

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL MÁRMOL DE PATAO, PENÍNSULA DE PARIA, ESTADO SUCRE

José A. GARCÍA^{I,II}, Iván BARITTO^{II,III}, Luis CAMPOSANO^{II,IV}, José ZAMORA^{II,V},
Clevis MEDINA^{II,VI} y Lenín ORTEGA^{II,VII}

RESUMEN

El proceso de desulfuración de gases de combustión (DeSO_x) requiere de roca carbonática con contenido de mineral de calcita mayor a 85% m/m. En el Mármol de Patao, localizado en la Península de Paria en el estado Sucre, afloran rocas carbonáticas de hasta 200 m de espesor. En la zona de Puerto Hierro fueron definidos cinco bloques estructurales de esta unidad delimitados entre ellos por fallas geológicas. Los tipos litológicos predominantes determinados por la petrografía corresponden con mármoles calcíticos (59%), mármoles calcíticos impuros (12%), mármoles dolomíticos-calcíticos (12%), mármoles calcíticos-dolomíticos impuros (7%), mármoles calcíticos-dolomíticos (6%), mármoles dolomíticos-calcíticos impuros (2%) y esquistos calcíticos muscovíticos (2%). El 77% de las rocas están catalogadas como mármoles puros, 21% como mármoles impuros y 2% como rocas silicato-carbonáticas. En general, el contenido de mineral de calcita en esta unidad litodémica posee la calidad necesaria para ser utilizada en el proceso DeSO_x.

Palabras clave: DeSO_x, carbonato de calcio, metamorfismo, Paria.

ABSTRACT

Geological Study Of Marmol De Patao, Paria Peninsula, Sucre State

The DeSO_x process requires carbonate rock with calcite mineral content greater than 85% w/w. In the Mármol de Patao, located on the Paria Peninsula in the Sucre state, carbonatic rocks up to 200 m thick emerge. In the Puerto Hierro area, five structural blocks of this unit were defined, delimited among them by geological faults. The predominant lithological types determined by petrography correspond to calcitic marbles (59%), impure calcitic marbles (12%), dolomitic-calcitic marbles (12%), impure calcitic-dolomitic marbles (7%), calcitic-dolomitic marble (6 %), impure dolomitic-calcitic marbles (2%) and muscovitic calcitic schists (2%). The 77% of the rocks are classified as pure marbles, 21% as impure marbles and 2% as silicate-carbonaceous rocks. In general, the content of calcite mineral in this lithodemic unit has the necessary quality to be used in the DeSO_x process.

Keywords: DeSO_x, calcium carbonate, metamorphism, Paria.

^I Miembro de la Comisión de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Químico, Lic, PGDip, MSc, PhD. Profesor Asistente del Postgrado en Geoquímica, Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Central de Venezuela. Correo-e.: josegarbe@gmail.com

^{II} INTEVEP, Apartado 76343, Caracas 1070-A, Venezuela.

^{III} Ingeniero Geólogo, MSc, PGDip.

^{IV} Ingeniero Geólogo, MSc.

^V Ingeniero Minas, MSc.

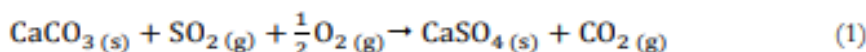
^{VI} Sedimentólogo, TSU, Prof.

^{VII} Geólogo, TSU, Prof.

INTRODUCCIÓN

Las rocas carbonáticas además de constituirse en importantes reservorios de hidrocarburos de relevante interés exploratorio (e.g. las calizas granosoportadas localizadas en el Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela) y con importantes volúmenes de producción de hidrocarburos (e.g. las calizas fracturadas del Grupo Cogollo, Cuenca del Lago de Maracaibo), también sirven como materia prima para extraer carbonato de calcio (CaCO_3), compuesto químico utilizado en muchos procesos industriales (OATES, 1998; MYERS, 2007).

En la industria petrolera las rocas carbonáticas pueden ser utilizadas como roca lavadora en la desulfuración de corrientes de gases de combustión (DeSO_x) (VAN HOUTE *et al.*, 1981), según la reacción:



La calidad de la roca es determinada a partir del contenido de minerales carbonáticos que la conforman. Para llevar a cabo el proceso DeSO_x eficientemente es necesario que la roca tenga una pureza de mineral de calcita mayor a 85% m/m.

Una potencial zona para la explotación de roca carbonática en el oriente del país, corresponde al área de estudio, ubicada en la localidad de Patao, Puerto de Hierro en el borde sur de la Península de Paria, a 26 km de la ciudad de Guiria y a 18 km de Macuro, Municipio Valdez, Sucre.

Originalmente, las rocas de interés fueron designadas por GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1965) con el nombre “Miembro Patao” para referirse a la unidad intermedia de la “Formación Cariaquito” que aflora típicamente en la Quebrada Patao, al este de la zona de Puerto de Hierro que se extiende, de este a oeste, a lo largo de una faja cercana a la costa sur de Paria Oriental, destacándose por la alta topografía prominente que estas rocas generan.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1965) nombra la unidad de interés en este estudio como Miembro Patao para referirse a un cuerpo de “calizas cristalinas” que se extiende de este a oeste a lo largo de la Península con un espesor promedio de 300 m. Las observaciones de campo y los análisis petrográficos de este estudio confirman que las rocas carbonáticas del área descritas por GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1965) corresponden con rocas metamórficas y siguiendo la nomenclatura propuesta por PETRÁSH y REVANALES (2006), URBANI *et al.* (2008), URBANI *et al.* (2018) y CÁCERES y VILLARROEL (2019) para las unidades ígneas y metamórficas de Venezuela, esta unidad carbonática será referida como “Mármol de Patao” y el resto de las rocas metasedimentarias serán incluidas en el “Esquisto de Cariaquito” dejando en desuso la nomenclatura de formaciones, utilizadas en el *Léxico Estratigráfico de Venezuela* que hacen referencia a la unidad reconocida en el área como Miembro Patao de la Formación Cariaquito.

El objetivo de este estudio fue actualizar la información geológica de la unidad litodémica Mármol de Patao, así como determinar si el contenido de mineral de calcita presente en ella puede satisfacer el criterio de calidad requerido para el módulo del proceso desulfuración de gases de combustión (DeSO_x) que se proyectó instalar en la Faja Petrolífera del Orinoco para la combustión directa de coque de petróleo y tratamiento de gases para generación de potencia eléctrica.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La unidad litodémica Mármol de Patao es una subunidad del Esquisto de Cariaquito que fue descrita inicialmente como una unidad litoestratigráfica de la Formación Cariaquito (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1965), constituido en su sección tipo por calizas dolomíticas, que pueden subdividirse en tres intervalos distintos; el inferior corresponde a calizas dolomíticas compactas con un espesor aprox. de

45 m, seguido por un intervalo de calizas dolomitizadas, laminadas y parcialmente esquistosa con un espesor de 25 m y el superior corresponde a calizas dolomíticas macizas y compactas, de 200m de espesor sobre el cual descansa una capa de yeso de 38 m de espesor, sobre la cual se encuentre un grueso intervalo de esquistos, variablemente grafitosos y calcáreos con lentes delgadas de caliza (NEUMAN y GONZÁLEZ DE JUANA, 1966). La unidad es concordante sobre el Miembro Guatay, y por debajo del Miembro Yacua. Su edad Neocomiense-Barremiense se establece por la presencia de los fósiles *Thecosmilia cumanensis*, *Cladophyllia cf. stewartae* y espinas y placas de *Pseudocidaris sp.* (CIEN, 1998). El Miembro es correlativo de las calizas de Maraval de Trinidad (URBANI, 2018).

CÁCERES y VILLARROEL (2019) establecen dominios geológicos entre las penínsulas de Araya y Paria para diferenciar y describir asociaciones geológico-litológicas de los principales terrenos que afloran entre las penínsulas, basados en el tipo de litología y el carácter alóctono o autóctono de las unidades, así como la ubicación de los principales bloques litológicos, que controlan estructuralmente la geología de la región (Figura 1A).

La Tabla 1 presenta una síntesis de las unidades geológicas del Terreno de Macuro (facies de los esquistos verde – clorita a biotita) presente en la zona de Puerto de Hierro (Figura 1B).

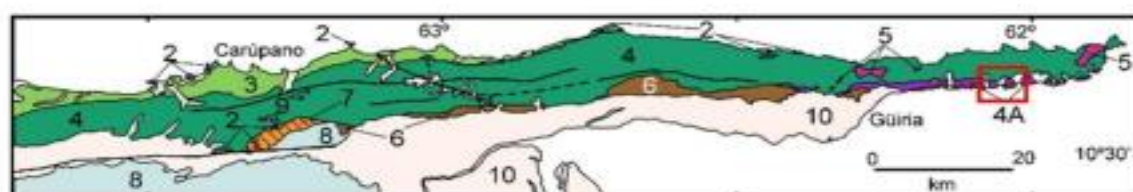


Figura 1A. Mapa geológico generalizado de la Península de Paria (URBANI, 2018). Abreviaturas: 2: Terreno El Copey, 3: Terreno Cariúpano, 4: Terreno Macuro, 4A: Terreno Macuro, Esquisto de Cariquito. 5: Gneises graníticos de El Dragón y El Mango, 6: Terreno Guinimita, 7: Complejo Lechozal, 8: Unidades no metamórficas del margen pasivo Cretácico, 9: Ríolita Porfídítica de Rivilla, 10: Unidades sedimentarias cuaternarias. El recuadro rojo ubica a la Figura 1B.



Figura 1B. Geología de la zona de Puerto de Hierro. Cartografía primaria por tesisistas UCV 1964-1966, compilada y publicada por GONZÁLEZ DE JUANA et al. (1965), Tomado de la versión reinterpretada de CÁCERES y VILLARROEL (2019), fragmento de la hoja 7747-I-NE – Puerto de Hierro.

Tabla 1. Síntesis de las unidades geológicas del Terreno Macuro en la zona de Puerto de Hierro (CÁCERES y VILLARROEL, 2019).

Unidad	Litología	Edad, determinada o inferida
Esquisto de Cariaquito	Esquisto cuarzo muscovítico, grafitoso+clorita	Cretácico Temprano
Mármol de Patao	Esquisto carbonático, mármol, yeso	
Esquisto de Yacua	Filita grafitosa carbonática, lentes de mármol	
Esquisto de Uquire	Cuarcita grafitosa, esquisto grafitoso	Cretácico Temprano
Esquisto de Tunapui	Esquisto cuarzo micáceo clorítico, metaconglomerado	Jurásico Tardío-Cretácico Temprano
Esquisto de Macuro	Cuarcita, esquisto cuarzo clorítico	Jurásico Tardío-Cretácico Temprano
Esquisto de Guatay	Cuarcita esquistosa, esquistos cuarzo-micáceo	
Mármol de Yaguaraparo	Mármol	
Mármol de La Horqueta	Mármol dolomítico	

METODOLOGÍA

Levantamiento geológico

El estudio se desarrolló en dos etapas (CAMPOSANO *et al.*, 2015). La etapa de revisión y reconocimiento geológico abarcó un área de 12 km² en la localidad de Patao, para identificar y reconocer en el campo los afloramientos de las unidades carbonáticas reportadas como aflorantes en ella y tomar muestras para análisis de laboratorio, utilizando como mapas base los mapas geológicos de CHRISTENSEN (1961), GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1965), GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1969), DCN (1976), PETRÁSH y REVANALES (2006) y HACKLEY *et al.* (2006).

La etapa de campo se llevó a cabo entre el Río Oscurito (Ensenada de Patao) hasta Río Grande (Ensenada de Río Grande). Se definieron 15 transeptos lineales separados por c.420 m con una orientación casi norte-sur, que interceptan las capas de roca teóricamente existentes en rasgos geomorfológicos y topográficos, donde podía estar expuesta la roca. El nivel de referencia o la cota más baja fue trazado en 20 m por encima del nivel del mar, el ángulo de buzamiento del cuerpo metasedimentario fue considerado en promedio 75° hacia el sur.

Fueron explorados y descritos los transeptos 1, 2, 3 (Quebrada Patao), 4 (sector “La Mina”), 5, 6, 7, 8, 9, 10 (Quebrada Cumaca), 14 y 14-1 (Río Grande), en ellos se recolectaron datos en campo, la descripción y registro de los cuerpos rocosos aflorantes en las secciones. Además, se midieron y registraron los datos de las orientaciones y buzamientos de los planos de foliación y otros rasgos estructurales. Se seleccionaron y tomaron 126 muestras de aproximadamente 2 kg cada una, para ser caracterizadas por petrografía, mineralogía y química.

En los transeptos 11, 12 y 13 no fue posible tener acceso por problemas de seguridad, mientras que, en el Transepto 15 no se identificaron afloramientos de la Unidad. Por estas razones los transeptos 11, 12, 13 y 15 no fueron descritos ni muestreados.

Petrografía

La caracterización petrográfica consistió en la observación y análisis de 103 secciones finas, utilizando un microscopio petrográfico marca ZEISS modelo AXIOSKOP 40, provisto de una cámara para fotomicrografías. La cuantificación de los minerales se realizó por determinación visual. Para determinar el grado y fase de metamorfismo de la roca se tomó en cuenta las asociaciones minerales, la textura y la zona sugerida por la asociación de BLATT y TRACY (1996).

Para clasificar la roca se utilizó el diagrama ternario propuesto por ROSEN *et al.* (2007). Estos autores proponen una clasificación de rocas metacarbonáticas con nomenclatura aplicable a todas las rocas metamórficas, metacarbonáticas y metasomáticas incluyendo todas las rocas calco-silicatadas (Figura 2). La clasificación del tipo de mármol se refinó utilizando el diagrama ternario propuesto por CARR *et al.* (1994) que considera el contenido de minerales carbonáticos (Figura 3).

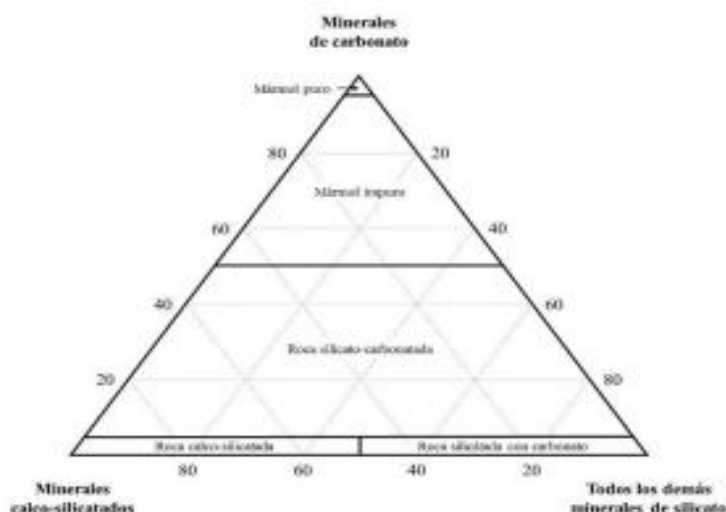


Figura 2. Diagrama ternario para la clasificación de metacarbonatos y rocas relacionadas (modificado de ROSEN *et al.*, 2007).



Figura 3. Diagrama ternario para la clasificación mineralógica de rocas carbonáticas (modificado de CARR *et al.*, 1994).

Difracción de rayos X (DRX)

Se realizó el análisis de 126 muestras de roca mediante análisis de roca total por DRX, utilizando un difractómetro PHILIPS PW 3710, provisto de un ánodo de cobre y manejado mediante el paquete informático de PANalytical que comprende el software Data Collector para la adquisición de datos y software HighScore Plus para el procesamiento de los difractogramas.

Microscopía electrónica de barrido (MEB-EDX)

Algunos minerales de arcilla fueron analizados por MEB-EDX, utilizando un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-6490LV, provisto de un filamento de tungsteno. Este equipo está acoplado a un detector EDX OXFORD Instrument modelo INCA PENTA FETx3, con 30 mm² área de detección y 137 eV de resolución.

Espectroscopía de emisión óptica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES)

Se realizó el análisis de 126 muestras de roca por ICP-OES, utilizando un equipo Varian Vista-PRO con plasma de vista axial, provisto de un detector CCD. Se determinó el contenido de óxido de magnesio (MgO) y de óxido de calcio (CaO), para con ello calcular estequiométricamente el contenido de carbonato de calcio y magnesio (CaMg(CO₃)₂) y de carbonato de calcio (CaCO₃) equivalentes. Este último fue cotejado con el obtenido por DRX, así valores cuya diferencia fue mayor a 15%, fueron corregidos según la mineralogía de la roca.

Para el análisis, las muestras fueron pulverizadas en un molino Shatterbox con cámara de carburo de tungsteno y posteriormente preparadas por digestión ácida con agua regia, es decir, una solución de ácidos concentrados, nítrico (HNO₃) y clorhídrico (HCl), en la proporción de una parte del primero por tres del segundo. Los patrones de referencia utilizados para la calibración del equipo fueron la carbonatita USGS COQ-1 y la caliza dolomítica NIST 88b.

RESULTADOS

Cartografía geológica

Las unidades reportadas en los mapas de GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1965) y PETRÁSH y REVANALES (2006) para el Jurásico y el Cretácico son representadas como franjas de unidades estratigráficas en un caso y litodémicas en el otro, con la característica común de ser franjas paralelas y alineadas en dirección este-oeste, sin presentar ninguna variación estructural importante a lo largo de casi toda la península.

En base al contexto geológico de la Península de Paria, así como al marco de las unidades litodémicas publicado en trabajos de actualización cartográfica de la Península de Paria (PETRÁSH y REVANALES, 2006; HACKLEY *et al.*, 2006; URBANI, 2018; CÁCERES y VILLARROEL, 2019), a las observaciones geológicas de campo y al análisis e interpretación geológica de la información obtenida, se identificaron seis fallas de orientación noroeste-sureste que dividen las unidades litodémicas existentes en cinco bloques tectónicos. Estas fallas de este a oeste se denominan: falla de Río Ocurito, falla de Puerto de Hierro, falla de Jamaica, falla de Cumaca, falla de Cumaquita y falla de Río Grande, todas de movimiento dextral con excepción de la falla de Jamaica cuyo movimiento es sinistral.

Estas fallas son responsables de los saltos reconocidos en el Mármol de Patao y en las unidades adyacentes. La traza del tope de la unidad carbonática, se encuentra desplazada aproximadamente 150

m hacia el sur en el Transepto 5, 330 m hacia el sur en el Transepto 9 y 250 m hacia el norte en el Transepto 14.

Se generó un mapa geológico de la zona de Puerto de Hierro actualizado (Fig. 4), definido específicamente en la zona sur de la Serranía de Patao. Este mapa se extiende desde Río Oscuro (Ensenada de Patao) hasta Río Grande (Ensenada de Río Grande).

El Mármol de Patao se presenta como un cuerpo de roca dura, con pocos signos de meteorización o descomposición. En general, es homogéneo salvo en los transeptos 1 y 2, donde se presenta intercalado con esquistos similares al Esquisto de Cariaquito (Figura 5). Foliado (transeptos 1, 2, 3 y 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 14-1), plegado (transeptos 1, 2 y 8) o muy foliado y muy plegado (Transepto 4) y en partes bandeado (transepto 5, 7). De color gris claro (transeptos 2 y 5), gris claro a medio (transeptos 1, 6, 8, 9, 14, 14-1), gris claro a oscuro (transeptos 3, 4 y 10), gris claro azulado (Transepto 7) y marrón (Transepto 4). Poco fracturado (transeptos 1, 2, 3, 4, 8, 9, 14, 14-1), muy fracturado (Transepto 6) o intensamente fracturado (transeptos 5 y 7). Con posibles fósiles e icnofósiles (transeptos 4 y 9) o con granos recristalizados (transeptos 5 y 7) de tamaño medio a fino en el Transepto 5. Con cuerpos rocosos reptados y dislocados, en partes presenta brechas de falla (transeptos 5, 6 y 7), con bloques de hasta 5 m de diámetro en el Transepto 6.

En la Tabla 2 se describen algunas características de los afloramientos encontrados en cada uno de los transeptos estudiados

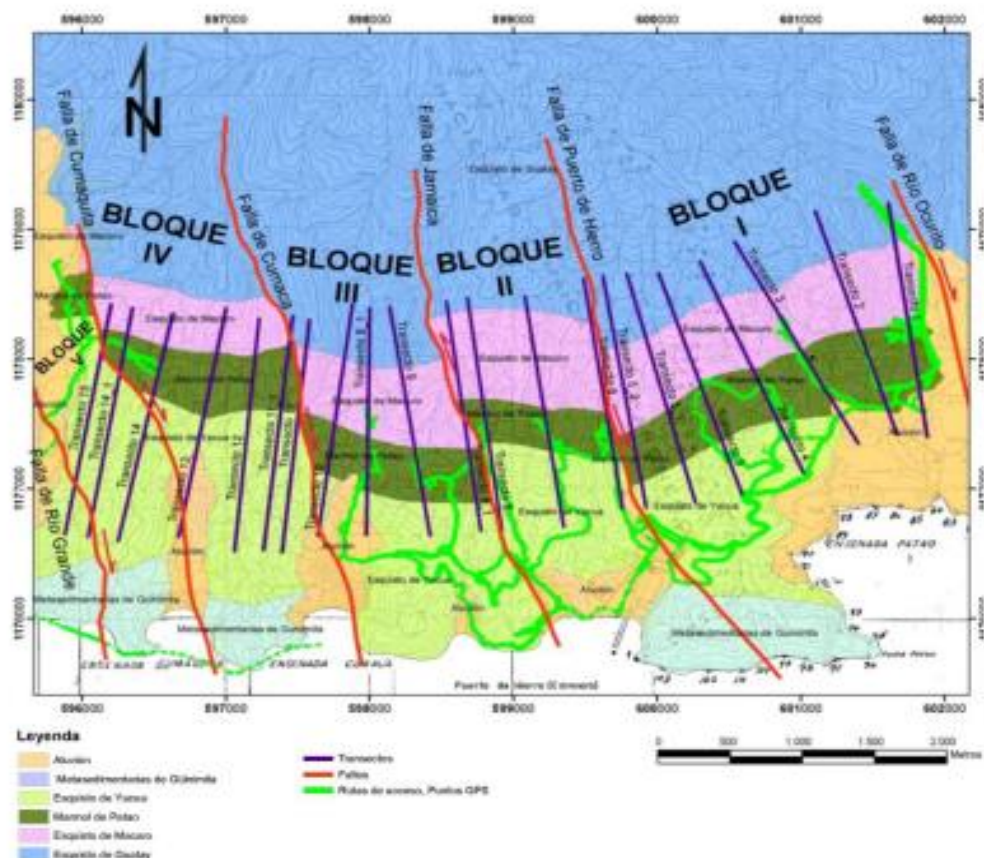


Figura 4. Mapa geológico actualizado de la zona de Puerto de Hierro.

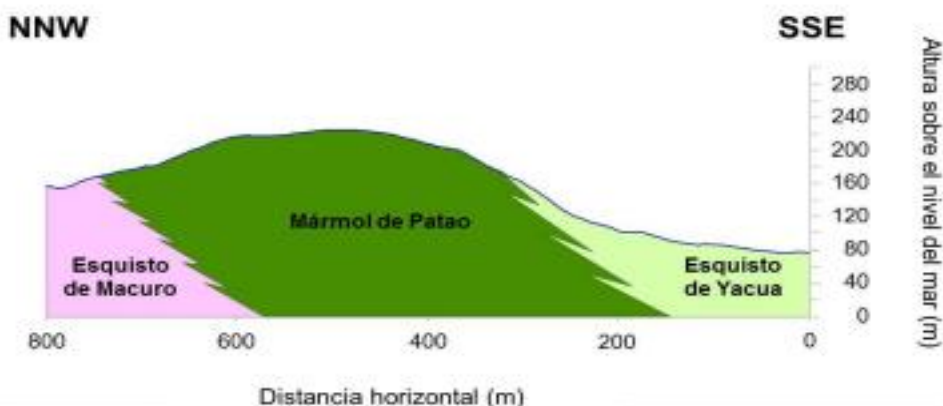


Figura 5.A. Transepto representativo dirección norte-sur, donde se muestra las unidades suprayacentes e infrayacentes al Mármol de Patao y el buzamiento hacia el sur de las unidades metasedimentarias.

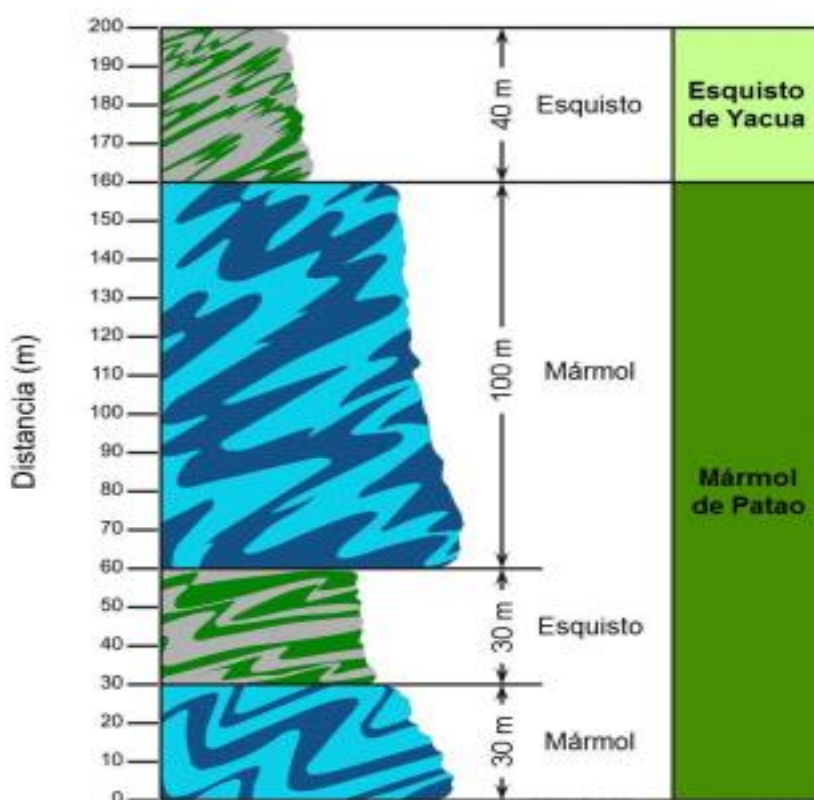


Figura 5.B. Columna litodémica representativa.

En la Quebrada Patao (Transepto 3) fue reconocido un cuerpo carbonático e identificados afloramientos y cantos rodados de esquistos, filitas y rocas metasedimentarias. Las rocas observadas corresponden y coinciden con las reportadas en la unidad conocida como Esquisto de Cariaquito y Metasedimentarias de Guainimita.

En el Transepto 6 el Mármol de Patao está intercalado con un afloramiento continuo de 12 m, compuesto por material siliciclástico, probablemente referido a un esquisto calcáreo.

En la Quebrada Cumaca (Transecto 10) está expuesta muy cerca al aluvión de la quebrada, geomorfológicamente representa un alto en forma de morro que desarrolla un cerro apreciable y expuesto con alturas hasta de 40 m aproximadamente. Son pocos o escasos los afloramientos de las unidades de roca, al menos en la parte baja.

En los transectos 14 y 14-1 (Río Grande) existe una posible cuña de carbonatos, con mayor contenido pelítico, entre los esquistos. Los afloramientos están diaclasados, no son continuos.

Caracterización petrográfica y mineralógica

En el Transecto 1, las muestras presentan bandas delimitadas por microestilolitas rellenas de material arcilloso (en algunos casos probablemente grafito) muy fino con escasa pirita, en la mayoría de los casos se observa goethita/magnetita y muscovita alineados a las microestilolitas. Las rocas presentan abundantes cristales de calcita, con textura granoblástica equigranular e inequigranular de grano fino y grueso, generalmente con forma subidiomorfos (subeuhedrales). Los granos de cuarzo presentan unos bordes irregulares y otros con caras bien definidas y leve extinción ondulatoria. Algunos poco orientados y otros con mayor alineación siguiendo el bandeamiento de la roca.

En promedio (Tabla 3), las muestras están constituidas predominante por calcita (79%) con moderado contenido de dolomita (14%). En menor cantidad presenta granos de cuarzo (4%), y algunos agregados minerales. Además, presenta muscovita (1%) incrustada entre los cristales de calcita, goethita/magnetita (1%), siderita sobre los cristales de calcita y plagioclasas en el contenido mineralógico total.

En el Transecto 2, se observa muscovita y goethita/magnetita asociados a las microestilolitas que delimitan las bandas de cristales de calcita más gruesos de los más finos. Los granos de cuarzo generalmente son gruesos, unos con bordes corroídos y extinción ondulatoria, otros euhedrales en forma de agregados, tamaño finos y alineados en bandas no continuas. Se presentan varias bandas, unas rellenas de sílice, otras rellenas de calcita equigranular gruesa con granos de cuarzo y otras formadas con cristales de carbonato finos a muy finos. Las muestras tienen una textura granoblástica equigranular e inequigranular, fina y gruesa, sub-euhedrales, con cristales orientados según la dirección del bandeamiento.

En promedio (Tabla 4), las muestras están constituidas predominante por calcita (74%) con moderado contenido de dolomita (15%), granos de cuarzo (4%), muscovitas (2%), goethita/magnetita (4%) y minerales sin diferenciar (1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transecto 5, los cristales de calcita están orientados en dirección al bandeamiento. Se observan granos dispersos de carbonato formado por varios cristales subeuhédricos de calcita. Los granos de cuarzo son, generalmente, subredondeados de tamaño muy fino a limo. Se presentan algunas cavidades rellenas de cristales de calcita equigranular gruesa orientados. Microestilolitas rellenas de material arcilloso (grafito?) con goethita/magnetita (con caras bien definidas) y muscovita alineada. La textura es granoblástica equigranular, finos y gruesos, subeuhedrales. Los cristales están orientados según la dirección del bandeamiento.

En promedio (Tabla 5), las muestras presentan alto contenido de calcita (97%) y bajo de cuarzo (1%), muscovitas (1%), dolomita (<1%), magnetita/goethita (<1%) y minerales sin diferenciar (1%) que probablemente corresponden a arcillas.

En el Transecto 6, los cristales de calcita están orientados en dirección al bandeamiento, con tamaños equigranulares e inequigranulares finos y gruesos, subeuhedrales. Los cristales de cuarzo

tienen extinción ondulatoria y en los mármoles aparecen como agregados mientras que en los esquistos los granos son de mayor tamaño y se visualizan de forma alineada siguiendo la foliación preferencial de la roca. Se observa sobrecrecimiento de dolomita. La muscovita está alineada a la foliación y en algunos casos se encuentran plegada en los esquistos. En algunas muestras se identificó grafito y clorita. En algunas muestras se visualizan microestilolitas que están rellenas de material arcilloso. Se aprecian en algunas muestras granos carbonáticos como parte reliquia del protolito original que corresponde con una caliza. La textura es granoblástica en el caso de los mármoles y porfidoblástica en el caso de los esquistos existentes, en los cuales los cristales en este último tipo de roca se encuentran orientados de acuerdo a la dirección de foliación.

Una de las litologías menos preponderantes estudiadas dentro de la unidad Mármol de Patao para los transeptos analizados, identificada en el Transepto 6, correspondió a esquistos calcíticos muscovíticos donde la muscovita, como tercer mineral en preponderancia después del cuarzo y la calcita en este tipo litológico, arrojó valores entre un 12% a 20% de concentración. Estas muscovitas dentro de las secciones finas se encontraban en muchos casos deformadas y plegadas producto de los esfuerzos en la roca debido a tectónica del área (Figura 6).

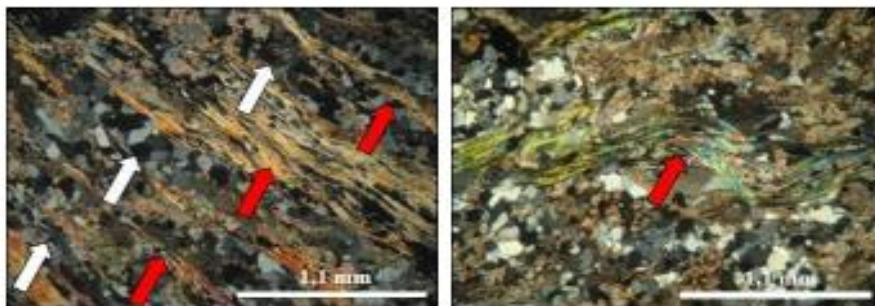


Figura 6. Esquisto calcítico muscovítico mostrando muscovitas alineadas y paralelas (flechas rojas) a las bandas foliadas de cristales de cuarzo (flechas blancas). Izquierda, 15SUT6-013, nicoles cruzados. Esquisto calcítico muscovítico mostrando muscovitas plegadas (flecha roja). Derecha, 15SUT6-012, nicoles cruzados.

En promedio (Tabla 6), las muestras están constituidas predominante por calcita (62%) con moderado contenido de dolomita (19%) y cuarzo (12%). Las muscovitas (3%) son los minerales secundarios dominantes, en ciertos esquistos (7-20%), seguidos por plagioclasas (2%), magnetita (1%), minerales sin diferenciar, grafito, clorita y actinolita (<1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transepto 7, los cristales de calcita se presentan en muchos casos con textura granoblástica y en algunos otros orientados en dirección al bandeamiento y con tamaños equigranulares e inequigranulares finos y gruesos, subeuhedrales. Los cristales de cuarzo además de reflejar extinción ondulatoria aparecen en muchos casos como agregados y en pocos casos se visualizan en bandas paralelas a la foliación preferencial de la roca. Se aprecian porfidoclastos de cuarzo en forma sigmoidal que sugieren deformación y cizallamiento del mármol. Se presentan microestilolitas rellenas de mineral de arcilla sin diferenciar y también se tiene la presencia en algunos casos de grafito y actinolita. Se encuentran vestigios de conchas y fragmentos carbonáticos derivados de los protolitos o calizas que dieron origen a estos mármoles, así como granos carbonáticos de diversas formas dolomitizados (Figura 7), los cuales en algunos casos incluso se encuentran deformados.

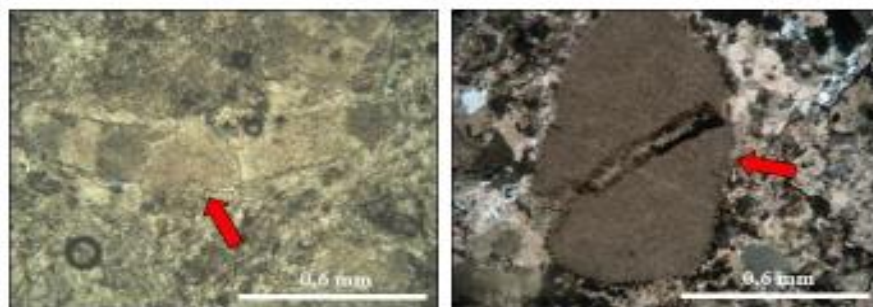


Figura 7. Mármol impuro (calcítico-dolomítico) con concha de organismo fósil recristalizado (flecha roja). Izquierda 15SUT7-011, nicoles cruzados. Mármol impuro (dolomítico-calcítico impuro) con clasto carbonático reliquia del protolito original (flecha roja). Derecha, 15SUT6-010, nicoles cruzados.

En la Figura 8 se presenta una sección fina típica de un mármol calcítico de textura granoblástica masiva con cristales equigranulares mayoritariamente de tamaño fino, en ocasiones estos cristales están orientados en dirección a la foliación de la roca. Por otra parte, se presenta un mármol calcítico-dolomítico impuro contentivo de cristales de cuarzo. Algunos de estos cristales están como agregados, con poca orientación, mientras que otros exhiben mayor alineación siguiendo el bandeamiento de la roca.

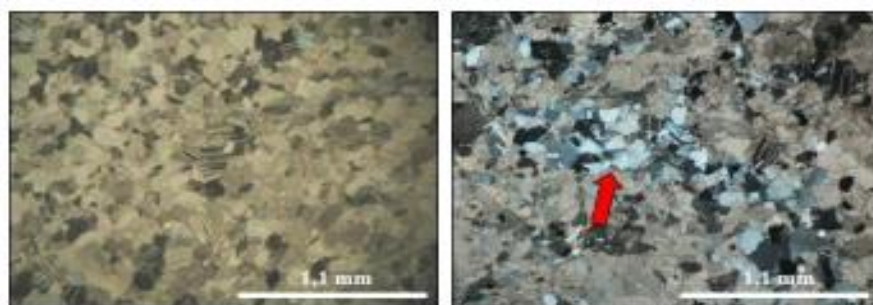


Figura 8. Mármol puro (calcítico) con cristales equigranulares de calcita. Izquierda, 15SUT7-018, nicoles cruzados. Mármol impuro (calcítico-dolomítico impuro) mostrando mineral de cuarzo en forma de agregados (flecha roja). Derecha 15SUT2-001, nicoles cruzados.

En promedio (Tabla 7), las muestras presentan alto contenido de calcita (88%) y bajo contenido de cuarzo (4%) y dolomita (4%). Los minerales secundarios dominantes en promedio son arcillas (3%), minerales sin diferenciar, grafito, actinolita y magnetita (<1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transepto 8, los cristales de calcita presentan textura granoblástica con tamaños mayoritariamente inequigranulares finos y gruesos orientados en dirección al bandeamiento y en pocas ocasiones con tamaños equigranulares. Los cristales de cuarzo aparecen como agregados y en pocas ocasiones como bandas paralelas a la foliación preferencial de la roca e incluso plegadas producto de la deformación en el mármol. Se aprecian igualmente muscovita deformada y ocupando espacios con minerales de arcilla sin diferenciar. Se observan también en menor proporción dolomitas y también magnetita, este último como agregados y actinolita relleno de espacios entre los granos de calcita. Se visualiza cizallamiento sinistral en granos de calcita generados por pequeñas vetillas rellenas de calcita, al igual que se destacan plegamientos de ciertas bandas de calcita de tamaños de grano gruesos generados por la deformación existente en el área.

En promedio (Tabla 8), las muestras presentan alto contenido de calcita (91%) y bajo contenido de cuarzo (6%) y muscovita (1%), dolomita (1%), magnetita (1%), minerales de arcilla sin diferenciar (1%) y en mucho menor proporción actinolita y tremolita (<1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transepto 9 los cristales de calcita presentan textura granoblástica con tamaños equigranulares mayoritariamente finos y medios, en ocasiones orientados en dirección a la foliación de la roca. Los cristales de cuarzo se encuentran dispersos dentro del mármol y en otros casos como bandas paralelas a la foliación preferencial de la roca. Se destaca en algunas muestras cristales de dolomita, los cuales reflejan sobrecrecimiento. En algunos casos se visualizan elementos microestructurales debido a la deformación generada por los esfuerzos tectónicos imperantes en el área tales como cizallamientos de vetas de calcita, plegamiento de bandas de calcita y presencia de microestilolitas rellenas por material arcillosos.

En las secciones finas interpretadas fueron reportadas microestilolitas, mayormente rellenas de material arcilloso y grafitoso anteriormente señalado, junto a otros elementos estructurales tales como cizallamiento de cristales y vetas de calcita (Figura 9), microfracturas de vetas de calcita, bandeamientos y plegamientos de franjas de muscovitas y cuarzos, así como ejemplos de porfidoclastos de cuarzo en forma sigmoidal que indican deformación y cizallamiento del mármol (Figura 10), lo que denota claramente la deformación sufrida por estas rocas.



Figura 9. Mármol impuro (calcítico) con microestilolitas rellenas de arcilla (flechas rojas). Izquierda, 15SUT9-003, nicoles paralelos. Mármol impuro (calcítico impuro) con cizallamiento sinistral de cristal de calcita (flechas rojas). Derecha, 15SUT8-009, nicoles cruzados.



Figura 10. Mármol puro (calcítico) con veta de calcita fracturada en escalón en sentido normal (flechas rojas) Izquierda, 15SUT14-005, nicoles paralelos. Mármol impuro (calcítico-dolomítico impuro) con porfidoclastos de cuarzo sigmoidales indicando cizallamiento dextral (flechas rojas). Derecha, 15SUT7-017, nicoles cruzados.

En promedio (Tabla 9), las muestras están constituidas por calcita (92%) con bajo contenido de dolomita (3%) y cuarzo (3%), además de minerales de arcilla (2%) minerales sin diferenciar, magnetita, muscovita y plagioclasa (<1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transepto 14, los mármoles calcíticos presentan textura granoblástica masiva con tamaños de cristales equigranulares mayoritariamente finos, en ocasiones orientados en dirección a la foliación de la roca. Los mármoles dolomíticos muestran también textura granoblástica masiva con cristales de dolomita de tamaños fino y medio, en algunos casos se aprecian sobrecrecimientos de las dolomitas. Los cristales de cuarzo aparecen como granos dispersos dentro del mármol y también se aprecian bandas de mineral de cuarzo orientadas. En algunas de las muestras de mármol analizadas se observan elementos microestructurales debido a la deformación presente en el área tales como cizallamientos de vetas de calcita, al igual que la presencia de microestilolitas rellenas por material arcilloso. En algunos casos se visualizan vestigios de conchas o fósiles de la caliza original, al igual que granos carbonáticos dolomitizados, los cuales en algunos casos incluso se encuentran deformados por la tectónica del área.

Los mármoles dolomíticos-calcíticos muestran también textura granoblástica masiva con cristales de dolomita de tamaños finos a medios, en algunos casos se aprecian en estos mármoles dolomíticos-calcíticos sobrecrecimientos de las dolomitas (Figura 11).

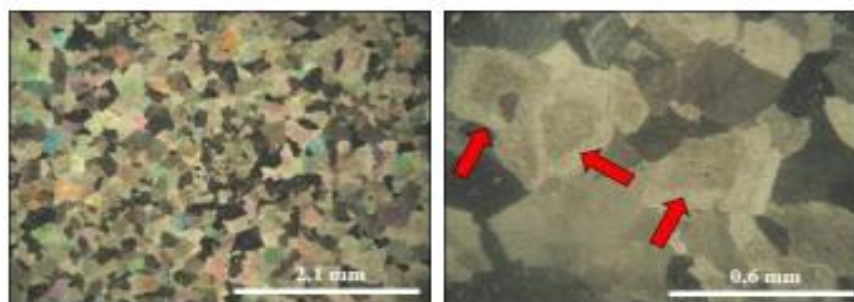


Figura 11. Mármol puro (dolomítico-calcítico) de textura granoblástica masiva con cristales de dolomita equigranular de tamaño fino. Izquierda, 15SUT14-011, nicoles cruzados. Sobrecrecimientos de cristales de dolomita en el mármol puro (dolomítico-calcítico) (flechas rojas). Derecha, 15SUT14-003, nicoles cruzados.

En promedio (Tabla 10), las muestras están constituidas predominantemente por calcita (56%) y dolomita (41%) y minerales de arcilla (2%). En este transepto se presenta el mayor contenido de dolomita de todos los transeptos analizados en la zona de estudio. El cuarzo (1%), magnetita (<1%) en el contenido mineralógico total.

En el Transepto 14-1, las muestras tienen granos orientados siguiendo el bandeamiento de la roca y las microestilolitas están rellenas de material arcilloso. Las bandas son generalmente de cristales de calcita finos y gruesos con muscovitas alineadas. Se presenta una textura granoblástica inequigranular gruesa, con granos orientados siguiendo el bandeamiento de la roca. La muestra (15SUT14-017) presenta cristales romboédricos alineados y abundante matriz calcárea. Tiene además una banda fina de cristales de calcita de tamaño muy fino.

En promedio (Tabla 11), las muestras están constituidas por minerales de calcita (93%) muy finos a gruesos (unos con zonaciones) y muy poca cantidad de muscovita (2%), granos de cuarzo (1%) y minerales sin diferenciar (4%), representado por una matriz calcárea.

Los mármoles analizados, comúnmente muestran bandeamiento o foliación, apreciado tanto en muestras de mano como en las secciones finas, producto del metamorfismo regional que afectó a las

calizas y dolomías preexistentes en el Cretácico Temprano y en algunos casos también se metamorfizaron rocas pelíticas ricas en carbonato tipo *mudrocks*, por lo que aún son visibles vestigios de arcillas e incluso contenido de grafito en varias de las muestras analizadas, producto de la Tectónica de la Placa Caribe que afectó a todas las unidades sedimentarias previamente depositadas durante este tiempo geológico en esta área de Paria.

La Tabla 12 muestra el tipo de roca promedio encontrado en cada uno de los transeptos, obtenido a partir de las tablas 3 - 11. En relación a la pureza de la roca respecto al contenido total de minerales carbonáticos (calcita + dolomita), los resultados sugieren que los mármoles de los transeptos 5 y 14, son los más puros en virtud de presentar un contenido mayor a 95% entre estos dos minerales combinados.

Caracterización por difracción de rayos X (DRX) y microscopio electrónico de barrido (MEB)

DRX

En promedio las muestras de los distintos transeptos tienen la siguiente mineralogía:

Transecto 1 (Tabla 13) están constituidas por calcita (77%), dolomita (16%), cuarzo (3%), minerales de arcilla (3%), además de feldespato de sodio (1%).

Transecto 2 (Tabla 14): calcita (73%), dolomita (19%), cuarzo (3%), minerales de arcilla (4%).

Transecto 3 (Tabla 15): calcita (88%), dolomita (6%), cuarzo (1%), minerales de arcilla (4%), además de feldespato de sodio (1%).

Transecto 4 (Tabla 16): calcita (92%), dolomita (1%), cuarzo (2%), minerales de arcilla (6%).

Transecto 5 (Tabla 17): calcita (95%), dolomita (2%), cuarzo (1%), minerales de arcilla (2%).

Transecto 6 (Tabla 18): calcita (57%), dolomita (24%), cuarzo (11%), minerales de arcilla (5%), feldespato de sodio (2%), además de siderita (1%).

Transecto 7 (Tabla 19): calcita (90%), dolomita (4%), cuarzo (3%), minerales de arcilla (3%).

Transecto 8 (Tabla 20): calcita (92%), dolomita (1%), cuarzo (4%), minerales de arcilla (3%).

Transecto 9 (Tabla 21): calcita (92%), dolomita (3%), cuarzo (2%), minerales de arcilla (2%).

Transecto 10 (Tabla 22): calcita (95%), cuarzo (1%), minerales de arcilla (3%).

Transecto 14 (Tabla 23): calcita (58%), dolomita (38%), cuarzo (2%), minerales de arcilla (3%).

Transecto 14-1 (Tabla 24): calcita (96%), cuarzo (1%), minerales de arcilla (3%).

En base al análisis petrográfico realizado en las muestras 15SUT2-001 y 15SUT2-002 se decidió realizar un estudio más detallado con las técnicas de MEB-EDX y DRX con la sonda de análisis elemental a los minerales de arcilla que se encuentran rellenando las fracturas existentes en las muestras de mano de dichas rocas para constatar su identificación versus la petrografía. Fue tomada bajo la lupa una porción de muestra puntualmente en dicha fractura en la muestra 15SUT2-001, la cual corresponde con una estilolita observada en la petrografía de la misma. Se empleó un porta muestras *zero-background* debido a la escasa cantidad recolectada.

Los minerales identificados por DRX en el difractograma del mármol (Figura 12) fueron dolomita (63%), muscovita (16%), calcita (9%), cuarzo (9%), goethita (2%) y siderita (1%).

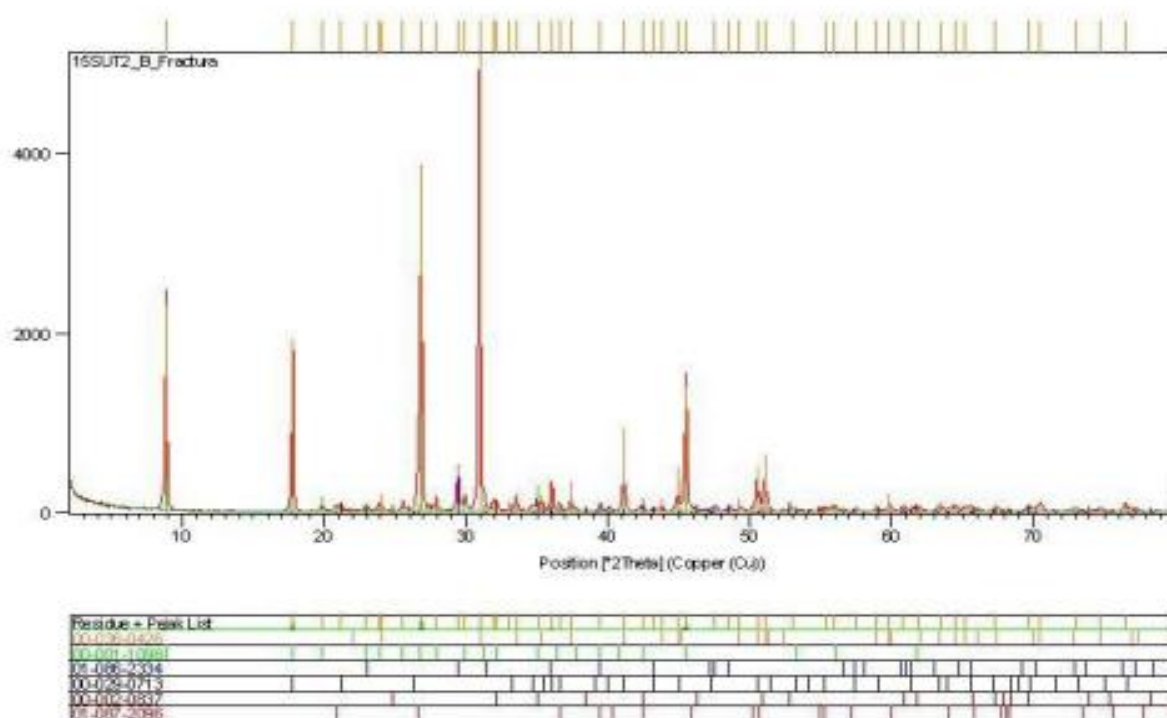


Figura 12. Difractograma de la muestra 15SUT2-001 en la cual pudieron ser identificados las siguientes especies minerales: dolomita, calcita, cuarzo, muscovita, siderita, goethita.

De las especies minerales identificadas en la fracción recuperada en la fractura de la muestra 15SUT2-001, la que realmente corresponde con un mineral de arcilla o filosilicato tenemos a la muscovita con un 16%, ya que el resto de los minerales caracterizados corresponden mayormente con minerales carbonáticos tales como la dolomita (63%) y la calcita (9%), cuarzo (9%) o a minerales secundarios de hierro tales como la goethita (2%) y siderita (1%).

MEB

La muestra recuperada en la fractura fue analizada puntualmente por MEB-EDX (Figura 13), obteniéndose una composición química coincidente con muscovita (Tabla 25), corroborando la información petrográfica.

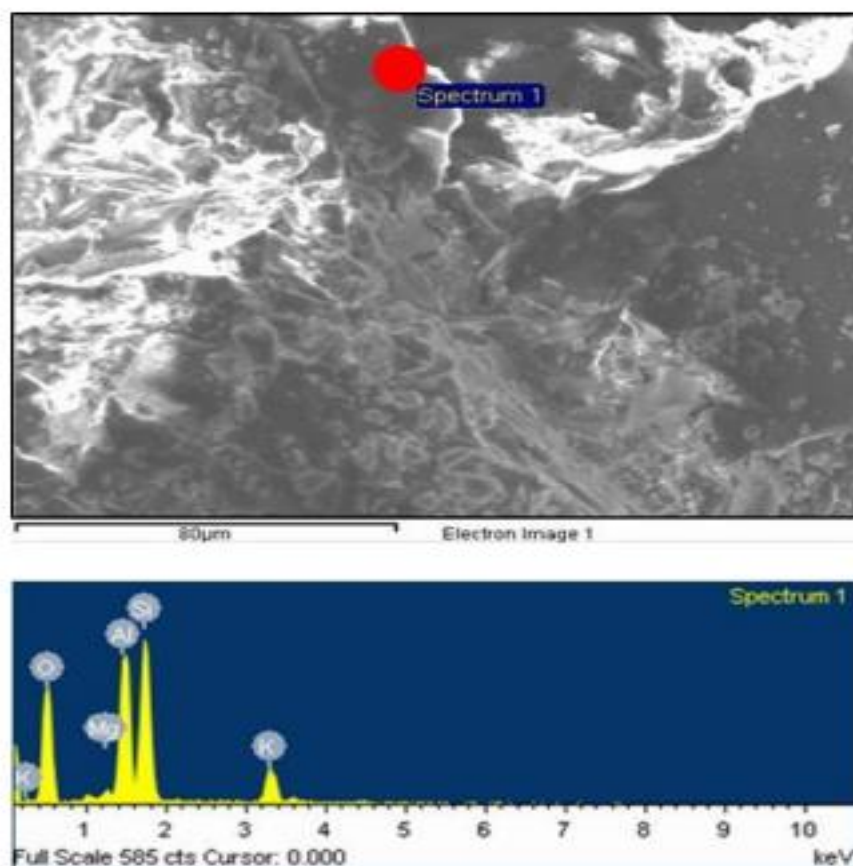


Figura 13. Imagen del punto en la muestra 15SUT2-001 para análisis elemental por EDX y su espectro de captura químico elemental.

De igual forma se procedió a analizar por MEB-EDX una segunda muestra correspondiente a la 15SUT2-002 (Figura 14), ubicada en una fractura donde se visualizan hojas o láminas de la muscovita de forma paralelas y alineadas de acuerdo a la micrografía obtenida. En un punto de esa muestra se obtuvo un espectro químico (Figura 15), arrojando como resultados la composición química elemental de la muscovita, tal y como se refleja en la Tabla 26, correspondiente a un filosilicato contentivo de potasio, aluminio y sílice.

ANÁLISIS QUÍMICO

La Tabla 27 muestra los resultados de ICP-OES. El análisis estadístico descriptivo del contenido de CaCO_3 equiv. y de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ equiv. (Tabla 27) indica que el primero abarca un rango de valores entre $<1\%$ m/m y $99,8\%$ m/m con un promedio de 79% m/m y una mediana de 89% m/m; mientras que, el segundo abarca un rango de valores entre $0,11\%$ m/m y $98,5\%$ m/m con un promedio de $14,1\%$ m/m y una mediana de $3,9\%$ m/m.

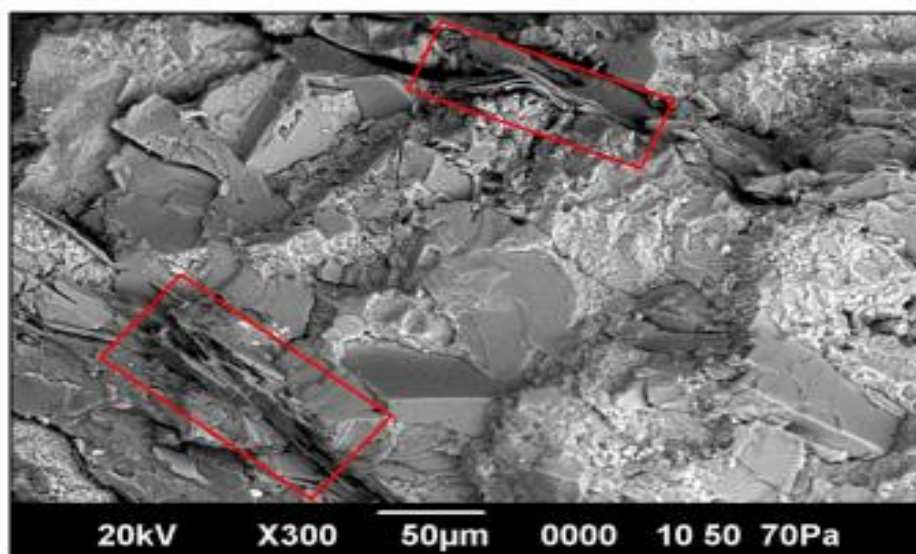


Figura 14. Imagen por MEB de la muestra 15SUT2-002 para análisis elemental por EDX donde se aprecian las hojas de los filosilicatos de forma paralela y alineada en los dos cuadros rojos. En el cuadro rojo superior se realizó el análisis químico mostrado en la Figura 15.

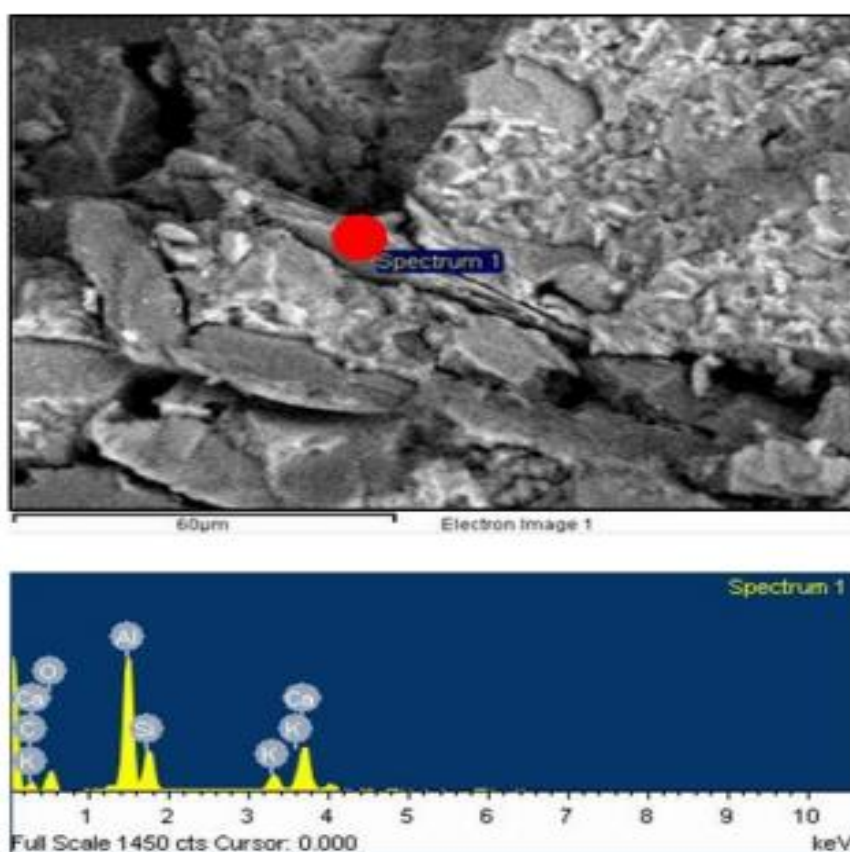


Figura 15. Imagen del punto en la muestra 15SUT2-002 para el análisis elemental por EDX y su espectro de captura químico elemental.

La Figura 16 presenta una distribución unimodal con fuerte sesgo a valores altos y la moda en 100% m/m. Además, presenta dos poblaciones, una de baja frecuencia en el rango de valores entre 10% m/m y 60% m/m y otra de alta frecuencia en el rango de valores entre 70% m/m y 100% m/m.

Considerando que en el área de estudio se definieron cinco bloques estructurales, la Tabla 28 presenta la estadística descriptiva detallada del contenido de CaCO_3 equiv. correspondiente a las muestras ubicadas en cada uno de ellos. En los bloques I, II y IV existe un amplio rango de valores, mientras que en los bloques III y V existe un estrecho rango de valores, es decir, presenta relativamente una menor dispersión o variabilidad. En todos los bloques los valores promedio y de mediana en general son mayores a 80% m/m, a excepción del Bloque IV que son alrededor de 50% m/m. La Figura 17 presenta la distribución del contenido de CaCO_3 equiv. en los bloques estructurales definidos

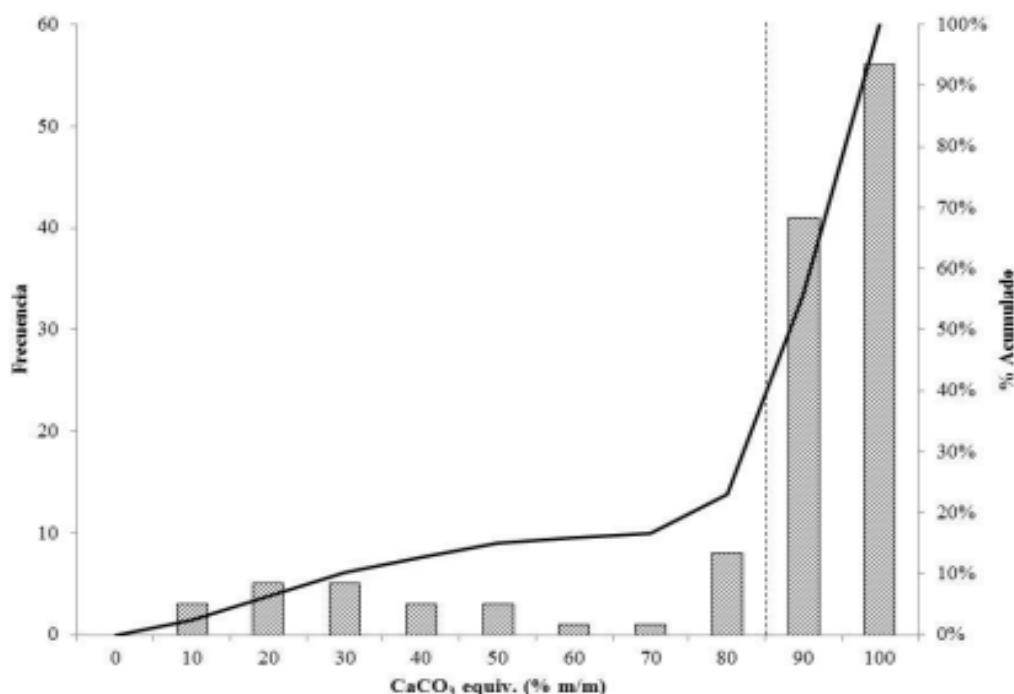


Figura 16. Histogramas de frecuencia del contenido de CaCO_3 equiv. en el Mármol de Patao. Línea segmentada indica valor de 85% m/m.

En general, el contenido de CaCO_3 equiv. presenta una distribución unimodal con fuerte sesgo a valores altos y la moda en 100% m/m para los bloques I, III y V y en 90% m/m para el Bloque II, a excepción del Bloque IV con sesgo a valores bajos y la moda en 30% m/m. Además, presentan dos poblaciones en los bloques I, II y IV, una de baja frecuencia en el rango de valores entre aprox. 10% m/m y 60% m/m y otra de alta frecuencia en el rango de valores entre aprox. 70% m/m y 100% m/m; mientras que, una población en los bloques III y V de alta frecuencia en el rango de valores entre aprox. 90% m/m y 100% m/m.

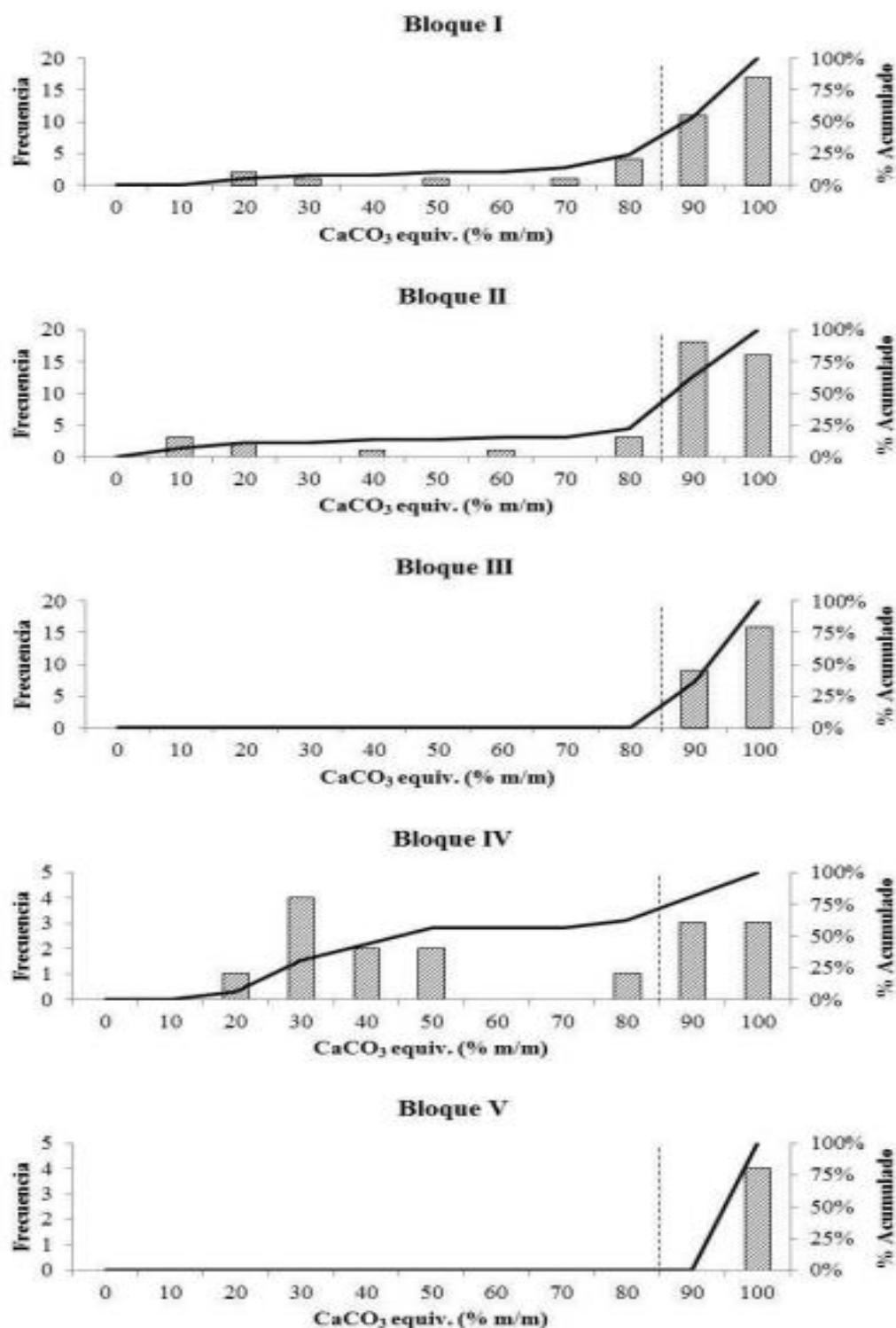


Figura 17. Histogramas de frecuencia del contenido de CaCO_3 equiv. en los bloques estructurales del Mármol de Patao (Figura 4). Línea segmentada indica valor de 85% m/m.

CONCLUSIONES

En base al estudio de cartografía geológica efectuado, el aspecto más resaltante es la definición de cinco bloques estructurales (Fig. 4) denominados Bloque I, II, III, IV y V, delimitados entre ellos de este a oeste por seis fallas geológicas descritas como: río Ocurito, Puerto Hierro, Jamaica, Cumaca, Cumaquita y Río Grande respectivamente, todas con movimiento dextral con la excepción de la falla de Jamaica cuyo movimiento es sinistral. Estas fallas de orientación noroeste-sureste son las responsables de los saltos reconocidos en el Mármol de Patao y unidades adyacentes.

. Las rocas foliadas observadas en campo presentan pliegues a escala mesoscópica, en ciertos casos se aprecian bandas claras y oscuras típicas, en algunos transeptos los mármoles claramente se interdigitan con esquistos cuarzo micáceos.

Los tipos litológicos predominantes determinados por la petrografía corresponden con mármoles calcíticos (59%), mármoles calcíticos impuros (12%), mármoles dolomíticos-calcíticos (12%), mármoles calcíticos-dolomíticos impuros (7%), mármoles calcíticos-dolomíticos (6%), mármoles dolomíticos-calcíticos impuros (2%) y esquistos calcíticos muscovíticos (2%). El 77% de las rocas están catalogadas como mármoles puros, 21% como mármoles impuros y 2% como rocas silicato-carbonáticas.

La textura observada en las muestras es fundamentalmente equigranular a inequigranular, generalmente con formas subidiomorfas (subeuhedrales), con estructuras masivas y bandeadas, es decir, con cristales poco orientados y otros con mayor alineación siguiendo la foliación de la roca producto del metamorfismo presente en el área.

Las asociaciones minerales indican que pertenecen a la facies de metamorfismo de esquistos verde (zona de la clorita). En las muestras analizadas aún se preservan vestigios de los protolitos originales, tales como restos de conchas, fragmentos y granos carbonáticos dolomitizados e incluso arcillas. Debido al metamorfismo de bajo grado experimentado por las calizas, dolomías y rocas pelíticas preexistentes en el Cretácico Temprano. De igual forma es destacable a escala microscópica la deformación existente en estas rocas, lo cual se manifiesta a través del cizallamiento de cristales, vetas falladas, plegamientos de cristales y bandas minerales entre otros, que también fueron visualizados en las observaciones macroscópicas efectuadas en campo como producto de la Tectónica de la Placa Caribe que afectó a todas las unidades sedimentarias depositadas en el área de Paria.

En la unidad Mármol de Patao, la calcita es el mineral predominante (mayor a 85% m/m), destacando en los transeptos ubicados en los bloques estructurales III y V. Por lo tanto, es prospectivo para la extracción de calcita para ser utilizado en el proceso de desulfuración de gases de combustión (DeSOx).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a INTEVEP por dar permiso para divulgar el artículo y a dos árbitros por sus comentarios, que permitieron mejorar significativamente la calidad del manuscrito.

REFERENCIAS

- BLATT H. and R. TRACY. 1996. *Petrology. Igneous, Sedimentary and Metamorphic*. 2nd Edition. Freeman. 529 pp
- CÁCERES, H. y S. VILLARROEL. 2019. *Geología del área Carripano - Boca Dragón, estado Sucre: Comparación geológica entre las unidades Esquistos de Carripano y Esquisto de Las Mercedes*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado. 149 pp.
- CAMPOSANO L., ZAMORA J., GARCÍA J. A., ALVIAREZ R., ORTEGA L. y J. BRITO. 2015. Notas geológicas sobre el Mármol de Patao, Península de Paria. *Rev. Venez. Cienc. Tierra*, 47: 182-184. <http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_geos/article/view/10161>
- CARR D. D., ROONEY L. F. and R. C. FREAS. 1994. Limestone and dolostone. In: CARR D. D. (Ed.), *Industrial minerals and rocks*, 6th Edition. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 605-629.
- CHRISTENSEN R. M. 1961. *Geology of the Paria-Araya Peninsula, Northeastern Venezuela*. Nebraska: University of Nebraska-Lincoln. Dissertation. 158 pp. <<https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI6200012/>>
- CIEN - COMITÉ INTERFILIAL DE NOMENCLATURA Y ESTRATIGRAFÍA. 1998. *Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de Venezuela*. <www.intevp.pdv.com/~ibc03/lexico.htm>
- DCN - DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1976. *Atlas de Venezuela. Carta Topográfica 7748-II-SE, Escala 1:25.000, Proyección Mercator Transversal, Huso 20, Dato Horizontal: La Caura*.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., MUÑOZ H. G. y M. VIGNALI. 1965. Reconocimiento Geológico de la Parte Oriental de Paria. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petróleo, Bol. Inform.*, 8(9): 255-279.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., MUÑOZ H. G. y M. VIGNALI. 1969. *Mapa geológico de la Península de Paria*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Metalurgia. Departamento de Geología. Hoja N° 2. <<http://saber.ucv.ve/handle/123456789/11087>>
- HACKLEY P., URBANI F., KARLSEN A. and C. GARRITY. 2006. *Mapa geológico de Venezuela a escala 1:750,000*. USGS. Open-File Report 2006-1109. <<https://doi.org/10.3133/ofr20061109>>
- MYERS R. L. 2007. *The 100 Most Important Chemical Compounds. A Reference Guide*. Greenwood Press. 326 pp.
- NEUMAN A. y C. GONZÁLEZ DE JUANA. 1966. Depósitos de yeso en la Península de Paria, Estado Sucre, Venezuela. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petróleo, Bol. Inform.*, 9(5): 125-136.
- OATES J. A. H. 1998. *Lime and limestone. Chemistry and technology, production and uses*. Wiley-VCH Verlag. 455 pp.
- PETRÁSH D. y C. REVANALES. 2006. Integración Geológica de la Península de Paria, Venezuela. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado. 318 pp.. <<http://saber.ucv.ve/handle/123456789/14718>>
- ROSEN O., DESMONS J. and D. FETTES. 2007. Metacarbonate and related rocks. In: FETTES D. and J. DESMONS (Ed.) *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks (SCMR) / Cambridge University Press. 46-50.
- URBANI F. 2008. Revisión de la nomenclatura de las unidades de roca ígneas y metamórficas del Norte de Venezuela. *Boletín, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, Caracas, 68 (3): 27-43.
- URBANI F. 2018. Una revisión de los terrenos geológicos del Sistema Montañoso del Caribe, norte de Venezuela. *Boletín de Geología*, Caracas, 13(36): 118-216.
- VAN HOUTE G., RODRIQUE L., GENET M., and B. DELMON. 1981. Kinetics of the reaction of calcium sulfate and calcium carbonate with sulfur dioxide and oxygen in the presence of calcium chloride. *Environ. Sci. Technol.*, 15(3): 327-332. <<https://doi.org/10.1021/es00085a009>>

TABLAS CON RESULTADOS ANALÍTICOS

Tabla 2. Descripción de los afloramientos.

Transecto	Espesor	Azimut y buzamiento
1	En general, entre 15 a 20 m de espesor. Sin embargo, se encontró un afloramiento de 40 m de espesor.	195/64, 205/74
2	La mayoría entre 30 a 100 m	230/24, 205/44
3	Estimado de 24 m de espesor.	Buzamientos variables entre 40° y 50°
4	—	Altos buzamientos entre 70° y 90°
5	50 m de espesor	215/70, 185/48.
6	En general, entre 10 a 12 m de espesor. Sin embargo, se encontró un afloramiento de 50 m de espesor.	—
7	200 m de espesor	—
8	Entre 20 a 50 m de espesor.	159/38
9	Entre 10 a 20 m de espesor.	237/82, 56/46
10	Estimado de 109 m de espesor.	Buzamientos variables entre 50° y 90°
14	Entre 10 a 40 m de espesor.	205/38, 175/40, 225/25, 230/40, 192/42
14-1	Entre 5 a 15 m de espesor.	210/68

Tabla 3. Resultados de petrografía de las muestras del Transecto 1.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcaíta	Dolomita	Cuarzo	Pigoclasa	Gráfico	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Corita	Magnetita/Goethita	Minales sin identificar	
15SUT1-001	93	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol impuro (cal.)
15SUT1-002	95	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT1-003	91	0	5	0	0	1	1	1	0	1	0	Mármol impuro (cal.)
15SUT1-004	87	0	5	1	0	1	1	3	0	2	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT1-005	80	0	10	0	0	1	1	3	0	4	1	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT1-006	95	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT1-007	96	0	2	1	0	0	0	0	2	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT1-008	96	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	Mármol puro (cal.)
15SUT1-009	39	59	0	0	0	0	0	1	1	1	0	Mármol puro (dol-cal.)
15SUT1-010	17	80	2	0	0	1	0	0	0	1	0	Mármol puro (dol-cal.)
Promedio	79	14	4	0	0	0	0	1	0	1	0	

Nota: En esta tabla y las siguientes la litología determinada de acuerdo con las clasificaciones de ROSEN *et al.* (2.007) y CARR *et al.* (1994).

Abreviaturas: Cal.: calcítico. Dol.: dolomítico

Tabla 4. Resultados de petrografía de las muestras del Tronquito 2

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Carzo	Plagioclasa	Grafito	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT2-001	25	47	6	0	0	1	1	8	0	12	0	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT2-002	85	8	3	0	0	1	0	0	0	3	0	Mármol impuro (cal.-dol.)
15SUT2-003	85	0	8	0	0	1	0	2	0	4	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT2-004	94	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	Mármol impuro (cal.)
15SUT2-005	20	66	12	0	0	0	0	1	0	1	0	Mármol impuro (dol.-cal. impuro)
15SUT2-006	65	18	2	0	0	1	1	3	0	10	0	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT2-007	95	0	2	0	0	0	1	1	0	2	0	Mármol puro (cal.)
15SUT2-008	99	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT2-009	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (cal.)
Promedio	74	15	4	0	0	0	0	2	0	4	1	

Tabla 5. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 5.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Plagioclasa	Gráfico	Actinolita	Ferrolita	Muscovita	Clorita	Magacita/Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT5-001	98	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT5-002	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal.)
15SUT5-003	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT5-004	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT5-005	98	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT5-006	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT5-007	99	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT5-008	85	4	1	0	0	0	0	5	0	3	2	Mármol impuro (cal.-dolomítico)
15SUT5-009	97	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT5-010	97	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal.)
Promedio	97	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	

Tabla 6. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 6.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Plagioclasa	Gráfico	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT6-001	96	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal.)
15SUT6-002	96	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	Mármol puro (cal.)
15SUT6-003	95	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	Mármol puro (cal.)
15SUT6-004	90	0	7	1	0	0	0	0	0	2	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT6-005	94	0	2	1	0	2	0	0	0	1	0	Mármol impuro (cal.)
15SUT6-006	97	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	Mármol puro (cal.)
15SUT6-007	11	80	3	0	3	0	0	0	2	1	0	Mármol impuro (dol.-cal.)
15SUT6-009	7	88	1	0	1	0	0	0	0	1	2	Mármol impuro (dol.-cal.)
15SUT6-010	20	64	10	1	1	0	0	1	1	1	1	Mármol impuro (dol.-cal. impuro)
15SUT6-011	52	0	35	5	0	0	0	7	0	1	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT6-012	40	0	35	12	0	0	0	12	0	1	0	Esquisto cal. muscovítico
15SUT6-013	23	0	50	5	0	0	0	20	0	2	0	Esquisto cal. muscovítico
15SUT6-014	87	7	3	0	0	0	0	0	0	1	2	Mármol impuro (cal.-dol.)
Promedio	62	18	12	2	0	0	0	3	0	1	1	

Tabla 7. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 7.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Plagioclasa	Grafito	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT7-001	94	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-002	87	5	3	0	1	0	0	0	0	1	2	Mármol impuro (cal.-dol.)
15SUT7-004	90	3	4	0	1	0	0	0	0	0	2	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-005	90	5	3	0	0	2	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal.)
15SUT7-006	90	0	5	0	0	1	0	1	0	0	4	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-007	92	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT7-008	90	3	3	0	0	0	0	0	0	1	3	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-009	90	4	3	0	0	1	0	0	0	0	3	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-010	90	4	3	0	0	1	0	0	0	2	2	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-011	80	14	2	0	0	1	1	1	0	0	4	Mármol impuro (cal.-dol.)
15SUT7-012	82	5	3	0	5	1	0	0	0	1	5	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT7-013	92	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5	Mármol impuro (cal.)
15SUT7-014	85	3	4	0	3	1	0	0	0	0	5	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT7-015	87	3	3	0	0	0	0	0	0	1	7	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT7-016	93	4	2	0	0	0	1	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT7-017	70	5	15	0	4	0	0	0	0	1	6	Mármol impuro (cal.-dol. impuro)
15SUT7-018	96	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
Promedio	88	4	4	0	1	0	0	0	0	0	3	

Tabla 8. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 8.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcaíta	Dolomita	Carroz	Plagioclasa	Gráfico	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT8-001	92	1	5	0	0	1	0	0	0	0	2	Mármol impuro (cal.)
15SUT8-002	96	0	2	0	0	1	0	0	0	1	1	Mármol puro (cal.)
15SUT8-003	83	3	12	0	0	1	1	2	0	0	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT8-004	96	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	Mármol puro (cal.)
15SUT8-005	88	0	10	0	0	1	0	1	0	1	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT8-006	97	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT8-007	97	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT8-008	87	0	10	0	0	0	0	2	0	1	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT8-009	87	0	10	0	0	0	0	2	0	1	0	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT8-010	93	2	3	0	0	0	0	1	0	1	0	Mármol puro (cal.)
15SUT8-011	95	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	Mármol puro (cal.)
15SUT8-012	77	0	20	0	0	0	0	2	0	1	0	Mármol impuro (cal. impuro)
Promedio	91	1	6	0	0	0	0	1	0	1	1	

Tabla 9. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 9.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Carbono	Plagioclasa	Granito	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Miércoles sin identificar	
15SUT9-001	83	2	12	0	0	0	0	0	0	1	2	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT9-002	96	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	Mármol puro (cal.)
15SUT9-003	93	0	3	0	0	0	0	0	0	1	3	Mármol impuro (cal.)
15SUT9-004	90	4	2	1	0	0	0	0	0	1	2	Mármol impuro (cal.)
15SUT9-005	92	1	2	1	0	0	0	2	0	1	1	Mármol impuro (cal.)
15SUT9-006	95	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	Mármol puro (cal.)
15SUT9-007	93	1	1	0	0	0	0	2	0	1	2	Mármol impuro (cal.)
15SUT9-008	92	4	1	1	0	0	0	0	0	1	1	Mármol puro (cal.)
15SUT9-009	83	12	2	0	0	0	0	0	0	1	2	Mármol puro (cal.-dol.)
15SUT9-010	95	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	Mármol puro (cal.)
15SUT9-011	94	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal.)
Promedio	91	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	

Tabla 10. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 14.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Canzo	Plagioclasa	Grafito	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/Goethita	Miñerkes sin identificar	
15SUT14-001	14	85	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-002	33	65	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-003	28	70	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-004	96	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	Mármol puro (cal)
15SUT14-005	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal)
15SUT14-006	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal)
15SUT14-007	98	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal)
15SUT14-008	88	7	3	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol impuro (cal-dol)
15SUT14-009	25	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-010	92	4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (cal)
15SUT14-011	20	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-012	30	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-013	30	60	5	0	0	0	0	0	0	0	5	Mármol impuro (dol-cal)
15SUT14-014	20	75	2	0	0	0	0	0	0	0	3	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-015	28	70	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Mármol puro (dol-cal)
15SUT14-016	96	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	Mármol puro (cal)
Promedio	56	41	1	0	0	0	0	0	0	0	2	

Tabla 11. Resultados de petrografía de las muestras del Transepto 14-1.

Muestra	Mineralogía (%)											Litología
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Plagioclasa	Grafito	Actinolita	Tremolita	Muscovita	Clorita	Magnetita/ Goethita	Minerales sin identificar	
15SUT14-017	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Mármol impuro (cal. impuro)
15SUT14-018	96	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT14-019	96	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	Mármol puro (cal.)
15SUT14-020	96	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	Mármol puro (cal.)
Promedio	93	0	1	0	0	0	1	2	0	0	4	

Tabla 12. Clasificación de las rocas de la unidad Mármol de Patas

Transepto	Tipo de Roca
1	40% mármol puro (cal.), 20% mármol impuro (cal.), 20% mármol impuro (cal. impuro) y 20% mármol puro (dol.-cal.).
2	34% mármol puro (cal.), 22% mármol impuro (cal.-dol. impuro), 11% mármol impuro (cal.-dol.), 11% mármol impuro (cal. impuro), 11% mármol impuro (cal.) y 11% mármol impuro (dol.-cal. impuro).
5	89% mármol puro (cal.) y 11% mármol impuro (cal.-dol. impuro).
6	31% mármol puro (cal.), 15% mármol impuro (cal. impuro), 15% mármol impuro (dol.-cal.), 15% esquisto cal. muscovítico, 8% mármol impuro (cal.), 8% mármol impuro (dol.-cal. impuro) y 8% mármol impuro (cal.-dol.).
7	41% mármol impuro (cal.), 24% mármol puro (cal.), 24% mármol impuro (cal.-dol. impuro) y 11% mármol impuro (cal.-dol.).
8	50% mármol puro (cal.), 42% mármol impuro (cal. impuro) y 8% mármol impuro (cal.).
9	46% mármol puro (cal.), 36% mármol impuro (cal.), 9% mármol impuro (cal. impuro) y 9% mármol puro (cal.-dol.).
14	50% mármol puro (dol.-cal.), 38% mármol puro (cal.), 6% mármol impuro (cal.-dol.) y 6% mármol impuro (dol.-cal.).
14-1	75% mármol puro (cal.) y 25% mármol impuro (cal. impuro).

Tabla 13. Resultados de DRX en roca total del Troncho 1.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Mín. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT1-001	84	4	10	2	0	0	0
15SUT1-002	92	5	1	2	0	0	0
15SUT1-003	91	2	3	4	1	0	0
15SUT1-004	87	1	2	6	3	0	0
15SUT1-005	74	16	5	4	1	0	0
15SUT1-006	96	1	0	2		0	0
15SUT1-007	91	4	2	3	1	0	0
15SUT1-008	97	1	0	1	0	0	0
15SUT1-009	46	51	0	2	0	0	0
15SUT1-010	13	76	4	6	1	0	0
Promedio	77	16	3	3	1	0	0

Tabla 14. Resultados de DRX en roca total del Troncho 2.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Mín. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT2-001	26	50	10	10	2	0	2
15SUT2-002	75	19	3	3	0	0	0
15SUT2-003	88	3	5	3	0	0	0
15SUT2-004	98	0	0	2	0	0	0
15SUT2-005	12	77	7	4	1	0	0
15SUT2-006	76	19	1	4	1	0	0
15SUT2-007	96	0	2	2	0	0	0
15SUT2-008	90	7	0	2	0	0	0
15SUT2-009	98	0	0	2	0	0	0
Promedio	73	19	3	4	0	0	0

Tabla 15. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 3.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
14SUPAT-004	85	6	2	6	1	0	0
14SUPAT-005	84	4	3	4	3	0	2
14SUPAT-006	96	1	0	3	0	0	0
14SUPAT-007	95	2	0	3	0	0	0
14SUPAT-008	89	8	0	3	0	0	0
14SUPAT-009	80	14	2	3	0	1	0
Promedio	88	6	1	4	1	0	0

Tabla 16. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 4.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
14SUMIN-001	92	2	1	5	0	0	0
14SUMIN-002	91	0	3	6	0	0	0
Promedio	92	1	2	6	0	0	0

Tabla 17. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 5.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT5-001	97	0	0	2	0	0	0
15SUT5-002	96	0	2	2	0	0	0
15SUT5-003	93	4	1	3	0	0	0
15SUT5-004	97	0	1	2	0	0	0
15SUT5-006	93	4	1	3	0	0	0
15SUT5-007	97	0	2	2	0	0	0
15SUT5-008	87	9	1	3	0	0	0
15SUT5-009	97	0	1	2	0	0	0
15SUT5-010	98	0	1	2	0	0	0
Promedio	95	2	1	2	0	0	0

Tabla 18. Resultados de DRX en roca total del Transepto 6.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT6-001	97	1	1	2	0	0	0
15SUT6-002	96	0	1	2	0	0	0
15SUT6-003	96	0	1	2	0	0	0
15SUT6-004	91	0	4	3	1	0	0
15SUT6-005	95	0	1	3	1	0	0
15SUT6-006	98	0	1	2	0	0	0
15SUT6-007	1	86	5	5	1	0	1
15SUT6-008	7	87	1	4	1	0	0
15SUT6-009	3	91	1	4	1	0	1
15SUT6-010	19	60	16	5	1	0	0
15SUT6-011	56	0	27	10	6	0	1
15SUT6-012	42	0	30	11	16	0	1
15SUT6-013	20	0	56	18	3	0	2
15SUT6-014	82	8	5	3	0	0	1
Promedio	57	24	11	5	2	1	0

Tabla 19. Resultados de DRX en roca total del Transepto 7.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Mín. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT7-001	97	0	1	1	0	0	0
15SUT7-002	86	5	3	4	0	0	1
15SUT7-003	96	1	1	2	0	0	0
15SUT7-004	90	3	1	4	0	0	0
15SUT7-005	90	5	2	3	0	0	0
15SUT7-006	93	0	4	2	0	0	0
15SUT7-007	90	5	1	2	0	0	1
15SUT7-008	88	3	2	4	1	0	1
15SUT7-009	89	5	2	3	0	0	0
15SUT7-010	88	7	2	3	0	0	0
15SUT7-011	79	17	2	2	0	0	0
15SUT7-012	93	3	1	2	0	0	1
15SUT7-013	92	2	4	2	0	0	0
15SUT7-014	86	9	2	3	0	0	0
15SUT7-015	95	1	1	2	0	0	0
15SUT7-016	85	0	12	3	0	0	0
15SUT7-017	81	13	4	3	0	0	0
15SUT7-018	98	0	1	2	0	0	0
Promedio	90	4	3	3	0	0	0

Tabla 20. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 8.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT8-001	89	1	5	3	1	0	0
15SUT8-002	96	0	2	3	0	0	0
15SUT8-003	82	4	9	4	1	0	0
15SUT8-004	95	2	1	2	0	0	0
15SUT8-005	86	0	8	4	1	0	0
15SUT8-006	96	2	1	2	0	0	0
15SUT8-007	97	1	1	2	0	0	0
15SUT8-008	96	0	2	3	0	0	0
15SUT8-009	83	1	11	5	0	0	0
15SUT8-010	91	3	3	3	0	0	0
15SUT8-011	94	0	3	3	0	0	0
15SUT8-012	96	0	2	2	0	0	0
Promedio	92	1	4	3	0	0	0

Tabla 21. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 9.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT9-001	81	2	15	2	0	0	0
15SUT9-002	97	0	1	2	0	0	0
15SUT9-003	96	0	1	2	0	0	0
15SUT9-004	92	6	0	2	0	0	0
15SUT9-005	95	1	1	2	0	0	0
15SUT9-006	94	3	0	2	0	0	0
15SUT9-007	96	1	1	2	0	0	0
15SUT9-008	94	3	1	2	0	0	0
15SUT9-009	85	13	1	2	0	0	0
15SUT9-010	92	2	4	3	0	0	0
15SUT9-011	95	3	0	2	0	0	0
Promedio	92	3	2	2	0	0	0

Tabla 22. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 10.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Min. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
14SUCUM-001	92	0	5	3	0	0	0
14SUCUM-002	97	0	0	3	0	0	0
14SUCUM-003	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-004	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-005	96	0	0	4	0	0	0
14SUCUM-006	89	0	4	5	0	0	2
14SUCUM-007	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-008	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-009	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-010	94	0	1	5	0	0	0
14SUCUM-011	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-012	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-013	96	0	1	3	0	0	0
14SUCUM-014	96	0	1	3	0	0	0
Promedio	95	0	1	3	0	0	0

Tabla 23. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 14.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calceita	Dolomita	Cuarzo	Mfn. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT14-001	12	81	4	3	0	0	0
15SUT14-002	41	55	0	3	0	0	0
15SUT14-003	35	62	0	3	0	0	0
15SUT14-004	97	0	0	2	0	0	0
15SUT14-005	98	0	0	2	0	0	0
15SUT14-006	97	0	1	3	0	0	0
15SUT14-007	97	0	1	2	0	0	0
15SUT14-008	83	11	4	3	0	0	0
15SUT14-009	45	45	5	5	1	0	0
15SUT14-010	90	5	2	2	0	0	0
15SUT14-011	24	73	1	2	1	0	0
15SUT14-012	36	60	1	3	0	0	0
15SUT14-013	25	65	3	6	1	0	0
15SUT14-014	22	74	1	3	0	0	0
15SUT14-015	26	72	0	2	0	0	0
15SUT14-016	97	0	1	2	0	0	0
Promedio	58	38	2	3	0	0	0

Tabla 24. Resultados de DRX en roca total del Tronsecto 14-1.

Muestra	Mineralogía (%m/m)						
	Calceita	Dolomita	Cuarzo	Mfn. Arcilla	Feld. Na	Siderita	Pirita
15SUT14-017	96	0	0	3	0	0	0
15SUT14-018	97	0	0	2	0	0	0
15SUT14-019	95	0	1	4	1	0	0
15SUT14-020	96	0	1	3	0	0	0
Promedio	96	0	1	3	0	0	0

Tabla 25. Elementos químicos presentes en la muestra 15SUT2-001 que se interpreta como muscovita.

Elemento	% Peso	% Atómico
O K ^a	54	68
Mg K ^a	1	1
Al K ^a	17	13
Si K ^a	22	16
K K ^a	6	3

Tabla 26. Elementos químicos presentes en la muestra 15SUT2-002 que se interpreta como muscovita.

Elemento/línea	% Peso	% Atómico
O K ^a	28	31
Ca K ^a	11	5
Al K ^a	19	12
Si K ^a	8	5
K K ^a	3	2

Tabla 27. Resultados de análisis químico por ICP-OES.

Tran-septo	Muestra	CaO (% m/m)	MgO (% m/m)	CaCO ₃ equiv. (% m/m)	CaMg(CO ₃) ₂ equiv. (% m/m)
1	15SUT1-001	52,2	1,7	89,0	7,6
1	15SUT1-002	49,1	2,1	82,3	9,8
1	15SUT1-003	46,9	1,0	81,2	4,6
1	15SUT1-004	47,4	0,4	83,7	1,7
1	15SUT1-005	40,6	4,2	74 ^a	19,3
1	15SUT1-006	52,1	1,4	89,5	6,3
1	15SUT1-007	49,1	1,9	83,0	8,6
1	15SUT1-008	49,7	0,7	86,8	3,4
1	15SUT1-009	41,6	13,7	40,2	62,6
1	15SUT1-010	31,6	18,3	13 ^a	83,5
2	15SUT2-001	44,8	17,4	26 ^a	79,7
2	15SUT2-002	29,5	3,2	75 ^a	14,5
2	15SUT2-003	83,4	1,3	88 ^a	5,9
2	15SUT2-004	44,2	0,5	98 ^a	2,4
2	15SUT2-005	30,8	15,0	12 ^a	68,7
2	15SUT2-006	48,1	7,1	68,3	32,4
2	15SUT2-007	45,1	0,1	96 ^a	0,5
2	15SUT2-008	40,6	1,7	90 ^a	7,8
2	15SUT2-009	11,8	0,5	98 ^a	2,4
3	14SUPAT-004	53,9	0,2	95,8	0,7
3	14SUPAT-005	45,5	2,3	75,4	10,6
3	14SUPAT-006	56,2	0,2	99,8	1,1
3	14SUPAT-007	53,2	1,0	92,4	4,5
3	14SUPAT-008	50,5	0,9	88,0	3,9
3	14SUPAT-009	45,2	2,7	74,1	12,1
4	14SUMIN-001	49,3	0,7	86,1	3,3
4	14SUMIN-002	49,1	0,4	86,6	2,0
5	15SUT5-001	53,0	0,2	94,1	1,0
5	15SUT5-002	52,9	0,1	94,1	0,5
5	15SUT5-003	53,0	1,6	90,7	7,3

ESTUDIO GEOLÓGICO DEL MÁRMOL DE PATAO, PENÍNSULA DE PARIÁ, ESTADO SUCRE

Transecto	Muestra	CaO (% m/m)	MgO (% m/m)	CaCO ₃ equiv. (% m/m)	CaMg(CO ₃) ₂ equiv. (% m/m)
5	15SUT5-004	54,8	0,4	97,0	1,7
5	15SUT5-005	54,3	0,6	95,5	2,6
5	15SUT5-006	53,7	1,4	92,4	6,4
5	15SUT5-007	55,1	0,2	97,9	0,9
5	15SUT5-008	53,3	2,0	90,2	9,0
5	15SUT5-009	53,4	0,3	94,8	1,2
5	15SUT5-010	55,4	0,7	97,1	3,4
6	15SUT6-001	52,5	0,6	92,3	2,6
6	15SUT6-002	52,8	0,3	93,5	1,2
6	15SUT6-003	52,8	0,3	93,4	1,3
6	15SUT6-004	47,2	0,1	84,0	0,4
6	15SUT6-005	53,2	0,2	94,4	0,9
6	15SUT6-006	54,8	0,2	97,3	1,1
6	15SUT6-007	25,9	19,0	<1 ^a	86,8
6	15SUT6-008	30,5	20,2	7 ^a	92,4
6	15SUT6-009	30,5	21,5	3 ^a	98,5
6	15SUT6-010	25,7	14,5	19 ^a	66,4
6	15SUT6-011	25,0	0,1	56 ^a	0,3
6	15SUT6-012	21,5	0,0	38,4	0,1
6	15SUT6-013	9,9	0,0	17,6	0,2
6	15SUT6-014	44,9	3,1	72,4	14,4
7	15SUT7-001	54,1	0,5	95,3	2,4
7	15SUT7-002	47,7	1,3	81,9	6,0
7	15SUT7-003	53,7	0,6	94,3	2,9
7	15SUT7-004	50,8	1,3	87,5	5,9
7	15SUT7-005	50,2	1,0	87,3	4,4
7	15SUT7-006	51,8	0,4	91,3	2,0
7	15SUT7-007	52,5	1,6	89,6	7,5
7	15SUT7-008	50,5	1,8	85,7	8,3
7	15SUT7-009	50,7	1,9	85,7	8,6
7	15SUT7-010	52,6	2,4	87,9	11,0
7	15SUT7-011	48,1	5,9	71,1	27,2
7	15SUT7-012	51,6	1,7	88,0	7,7
7	15SUT7-013	51,4	0,9	89,4	4,1
7	15SUT7-014	50,8	2,4	84,6	11,1
7	15SUT7-015	51,6	0,8	90,2	3,6
7	15SUT7-016	55,1	0,2	97,9	1,0
7	15SUT7-017	47,9	3,2	77,4	14,8
7	15SUT7-018	55,3	0,3	97,9	1,4
8	15SUT8-001	46,2	0,2	81,8	1,1
8	15SUT8-002	82,3	0,5	96 ^a	2,3
8	15SUT8-003	38,2	1,7	82 ^a	7,6
8	15SUT8-004	44,2	1,5	95 ^a	7,1
8	15SUT8-005	41,8	0,1	86 ^a	0,6
8	15SUT8-006	51,2	1,1	88,7	5,0

Transecto	Muestra	CaO (% m/m)	MgO (% m/m)	CaCO ₃ equiv. (% m/m)	CaMg(CO ₃) ₂ equiv. (% m/m)
8	15SUT8-007	49,1	0,9	85,5	3,9
8	15SUT8-008	72,5	0,5	96 ^a	2,3
8	15SUT8-009	31,6	0,6	83 ^a	2,5
8	15SUT8-010	46,7	1,4	80,1	6,2
8	15SUT8-011	58,6	0,5	94 ^a	2,1
8	15SUT8-012	43,2	0,5	96 ^a	2,3
9	15SUT9-001	60,3	1,2	81 ^a	5,5
9	15SUT9-002	38,5	0,3	97 ^a	1,5
9	15SUT9-003	64,8	0,6	96 ^a	2,7
9	15SUT9-004	104,0	2,0	92 ^a	9,1
9	15SUT9-005	19,9	0,9	95 ^a	4,0
9	15SUT9-006	55,1	1,6	94,4	7,4
9	15SUT9-007	61,8	0,6	96 ^a	2,7
9	15SUT9-008	67,6	1,2	94 ^a	5,5
9	15SUT9-009	37,8	2,4	85 ^a	11,0
9	15SUT9-010	68,4	1,2	92 ^a	5,6
9	15SUT9-011	42,7	1,4	95 ^a	6,2
10	14SUCUM-001	50,7	0,3	89,5	1,6
10	14SUCUM-002	51,2	0,4	90,5	1,7
10	14SUCUM-003	51,9	1,6	88,7	7,3
10	14SUCUM-004	48,4	0,2	85,9	0,9
10	14SUCUM-005	50,5	0,2	89,7	0,8
10	14SUCUM-006	48,7	0,3	86,1	1,5
10	14SUCUM-007	47,2	1,4	96 ^a	6,2
10	14SUCUM-008	52,1	0,1	92,6	0,6
10	14SUCUM-009	15,3	0,0	96 ^a	0,2
10	14SUCUM-010	49,8	0,3	88,1	1,5
10	14SUCUM-011	52,1	0,2	92,5	0,8
10	14SUCUM-012	51,4	0,2	91,2	0,8
10	14SUCUM-013	50,8	0,2	90,3	0,7
10	14SUCUM-014	50,0	0,2	88,7	0,9
14	15SUT14-001	34,0	18,4	12 ^a	84,0
14	15SUT14-002	52,6	19,0	46,6	87,1
14	15SUT14-003	26,3	11,1	35 ^a	50,7
14	15SUT14-004	49,3	0,1	87,6	0,6
14	15SUT14-005	63,4	0,1	98 ^a	0,6
14	15SUT14-006	70,1	0,1	97 ^a	0,6
14	15SUT14-007	47,7	0,1	84,9	0,5
14	15SUT14-008	45,3	2,7	74,1	12,5
14	15SUT14-009	34,0	12,3	45 ^a	56,4
14	15SUT14-010	52,9	2,0	89,5	9,0
14	15SUT14-011	27,4	13,4	24 ^a	61,3
14	15SUT14-012	37,9	15,3	36 ^a	69,8
14	15SUT14-013	49,4	19,2	25 ^a	88,0
14	15SUT14-014	29,2	14,7	22 ^a	67,3

Transecto	Muestra	CaO (% m/m)	MgO (% m/m)	CaCO ₃ equiv. (% m/m)	CaMg(CO ₃) ₂ equiv. (% m/m)
14	15SUT14-015	30,6	12,5	23,5	57,4
14	15SUT14-016	51,6	0,4	91,1	1,9
14-1	15SUT14-017	69,8	0,4	96*	1,7
14-1	15SUT14-018	57,8	0,4	97*	2,0
14-1	15SUT14-019	62,1	0,3	95*	1,3
14-1	15SUT14-020	35,5	0,5	96*	2,3

* valor corregido según la mineralogía de la roca (tablas 13 a 24).

Tabla 28. Estadística descriptiva del contenido de CaCO₃ equiv.

Bloque	n	Min. (% m/m)	Máx. (% m/m)	Promedio (% m/m)	Mediana (% m/m)
I	37	12	99,8	82	89
II	44	<1	97,9	78	87
III	25	81	97	91	92
IV	16	12	98	56	46
V	4	95	97	96	96