

Estudio petrográfico del yacimiento de caliza presente en el municipio de la Paz, departamento del Cesar

Petrographic study of the limestone deposit in the municipality of la Paz, department of Cesar

Dino Carmelo Manco Jaraba¹, Elías Ernesto Rojas Martinez², Benito Armando Gomez³

¹Ingeniero de Minas, Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, ² Geólogo, Especialista en minería a cielo abierto,

³Ingeniero de Minas, Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia.

E-mail: dino_manco@hotmail.com

Recibido 2/05/13, Aceptado 15/05/2014

Citar como: D.C. Manco, E.E.Rojas, B.A. Gomez, "Petrographic study of the limestone deposit in the municipality of la paz, department of Cesar", Prospect, Vol 12, N° 2, 82-89, 2014.

RESUMEN

En el cerro del municipio de La Paz, departamento del Cesar, afloran secuencias estratigráficas de rocas sedimentarias carbonatadas con delgadas intercalaciones de shales y venillas de calcitas pertenecientes al grupo Cogollo. Con la finalidad de conocer la composición mineralógica de las calizas aflorantes, las condiciones paleoambientales y su uso industrial, se procedió a un estudio de geología de superficie, que consistió en la descripción litoestratigráficas de las rocas aflorantes, apiques y toma de muestras in situ. En total se recolectaron 6 muestras (LP-1, LP-2, LP-3, LP-4, LP-5, LP-6) a lo largo del cerro, de las cuales se tomaron 4 para realizarles estudios, a dos se le practicaron análisis petrográficos en los laboratorios de petrografía y a los dos restantes análisis de difracción de rayos X. Los resultados de los estudios permitieron establecer que se formaron en dos ambientes marinos, uno nerítico y otro batial, dando origen así a calizas biomicriticas, micriticas y dismicritas, cuantitativamente y cualitativamente están constituidas por carbonatos de calcio 95%, sílice 0,6%, amorfos y otros 4,40%. Según Las normas NTC 5163 (ICONTEC) por traducción a la norma ASTM C 51-02 y NTC 4915 (ICONTEC) equivalente a la referencia ASTM C 911-99, estas calizas son aptas para la fabricación de cemento y agregado pétreos.

Palabras clave: Caliza; Difracción de rayos X; Análisis facial; Petrografía.

ABSTRACT

On the hill in the municipality of La Paz, César, outcrop stratigraphic sequences of sedimentary carbonate rocks interbedded with thin shales and calcite veinlets belonging to the Cogollo group. In order to know the mineralogical composition of the outcropping limestone, paleoenvironmental conditions and industrial use, we proceeded to a study of surface geology, consisting of lithostratigraphic description of the exposed rocks, apiques and sampling site in a total of 6 samples (LP-1 LP-2 LP-3 LP-4 LP-5, LP-6) along the hill, which were taken 4 to go forward for studies, two of this 4 sample were selected for petrographic analysis practiced in laboratories petrographic analysis and the remaining two for X-ray diffraction. The results of the studies allowed to establish that the hill were formed from two marine environments, one neritic and the other bathyal, thus giving rise to biomicriticas limestone, micritic and dismicritas quantitatively and qualitatively are composed of 95% calcium carbonate, silica 0.6% amorphous and others 4.40%. The NTC 5163 (ICONTEC) translation rules to the standard ASTM C 51-02 and NTC 4915 (ICONTEC) equivalent to reference ASTM C 911-99, these limestones are suitable for the manufacture of cement and stone aggregate.

Key words: Limestone; X-ray diffraction; Facial analysis; Petrography

1. INTRODUCCIÓN

En el cerro del municipio de La Paz, departamento del Cesar, existen afloramientos de calizas ricas en calcio con 95%, sílice 0,6%, amorfos y otros 4,40%, formadas en dos ambientes geológicos sedimentarios, uno marino batial y marino nerítico, dando origen a calizas micriticas, biomicriticas y dismicriticas con fósiles silíceos, recristalizados de carbonatos y ferruginosos de diferentes tamaños, con intercalaciones de venillas de calcita; las cuales pertenecen al grupo Cogollo de la era Mesozoica, periodo Cretácico de aproximadamente 135 a 65 millones de años [1, 2].

Los estudios petrográficos en la costa Atlántica son relativamente pocos, su desarrollo se inicia con el plan de ordenamiento y desarrollo minero del departamento del Cesar, adelantado mediante un convenio suscrito entre la Gobernación del Cesar y Minercol [3]. Paralelamente se realizaron algunos estudios de carácter regional que permitieron confirmar la existencia de dichos depósitos calcáreos en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá tales como, el plan de ordenamiento y desarrollo minero del Cesar, Gobernación del Cesar - Ecocarbón [4], guide book of the Ranchería basin, Sociedad Colombiana de geólogos y geofísicos [5], características geográficas del departamento del Cesar [6], estudio hidrogeológico y ambiental del departamento del Cesar. Convenio Corpocesar – Ingeominas [7] y mapa geológico del departamento del Cesar [8], la Sociedad Colombiana de Geología, capítulo Cesar Guajira [9], se realizó un estudio geológico en un área de 240 km² ubicada en el extremo norte de Colombia, sobre la Cordillera Oriental, Serranía de Perijá, entre las poblaciones de la Jagua de Ibirico, Berceril y Codazzi, en el extremo oriental del departamento del Cesar, ubicadas entre las coordenadas norte 1'610.000 a 1'590.000 y este 1'090.000 a 1'105.000 del Igac.

A nivel mundial estos estudios se realizan con frecuencia con diferentes fines como, interpretación facial, composición de los constituyentes de las rocas, caracterización petrográfica de las rocas y uso industrial de rocas como mármoles, calizas, pizarras, granitos etc. Dependiendo de los minerales asociados y de sus características petrográficas que definen su calidad. [10-12].

1.1 Localización y vías de acceso

El estudio se desarrolló en jurisdicción del municipio de La Paz, departamento del Cesar. El área hace parte de las estribaciones de la cordillera oriental, parte norte concretamente en la serranía de Perijá, su relieve en forma general presenta dos geoformas, una plana en la planicie del Cesar y la otra montañosa en las estribaciones de la serranía de Perijá con alturas que oscilan entre los 200 m a 2000 m.s.n.m.

El municipio de La Paz está localizado en la región nororiental del departamento del Cesar. Su área territorial es de 1.081 km², su localización dentro del departamento le ha permitido poseer buenas vías de acceso, lo que lo convierte en paso obligatorio para quienes transita hacia la Guajira desde cualquier parte del país. La Paz posee un privilegio en su transitabilidad ya que es surcado por la troncal de oriente que la comunica con el sur del departamento del Cesar y con el interior del país; igualmente con el resto de la costa Atlántica (figura 1 y 2).

Limita al norte con el municipio de Manaure (Cesar), con el departamento de la Guajira y con el municipio de Valledupar (Cesar), al este con la República de Venezuela y parte del municipio de Codazzi (Cesar); al sur con el municipio de Codazzi (Cesar) y al oeste con los municipios de Valledupar, San Diego y El Paso (Cesar).

Figura 1. Localización del área de estudio.
Figure 1. Localization of the study area.

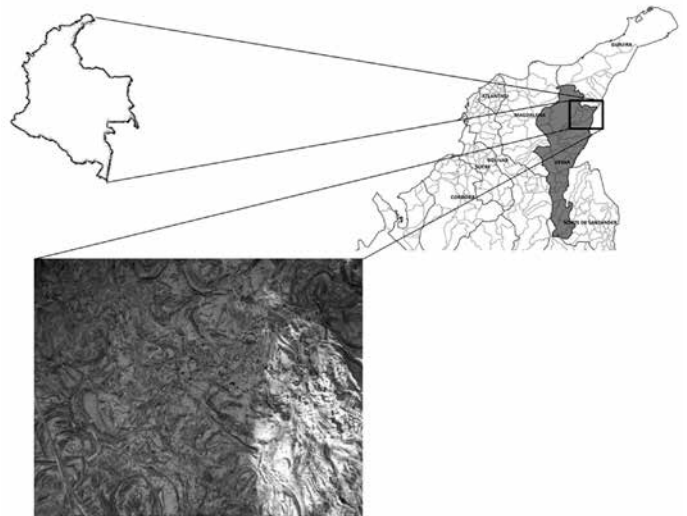


Figura 2. Vías de acceso del área de estudio.
Figure 2. Access routes in the study area.



1.2 Marco geológico

1.2.1 Metasedimentitas de Manaure

Nombre dado por Liddle, Harris & Well (1943), Forero (1972), Cáceres, (1980) [5,10,11] a una secuencia de rocas metamórficas de bajo grado, constituida por una secuencia de filitas, cuarcitas y meta arcosas, con intercalaciones menores de esquistos clorofílicos, se considera de edad Cambro-Ordoviciana.

1.2.2 Grupo Cachiri

Nombre dado a la secuencia del Paleozoico Superior (Devoniano, Carboniano y Pérmico), aflorante en el flanco occidental de la serranía del Perijá en cercanías a Manaure, constituida por caliza negra compacta, fosilífera, en bancos delgados intercalados con arcillas calcáreas, arenisca verdes micáceas y conglomerados, su edad se considera Devónico Inferior a Pérmico Medio [11].

1.2.3 Grupo Cogollo

El termino de Grupo Cogollo, se debe a Garner (1926) y Sutton (1946) [13,14] siendo introducido por Miller (1960) [12], en la serranía del Perijá colombiana, subdividiendo este grupo en dos unidades a saber, Cogollo inferior, constituido por caliza masivas, caliza arenosas y arenisca calcáreas y Cogollo superior que consta de caliza finas estratificadas, limos y arcillas.

1.2.4 Depósitos cuaternarios

1.2.4.1 Llanuras aluviales (Qlla)

Las llanuras aluviales corresponden a los depósitos más recientes acumulados por las corrientes en la zona plana y semiplana; su expresión morfológica es una superficie horizontal (plana), donde sus componentes son observables en los cortes de ríos y quebradas.

1.2.5 Geología local del yacimiento

1.2.5.1 Afloramientos

En el Cerro del municipio de La Paz, departamento del Cesar, existen afloramientos de roca caliza micríticas, biomicríticas y dismicríticas perteneciente al grupo Cogollo, las cuales presentan un color gris que varía dependiendo de su composición, organismo fósiles de diversos tamaños y caparzones de disímiles composición donde se observan además de calcitas recristalizadas, fósiles carbonatados y ferruginosos algo arenosos (figura 3 y 4). Estos afloramientos se encuentran con una extensión que oscila entre los 10 y 12 m en dirección N60°E, espesores de 0.4 y 0.9 m e intercalaciones de lutitas negras

carbonatadas con espesores de 0.2 m (figura 5), en diversos lugares del cerro, con mayor abundancia en el nivel superior; las cuales presentan meteorización química adoptando una coloración amarillenta a blanquecina, se observan además procesos cársticos con insipiente karren, poco diaclasamiento.

Figura 3. Afloramientos pertenecientes al grupo Cogollo constituido por calizas micríticas, biomicríticas y dismicríticas.

Figure 3. Outcrops belonging to the Cogollo group consisting of micritic limestones, biomicritic and dismicritic.



Figura 4. Unidades Litológicas correspondiente a las calizas pertenecientes al grupo Cogollo (Kco), los depósitos cuaternarios (Qlla) y las expresiones geomorfológicas que generan en el paisaje.

Figure 4. Lithologic units corresponding to the limestones belonging to the Cogollo group (Kco), the Quaternary deposits (Qlla) and geomorphological expressions that generate the landscape.



Figura 5. Calizas (Ca) micríticas, biomicríticas y bioesparíticas de 0.4 y 0.1 m, con intercalaciones de lutita (Lu).

Figure 5. Micritic Limestones (Ca) and bioesparitic biomicritic of 0.4 and 0.1 m, with intercalations of shale (Lu).



2. METODOLOGÍA

2.1 Reconocimiento de campo

Se realizaron exploraciones geológicas de superficie, efectuando visitas de campo que permitieron verificar la existencia de puntos de afloramientos que dieron viabilidad para la realización de la investigación y una descripción macroscópica basada en [15, 16] de las unidades litoestratigráficas del cerro del municipio de La Paz.

2.2 Georeferenciación del área de estudio

Se adquirió las cartas topográficas en el Instituto Agustín Codazzi (IGAC), la cuales comprenden el área a estudiar.

2.3 Toma de muestras

Se realizaron 6 apiques de 100 cm de profundidad aplicando la técnica in situ. Se recolectaron 6 muestras (LP-1, LP-2, LP-3, LP-4, LP-5, LP-6) a lo largo del cerro, de las cuales se tomaron 4 para realizarles estudios, a otras dos se le practicaron análisis petrográficos en los laboratorios de petrografía de la Universidad Nacional de Medellín, y a las restantes se le realizaron análisis de difracción de rayos X en los laboratorio de química de la Universidad Industrial de Santander. Estos estudios permitieron obtener una visión del ambiente de formación de las rocas y sus componentes principales (tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de las muestras analizadas.

Table 1. Coordinates of the analyzed samples.

Muestra	Este	Norte	Altura (m)
LP2	1100248.82	1641548.31	226
LP3	1100404.90	1641471.39	302
LP5	1100399.19	1641645.45	216
LP6	1100404.9	1641362	118

2.4 Difracción de rayos-X

2.4.1 Preparación y montaje de las muestras

Las muestras fueron pulverizadas en un mortero de ágata y llevadas a un tamaño de 38 μm (400 mesh). El espécimen seleccionado de cada muestra fue montado en un porta muestra de aluminio (Al) mediante la técnica de llenado frontal.

2.4.2 Análisis cualitativo

El análisis cualitativo de las fases presentes en la muestra se realizó mediante comparación del perfil observado con los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 del International Centre for Diffraction Data (ICDD) [17].

2.4.3 Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo de las fases encontradas se realizó mediante el refinamiento por el Método de Rietveld del perfil observado habiéndole agregado a la muestra una cantidad conocida de un estándar interno (Aluminum oxide, Corundum, α -phase. Aldrich No. 23,474-5) correspondiente al 20% [18].

2.5 Estudio petrográfico

Las muestras recolectadas en campo fundamentada por [15, 16], fueron cortadas y pulidas para la preparación y caracterización petrográfica basada en microscopia de luz transmitida obtenida en un microscopio marca Olympus equipado con cámara fotográfica para el análisis de sección delgada.

2.6 Análisis facial

Se determinaron mediante estudios petrográficos de secciones delgadas, los procesos geológicos que influyeron en el origen, la formación de las mineralizaciones, composición y caracterización e identificación de los tipos de calizas presentes en el cerro de La Paz, Cesar.

3. RESULTADOS

Las campañas exploratorias de geología de superficie acompañadas del análisis previo de estudios anteriores [3-9] permitieron determinar sitios estratégicos para la toma de muestras necesarias para efectuar esta investigación, lográndose obtener 6 muestras in situ, de las cuales 4 fueron seleccionadas para realizar identificación de los componentes mineralógico por medio la técnicas de difracción de rayos X (2 muestras) y estudios petrográficos (2 muestras).

3.1 Análisis cuantitativo por difracción de rayos-X

Las muestras "LP-2 y LP-3" enviadas para análisis de difracción de rayos-X, cuya finalidad era conocer la composición y porcentajes de los minerales constituyentes de las rocas arrojaron los siguientes resultados (figuras 6, 7, 8 y 9) (tablas 2 y 3).

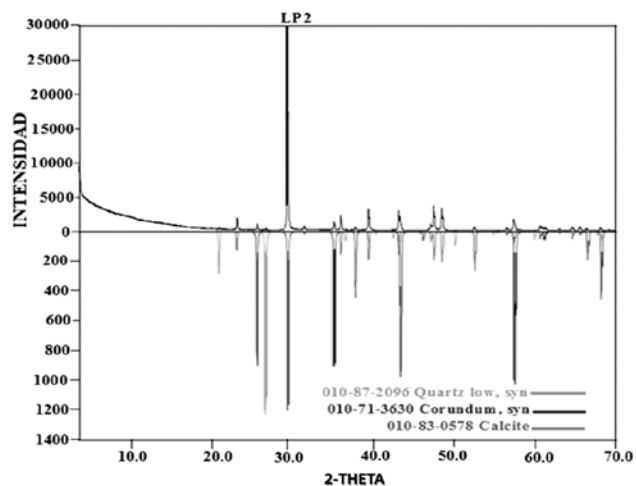
Tabla 2. Composición de la muestra LP-2.
Table 2. Composition sample LP-2.

LP-2				
FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO (D.E)
Cristalinos	SiO ₂	010-87-2095	Cuarzo	0,7% (0,0)
	CaCO ₃	010-83-0578	Calcita	92,4% (0,4)
Total Cristalinos				93,10%
Amorfos y otros				6,90%

Tabla 3. Composición de la muestra LP-3.
Table 3. Composition sample LP-3.

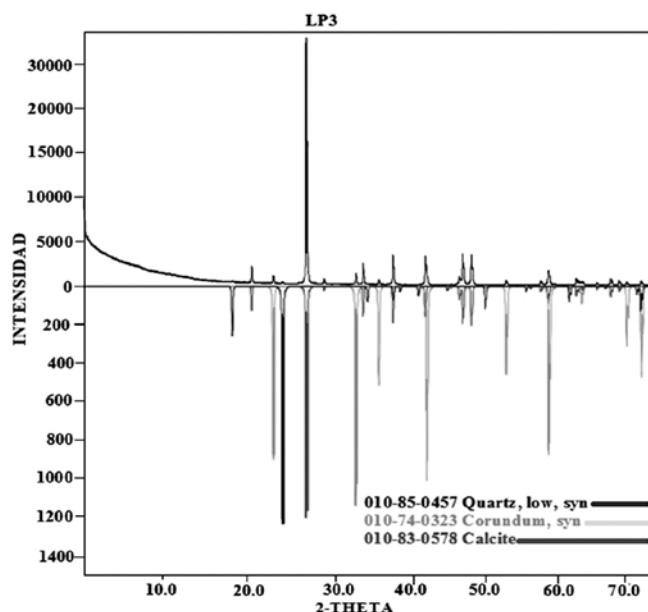
LP-3 (C4NP)				
FASE		No. TARJETA PDF-2	NOMBRE	CUANTITATIVO (D.E)
Cristalinos	SiO ₂	010-85-0457	Cuarzo	0,4% (0,0)
	CaCO ₃	010-830578	Calcita	98,4% (0,4)
Total Cristalinos				98,80%
Amorfos y otros				1,20%

Figura 8. Perfil de difracción de la muestra LP-2.
Figure 8. Diffraction profile of the sample LP-2.



Con base a estos resultados, el yacimiento de calizas presente en el cerro del municipio de La Paz-Cesar, está constituido por carbonatos de calcio 95%, sílice 0,6% y amorfos y otros 4,40%, según las normas NTC 5163 (ICONTEC) [19] por traducción a la norma ASTM C 51-02 [20] y NTC 4915 (ICONTEC) [21, 22] equivalente a la referencia ASTM C 911-99 [23], estas calizas son aptas para la fabricación de cemento y agregado pétreos.

Figura 9. Perfil de difracción de la muestra LP-3.
Figure 9. Diffraction profile of the sample LP-3.



3.2 Estudios de caracterización petrográfica

Las muestras LP-5, LP-6, fueron sometidas a análisis petrográficos obteniéndose la siguiente descripción.

3.2.1 Muestra LP-5

3.2.1.1 Descripción macroscópica

Muestra compacta, masiva, con densidad normal, coherente, de color crema a café claro (figura 10) y con algunas formas orgánicas fosilizadas en su interior, presenta algunas bandas más claras y efervece al contacto con HCL. Macroscópicamente se podría clasificar como una caliza.

3.2.1.2 Descripción microscópica

Roca constituida por una matriz carbonatada fino granular que está siendo recristalizada a esparita y por restos de organismos fosilizados (figura 11). Se observan micas blancas que corresponden a muscovita y sericita. Los fósiles que se presentan en general no están bien conservados y algunos presentan texturas dendríticas en su parte superficial (figura 12) y algunos óxidos de hierro.

Se observan venas rellenas por material carbonatado con un espesor aproximado de 100 μm que corta algunas estructuras fósiles (figura 12).

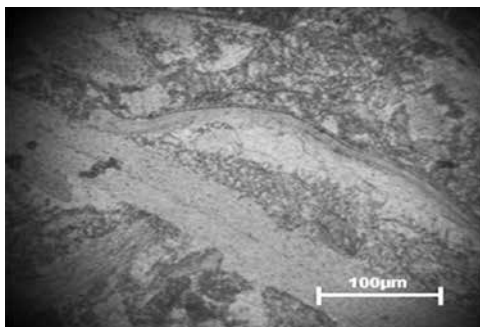
Figura 10. Macromuestra LP-5.

Figure 10. Macro sample LP-5.

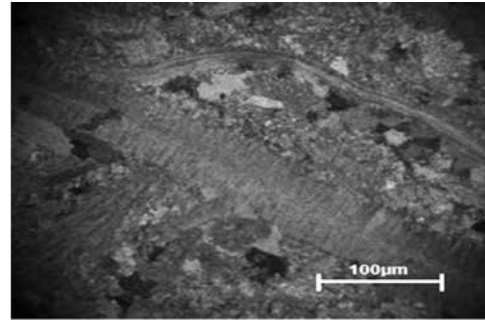


Figura 11. Microfotografía en luz transmitida, objetivo 10x. Fragmentos de fósiles en matriz carbonatada.

Figure 11. Micro photography in transmitted light 10x objective. Fragments of fossils in carbonate matrix.



A. Nicoles II



B. Nicoles +

3.2.1.3 Cuantificación aproximada de constituyentes

Micrita: 35% Esparita; 25% Fósiles: 25%

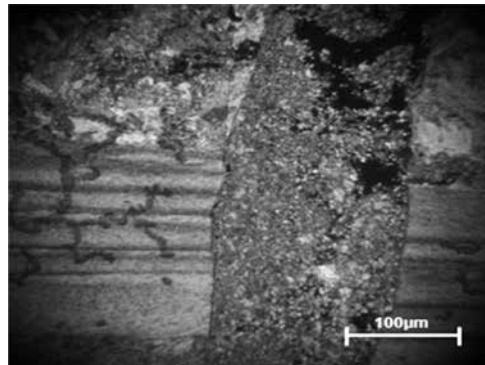
Micas: 15%

Clasificación: Biomicrita [15].

Clasificación: Wackestone [16].

Figura 12. Microfotografía en luz transmitida, objetivo 10x. Fósil con textura dendrítica atravesado por vena de carbonato.

Figure 12. Micro photography in transmitted light, 10x objective. Dendritic texture fossil crossed by carbonate vein.



3.2.2 Muestra LP-6

3.2.2.1 Descripción macroscópica

Muestra compacta, masiva, con densidad normal, coherente, de color crema o café claro (figura 13) y con algunas formas fosilizadas en su interior, presenta algunas bandas claras y efervece al contacto con HCL. Macroscópicamente se podría clasificar como una caliza.

3.2.2.2 Descripción microscópica

Roca constituida por una matriz carbonatada fino granular, con abundante contenido de fósiles los cuales presentan diferentes estados de conservación, algunos con estructuras bien definidas (figura 14) y otros en fragmentos (figura 15); de igual manera se observa esparita que se

encuentra remplazando tanto la matriz como a los fósiles. También se observan bioclastos tipo pellets, algunas manchas de óxidos y micas blancas (muscovita).

Figura 13. Macromuestra LP-6.
Figure 13. Sample macro LP-6.



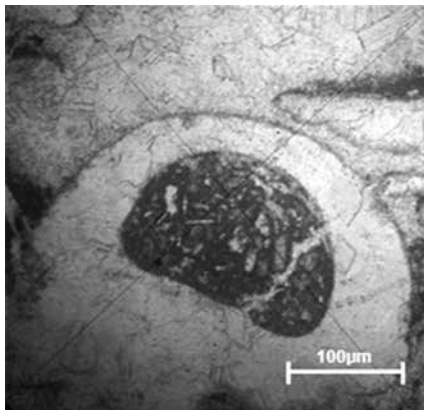
3.2.2.3 Cuantificación aproximada de constituyentes

Micrita: 40%
Fósiles (reemplazados por esparita): 45%
Micas blancas: 10%
Pellets: 5%

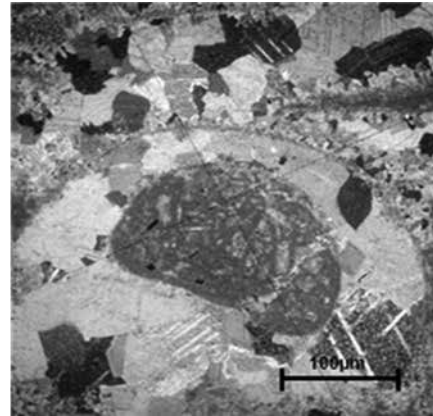
Clasificación: Bioesparita [15].
Clasificación: Wackestone [16].

Las descripciones micro y macroscópica realizadas a la muestras revelan que las rocas están constituidas por alquímicos (bivalvos, gasterópodos, ostrácodos), micritas, esparita, pellets, y moscovita, corresponden a una biomicrita (LP-5), bioesparita (LP-6) [15] y a una wackestone (LP-5, LP-6) [16].

Figura 14. Microfotografía en luz transmitida. Objetivo 10x. Fósiles reemplazados por esparita en matriz de micrita.
Figure 14. Micro photograph in transmitted light. 10x objective. Fossils replaced by Sparite in micrite matrix.



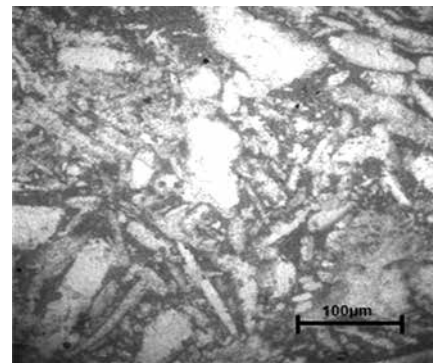
A. Nicoles II



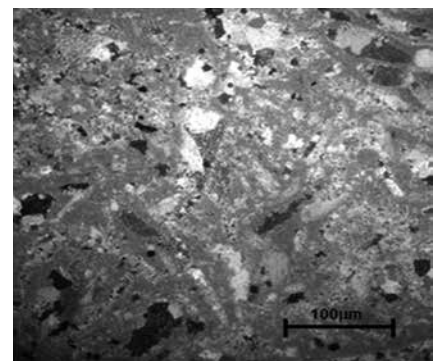
B. Nicoles +

Figura 15. Microfotografía en luz transmitida. Objetivo 10x. Fragmentos fósiles reemplazados por esparita en matriz de micrita.

Figure 15. Micro photograph in transmitted light. 10x objective. Sparite replaced fossil fragments in micrite matrix.



A. Nicoles II



B. Nicoles +

3.3 Análisis facial

A partir de los análisis petrográficos se infiere que las calizas presentes en el cerro del municipio de La Paz departamento del Cesar, se generaron bajo dos ambientes faciales, la presencia de grandes fósiles de composición carbonatadas y terrígenos (conchas y espículas arenosas) sugiere un

ambiente poco profundo cercano a la línea de costa con presencia de corrientes turbulentas con aportes de sedimentos continentales, la presencia de conchas de menores tamaño y completamente conformadas por calcita recristalizada, evidencia un ambiente marino más profundo de relativa tranquilidad, lo que evidencia que esta cuenca estuvo sometida a eventos tectónicos que generaron movimientos que causaron hundimiento y levantamiento de la cuenca durante la litificación de estas rocas.

4. CONCLUSIONES

- En el cerro La Paz, del municipio de La Paz, departamento del Cesar, afloran secuencias estratigráficas de rocas sedimentarias carbonatadas, constituidas por alternancias de calizas biomicritica micriticas y dismicritas con delgadas intercalaciones de shales y venillas de calcitas, de edades Cretácicas (Aptiano - Coniaciano) pertenecientes al grupo Cogollo.
- El yacimiento de roca caliza del cerro del municipio de La Paz, se formaron en dos ambientes marinos, nerítico y batial debido a la presencia de organismo fósiles de diversos tamaños y caparzones de disímiles composición donde se observan además de calcitas recristalizadas, fósiles silíceos y ferruginosos algo arenosos que evidencian corrientes propias de zonas de poca profundidad turbulentas; la carencia de fósiles y mayor contenido de componentes ortoquímicos, muestras un ambiente de profundidad mayores y relativa tranquilidad dando origen así a calizas biomicriticas, micriticas y dismicritas.
- Los constituyentes principales de las rocas aflorantes, son carbonatos de calcio 95%, sílice 0,6% y amorfos y otros 4,40%, según las normas NTC 5163 (ICONTEC) por traducción a la norma ASTM C 51-02 y NTC 4915 (ICONTEC) equivalente a la referencia ASTM C 911-99, estas calizas son aptas para la fabricación de cemento, material alcalinizador y agregado pétreos.

REFERENCIAS

- [1] A. Carrillo, H. Pavajeau, E. Rojas, "Estudio geológico de la caverna Sabana de León, municipio de Manaure, serranía del Perijá, Cesar", *Revista Aguncuya*, 1, 2027-9574, 2011.
- [2] D. Manco, E. Rojas, C. Ortega, "Estudio geológico de superficie, en el sector del municipio de San Juan del Cesar, Guajira", *Revista Aguncuya*, 1 (2), 2027-9574, 2011.
- [3] Ecocarbón & Corpocesar, 1996. Atlas Ambiental del departamento del Cesar.
- [4] Agemces, 1966. Plan de ordenamiento y desarrollo minero del Cesar. Gobernación del Cesar- Ecocarbón.
- [5] H. Cáceres, 1980. Guide Book of The Ranchería Basin. Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos.
- [6] Igac, 1966. Características Geográficas del Departamento del Cesar.
- [7] Ingeominas, 1995. Estudio Hidrogeológico y Ambiental del Departamento del Cesar. Convenio Corpocesar – Ingeominas.
- [8] Ingeominas, 1997. Mapa Geológico del Departamento del Cesar.
- [9] C. Ortega, E. Rojas, E. Tatiana, 2009. Estudio geológico de yacimientos sedimentarios en el corredor carbonífero del Cesar.
- [10] R. A. Liddle, G. D. Harris, J. W. Wells, "The Río Cachirí Section in the Sierra Perijá, Venezuela", *Bull. Amer. Paleont.*, 27(108), 273-365, 1943.
- [11] A. Forero, Estratigrafía del Precretáceo en el flanco occidental de la Serranía de Perijá. U. Nal., *Geol. Col.*, (7), 7-78, 1972.
- [12] J. B. Miller, 1960. Directrices tectónicas en la Sierra de Perijá y partes adyacentes de Venezuela y Colombia. Bol. Geol. Minist. Min. Hidroc., publ. esp. No 3. 3^{er} Congr. Geol. Venezuela, Memoria. Tomo 2, Caracas, 685-718.
- [13] F. A. Sutton, "Geology of Maracaibo basin, Venezuela", *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 30 (10), 1621-1741, 1946.
- [14] A. H. Garner, 1926. Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela. Amer. Inst. Min. Metall. Eng., Trans: 677-684.
- [15] R. L. Folk, 1962. Clasificación de las rocas de carbonatos de acuerdo a las proporciones relativas de los tres constituyentes básicos: granos (aloquímicos), matriz micritica y cemento, esparítico (ortoquímicos): asociación americana de geólogos del petróleo boletín, 43, 1-38.
- [16] R. J. Dunham, Clasificación de las rocas de carbonatos de acuerdo a la textura de deposición. En: Jamón, WE (ed). Asociación americana de geólogos de petróleo, 108-121.
- [17] International Centre for Diffraction Data, 2012.
- [18] H. Rietveld, 1966. *Método de Rietveld*.
- [19] NTC 5163, 2003. Terminología relacionada con caliza y cal.
- [20] ASTM C 51-02, 2001. Standard terminology relating to lime and limestone (as used by the industry) obsolete.
- [21] NTC 4915, 2001. Cementos. Especificaciones para la cal viva, cal hidratada y caliza para usos químicos.
- [22] NTC 4915, 2002. (ICONTEC) Especificaciones para cal hidratada utilizada en acabados.
- [23] ASTM C 911-99, Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Chemical Uses.