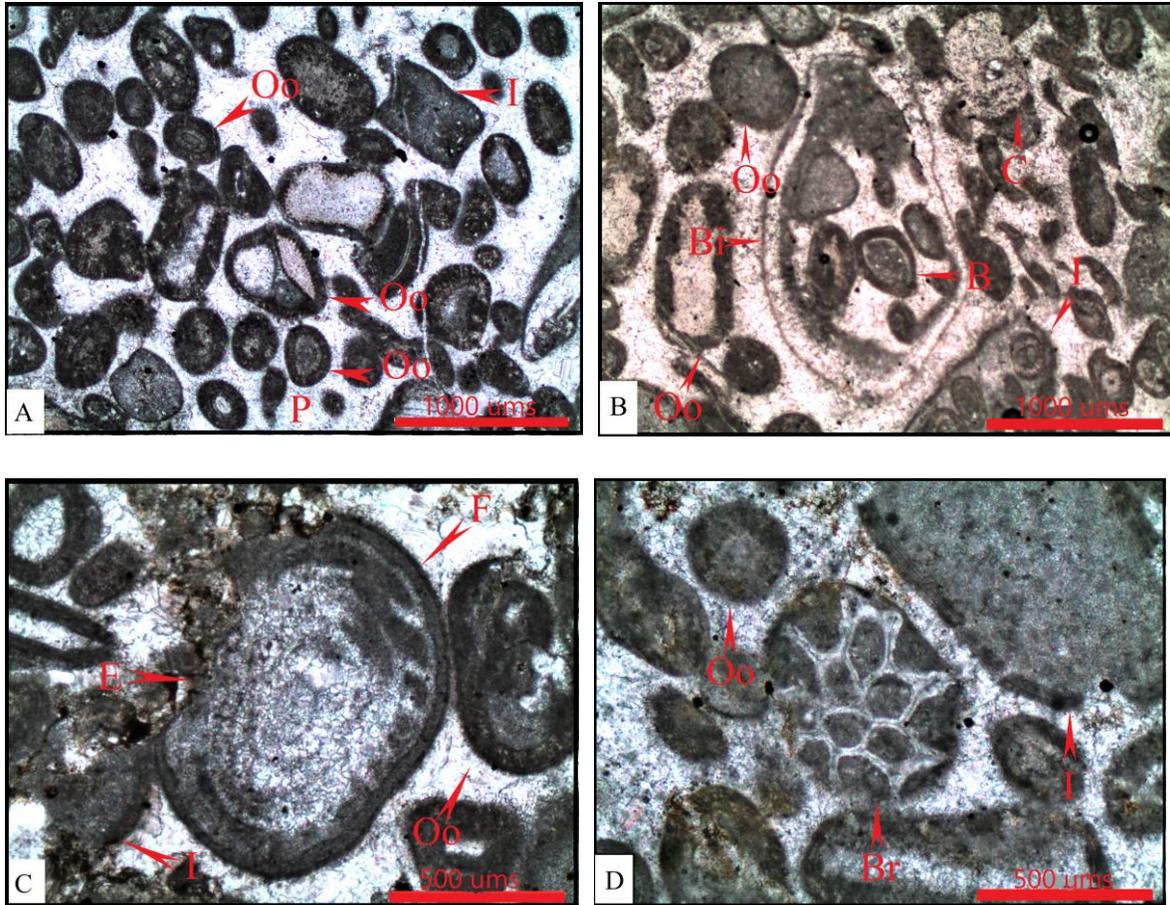
**Folk (1962):** Ooesparita bien seleccionada de crinoideos y algas

**Dunham (1962):** *Grainstone* de ooides

Análisis estratigráfico de los depósitos del denominado Paleozoico del Río Nevado entre Macaravita-Santander y Boavita-Boyacá Colombia

Ooesparita bien seleccionada con textura *grainstone* de ooides. Tamaño de los granos esqueletales y no esqueletales, arena media a gruesa, subredondeados a redondeados, moderada a buena selección en contacto flotante y tangencial, unidos por cemento de esparita. Los bioclastos están envueltos por una película de micrita y en su mayoría están rotos o son núcleos de los ooides, constituidos por artejos de crinoideos, algas, foraminíferos, briozoos, corales solitarios tipo rugosa, gastrópodos y braquiópodos.

Bioperturbación: Moderada-Alta (3°-4°).



Micrográficas que muestran los granos esqueletales y no esqueletales que componen esta roca. **A**, ooides (Oo), peloides (P) e intraclastos (I); **B**, bioclasto (Bi), braquiópodo (B), ooide (Oo) y artejo de crinoideo (C); **C**, fusulinido (F), ooide (Oo), intraclastos (I) estilolito (E); **D**, briozoo (Br), intraclastos (I) como núcleo de ooide y ooide micritizado.