

# Determinación de los parámetros que generan explosividad en las calizas de la Formación Lagunitas durante la calcinación en la Cantera Centro Minero Coohornical -La Guajira (Colombia)

## Determination of the parameters that generate explosiveness in the limestones of the Lagunitas Formation during calcination at the Coohornical Mining Center Quarry - La Guajira (Colombia)

Juan Carlos Ortega Daza<sup>1</sup>; Felipe Añez Zarate<sup>2</sup>; Omar Gómez Rodríguez<sup>3</sup>;  
Dino Carmelo Manco Jaraba<sup>4</sup>; Elías Ernesto Rojas Martínez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Químico, M. Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3912-8960>

<sup>2</sup>Ingeniero de Minas, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7619-3230>

<sup>3</sup>Ingeniero de Minas, Especialista en Educación Ambiental, Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2511-6128>

<sup>4</sup>Ingeniero de Minas, M. Sc. Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones, Universidad de La Guajira.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>

<sup>5</sup>Geólogo, Fundación Universitaria del Área Andina, Grupo de investigación GIINGEO.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0402-1565>

Cite this article as: J. C. Ortega-Daza, F. Añez-Zarate, O. Gómez-Rodríguez, D. C. Manco-Jaraba, E. E. Rojas-Martínez "Determinación de los parámetros que generan explosividad en las calizas de la Formación Lagunitas durante la calcinación en la Cantera Centro Minero Coohornical -La Guajira (Colombia)", *Prospectiva*, Vol. 20 N° 2, 2022

Recibido: 28/07/2021 / Aceptado: 27/04/2022

<http://doi.org/10.15665/rp.v20i2.2784>

### RESUMEN

La roca caliza a través del tiempo ha desempeñado un importante papel en la industria de la construcción, agroquímicos, fundición, vidrio, productos químicos, debido a sus características fisicoquímicas e importancia económica. En la Cantera Centro Minero Coohornical, municipio de Distracción-La Guajira afloran calizas intercaladas con shales, correspondientes a la Formación Lagunitas del Grupo Cogollo. Esta investigación tiene como objetivo determinar los parámetros que generan explosividad en las calizas de la Formación Lagunitas durante el proceso de calcinación a partir de análisis físico-químicos. Concluyendo a concluir que la explosividad de la roca caliza en la Cantera Centro Minero Coohornical, es un fenómeno físico ligado a su densidad y permeabilidad, debido a la circulación a la absorción de fluidos (aire y/o agua) en el proceso de calcinación, ya que las moléculas de fluidos atrapadas en el interior de la roca se expanden más rápido cuando se calienta la roca; texturalmente las calizas corresponden a mudstone, grainstone y wackestones, con presencia de pellets y bioclastos; los resultados geoquímicos permitieron identificar que están constituidas principalmente por CaCO<sub>3</sub>, CaO y SiO<sub>2</sub>, con potencial uso para fabricación de cemento y cal.

Palabras clave: Cal; Caliza; Departamento de La Guajira; Formación Lagunitas; Geoquímica.

### ABSTRACT

Limestone rock has played an important role over time in the construction industry, agrochemicals, smelting, glass, chemicals, due to its physicochemical characteristics and economic importance. In the Coohornical Mining Center Quarry, municipality of Distracción-La Guajira, limestones intercalated with shales outcrop, corresponding to the Lagunitas Formation of the Cogollo Group. The objective of this research are to determine the parameters that generate explosiveness in the limestones of the Lagunitas Formation during the calcination process based on physical-chemical analysis. Leading to the conclusion that the explosiveness of the limestone rock in the Centro Minero Coohornical Quarry is a physical phenomenon linked to its density and permeability, due to the circulation and absorption of fluids (air and/or water) in the calcination process, since the fluid molecules

*trapped inside the rock expand faster when the rock is heated; Texturally, limestones correspond to mudstone, grainstone and wackestones, with presence of pellets and bioclasts; geochemical results allowed identifying that they are mainly constituted by  $CaCO_3$ ,  $CaO$  and  $SiO_2$ , with a potential use for cement and lime manufacturing.*

*Keywords: Department of La Guajira; Geochemistry; Lagunitas Formation; Lime; Limestone;*

## 1. INTRODUCCIÓN

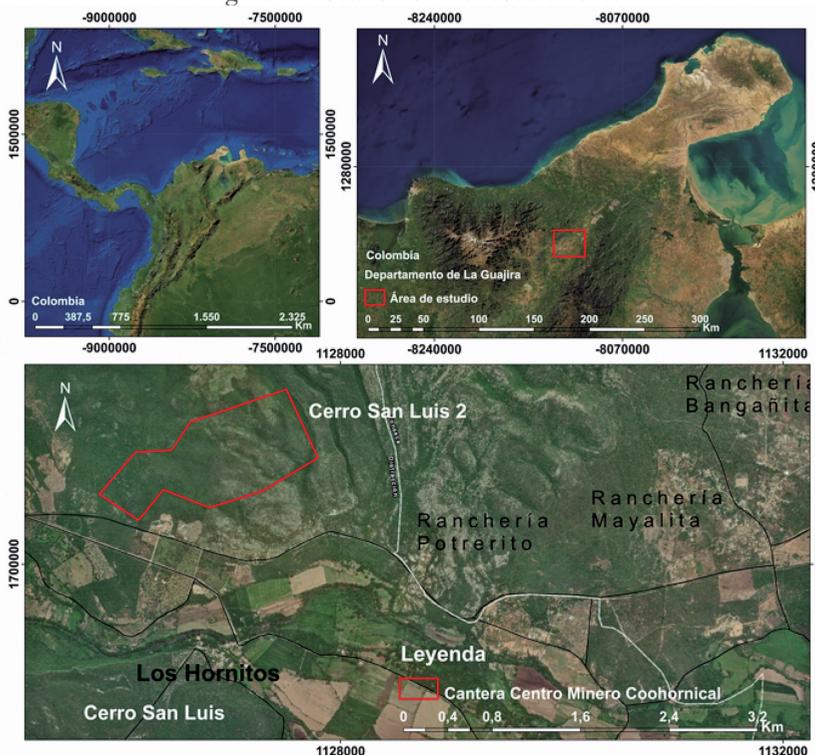
La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) es el complejo montañoso más alto del mundo a la orilla del mar, con altura aproximada de 5.700 metros sobre el nivel del mar (msnm), declarada reserva de la biosfera por la UNESCO, forjada por diversos procesos geotectónico durante la orogenia andina; constituida por rocas sedimentaria, volcanosedimentarias, ígnea y metamórfica que datan del Precámbrico hasta el Cuaternario [1]–[5]. Además, representa una belleza inigualable debido a su riqueza cultural, paisajística, ambiental, biológica y geológica, haciéndola única y de gran interés para diversas investigaciones académicas y científicas. Litológicamente ha sido de gran interés económico para la región y el país debido a sus procesos petrogenéticos que han generado yacimientos y mineralizaciones [6]–[10]. Siendo la caliza fuente primordial en la industria de la construcción, agroquímicos, fundición, vidrio y productos químicos debido a sus características fisicoquímicas, disponibilidad e importancia económica.

En el Municipio de Distracción-La Guajira, existen afloramientos de calizas tipo packstone a mudstone intercaladas con shales, asociadas a la Formación Lagunitas del Grupo Cogollo en la Cantera Centro Minero Coohornical [2], [5]. Este estudio tiene como objetivo determinar los parámetros que generan la explosividad de las calizas en el proceso de calcinación, clasificarlas petrográficamente, estableciendo su composición química a partir de técnicas analítica de fluorescencia de rayos X (FRX) y potencial uso como material industrial de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5163 [11].

## 2. LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cantera Centro Minero Coohornical (Cerro San Luis 2) con un área de 116,1204 hectáreas, localizada a 6 Km de la vía que comunica al municipio de Distracción con el corregimiento de Chorreras, departamento de La Guajira (Colombia) (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de investigación.  
Figure 1. Location of the research area.



### 3. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una cartografía geológica del sector a escala 1:25.000; la técnica de muestreo empleada fue aleatorio probabilístico, tomándose 6 especímenes de rocas (A1, A2, B1, B2, C1 y C2) representativa de las secuencias sedimentarias, peso promedio de 1 kilogramo cada una, bajo grado de alteración, analizadas con las técnicas analíticas de fluorescencia de rayos X (FRX) para la identificación de elementos mayores constituyentes de la roca y análisis petrográfico.

Se realizaron ensayos físicos [12] (índice de poros, saturación, humedad, volumen, densidad y porcentaje de saturación) para determinar posibles parámetros causante de la explosividad de las rocas durante el proceso de calcinación. Para la realización de los ensayos de propiedades físicas se fraccionaron las muestras obteniendo tres o cuatro representaciones de cada una de ellas; esto se realizó con el fin de que se pudieran obtener los valores promedios de cada parámetro determinado en función de las propiedades medidas en el laboratorio. La relación de vacíos o índice de poros es la relación existente entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos del suelo; la porosidad es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de una muestra de suelo, expresada en porcentaje; la saturación indica el porcentaje de volumen de vacíos de una muestra que están llenos de agua; La humedad expresa la proporción de agua presente en un suelo, permitiendo prever los comportamientos de la deformación y de cambios volumétricos por adición o disminución del contenido de humedad.

### 4. GEOLOGÍA REGIONAL

La Serranía del Perijá, Cuenca Cesar Ranchería, Sierra Nevada de Santa Marta, Cuenca Guajira y Cuenca Guajira Offshore comprenden las cinco zonas fisiográficas geológicamente importantes del departamento de La Guajira [13], [14].

Esta investigación se centra principalmente en la geología de la Sierra Nevada de Santa Marta, con una extensión aproximada de 425 Km, con altitudes que varían entre 500 m.s.n.m. y 3.550 m.s.n.m., limitada al norte por la Falla de Oca y al sur por la Falla Santa Marta-Bucaramanga. La edad de la mayoría de las rocas que la constituyen varían del Precámbrico hasta depósitos recientes [1], [2].

A continuación, se describen las unidades litológicas Triajurásicas y Cretácicas, presente en la región del sur de La Guajira, específicamente el Grupo Cogollo.

#### 4.1 Grupo Cogollo (K1c)

Descrito por [15], quien agrupa una serie de rocas carbonatadas de edad Barremiano-Aptiano, perteneciente a la parte occidental de la Serranía de Perijá, en contacto discordante con la Formación La Quinta [16]-[17].

Este grupo se divide por sus características litológicas de base a techo en la Formación Lagunitas y Formación Aguas Blancas que a su vez se subdivide en tres miembros conocidos como Ánimas, Tucuy y Maracas [1], [17]-[19].

##### 4.1.1 Formación Lagunitas (K1II)

Es una sucesión de calizas masivas de coloración gris oscura con alto contenido en fósiles, con alternancias de lodolitas carbonatadas y calizas lumaquéllicas [1], el espesor máximo medido de esta Formación es de 290 metros [20].

##### 4.1.2 Formación Aguas Blancas (K1I)

Agrupa tres Miembros de base a techo:

Miembro Ánimas: conjunto lodolítico calcáreo con abundante materia orgánica, intercalado con calizas micríticas de color negro que gradan horizontalmente a areniscas carbonatadas de tamaño de grano arena fina; su espesor es de 285 metros [17], [18]; Miembro Tucuy: constituido por limolitas arenosas carbonatadas, areniscas de grano arena fina y arcillolitas carbonatadas. Su espesor es de 450 metros [17], [18]; y Miembro Maracas: compuesto por calizas lumaquéllicas masivas. El espesor de este Miembro es de 217 metros [17], [18].

## 4.2 Formación La Quinta (Jq)

Descrito por Miller (1960, en Julivert, 1968) [15], [21], quien agrupa un conjunto de conglomerados y areniscas rojas estratificadas, en bancos de espesor variable, conglomerados de clastos de areniscas y calizas en una matriz arenosa de color rojo característico que pasan lateralmente a areniscas rojas de granos arena media con estratificación cruzada.

## 4.3 Depósitos recientes (Qal)

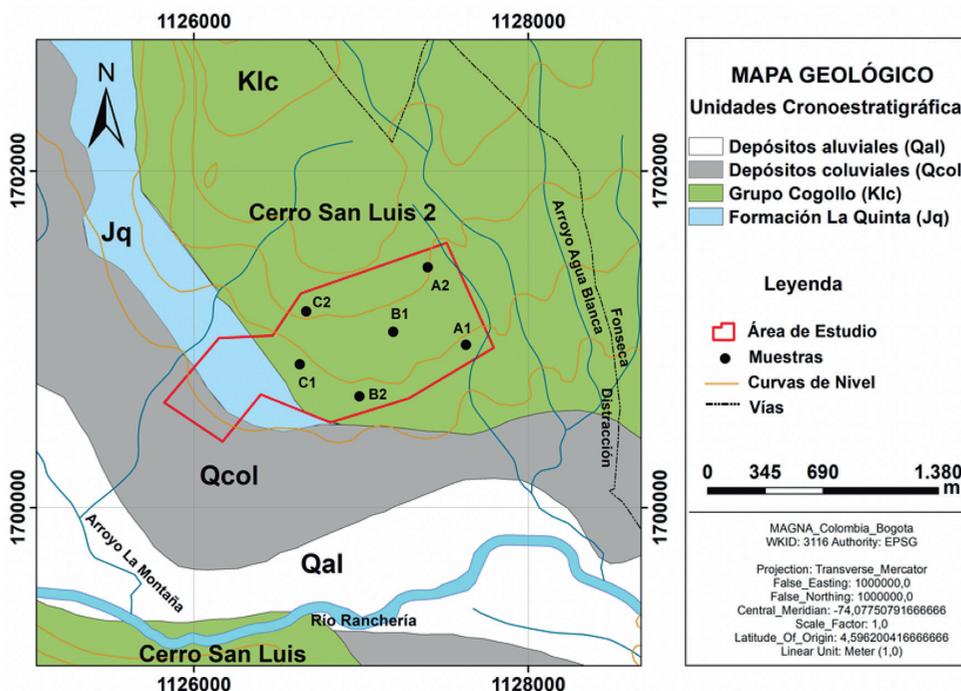
Corresponden a sedimentos recientes coluviales y aluviales acumulados por las corrientes en la zona plana y semiplana; su expresión morfológica es una superficie horizontal (plana) donde sus componentes son observables [5].

# 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 5.1 Cartografía

En la mayor extensión del área y sus alrededores aflora la Formación Lagunitas (KIII) del Grupo Cogollo, coluviales (Q-ca) y aluviales recientes (Qal) correspondiente a llanuras de inundación con niveles de terrazas y coluviones que cubren a las rocas del Cretácico (Figura 2).

Figura 2. Mapa geológico local, Cantera Centro Minero Coohornical, municipio de Distracción-La Guajira (Colombia).  
Figure 2. Local geological map, Coohornical Mining Center quarry, municipality of Distracción-La Guajira (Colombia).



### 5.1.1 Formación Lagunitas (KIII)

Las rocas de esta unidad fueron descritas por [2], como calizas y shales indiferenciados. Las observaciones de campo y análisis petrográficos, permitieron establecer que esta secuencia está conformada por una alternancia de calizas grises, masivas, fosilíferas, con lodolitas y shales carbonatados, que la hacen correlacionable con la Formación Lagunitas del Grupo Cogollo debido a sus similitudes litológicas con las descrita por [1], quien especifica que están compuesta por calizas fosilíferas en capas gruesas de color blanco mate a grisácea, interestratificadas con shales [22].

En los Cerros San Luis y San Luis 2 afloran rocas calizas fosilíferas con intercalaciones de arcillolitas, conformando un yacimiento de calizas constituido por estratos y bloques orientados en sentido NW.

Morfológicamente al norte y al sur del área se presentan colinas y cerros de altas pendientes, mientras que en la parte nororiental se observan laderas en ambos costados de la vía al municipio de Distracción.

### 5.1.2 Aluviales recientes (Qal)

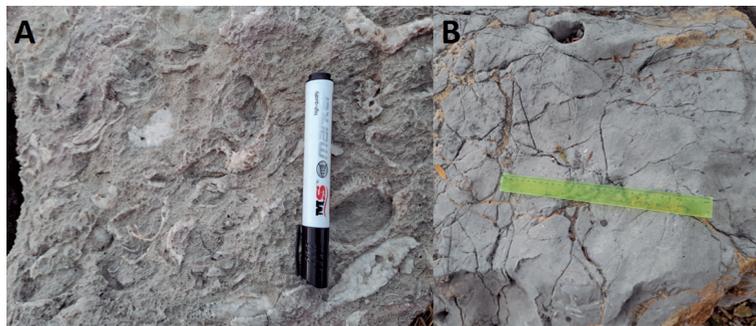
Corresponde a depósitos ubicados en la parte sur del área, como consecuencia de la dinámica de las corrientes superficiales del Río Ranchería y sus afluentes. En esta área se observa un valle con algunos niveles de terrazas, constituidos por clastos, soportado en matriz areno limosa mal seleccionada. Con tamaño de grano que oscilan entre guijarros a bloques, con formas subangulosas a subredondeadas de composición sedimentaria (areniscas y limolitas).

En el sector se encuentran coluviones hacia la parte sur del área, formados por los vuelcos en los afloramientos in situ ubicados en las laderas de los cerros, debido a la acción de la gravedad y corrientes de agua durante los periodos lluviosos. Los coluviones mayormente están compuestos por bloques y cantos de caliza fosilífera, con impresiones de conchas de bivalvos.

### 5.2 Petrografía

Macroscópicamente las muestras de caliza presentan una tonalidad blanco mate a grisácea (gris claro a oscuro), apariencia masiva microcristalina con escasos fósiles visibles, llegando a mostrar una textura tipo wackestone (Figura 3A) y mudstone según la clasificación de Dunham [23] (Figura 3B); Sin embargo, microscópicamente las calizas muestran mayor abundancia de fósiles, pellets y bioclastos por lo que en realidad son clasificadas como micritas, bioesparita y biomicrita según la clasificación de Folk [24]–[26] equivalentes a mudstone, grainstone y wackestone según Dunham [23].

Figura 3. A. Calizas packstone. B. Calizas mudstone.  
Figure 3. A. Packstone limestone. B. Mudstone limestone.



Microscópicamente las muestras A1 y A2 corresponden a una roca caliza con un 96.5% de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), pellets y de acuerdo con la clasificación de Folk [24], [26] corresponden a micrita con pellets y bioclastos, y mudstone según Dunham [23] (Figura 4A); Las muestras B1 y B2 presentan 95.9% de CaCO<sub>3</sub>, con presencia de esparita, microesparita, colofana intersticial entre la micrita y microesparita, de acuerdo con la clasificación de Folk [24], [26] corresponden a bioesparita, y grainstone según de Dunham [23] (Figura 4B); y las muestras C1 y C2 presenta 96.5% de CaCO<sub>3</sub>, con foraminíferos y de acuerdo con la clasificación de Folk [24], [26] corresponden a biomicrita, y wackestone según de Dunham [23].

Figura 4A. Nicoles PPL. 4B. Nicoles XPL. En la fotomicrografía, se observa pellets (Pel), cuarzo (Qz) cristalino subredondeado ha redondeado, esparita (Sp) amorfa, poro (Poro), y micrita (Mr) amorfa.  
Figure 4A. Nicole's PPL. 4B. Nicole's XPL. In the photomicrograph, pellets (Pel), crystalline subrounded quartz (Qz), amorphous sparite (Sp), pore (Poro), and amorphous micrite (Mr) are observed.



### 5.3 Geoquímica

Para las técnicas analíticas de fluorescencia de rayos-X (FRX) fueron tomadas seis (6) muestras (A1, A2, B1, B2, C1 y C2) de la secuencia estratigráfica en el sector de la Cantera Centro Minero Coohornical, con la finalidad de establecer la composición y porcentajes de elementos mayores y trazas presentes en las rocas.

La tabla 2, expone los resultados de laboratorio FRX realizado a las muestras de calizas. Como componentes mayoritarios se encuentra calcita, constituyendo un grupo de alta pureza y homogeneidad con menos del 2,9% de SiO<sub>2</sub> y en promedio 96,065% de CaCO<sub>3</sub> siendo ideal para la producción de cal y cemento.-

Las calizas están constituidas mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), óxido de calcio (CaO) y sílice (SiO<sub>2</sub>). De manera general el CaCO<sub>3</sub> se encuentra dentro del rango 94,24wt – 98,56%wt, CaO con un rango de 51,3%wt – 55,5%wt y SiO<sub>2</sub> en un rango de 2,60%wt – 2,90%wt (Tabla 1).

Con menor porcentaje se encuentra el MgCO<sub>3</sub> con un rango de concentración de 0,27%wt - 0,51%wt, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con un rango de concentración de 0,05%wt – 0,08%wt, MnO<sub>2</sub> con un rango de concentración de 0,0098%wt – 0,02%wt, y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con un rango de concentración de 0,16%wt – 0,21%wt (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de fluorescencia de rayos X (FRX) en % wt.  
Table 1. X-ray fluorescence (XRF) results in %wt.

Muestras	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO2	CaO	CaCO3	MgCO3
A1	2.82	0.18	0.06	0.01	53.3	95.85	0,42
A2	2.80	0.16	0.05	0.01	51.3	95.98	0,51
B1	2.88	0.17	0.06	0.02	55.5	97.20	0,27
B2	2.90	0.21	0.08	0,0098	54.8	98.56	0,50
C1	2.65	0.18	0.05	0.01	53.6	94.24	0,48
C2	2.60	0.17	0.05	0.01	53.4	94.56	0,39

### 5.4 Propiedades físicas

De acuerdo a los valores promedios obtenidos de los ensayos físicos, la relación de vacíos en todas las muestras es relativamente baja (0,56%) característico de las calizas, porosidad (n) no sobrepasa el 40%, la saturación (S) indica que no hay contenido representativo de agua y humedad ( ) no excede el 0,5 % (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la muestra A1.  
Table 2. Results of sample A1.

Resultados de la muestra A1													
Descripción	Muestra #	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd(gr/cm <sup>3</sup> )	Psat (gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n%	e
	1	20,4	20,3	23,6	9	2,27	2,26	2,62	0,49	3,3	3	36,7	0,6
CALIZA	2	14,2	14,1	16,4	5	2,84	2,82	3,28	0,71	2,3	4,4	46	0,9
CALIZA	3	42,4	42,3	47,8	26	1,63	1,63	1,84	0,24	5,5	1,8	21,2	0,3
Promedio						2,246	2,236	2,58	0,48	3,7	3,1	24,6	0,6
Resultados de la muestra A2													
Descripción	Muestra #	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd (gr/cm <sup>3</sup> )	Psat (gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n%	e
CALIZA	1	21	20,9	24	8	2,63	2,61	3	0,48	3,1	3,23	38,75	0,63
CALIZA	2	35,9	35,8	41,5	18	1,99	1,99	2,31	0,28	5,7	1,75	31,67	0,46
CALIZA	3	25,3	25,2	28,5	9	2,81	2,8	3,17	0,4	3,3	3,03	36,67	0,58
CALIZA	4	35,9	35,8	41,5	18	1,99	1,99	2,31	0,28	5,7	1,75	31,67	0,46
Promedio						2,355	2,35	2,7	0,36	4,45	2,44	34,69	0,53
Resultados de la muestra B1													
Descripción	Muestra #	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd(gr/cm <sup>3</sup> )	Psat (gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n%	e
CALIZA	1	33,2	33,1	33,3	10	3,32	3,31	3,33	0,3	0,2	50	2	0,02
CALIZA	2	35,2	35,1	35,3	12	2,93	2,93	2,94	0,28	0,2	50	1,67	0,02
Promedio						3,13	3,12	3,14	0,29	0,2	50	1,84	0,02

Resultados de la muestra B2													
Descripción	Muestra#	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd(gr/cm <sup>3</sup> )	Psat (gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n %	e
CALIZA	1	35,1	35,1	35,2	12,2	2,93	2,91	2,93	0,29	0,3	33,33	2,5	0,03
CALIZA	2	98,6	98,5	98,7	38,2	2,58	2,58	2,61	0,02	0,2	0	0,53	0,01
CALIZA	3	25,8	25,7	26,1	8,5	3,25	3,24	3,27	0,01	0,4	0	5	0,05
Promedio						2,92	4,37	4,41	0,16	0,45	11,11	2,68	0,03
Resultados de la muestra C1													
Descripción	Muestra #	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd(gr/cm <sup>3</sup> )	Psat(gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n %	e
CALIZA	1	57,8	57,7	58,9	20	2,89	2,89	2,95	0,16	1,2	8,33	6	0,06
CALIZA	2	29,9	29,8	30,5	10	2,99	2,98	3,05	0,33	0,7	14,29	7	0,08
CALIZA	3	65	65	66,1	22	2,95	2,95	3	0	1,1	0	5	0,05
Promedio						2,94	2,94	3	0,16	1	11,31	6	0,06
Resultados de la muestra C2													
Descripción	Muestra #	M(g)	Ms(g)	Msat(g)	V(cm <sup>3</sup> )	ρ(gr/cm <sup>3</sup> )	Pd(gr/cm <sup>3</sup> )	Psat(gr/cm <sup>3</sup> )	W%	Vv (cm <sup>3</sup> )	S %	n %	e
CALIZA	1	30,2	30,6	30,7	11	2,74	3,03	3,05	0,1	0,2	0	2	0,02
CALIZA	2	41,6	41,7	42	18	2,31	2,46	2,45	0,3	0,3	33,32	1,76	0,02
CALIZA	3	29,9	29,8	30,5	10	2,99	2,98	3,05	0,33	0,7	14,29	7	0,08
Promedio						2,68	2,82	2,85	0,24	0,4	15,87	3,59	0,04

En la tabla 3, se comparan los resultados físicos de las muestras A (A1 y A2), B (B1 y B2) y C (C1 y C2), tomando como referente la densidad (total, saturada y seca), porcentaje de humedad, relación de vacíos y porosidad.

Tabla 3. Resultado de las muestras A (A1 y A2), B (B1 y B2) y C (C1 y C2).  
Table 3. Result of samples A (A1 and A2), B (B1 and B2) and C (C1 and C2).

Muestra Caliza	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	ρd(g/cm <sup>3</sup> )	ρs (g/cm <sup>3</sup> )	% W	% S	% n	e
Muestras A	2.300	2.296	2.640	0.420	2.75	29.645	0.545
Muestras B	3.025	3.745	3.775	0.225	30.55	23.600	0.025
Muestras C	2.810	2.880	2.925	0.200	13.59	27.180	0.050

La muestra B (B1 y B2) presenta mayor densidad total con un valor de 3.025 g/cm<sup>3</sup>, mayor densidad saturada con un valor de 3.775 g/cm<sup>3</sup>, mayor porcentaje de saturación con un valor de 30.55% y menor relación de vacíos; estos parámetros pueden ocasionar que los vacíos intersticiales generados durante la etapa diagenética porosidad selectiva o porosidad no selectiva post diagenética por fracturamiento mecánico, disolución química, o bioturbación, sean llenados por fluidos (gases o agua) durante el proceso de calcinación la roca se expande interconectando los poros, aunado a lo anterior la presencia de gases o agua ocasiona una presión haciendo que la roca se comporte de manera explosiva; estableciéndose que esta explosividad obedece a factores físicos ligado a la densidad, y porosidad efectiva que permite la circulación de los fluidos en el proceso de la calcinación. Cuando existe un volumen considerado de líquidos y gases en una roca caliente, explosionando debido al incremento de la presión del vapor de los fluidos internos.

### 5.5 Uso de la caliza

A partir de las propiedades mineralógicas y químicas de la caliza se puede definir el uso ideal que pueden tener en el campo industrial, para esto se reúnen conceptos de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5163 [11]. Por su importancia comercial, los principales derivados de las calizas son la cal, cemento y el carbonato de calcio [11].

Las normas técnicas colombianas (NTC) 5163 define la terminología de la caliza de acuerdo a los porcentajes de magnesio así [11]:

- 1) Caliza dolomítica: caliza que contiene de 35 % a 46 % de carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).
- 2) Caliza magnesiana: caliza que contiene de 5 % a 35 % de carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).
- 3) Caliza de alto calcio: caliza que contiene de 0 % a 5 % de carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).

Los resultados geoquímicos obtenidos frente a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5163 corresponde a la terminología relacionada con cal y caliza, el término oportuno a la roca es el de caliza de alto calcio, debido a que contiene entre 0 % a 5 % de carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ), estableciéndose que la utilidad fundamental de las calizas de la Formación Lagunitas en la Cantera Centro Minero Coohornical es para la fabricación de cemento y cal.

## 6. CONCLUSIONES

Los análisis químicos de las rocas calizas permiten identificar una composición química-mineralógica homogénea siendo el constituyente principal el carbonato cálcico acompañado de componentes terrígenos de granos de cuarzo tamaño arena; además, mantienen características texturales y composicionales que cambian de una a otra dependiendo de la distribución de aloquímicos y ortoquímicos, permitiendo la identificación en la secuencia de la Formación Lagunitas (calizas micríticas con pellets y bioclastos (pueden variar el porcentaje de bivalvos, foraminíferos y gasterópodos), calizas microesparítica y biomicritas.

Los ensayos físicos determinaron una relación causal con el fenómeno de explosividad durante el proceso de calcinación, la presencia de una porosidad efectiva producto de procesos post diagenético, permite la circulación de gases y líquidos por las rocas, que durante el proceso de calcinación generan un aumento de la presión interna en la roca conllevando a una explosividad.

A través de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5163, se estableció que la utilidad de las calizas en el sector de la Cantera Centro Minero Coohornical es para la fabricación de cemento y cal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] M. Hernández, "Geología de las planchas 11 Santa Marta y 18 Ciénaga," 1996. [Online]. Available: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010024387/Documento/pdf/0101243871102000.pdf>.
- [2] F. Colmenares *et al.*, "Geología De La Planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 Y 34," Bogotá D.C., Colombia, 2007. [Online]. Available: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B12/23008010018162/documento/pdf/2105181621101000.pdf>.
- [3] J. Idárraga-García and J. Romero, "Neotectonic study of the Santa Marta Fault System, Western foothills of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 849–860, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.11.004>.
- [4] C. Gómez, A. Kammer, M. Bernet, A. Piraquive, and A. von Quadt, "Late Triassic rift tectonics at the northernmost Andean margin (Sierra Nevada de Santa Marta)," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 105, p. 102953, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102953>.
- [5] L. Lacouture-Peralta, D. Manco-Jaraba, F. Carrillo-Bolaño, E. Rojas-Martínez, and J. Mindiola-Suárez, "Análisis Geoquímico de las calizas de la Cantera Centro Minero Coohornical, municipio de Distracción-La Guajira (Colombia): Aporte en la determinación de su uso como material industrial," *Prospectiva*, vol. 20, no. 1, pp. 1–17, 2022, doi: <http://doi.org/10.15665/tp.v20i1.2716>.
- [6] D. Manco-Jaraba, K. Ariño-Díaz, and E. Rojas-Martínez, "Prospección y caracterización del yacimiento de cobre, en la vereda Los Cueros, Villanueva, departamento de La Guajira-Colombia," *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, no. 2, pp. 288–294, 2019, doi: [10.4067/s0718-33052019000200288](https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000200288).
- [7] D. Quandt *et al.*, "The geochemistry and geochronology of Early Jurassic igneous rocks from the Sierra Nevada de Santa Marta, NW Colombia, and tectono-magmatic implications," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 86, pp. 216–230, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.06.019>.
- [8] A. Cardona and G. Y. Ojeda, "Special volume: Geological evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta and adjacent basins, Colombian Caribbean region," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 761–763, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2010.06.001>.
- [9] A. Cardona *et al.*, "Permian to Triassic I to S-type magmatic switch in the northeast Sierra Nevada de Santa Marta and adjacent regions, Colombian Caribbean: Tectonic setting and implications within Pangea paleogeography," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 772–783, 2010, doi: [10.1016/j.jsames.2009.12.005](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.12.005).
- [10] D. A. Ramírez, A. M. Correa-Martínez, J. P. Zapata-Villada, and G. Rodríguez, "Tectono-magmatic implications of the Jurassic volcanic and volcanoclastic record of the Santa Marta Massif (Colombia)," *J. South Am. Earth Sci.*, vol. 104, p. 102866, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102866>.
- [11] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC, "terminología relacionada con cal y caliza NTC-5163," Bogotá D.C., Colombia, 2003.
- [12] D. Braja M., *Principles of Foundation Engineering*, 7th ed. USA, 2011.

- [13] A. Taboada *et al.*, "Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia)," *Tectonics*, vol. 19, no. 5, pp. 787–813, Oct. 2000, doi: 10.1029/2000TC900004.
- [14] H. G. Iregui, R. S. Echeverri, J. I. Cárdenas, C. M. Muñoz, and W. V. Giraldo, "Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano," Bogotá D.C., Colombia, 2015.
- [15] J. B. Miller, "Directrices tectónicas en la Sierra de Perijá y partes adyacentes de Venezuela y Colombia," *Bol. Geol. Minist. Min. Hidroc., publ. esp.*, no. 3, pp. 685–718, 1960.
- [16] E. Castro, "Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica (diagnóstico ambiental) del distrito minero La Jagua, departamento del Cesar," Bucaramanga, 2009.
- [17] M. G. González *et al.*, "Prospectividad de la Cuenca Cesar Ranchería," 2008. [Online]. Available: [http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Estudios-Integrados-y-Modelamientos/Presentaciones-y-Poster-Tcnicos/Cesar\\_Rancheria.pdf](http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Estudios-Integrados-y-Modelamientos/Presentaciones-y-Poster-Tcnicos/Cesar_Rancheria.pdf).
- [18] M. Lozada-Molina *et al.*, "Contribución al conocimiento geológico de la Serranía del Perijá mediante cartografía a escala 1:25.000 del Grupo Cogollo, en el sector oriental del municipio de Becerril, Cesar," *Boletín Geológico*, no. 45, pp. 49–59, 2019, doi: 10.32685/0120-1425/boletingeo.45.2019.487.
- [19] D. Manco-Jaraba, E. Rojas-Martinez, and B. A. Gomez, "Petrographic study of the limestone deposit in the municipality of la Paz, department of Cesar," *Prospectiva*, vol. 12, no. 2, pp. 82–89, 2014, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v12n2/v12n2a09.pdf>.
- [20] H. Cáceres, R. Camacho, and J. Reyes, "The Geology of the Rancheria Basin. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Geological Field – Trips Colombia, 1980 – 1989," 1980.
- [21] M. Julivert, "Lexique Stratigraphique International. Amerique Latine. Colombie. Volumen V. Fascicule 4. Centre Nat. Rech. Scie," Paris, 1968, p. 651.
- [22] G. De Los Reyes-Díaz, Z. Mendoza-Mejía, E. Mosquera-Nieves, E. Rojas-Martinez, D. Manco-Jaraba, and F. Lascarro-Navarro, "Geoquímica de las calizas del sector La Tomita, municipio de Manaure-Cesar. Aporte a la determinación de su uso como material industria," *Prospectiva*, vol. 18, no. 2, 2020, doi: 10.15665/rp.v18i2.2192.
- [23] R. J. Dunham, "Clasificación de las rocas de carbonatos de acuerdo con la textura de deposición. en: jamón," Asociación americana de geólogos de petróleo, 1962.
- [24] R. L. Folk, *Petrologie of sedimentary rocks*. 1974.
- [25] R. L. Folk, "Practical petrographic classification of limestones," vol. 43, pp. 1–38, 1959, [Online]. Available: <http://archives.datapages.com/data/bulletns/1957-60/data/pg/0043/0001/0000/0001.htm?doi=10.1306%2F0BDA5C36-16BD-11D7-8645000102C1865D#purchaseoptions>.
- [26] R. L. Folk, "Clasificación de las rocas de carbonatos de acuerdo a las proporciones relativas de los tres constituyentes básicos: granos (aloquímicos), matriz micrítica y cemento, esparítico (ortoquímicos)," 1962.