



Facultad de Ciencias – Universidad de la República
Instituto de Ciencias Geológicas
PEDECIBA Geociencias
Tesis de maestría



Mármoles del Palacio Legislativo: caracterización geológica, técnica, identificación e implicancias en su deterioro.

Autora: Lic. Sofía Bueno Maidana

Orientadora: Dra. Manuela Morales Demarco

Montevideo - Uruguay
Diciembre 2025

Página de aprobación:

Profesora guía: Dra. Manuela Morales Demarco.

Tribunal: Dr. Claudio Gaucher, Dra. Rossana Muzio, Dra. Paulina Abre.

Fecha defensa: 11 de junio de 2026.

Resumen

El presente trabajo identifica, caracteriza y evalúa propiedades geológicas y técnicas de mármoles ornamentales utilizados en el Palacio Legislativo, localizado en Montevideo (Uruguay), estableciendo las relaciones entre sus características mineralógicas, petrográficas y físicas, su emplazamiento en el edificio y los procesos de deterioro observados. El estudio de campo incluyó el relevamiento y muestreo de minas históricas de mármol en los Departamentos de Lavalleya y Maldonado, abarcando seis zonas de extracción: Ruta 81, Cuchilla Alvariza, Zanja del Tigre, Arroyo Pan de Azúcar, Cerro Las Ventanas y Polanco. A las muestras obtenidas se les realizaron análisis mineralógico, petrográficos y ensayos físicos (densidad específica, densidad de matriz y porosidad). Los resultados evidencian un predominio de mármoles calcíticos y dolomíticos derivados del metamorfismo de bajo a medio grado de calizas y dolomías de edades que van del paleoproterozoico al mesoproterozoico. Desde el punto de vista físico, los mármoles presentan una porosidad efectiva muy baja (<1%) y densidades aparentes entre 2,70 y 2,85 g/cm³, concordantes con su composición calcítica y dolomítica, respectivamente. Los datos obtenidos, el trabajo de observación y registro fotográfico en el Palacio Legislativo permitieron identificar las variedades de mármoles allí presentes, muchas de ellas ya conocidas y descritas en Ginares (2020) como Nueva Carrara, Negro Ansiná, Venice Grey y nuevas variedades identificadas como Ónix Fantasía, Sirius y Artigas. Este estudio pone de relieve la importancia histórica y geológica de los mármoles uruguayos, aportando información base para su conservación patrimonial.

Palabras clave: Mármoles Ornamentales, Palacio Legislativo, Maldonado, Lavalleya, Montevideo.

Agradecimientos

Agradezco a mi tutora Manuela por su apoyo y aliento a seguir adelante. A las personas que ayudaron a que este trabajo fuera posible: al Instituto de Ciencias Geológicas por el corte de láminas y permitirme el uso de los laboratorios, a Carola Romay y Gustavo Antúnez que me permitieron usar la sierra y cortar las muestras del Instituto de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República (UdelaR), a Ricardo Faccio y el Instituto de Física de la Facultad de Química - UdelaR, a la Sede Treinta y Tres del Centro Universitario Regional del Este (CURE - UdelaR) y Leticia Chiglino por prestar el equipo de Fluorescencia de Rayos X y acompañarme hacer las mediciones, y al Departamento de Arquitectura del Palacio Legislativo por permitirme el acceso al mismo y realizar el trabajo. Por permitir el acceso a cada depósito de mármol agradezco a los propietarios y encargados de estos.

También quiero agradecer a todos mis compañeros, colegas, amigos por acompañarme en este proceso y a los más importantes, mi familia por siempre apoyarme.

Índice

1	Introducción	6
1.1	Marco histórico	7
1.1.1	Palacio Legislativo	7
1.1.2	Elección de mármoles nacionales para la construcción del Palacio Legislativo	10
1.2	Marco teórico	12
1.2.1	Clasificación de mármoles	12
1.2.2	Sistema CaO–MgO–SiO ₂ –H ₂ O–CO ₂ (CMS-HC)	14
1.2.3	Deformación metamórfica de calcita y dolomita	16
1.2.4	Propiedades físicas	17
1.2.5	Porosidad	18
1.2.6	Densidad	20
1.2.7	Absorción de agua	20
1.2.8	Décor	20
1.2.9	Color en mármoles	21
1.2.10	Deterioro	22
2	Objetivos	23
2.1	Objetivo general	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	Metodología	24
3.1	Revisión bibliográfica y fotointerpretación	24
3.2	Tareas de campo y recolección de muestras	24
3.3	Tareas de laboratorio	25
3.3.1	Análisis mineralógico y petrográfico	25
3.3.2	Análisis de difracción de rayos X (DRX)	26
3.3.3	Ensayos de densidad, porosidad y absorción de agua	26
3.4	Identificación de mármoles en el Palacio Legislativo	27
3.4.1	Relevamiento visual	27
3.4.2	Mediciones de fluorescencia de rayos X (FRX)	28
3.4.3	Identificación de tipos de deterioro	28
3.5	Revisión de datos y realización de anexos	28
4	Área de estudio y antecedentes	29
4.1	Zona de extracción de muestras	29
4.2	Marco geológico	33
4.3	Antecedentes técnicos	37
5	Resultados	42
5.1	Petrografía	42

5.1.1	Zona A - Ruta 81	42
5.1.1.1	Mármol Negro Oriental	42
5.1.1.2	Mármol Negro Imperio	43
5.1.2	Zona B - Cuchilla Alvariza	45
5.1.2.1	Mármol Artigas	45
5.1.2.2	Mármol Sirius	47
5.1.2.3	Mármol Rojo marroquí	49
5.1.2.4	Mármol Calcítico.....	50
5.1.3	Zona C - Zanja del Tigre	52
5.1.3.1	Mármol Venice Grey	52
5.1.3.2	Mármol San Agustín	54
5.1.4	Zona D - Arroyo Pan de Azúcar	55
5.1.4.1	Mármol Abayubá	55
5.1.4.2	Mármol Blanco Perla.....	57
5.1.4.3	Mármol M99 – no identificado.....	59
5.1.4.4	Mármol Centrone	61
5.1.4.5	Mármol Travertino.....	63
5.1.5	Zona E - Cerro de las Ventanas	64
5.1.5.1	Mármol Nueva Carrara.....	64
5.1.5.2	Mármol Negro Ansina, Charrúa o Portoro.....	66
5.1.6	Zona F - Polanco.....	67
5.1.6.1	Mármol Blanco Ónix.....	67
5.2	Difracción de rayos X.....	69
5.3	Propiedades técnicas.....	74
5.3.1	Porosidad.....	74
5.3.2	Densidad.....	74
5.3.3	Absorción de agua.....	74
5.4	Identificación de los mármoles del Palacio Legislativo.....	75
6	Discusión.....	87
7	Conclusiones	93
	Bibliografía.....	95
	Anexo I - Fichas de depósitos minerales	104
	Anexo II – Fichas técnicas de rocas analizadas	128
	Anexo III – Catálogo de Mármoles presentes en el Palacio Legislativo.....	140

1 Introducción

Desde las primeras civilizaciones, hace miles de años, se comenzaron a utilizar las rocas con fines de construcción, obras de arte, objetos y estructuras de culto o veneración, formando parte del patrimonio histórico y cultural de muchas ciudades alrededor del mundo. Todos estos forman parte del patrimonio de cada ciudad y país donde se encuentran, siendo importantes como hitos, creando un sentido de identidad, integrado con la historia y los valores locales, a menudo atestiguando el sustrato geológico sobre el que se encuentran (Basu et al., 2020). Uno de los tipos de rocas utilizado para este fin es el mármol, siendo uno de los materiales favoritos por su pureza, facilidad de tallado, versatilidad, translucidez y belleza (Siegesmund & Snethlage, 2011; Hemeda et al., 2020; Salvini et al., 2023). Montevideo no es la excepción y muchas de las edificaciones que utilizan este material son de gran importancia a nivel patrimonial, como el Palacio Legislativo. Este cuenta con una gran variedad de rocas nacionales, siendo el mármol el que ocupa un lugar central tanto en las fachadas exteriores como en los revestimientos interiores.

En la industria se le designa mármol a las rocas más pulibles y atractivas (Siegesmund & Snethlage, 2011; Natural Stone Institute, 2022). En Uruguay comercialmente se le llama mármol a una roca natural más o menos compacta, en la que no se reconocen cristales individuales a simple vista, incluyendo no solo los mármoles propiamente dichos sino también calizas, dolomías y hasta serpentinitas (Ginares, 2020). En ocasiones se incluye dentro de la definición otros tipos de rocas como ónix y yeso (alabastro), mientras que petrográficamente el término se limita a las rocas carbonatadas, que contienen más de 90% de calcita o dolomita, formadas por procesos metamórficos. Por consiguiente, las rocas se denominan mármoles de calcita o de dolomita (Siegesmund & Snethlage, 2011). La presencia de componentes minerales silíceos y arcillosos, así como de material orgánico en el protolito, puede dar lugar a la formación de nuevas fases minerales en función del grado de metamorfismo (ejemplo; cuarzo, muscovita, feldespato, granate, wollastonita, tremolita, grafito, talco, pirita, magnetita, entre otras). Los mármoles de este tipo con una proporción de carbonato del 50 al 90% se denominan rocas calcosilicatadas.

En muchos mármoles, estas fases minerales también forman bandas que pueden sufrir deformación generando lo que a veces se denomina efecto de “marmoleado”. La variedad de colores se debe a las fases minerales que pueden impartir una pigmentación específica; por ejemplo; la hematita produce rojo, mientras que tremolita, clorita y la serpentina generan colores verdes. Además, los depósitos de mármol cuentan con la particularidad de que rara vez producen material rocoso constante, uniforme u homogéneo. Esto se debe a la naturaleza relativamente deformable del mármol y a la frecuente presencia de estructuras plegadas, a su vez es posible que presenten variaciones en la estructura y la composición en depósitos donde los cambios se desarrollan en distancias cortas dentro de la mina (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Este trabajo surge de la necesidad de generar más información sobre algunos aspectos característicos de los mármoles ornamentales del Palacio Legislativo. Muchas de estas rocas no están correctamente identificadas y su origen exacto es desconocido. El deterioro evidente de algunos mármoles del Palacio Legislativo genera alteraciones estéticas y funcionales, estas últimas con riesgos para la seguridad de los visitantes y trabajadores del lugar. Además, el desconocimiento de sus características geológicas (mineralogía, petrografía y estructuras) y propiedades técnicas (densidad y porosidad, entre otras) impide el desarrollo correcto de un plan de conservación de este edificio de valor patrimonial.

1.1 Marco histórico

1.1.1 Palacio Legislativo

El Palacio Legislativo del Uruguay se encuentra ubicado en el barrio Aguada, en la ciudad de Montevideo. Inaugurado en 1925, es un edificio que abarca una manzana entera, cuenta con cuatro pisos (subsuelo, planta baja, primer piso y segundo piso) y un edificio anexo (Edificio José Artigas) inaugurado en 1995. En 1975 fue declarado Monumento Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, por la Comisión del Patrimonio Histórico,

Artístico y Cultural de la Nación del Ministerio de Educación y Cultura (Carlomagno, 2019).

Antes de que existiera este como tal, las tareas parlamentarias se llevaban a cabo en el Cabildo de Montevideo. A fines del siglo XIX y principios del XX Uruguay estaba dando sus primeros pasos como Estado, creciendo en población gracias a nuevas olas migratorias que llegaban al país. La labor parlamentaria se fue haciendo cada vez más compleja, a su vez se aumentó el número de integrantes, como también se multiplicaron las comisiones para tratar leyes específicas como, por ejemplo: las leyes sociales (Bausero, 1987). Ya que ese espacio estaba siendo insuficiente, nace la necesidad de tener un espacio propio que contuviera todas las tareas legislativas. Luego de muchos altibajos, se lanza un concurso internacional para la construcción del Palacio Legislativo, este se promulgó en agosto de 1903 y recibía trabajos hasta el 15 de abril de 1904, se aceptaron 27 proyectos. La resolución del concurso fue el 24 de agosto de 1904. La Comisión del Palacio Legislativo, la cual fue formada para decidir la idoneidad de los proyectos seleccionados por los jurados de este, decidió dejar sin efecto el primer puesto del concurso ya que consideraban que no había ningún proyecto que cumpliera con las condiciones indicadas. Debido a esto, pasan a indicar el segundo y tercer puesto, en los cuales se encontraban el denominado “Hispania” (fig. 1) y “Agraciada” (fig. 2), respectivamente. Pero además la Comisión agrega que “Agraciada” es merecedor también del segundo puesto, porque si bien es inferior a “Hispania” lo alcanza con la proyección de su fachada monumental y otros detalles de trascendental importancia, dejando así también sin efecto el tercer puesto. Resolviendo que “...*el proyecto “Agraciada” está bien estudiado, concluido, de fácil ejecución y se encuentra dentro de la suma fijada por la ley, la Comisión resuelve también que sea el proyecto que se lleve a ejecución mediante las modificaciones pertinentes...*”. Este proyecto fue presentado por el Arq. Víctor Meano, el cual nunca recibió la noticia ya que falleció el 1º de junio de 1904. El proyecto original sufrió modificaciones varias por motivos de presupuesto y estéticos, muchas de estas propuestas por los arquitectos Jacobo Vázquez y Antonio Banchini, quienes fueron los que llevaron a cabo el proyecto (Bausero, 1987).

El 18 de julio de 1906 se coloca la piedra fundamental, pero sin embargo las obras comienzan el 26 de setiembre de 1908. Fue en 1911 en la segunda presidencia de José Batlle y Ordóñez, cuando la obra tomaba forma, cuando surge la aspiración colectiva de darle al palacio más esplendor y suntuosidad, es aquí cuando el Presidente manifiesta su anhelo y voluntad de revestir de mármoles el edificio, lo cual fue aceptado por la Comisión del Palacio Legislativo. Después de varias discusiones sobre el origen de este material, si tenía que venir del exterior y los costos que esto conllevaba, se opta por mármoles nacionales, no sólo por un fin económico sino también como símbolo de identidad nacional (Bausero, 1987). Para este nuevo deseo se necesitaba de algún arquitecto con experiencia en trabajar con mármoles, que diseñara la parte artística y decorativa, es por esto que se contrató al Arq. Cayetano Moretti como director artístico el 7 de abril de 1913, él sería el encargado del proyecto hasta su culminación en 1925 (Bausero,1987; Carlomagno, 2019).

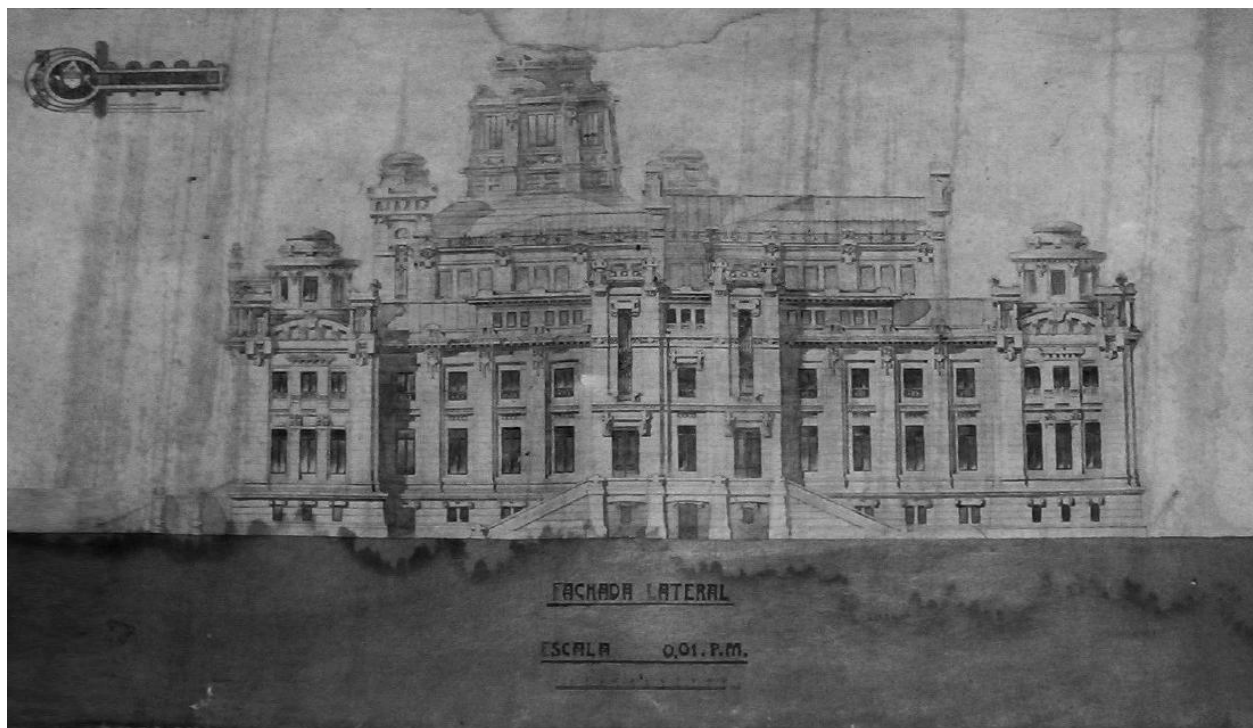


Fig. 1. Fachada lateral y planta principal del Proyecto "Hispania" del Arquitecto Manuel de Mendoza.

Extraído web <https://palacio.parlamento.gub.uy/historia-del-palacio-legislativo>

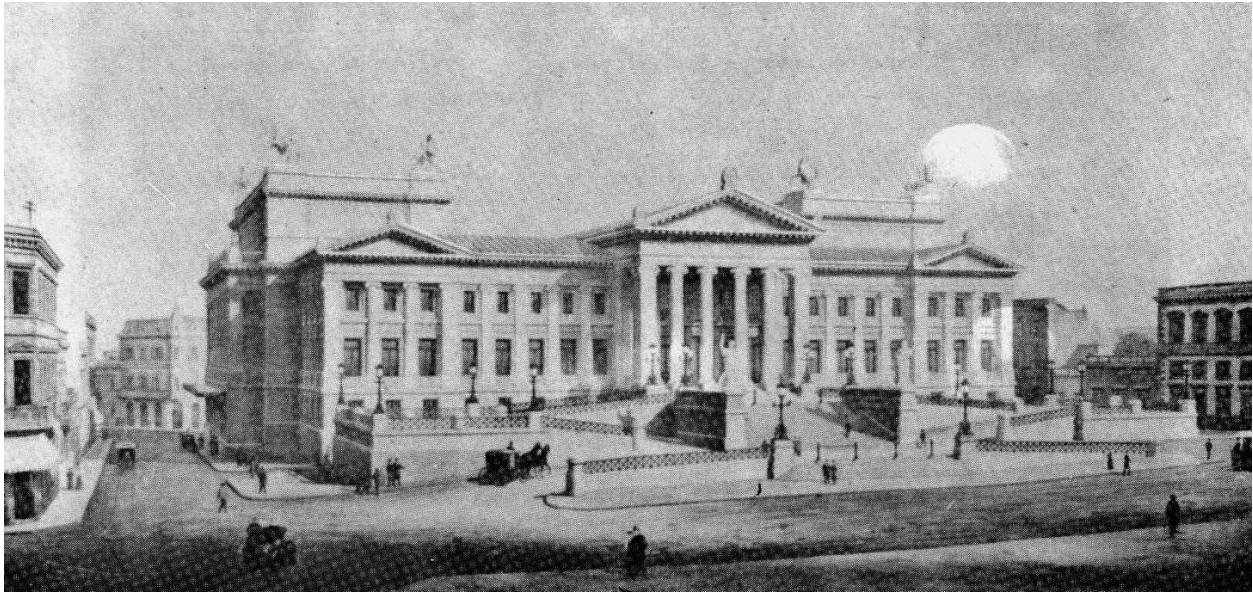


Fig. 2. Perspectiva de la fachada y planta principal del Proyecto "Agraciada" del Arquitecto Víctor Meano.
Extraído web https://palacio.parlamento.gub.uy/historia_del_palacio_legislativo

1.1.2 Elección de mármoles nacionales para la construcción del Palacio Legislativo

Al decidir llevar a cabo el plan de revestir el Palacio con mármoles nacionales, la Comisión del Palacio Legislativo adquiere 17 hectáreas en Polanco de Barriga Negra en setiembre de 1911, a su vez se invierten varios miles de pesos en la exploración de varias zonas de interés como las minas de las Sierras de Carapé. El costo de la exploración estaba siendo demasiado elevado, la Comisión no estaba obteniendo los resultados que deseaba, es por esto que deciden descartarlas y dirigirse al Ministerio de Obras Públicas para que por medio de sus técnicos se hiciese un reconocimiento de materiales de minas que estuvieran en explotación (Bausero, 1987). Bajo esas circunstancias surge la idea de utilizar la Mina del General Burgueño, conocida también como Cantera Burgueño, la cual se encontraba en explotación y su ubicación era accesible a la línea férrea (Walther, 1925).

Moretti, en junio de 1915, respalda la opción de usar los materiales de Cantera Burgueño, basándose en informes del Instituto Técnico Superior de Milán, Instituto de Ensayos de

Materiales de la Facultad de Ingeniería de Montevideo y de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas. En noviembre de 1915 se firma el contrato con la Compañía de Materiales de Construcción (COMACO), dueña de dicho yacimiento, la cual se iba a encargar del suministro, labrado y colocación en obra del revestimiento interno y externo del mármol (Bausero, 1987). Sin embargo, no todos los técnicos estaban de acuerdo con la implementación de este material. Uno de ellos fue el geólogo alemán Karl Walther, profesor de geología y mineralogía del Instituto Nacional de Agronomía y colaborador del Instituto de Geología y Perforaciones, quién realizó un informe donde sostenía que el material era inadecuado como revestimiento ya que el mismo presenta una pronunciada falta de continuidad por la numerosas fisuras abiertas y cerradas. Estas fisuras, en la mayoría de los casos, coinciden con la estratificación de la roca que se identifican por las intercalaciones irregulares de minerales cloríticos y férricos entre los carbonatos. También describe que las partes rojas teñidas por sustancias pulverulentas, férricas, son poco resistentes a los agentes atmosféricos. Resalta que quizá no es tan importante el ensayo a la resistencia de presión sino a la resistencia de agentes atmosféricos. Además, añade que la roca no es un mármol ya que presenta un metamorfismo de muy bajo grado, por lo que la denomina caliza (Walther, 1925).

Este informe no había sido publicado, pero era de conocimiento de las autoridades del momento, las cuales no lo tomaron en cuenta y tampoco fue del agrado de estas. Esto quedó atestiguado en varias publicaciones entre marzo y mayo de 1924 del diario "El Día", luego recopilado en la publicación del apartado de la revista Agros de 1925, donde se leen varias descalificaciones a las investigaciones de Walther por parte del Ing. Foglia, quien era el director técnico de las obras del Palacio Legislativo. En estos intercambios también aparece una publicación hecha por la Compañía de Materiales de Construcción que en un intento de respaldar científicamente la calidad de sus materiales llama a un geólogo suizo, Maurice Lugeon. Este dispuso unos pocos días para revisar los materiales de la Cantera Burgueño, en palabras de Walther, poco conocía la historia geológica de Latinoamérica, pero que igualmente emite su respaldo de calidad a los materiales utilizados (Walther, 1925; Bausero, 1987). Finalmente, y con el paso de los años los

dichos de Walther eran los correctos, los mármoles exteriores sufrieron un deterioro demasiado rápido, aún para la escala de una generación humana (Martínez, 2025).

1.2 Marco teórico

1.2.1 Clasificación de mármoles

Los mármoles son rocas metamórficas carbonáticas que se forman a partir de rocas sedimentarias carbonatadas, principalmente calizas (compuestas mayoritariamente por calcita (CaCO_3) y dolomías (compuestas principalmente por dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), siendo común que estas rocas contengan cantidades variables de cuarzo, denominándose dolomías o calizas silíceas (Winkler, 1979; Robertson, 1999; Bucher & Grapes, 2011). Existen también variaciones intermedias entre caliza y dolomía, denominándose dolomía calcítica, caliza dolomítica y caliza magnesiana (Bucher & Grapes, 2011). Comúnmente lo más utilizado para denominar estas variaciones es en función al grado de dolomitización; es decir se la llama caliza hasta un 10% de dolomita, caliza dolomítica entre un 10 - 50%, dolomía calcítica entre 50-90% y dolomía entre un 90-100% (Tucker, 2003). Durante el metamorfismo las rocas carbonáticas experimentan cambios mineralógicos significativos, a medida que este progresa y en presencia de impurezas como, por ejemplo, el cuarzo, la dolomita puede reaccionar y formar calcita y minerales calcosilicatados (Robertson, 1999; Bucher & Grapes, 2011).

La clasificación de rocas metamórficas carbonáticas, como la de otras rocas metamórficas, no sigue un único principio, sino que se basa principalmente en la composición modal y la estructura mesoscópica. El nombre de estas rocas consiste en un nombre raíz y prefijos calificadores (Winkler, 1979; Robertson, 1999; Bucher & Grapes 2011).

Basándonos en la bibliografía de Winkler (1979), Robertson (1999), Bucher & Grapes (2011), las rocas metamórficas carbonáticas se pueden clasificar siguiendo los siguientes criterios:

- 1) Basado en el protolito conocido: si el protolito es identificable fácilmente se puede utilizar el término de la roca original precedido por el prefijo “meta-”, ejemplo: metadolomía. También se puede utilizar el prefijo “para” que indica protolito sedimentario, pero en este caso no se conoce ni la naturaleza exacta de ese protolito ni su composición modal, la roca se clasifica usando un nombre de raíz basado en sus atributos texturales; ejemplo paragneis. Robertson (1999) aclara que en las rocas carbonáticas es mejor utilizar la clasificación modal, ya que por ejemplo la dolomita reacciona generalmente con el cuarzo y se forman otras asociaciones minerales, dejando así de ser dolomita. Es por esto que recomienda dejar el prefijo “meta” en los casos de dolomías puras.

- 2) Basada en la composición modal principal: depende de la composición en relación de los carbonatos y/o silicatos que la roca presente, esta se subdivide en:
 - a) Metacarbonáticas: Es un término general para los equivalentes metamorfizados de las rocas carbonatadas, junto con los mármoles y las rocas calcosilicatadas. Donde mármol sería una roca metamórfica compuesta principalmente por calcita y/o dolomita, que además suelen contener carbonatos bien cristalizados y se pueden añadir calificadores para indicar la mineralogía específica (por ejemplo: mármol dolomítico, mármol tremolítico) (Winkler, 1979; Bucher & Grapes 2011). Hay una diferencia en este término entre los autores, para Robertson (1999) el término mármol puede ser utilizado como una clasificación provisional o como "último recurso" si no se puede determinar un nombre raíz más específico. Este término se aplica a rocas compuestas principalmente por minerales calcosilicatados y/o carbonatados cuando se desconocen las proporciones relativas de estos grupos minerales. Mientras que las rocas calcosilicatadas son rocas metamórficas que, además de entre

0% y 50% de carbonatos, están compuestas principalmente por silicatos de calcio.

b) Rocas con una proporción significativa pero no dominante de minerales carbonatados y/o calcosilicatados: Estas rocas pueden clasificarse utilizando el calificador "calcáreo" adjunto al nombre raíz del componente no carbonatado/calcosilicatado (por ejemplo, micaesquisto calcáreo).

3) Basada en atributos texturales: Si la naturaleza exacta del protolito o la composición modal precisa no pueden determinarse, se puede utilizar un nombre raíz que refleje las características texturales de la roca, por ejemplo, pizarra, esquisto, gneis.

Cabe destacar que comercialmente se considera mármol a cualquier roca carbonatada cristalizada, a ciertos tipos de caliza que admiten pulido y pueden utilizarse como roca arquitectónica y ornamental (Natural Stone Institute, 2022; Siegesmund & Snethlage, 2011). La industria de las rocas ornamentales tradicionalmente incluye otros tipos de rocas, como el ónix (calcedonia), travertino y serpentinita, en la misma clasificación que el mármol.

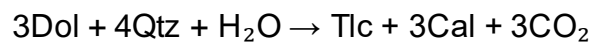
1.2.2 Sistema $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ (CMS-HC)

Como anteriormente se mencionó (sección 1.2.1) el protolito de los mármoles son rocas sedimentarias tanto calizas como dolomías que químicamente se pueden describir en el sistema $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ (CMS-HC) y la presencia de impurezas silíceas (cuarzo – arcillas) es fundamental, ya que determina la paragénesis mineral resultante durante el metamorfismo progresivo. Las calizas puras simplemente recrystalizan a mármoles de calcita de grano más grueso, que el protolito, un proceso que es un ejemplo de metamorfismo isoquímico en sentido estricto. Sin embargo, la presencia de dolomita

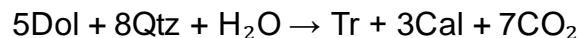
y sílice da lugar a una secuencia de reacciones metamórficas predecibles (Bucher & Grapes, 2011).

A continuación, se describen las asociaciones minerales comunes para dolomías silíceas en presencia de fluidos acuosos según Bucher & Grapes (2011). Según describen estos autores a medida que la temperatura aumenta, se forman sucesivamente minerales como talco, tremolita, diópsido y forsterita:

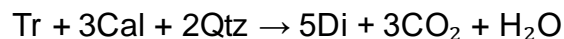
1. Formación de talco: A temperaturas bajas, en la facies de esquistos verdes superior, el talco es el primer silicato de magnesio en formarse a partir de la reacción entre dolomita y cuarzo.



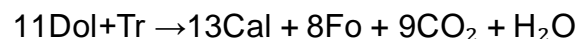
2. Formación de tremolita: A temperaturas cercanas a los 500 °C, el talco reacciona con el cuarzo y la dolomita forman tremolita, marcando el inicio de la facies anfibolita.



3. Formación de diópsido: A temperaturas más altas, típicamente en la facies anfibolita media-alta (~650 °C), la tremolita se descompone para formar diópsido.



4. Formación de forsterita: La forsterita es diagnóstica de condiciones de alta temperatura (facies granulita) o de la infiltración de fluidos ricos en H₂O. Se forma a expensas de la tremolita o el diópsido.



Estas reacciones liberan grandes cantidades de CO_2 y H_2O , lo que influye significativamente en la composición del fluido metamórfico y puede afectar a rocas adyacentes.

Donde: CaO → óxido de calcio, MgO → óxido de magnesio, SiO_2 → óxido de silicio, sílice o cuarzo (Qtz), H_2O → agua, CO_2 → dióxido de carbono, Dol → dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Cal → calcita (CaCO_3), Tlc → talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), Tr → tremolita ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$), Di → diópsido ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), Fo → fosterita (Mg_2SiO_4).

1.2.3 Deformación metamórfica de calcita y dolomita

Las rocas carbonáticas desarrollan una amplia gama de microestructuras, o fábricas que reflejan los mecanismos de deformación que se pueden observar en lámina delgada, a continuación, detallaremos algunas de estas según Passchier & Trouw (2005);

- Bordes de grano y recristalización: A temperaturas elevadas, la migración de borde de grano se vuelve un proceso de recristalización importante. Esto puede dar lugar a bordes de grano lobulados o ameboides. Tras el cese de la deformación, especialmente a altas temperaturas, la reducción del área de borde de grano puede producir texturas poligonales con uniones triples cercanas a 120° . Este proceso de recristalización estática modifica la geometría de los bordes, pero puede preservar la orientación cristalográfica preferente preexistente.
- Maclado por deformación: La calcita se deforma muy fácilmente por maclado mecánico (o maclas de deformación) en los planos {e}. Este mecanismo se activa desde condiciones diagenéticas y es un microindicador cuantitativo clave para determinar la temperatura, la deformación y la orientación de los paleoesfuerzos. La morfología de las maclas es un termómetro útil: las maclas estrechas ($<1 \mu\text{m}$) indican $T < 200^\circ\text{C}$, mientras que las maclas anchas con bordes irregulares

por migración de borde de macla sugieren $T > 250$ °C. La dolomita, en cambio, se macla en los planos {f} y solo a temperaturas superiores a 300 °C. Esta diferencia en el comportamiento reológico hace que, en condiciones de baja temperatura, la dolomita sea más resistente que la calcita, lo que puede provocar el *boudinage* de capas de dolomita dentro de una matriz de calcita.

- Solución por presión: En presencia de fluidos y a temperaturas de grado bajo, la solución por presión es un mecanismo dominante que produce estructuras como los estilolitos, que son superficies dentadas enriquecidas en residuos insolubles. Los estilolitos son un tipo de foliación espaciada y pueden indicar acortamiento perpendicular a su superficie.

1.2.4 Propiedades físicas

Se entiende por propiedades físicas de las rocas a aquellas características que imprimen un comportamiento ante estímulos externos sin alterar su composición química, algunas de ellas son: porosidad, densidad, absorción de agua, resistencia a la compresión, conductividad térmica, entre otras. Estas, junto con la composición mineral y la fábrica, controlan las características de la roca que son el resultado de su génesis y los demás procesos geológicos, y/o tectónicos sufridos por las rocas a lo largo de su historia. Los ensayos de laboratorio pueden cuantificar las propiedades físicas de las rocas (Goodman, 1989; Siegesmund & Snethlage, 2011).

Por otro lado, la relación entre las propiedades físicas y la fábrica, es decir la composición mineralógica, la disposición mineral, la porosidad, la interacción con el agua (absorción, difusión, expansión hídrica) y los cambios de temperatura (expansión térmica) influyen en la durabilidad y el deterioro de las rocas (Siegesmund & Snethlage, 2011).

A continuación, se describen las propiedades físicas determinadas en este trabajo.

1.2.5 Porosidad

Según Siegesmund & Snethlage (2011) la porosidad de una roca se define como la relación entre el volumen de los poros (que incluyen poros y fisuras abiertas) y el volumen total de la roca. Se distinguen dos tipos principales de porosidad;

- Porosidad efectiva (o porosidad accesible): Comprende todos los espacios porosos interconectados de una roca a los que pueden acceder fluidos y gases. Es de interés para los procesos de meteorización.
- Porosidad total: Incluye todos los poros, incluso los aislados a los que no se puede acceder.

La porosidad efectiva es siempre igual o menor que la porosidad total, aunque la diferencia puede ser mínima. Los autores añaden que todos los espacios huecos o cavidades se pueden clasificar bajo el término poro. Además, para la descripción del espacio poroso se desarrollaron diferentes esquemas de clasificación dependiendo principalmente de la aplicación. Dicha clasificación puede ser según (Fig. 3): aspectos petrogenéticos (porosidad primaria y secundaria), geométricos (esféricos, cilíndricos, planares), genéticos (de grieta, de disolución y de contracción), de la capacidad de penetración de un fluido o gas, estos serán poros interconectados (poros de canal, de botella, telescopio), poros sin salida o poros aislados y por último la localización del poro en relación con las partículas sólidas: porosidad intrapartícula e interpartícula. Estos autores resaltan la porosidad como uno de los parámetros más importantes en la roca, ya que tiene un efecto directo e indirecto sobre la mayoría de las propiedades físicas de estas.

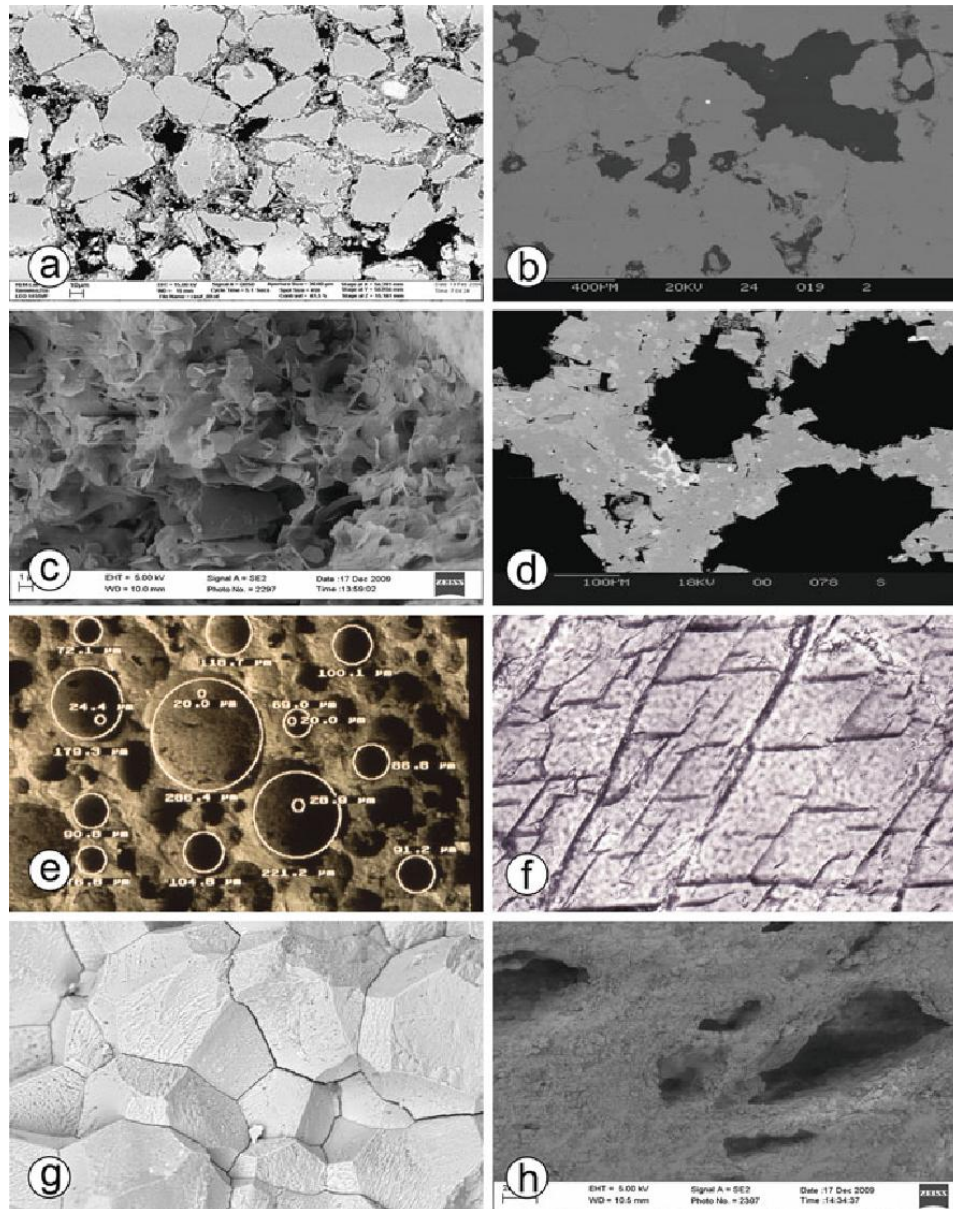


Fig. 3. Imagen de SEM tomada de Siegesmund & Snethlage (2011) que muestran rocas con distintas porosidades. a) y b) Arenisca con poros abiertos (negros) interconectados por fisuras abiertas, c) arenisca rica en minerales arcillosos con poros de tamaño muy heterogéneo, desde microporos hasta macroporos, d) caliza dolomítica con poros de forma casi esférica y cristales de dolomita, e) toba volcánica con poros intraparticulares de diferentes tamaños, f) fisuras de clivaje y fisuras transgranulares abiertas en hornblenda, también conocidas como poros laminares, g) límites de grano abiertos en mármoles meteorizados y h) poros en travertino con una distribución de tamaño heterogénea que alcanza varios centímetros.

1.2.6 Densidad

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de la muestra, midiéndose en unidades de masa/unidades de volumen (ejemplo: g/cm³). Para Siegesmund & Snethlage (2011) la densidad de un material se divide en dos tipos principales;

- Densidad de la matriz (ρ_m): Esta depende exclusivamente de los componentes del material y no considera a la porosidad. Proporciona información sobre la composición de un material. Por ejemplo, los mármoles calcíticos y dolomíticos se pueden diferenciar por la densidad de la matriz, ya que sus componentes principales (calcita y dolomita) tienen densidades minerales significativamente diferentes (2.710 g/cm³ y 2.866 g/cm³, respectivamente).
- Densidad aparente (ρ_{bulk}): Este valor considera la porosidad del material.

1.2.7 Absorción de agua

La absorción de agua es la relación entre el peso de la muestra saturada en agua y el peso de la muestra seca, se expresa porcentualmente. Esta propiedad está influenciada principalmente por la porosidad, el tamaño y distribución de poros, y la composición mineral. La distribución y tamaño de los poros tiene influencia sobre la absorción total de agua. En un período corto de inmersión se van a llenar primero los poros de mayor tamaño, mientras que los poros más pequeños lo harán en inmersiones más prolongadas (Siegesmund & Snethlage, 2011).

1.2.8 Décor

Cuando se habla de rocas ornamentales un aspecto para tener en cuenta es el décor, según describe Hoffman (2006) y Hoffmann & Siegesmund (2007) el décor o valor decorativo se compone de su estructura visible macroscópicamente, como estratificación, arreglo de granos, presencia de xenolitos o venas, entre otras, y de su

coloración. Ambos elementos son de importancia esencial para la evaluación de un yacimiento, ya que las propiedades estéticas son, en muchos casos, las que deciden si una roca será utilizada en un proyecto de construcción (Hoffman, 2006).

La homogeneidad en color y estructura es fundamental para la explotación a largo plazo en el mercado. Pequeñas desviaciones en rocas monocromáticas son toleradas, pero fuertes decoloraciones por inclusiones, agregados minerales o bandeados se consideran defectos que reducen considerablemente el valor. En rocas multicolores (como gneises), las estructuras irregulares son a menudo esperadas y se valoran menos negativamente (Hoffman, 2006).

Para el caso de los mármoles el décor depende del grado de metamorfismo y/o la deformación tectónica que presente (Hoffman, 2006). A su vez los mármoles suelen variar mucho lateralmente en un yacimiento, lo que limita mucho su valor.

1.2.9 Color en mármoles

El color en los mármoles está dado por las impurezas que estos puedan tener. En el caso de los mármoles dolomíticos, la serie química continua de la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ a $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$) puede hacer que al cortarse sean casi blancos, adquieran un color ligeramente beige a tostado por la liberación de hierro, que luego se oxida y transforma a óxidos de hierro. Estos óxidos producen colores que van desde el blanco sucio al tostado, beige, amarillo, rojo y marrón oscuro en la roca. En el mármol dolomítico, estos colores suelen estar distribuidos de manera uniforme (Natural Stone Institute, 2022).

Para el caso de la calcita, la variedad de colores está dada por las impurezas. Entre estas impurezas encontramos: materia orgánica, que generalmente se manifiesta de color gris a negro; clorita, generalmente verde claro a verde amarillento; y epidoto, el mismo verde que la clorita. Los sedimentos silicatados clásticos (arcillas, limos y arenas de origen terrígeno) pueden estar teñidos de hierro y producir cualquier color desde beige muy claro hasta marrón oscuro, y casi cualquier color rojo. Los propios granos de silicato

pueden contener trazas de hierro que pueden liberarse químicamente para teñir y colorear, que son los mismos colores que puede dar si se encuentra hierro como impureza. También puede teñirse fácilmente con tintes, pero muchos de estos compuestos orgánicos tienen una durabilidad limitada a la luz solar y pueden desvanecerse o ser eliminados por derrames químicos y productos de limpieza comunes (Natural Stone Institute, 2022).

Las impurezas a menudo se confunden con otras características del mármol, la mayoría de las cuales son características de depositación primaria o efectos de cambios químicos antes, durante o después del metamorfismo y/o recristalización. Estas características intrínsecas pueden hacer que algunos mármoles exóticos sean muy valiosos o, por el contrario, pueden debilitar la roca o hacerla poco atractiva, volviéndola inadecuada como roca ornamental. Es decir, el efecto típico de los mármoles del “marmolado”, bandas o vetas de colores distintos pueden tener otras explicaciones relacionadas con la depositación original de la roca y la deformación geológica posterior (Natural Stone Institute, 2022).

1.2.10 Deterioro

El deterioro se define como un proceso progresivo mediante el cual un material, elemento u objeto patrimonial experimenta una disminución en su calidad, valor o características esenciales (ICOMOS, 2011). Este proceso implica una depreciación física, funcional o estética, resultado de cambios que afectan negativamente su estado original. En el contexto de la conservación de la roca, el deterioro no solo alude a alteraciones visibles en la superficie o en la integridad del material, sino también a transformaciones internas que comprometen su estabilidad y su capacidad para cumplir funciones estructurales o simbólicas. El deterioro constituye, en suma, una trayectoria hacia un estado de peor condición, caracterizado por la pérdida gradual de las propiedades que confieren valor cultural, material o histórico al bien analizado (ICOMOS, 2011).

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

- ✓ Caracterizar geológica y técnicamente los mármoles a fin de identificar y caracterizar el deterioro de los mármoles que se encuentran en el Palacio Legislativo.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterización geológica de los depósitos de mármol.
2. Determinar sus propiedades mineralógicas y petrográficas.
3. Determinar sus propiedades técnicas (físicas: densidad específica, densidad de matriz y porosidad).
4. Identificar mármoles aplicados en el Palacio Legislativo.
5. Determinación de las propiedades geoquímicas (Fluorescencia de rayos X) *in situ* de los mármoles del Palacio Legislativo que no se conoce su origen.
6. Caracterizar el deterioro de los mármoles aplicados en el edificio.
7. Determinar implicancias de las propiedades mineralógicas, petrográficas y técnicas en el deterioro.

3 Metodología

El desarrollo de esta investigación se estructuró en una secuencia de actividades que integraron tareas de gabinete, trabajo de campo y análisis de laboratorio, complementadas con la caracterización e identificación de mármoles ornamentales empleados en el Palacio Legislativo. El enfoque metodológico se basó en el análisis de datos mineralógicos, petrográficos y técnicos de las muestras obtenidas en el campo, con el fin de establecer vínculos entre los mármoles recolectados y los utilizados en dicha edificación.

3.1 Revisión bibliográfica y fotointerpretación

En primer lugar, se efectuó una exhaustiva revisión bibliográfica orientada a recopilar información sobre los mármoles nacionales, su contexto geológico y la historia constructiva del Palacio Legislativo. Esta búsqueda incluyó tanto artículos científicos y documentos técnicos, como prensa histórica y fuentes normativas. La revisión se mantuvo activa a lo largo del trabajo.

De manera complementaria, se realizó un estudio de fotointerpretación a partir de imágenes aéreas y el uso de la plataforma Google Earth, lo que permitió identificar posibles depósitos de mármoles, en actividad o abandonados, así como sus accesos y condiciones del entorno. El área de estudio se determinó mediante revisión bibliográfica de Arrighetti & Gianotti (2012) y Ginares (2020). La información obtenida se utilizó para confeccionar fichas de cada depósito identificado, presentadas en el Anexo I, donde en ellas se puede acceder a datos de ubicación, coordenadas, nombres comerciales de los mármoles, dimensiones de la mina, características petrográficas de las rocas y décor.

3.2 Tareas de campo y recolección de muestras

En el campo se realizaron tareas de reconocimiento y muestreo de los sitios previamente seleccionados, recolectando al menos una muestra de cada zona identificada. De los veintitrés depósitos identificados, fue posible acceder a nueve canteras, donde se efectuaron observaciones estructurales, registro fotográfico y recolección de muestras de dimensiones adecuadas para poder realizar los distintos ensayos mineralógicos, petrográficos y técnicos.

3.3 Tareas de laboratorio

En primer lugar, se seleccionaron las piezas que fueron medidas, marcadas y cortadas en prismas de aproximadamente $6 \times 6 \times 6$ cm en el Laboratorio de Laminación y Molienda del Instituto de Ciencias Geológicas (ICG) de la Facultad de Ciencias (UdelaR) y en el Instituto de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería (UdelaR). Los fragmentos remanentes fueron destinados al ICG para la confección de láminas delgadas y la molienda de material empleado en los análisis de difracción de rayos X. Las muestras cúbicas se pulieron hasta obtener superficies lisas y uniformes, se lavaron y finalmente se secaron en horno a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante (durante 24-48 horas) antes de cada ensayo.

3.3.1 Análisis mineralógico y petrográfico

El análisis mineralógico y petrográfico se llevó a cabo sobre 16 variedades de mármoles, incluyendo tanto las muestras recolectadas durante el trabajo de campo como otras proporcionadas por la Dra. Manuela Morales Demarco, correspondientes a su tesis doctoral en Geociencias (Morales Demarco, 2012) y al Trabajo de Grado de la Licenciatura en Geología de Ginares (2020). Las láminas delgadas fueron confeccionadas en el Laboratorio de Laminación y Molienda del ICG (UdelaR) y luego analizadas en el mismo Instituto mediante un microscopio petrográfico Nikon Eclipse.

Además, se realizaron observaciones complementarias de las muestras pulidas bajo lupa estereoscópica Zeiss Stemi 508, con el fin de identificar texturas, estructuras y composición mineralógica. Este conjunto de observaciones permitió establecer criterios comparativos entre los diferentes tipos de mármoles analizados.

3.3.2 Análisis de difracción de rayos X (DRX)

Para complementar el análisis mineralógico se realizó difracción de rayos X (DRX). Se realizó en 12 muestras (Mármol Negro Oriental, Mármol Sirius, Mármol Rojo Marroquí, Mármol Venice Grey, Mármol San Agustín, Mármol Abayubá, M99 (no identificado), Mármol Centrone, Mármol Travertino, Mármol Nueva Carrara (dos muestras, dominio rojo y blanco) molidas con mortero de ágata hasta alcanzar granulometrías con aspecto a “azúcar impalpable”. Los análisis fueron efectuados en el Departamento de Física de la Facultad de Química (UdelaR), y los resultados fueron procesados utilizando el software libre QualX, que permitió identificar las fases cristalinas y su proporción relativa. Además de esto se contó con datos de difracción de rayos X cedidos por la Dra. Manuela Morales Demarco, correspondientes a su tesis doctoral (Morales Demarco, 2012) correspondientes a tres mármoles Artigas, calcítico y Blanco Perla.

3.3.3 Ensayos de densidad, porosidad y absorción de agua

Las propiedades físicas de los mármoles se realizaron en el Laboratorio de Microscopía y Separación Mineral del ICG (UdelaR), donde se evaluaron mediante la determinación de densidad aparente (ρ_{bulk}), densidad de la matriz (ρ_m) y porosidad efectiva (Φ), siguiendo el procedimiento de Hoffman (2006) basado en el principio de Arquímedes. Este método considera las masas de la muestra en condición seca (m_s), saturada (m_{sat}) y en flotación (m_f), aplicando las siguientes expresiones:

$$\rho_{\text{bulk}} = m_s / (m_{\text{sat}} - m_f)$$

$$\rho_m = m_s / (m_s - m_f)$$

$$\Phi = ((m_{sat} - m_s) / (m_{sat} - m_f)) * 100$$

El procedimiento implicó el secado de las muestras hasta obtener una masa constante (durante al menos 24 - 48 horas) a 40 °C. Luego se determinó la masa (m_s) de cada una de las muestras, seguido se colocaron en desecador para un proceso de vacío durante 24 horas, eliminado el aire presente en los poros. Posteriormente, las muestras se saturaron con agua destilada durante otras 24 horas y se determinaron las masas correspondientes en aire (m_{sat}) y en flotación (m_f).

El ensayo de absorción de agua se realizó según la norma DIN EN 13775 (2001). Las muestras secas se colocaron en una cubeta y se cubrieron inicialmente hasta la mitad con agua destilada durante una hora; luego se completó la inmersión total durante 24 horas. Una vez concluido el proceso, las muestras se pesaron nuevamente y se calculó el porcentaje de absorción mediante la fórmula:

$$\text{Absorción de agua} = (((m_{sat} - m_s) * \rho_a) / m_s) * 100$$

Donde: ρ_a es la densidad del agua.

3.4 Identificación de mármoles en el Palacio Legislativo

3.4.1 Relevamiento visual

La información obtenida se complementó con el estudio *in situ* de los mármoles ornamentales del Palacio Legislativo. Utilizando la Base de datos de mármoles ornamentales del Uruguay (Ginares, 2020) y la bibliografía de Bausero (1987), se elaboró un esquema preliminar de las variedades presentes y de sus posibles ubicaciones dentro del edificio. Asimismo, se aplicaron para la identificación de los mármoles los criterios de la lista de verificación para identificar rocas ornamentales de Price (2008). En esta se propone como punto de partida la observación de la roca, si es blanda, dura, calcárea o

silíceas. Luego, observar si los componentes minerales pueden identificarse a simple vista, si la roca tiene uno o más minerales y de qué colores son. Dentro de la identificación mineral ver las propiedades de cada uno, si alguno tiene alguna propiedad óptica en particular (por ejemplo: iridiscencia), si los cristales tienen o no alguna orientación preferencial. En rocas sedimentarias ver cómo se dispone el esqueleto y la matriz de este, si presenta conglomerados o no, en caso afirmativo cómo es la matriz y cómo se disponen esos clastos, ver si presenta fósiles (también para metasedimentarias) y finalmente ver si existe alguna estructura característica de la misma, es decir: si es foliada (cómo se disponen los minerales en estas, están compuestas por el mismo mineral o no), bandeada (paralelas, curvas, plegadas), si contiene poros o cavidades vacías.

3.4.2 Mediciones de fluorescencia de rayos X (FRX)

El relevamiento visual fue acompañado por mediciones de fluorescencia de rayos X, empleando un espectrómetro Bruker S1 Titan, perteneciente a la carrera de Tecnólogo Minero de la Sede Treinta y Tres del Centro Universitario Regional del Este (CURE - UdelaR) prestado por la Dra. Leticia Chiglino. Aplicado sólo en mármoles a los cuales no se conoce de donde se extrajeron, con el objetivo de obtener datos geoquímicos que aportará algo más de conocimiento sobre estos.

3.4.3 Identificación de tipos de deterioro

El estado de conservación de las superficies pétreas se evaluó mediante la clasificación de los tipos de deterioro conforme a las recomendaciones del glosario ICOMOS (2011). Todos los ejemplares fueron documentados mediante registro fotográfico.

3.5 Revisión de datos y realización de anexos

Los resultados obtenidos en los distintos ensayos fueron analizados de forma integral, contrastados con la información bibliográfica y las observaciones realizadas en el Palacio Legislativo. Este proceso permitió establecer correlaciones entre las características petrográficas, físicas y geoquímicas de las muestras estudiadas, contribuyendo a la identificación y caracterización de los mármoles nacionales empleados en la edificación. Además, con los resultados obtenidos se realizaron una serie de fichas donde plasmar los datos obtenidos de forma resumida y práctica, que se presenta en los Anexos:

- Anexo I – Ficha de depósitos minerales: se encuentran los datos sobre los depósitos obtenidos de la revisión bibliográfica más los obtenidos en campo de las canteras visitadas.
- Anexo II – Fichas técnicas de rocas analizadas: recopila los resultados obtenidos de las muestras recolectadas en campo y analizadas.
- Anexo III – Catálogo de Mármoles presentes en el Palacio Legislativo: se muestran las variedades encontradas en el edificio.

4 Área de estudio y antecedentes

En esta sección se exponen las zonas geográficas de donde se extrajeron las muestras obtenidas, el marco geológico en el que se ubican y los antecedentes históricos sobre los mármoles nacionales.

4.1 Zona de extracción de muestras

Como se explica en la sección 3.1 se toma como referencia Arrighetti & Gianotti (2012) y se utiliza como guía la zona que ellos proponen. Estos definen cinco zonas en el Departamento de Maldonado donde se encuentran varios de los depósitos de mármol y rocas calcáreas de interés. Además, fue añadida una zona de trabajo extra, para este trabajo, en el Departamento de Lavalleja. Estas zonas son:

- a) Zona Ruta 81: Se ubica al sur de la ruta nacional 81 en la porción final de esta antes de su intersección con la ruta nacional 60 a la altura del kilómetro 20 (Fig. 4a, Tabla 1).
- b) Zona Cuchilla Alvariza: Se encuentra ubicada al este de la ruta nacional 60, a la altura del kilómetro 56,9. Se debe tomar al sureste alrededor de dos kilómetros por el camino hacia Cuchilla Alvariza. Este camino se bifurca y se conecta con la ruta nacional número 12 hacia el noroeste (Fig. 4b, Tabla 1).
- c) Zona Zanja del Tigre: Se localiza en la ruta nacional número 12 entre los kilómetros 366,2 y 369,2 a ambos lados de la ruta (Fig. 4c, Tabla 1).
- d) Zona Arroyo Pan de Azúcar: Se ubica al este de la ruta nacional número 60 que se accede por un camino vecinal a la altura del kilómetro 64,35 de la misma ruta, recorriendo 5,2 kilómetros de este. Las canteras de mármol se ubican en las márgenes de la cuenca superior del Arroyo Pan de Azúcar (Fig. 4d, Tabla 1).
- e) Zona Cerro de las Ventanas: A 14 kilómetros al noroeste de la ciudad de Pan de Azúcar y al oeste de la ruta nacional número 60 se accede a la zona a la altura del kilómetro 20 por un camino departamental por unos 4 kilómetros (Fig. 4e, Tabla 1).

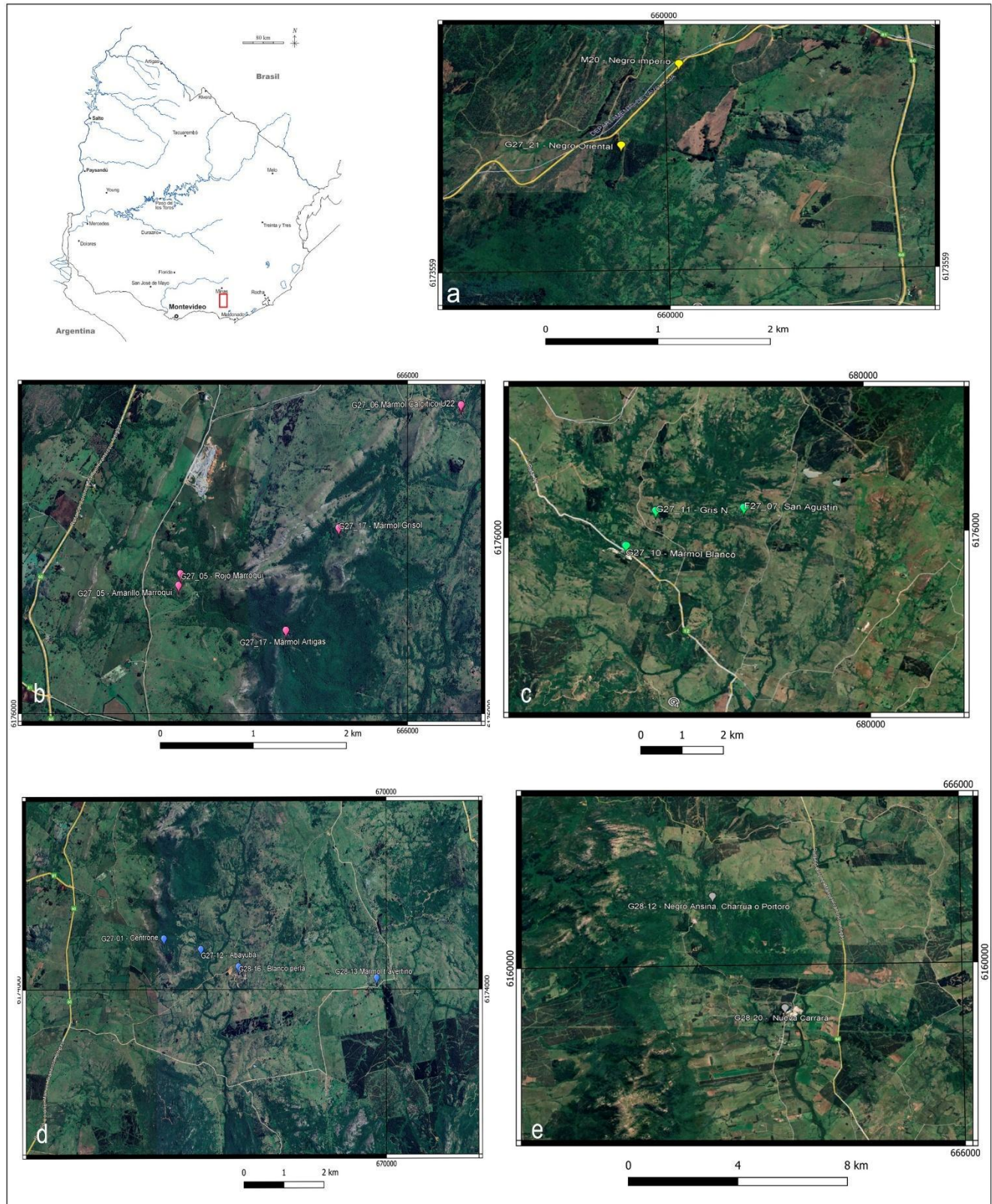


Fig. 4. Imágenes satelitales Google Earth de las zonas de extracción de muestras; a) zona Ruta 81 - canteras de Mármol Negro Imperio y Mármol Negro Oriental, b) zona Cuchilla Alvariza – canteras de Mármol Grisol, Mármol Rojo

Marroquí, Mármol Amarillo Marroquí, Mármol Artigas, Mármol Sirius y Mármol Calcítico, c) zona Zanja del Tigre – canteras de Mármol Blanco, Mármol Venice Grey y Mármol San Agustín, d) zona Arroyo Pan de Azúcar – canteras de Mármol Abayubá, Mármol Blanco Perla, Mármol Travertino, Mármol Centrone, e) zona Cerro de las Ventanas – canteras de Mármol Negro Ansina y Mármol Nueva Carrara

f) Zona Polanco: Se ubica al norte de la ciudad de Minas por la ruta nacional número 40 al llegar a la localidad de Polanco, tras tomar la ruta 108 hacia el norte 1,5 aproximadamente kilómetro (Fig. 5, Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de las zonas de extracción de muestras.

Zona	Nombre comercial	X	Y
Ruta 81	Mármol Negro Oriental	659567,63	6174932,97
	Mármol Negro Imperio	660104,79	6175777,15
Cuchilla Alvariza	Mármol Rojo Marroquí y Amarillo Marroquí	663575,56 y 663554	6177313,30 y 6177199
	Mármol Artigas	664710,16	6176750,6
	Mármol Sirius	663554	6177422
Zanja del Tigre	Mármol Venice Grey	674895,08	6176485,7
	Mármol San Agustín	677153,083	6176481,309
Arroyo Pan de Azúcar	Mármol Centrone	664422,46	6174855,82
	Mármol Blanco Perla	666283,89	6174235,36
	Mármol travertino	669766	6174001
Cerro de las Ventanas	Mármol Negro Ansina	656893	6162555
	Mármol Nueva Carrara	659463,95	6157831,12
Polanco	Mármol Blanco Ónix	672980	6251064

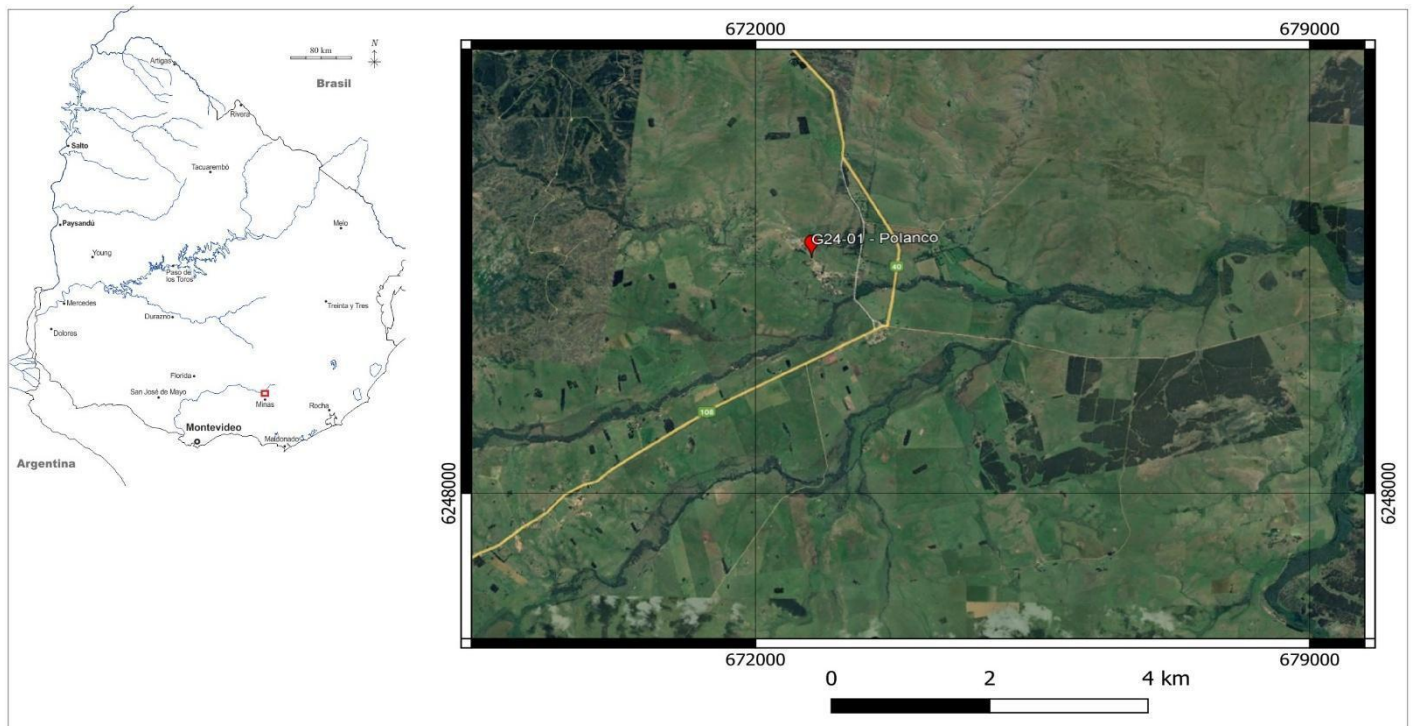


Fig. 5. Imágenes satelitales Google Earth de la zona Polanco.

4.2 Marco geológico

Los depósitos estudiados en el presente trabajo se encuentran comprendidos dentro del Cinturón Dom Feliciano (CDF) definido por Fragozo Cesar (1980), que es una asociación orogénica que se ensambló durante el Neoproterozoico en el marco del ciclo orogénico Brasileño (Hueck et al., 2018). Representa la culminación de un proceso de colisión continental oblicua que involucró al Cratón del Río de la Plata, y los cratones de Congo y Kalahari, junto con la microplaca Nico Pérez (Hueck et al., 2018). Para otros autores la depositación de estos yacimientos se dio en el Grenvilliano en torno a 1,25 Ga. (Gaucher et al., 2011 y 2021) y los mismos se encuentran dentro del Terreno Nico Pérez (TNP), a su vez este está comprendido en el Cratón Río de la Plata (Bossi & Cingolani, 2009, Gaucher et al., 2011, 2021 y Santos et al., 2019).

Una de las unidades principales del CDF es la unidad metavolcano-sedimentaria del Grupo Lavalleja. Está ubicada en el extremo sur del cinturón y se extiende por más de

250 km en dirección nor-noreste, con un ancho de hasta 40 km. Es considerada un conjunto de sucesiones volcano-sedimentarias mesoproterozoicas a criogenianas, afectadas por la deformación y metamorfismo de la Orogenia Brasiliana (Sánchez Bettucci et al., 2003; Hueck et al., 2018). El Grupo Lavalleja fue descrito inicialmente por Bossi (1966), luego estudiado en profundidad por Sánchez Bettucci (1998). Se describe como una secuencia vulcanosedimentaria que se desarrolla en dirección nordeste. Las litologías del grupo comprenden una gran variedad: litologías metasedimentarias, metavolcánicas ácidas representados por hialoclastitas, metarriolitas y metadacitas; metavolcánicas básicas constituidas por metandesitas, metabasaltos vesiculares y masivos. Metabasaltos, metandesitas basálticas y brechas espillíticas, hasta metagabros y metadoleritas. Las más abundan son metabásicas, metapelitas y calcáneos. Actualmente este grupo quedó obsoleto y se utiliza Complejo Zanja del Tigre (CZT) (Spoturno et al., 2019).

En general este Complejo es una secuencia metavolcano-sedimentaria de bajo a medio grado metamórfico (Sánchez Bettucci & Ramos, 1999; Sánchez Bettucci et al., 2001; Oyhançabal et al., 2005; Hueck et al., 2018; Oriolo et al., 2019), de edad mesoproterozoica (Bossi et al., 1998) (Fig. 6). Otros autores integran estas litologías dentro del Grupo Parque UTE (Chiglino et al., 2010; Gaucher et al., 2014) de edades mesoproterozoicas (Chiglino et al., 2010; Martínez 2013) y del Grupo Mina Verdún de edades mesoproterozoicas (Poiré et al., 2003; Poiré et al., 2005; Gaucher et al., 2011, Martínez 2013), asignándolas al Terreno Nico Pérez.

Donde el Grupo Parque UTE comprende una sucesión vulcanosedimentaria metamorfizada en facies esquistos verdes, compuesta de base a techo por: Formación Cañada Espinillo (metabasitas, metapelitas, metariolitas), Formación Mina Valencia (dolomías, calizas y margas) y Formación Cerro del Mástil (pelitas carbonosas, calizas y tobas ácidas) (Gaucher et al., 2014).

El Grupo Mina Verdún definido por Poiré et al. (2003, 2005) es una sucesión sedimentaria, el cual está conformada por las siguientes formaciones de base a techo:

Formación Don Mario (lutitas negras), Formación La Toma (margas verdes oscuras a negras), Formación El Calabozo (calizas grises, masivas, laminadas y estromatolíticas) y Formación Gibraltar (dolomías en tonalidades pálidas amarillentas, verdes y rosas hasta gris oscuras más calizas rosas y pelitas y margas negras). Conglomerados polimícticos de la Formación Las Palmas cubren a esta unidad mediante una discordancia angular (Poiré et al., 2005). Gaucher et al. (2007) agrega dos formaciones a este grupo y los describe como una sucesión metavulcanosedimentaria, de base a techo como: Formación Cerro de las Víboras (meta-riolitas), Formación Don Mario (pelitas, areniscas), Formación La Toma (margas), Formación El Calabozo (calizas estromatolíticas a Conophyton), Formación Gibraltar (dolomías principalmente, margas y calizas subordinadas) y Formación Nueva Carrara (lapilli-tufos ácidos y metamargas dolomíticas). Siendo descriptas en tres zonas de afloramiento entre Minas y Pan de Azúcar: Mina Verdún (estratotipo), Cantera Burgueño y Paso del Molino sobre el Arroyo Pan de Azúcar. En su trabajo final de grado Martínez (2013) estudia la petrografía y estratigrafía de Cantera Burgueño, propone excluir la Formación Nueva Carrara de dicho grupo ya que el contacto entre las formaciones Gibraltar y Nueva Carrara no es transicional sino tectónico mediante un cabalgamiento con vergencia sureste. Además, propone dejar el Grupo Mina Verdún en cinco formaciones (Cerro de las Víboras, Don Mario, La Toma, El Calabozo y Gibraltar).

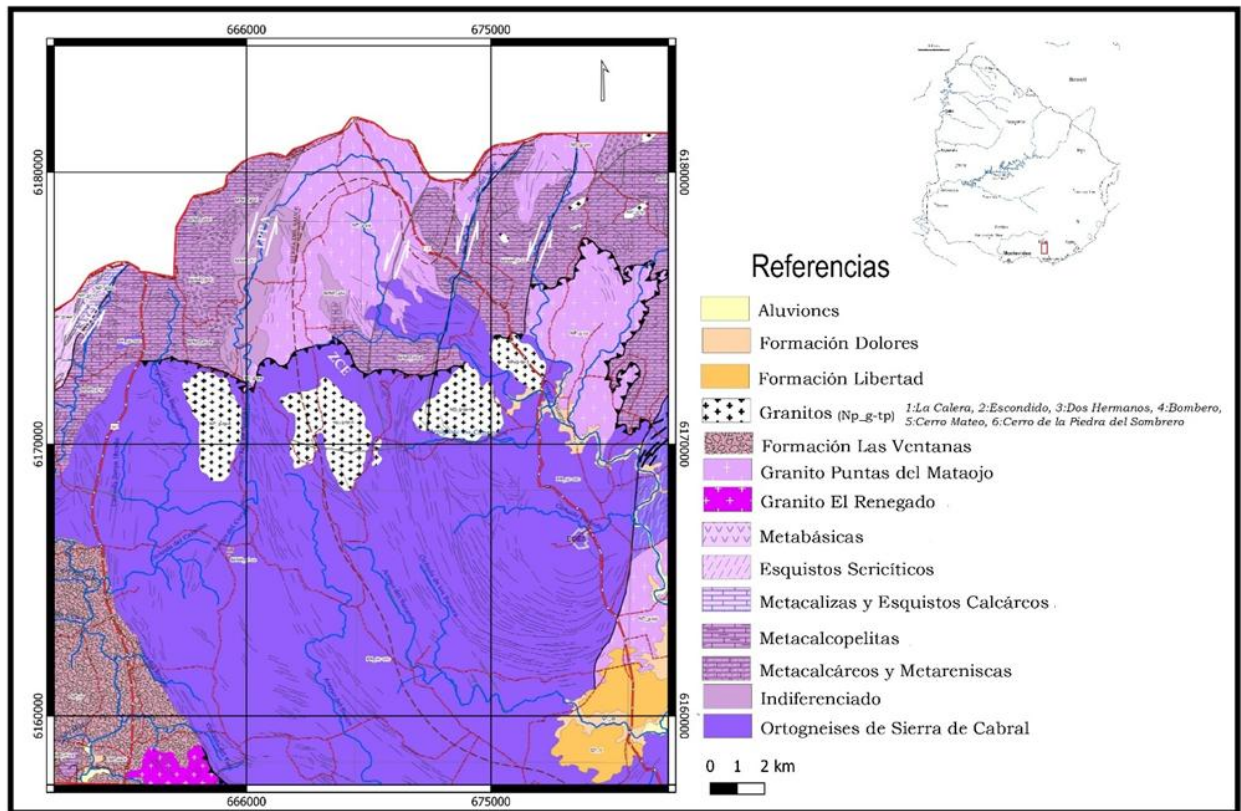


Fig. 6. Mapa geológico de la zona de estudio del Departamento de Maldonado, modificado de Spoturno et al. (2012).

Dentro del CDF, pero más hacia el norte del Complejo Zanja del Tigre, se encuentran los depósitos de mármol dolomítico que en un primer momento fue denominado Serie de Polanco por Goñi (1958) describiéndola como calizas marmóreas y mármoles, sugiriendo una posible edad silúrica (Paleozoico Inferior) (Fig.7). Tradicionalmente fueron consideradas como parte del Grupo Arroyo del Soldado de edad neoproterozoica (Gaucher, 2000). Estas litologías se asocian actualmente a la Formación Manguera Azul (Cabrera, 2014, Cabrera et al., 2014).

La Formación Manguera Azul, de edad paleoproterozoica, se describe como una secuencia carbonática-siliciclástica, compuesta por dos miembros dolomítico-siliciclástico y calcáreo de grado muy bajo metamórfico (Cabrera, 2014, Cabrera et al., 2014). Silva (2018) no habla específicamente de esta Formación como tal, pero describe

al mismo complejo como también de edades paleoproterozoicas, aunque las mismas secuencias sedimentarias presentan un metamorfismo medio.

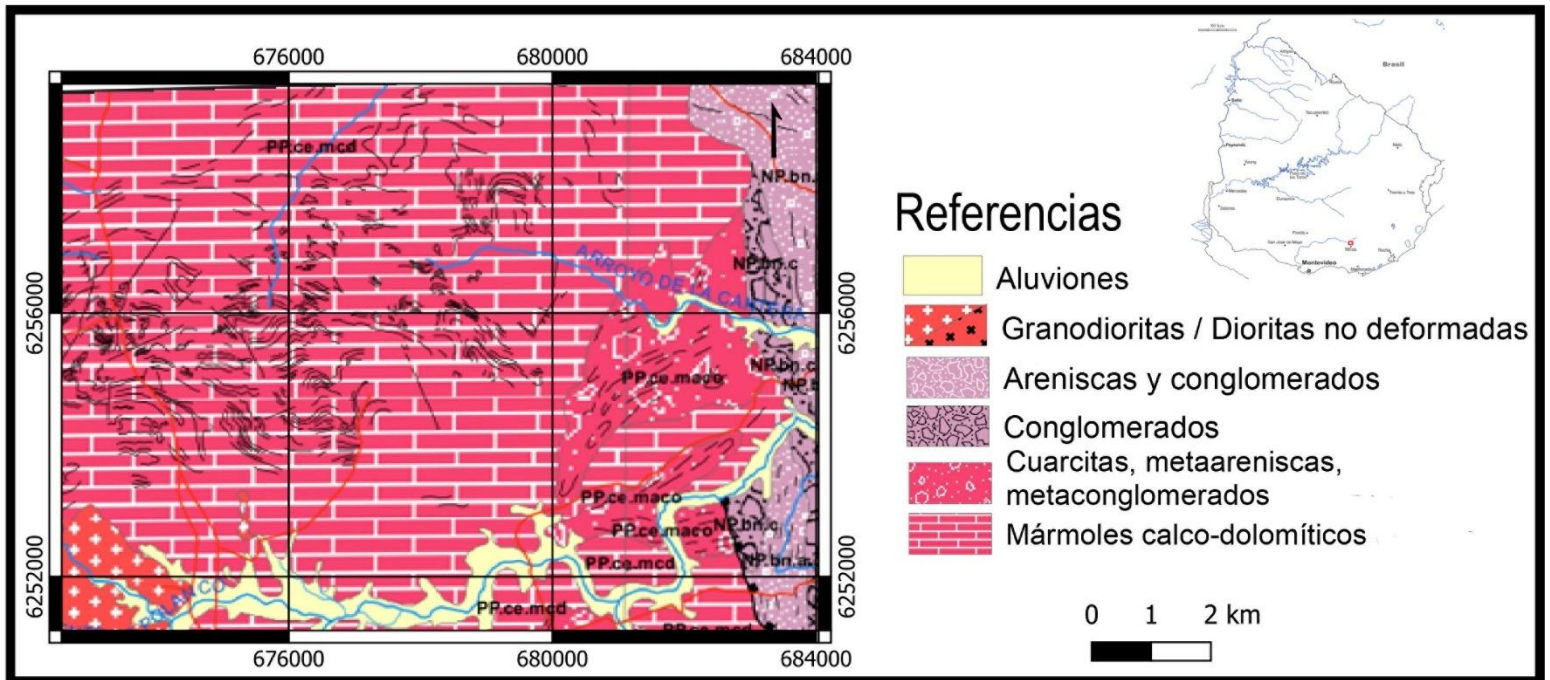


Fig. 7. Mapa geológico de la zona de estudio del Departamento de Lavalleja, modificado de Spoturno et al. (2019).

4.3 Antecedentes técnicos

A fines del siglo XIX y principios del siglo XX se comienza a desarrollar la industria de las rocas ornamentales en Uruguay, surgiendo los primeros informes geológicos y técnicos de los depósitos de mármol (Marstrander, 1914; Walther, 1925). En el Libro del Centenario de 1925 (Uruguay Consejo Nacional de Administración, 1925) aparecen cuatro variedades comerciales de mármoles explotados por la empresa Compañía de Materiales de Construcción (COMACO) (Fig. 8), los nombres de las variedades que allí aparecen, en este trabajo, los llamamos con los nombres comerciales conocidos: Nueva Carrara tanto variedad blanca (Arabescato oriental) como roja (Rojo oriental), Negro Ansina al Portoro, Verde Salus o Cipollino al Cipollino oriental. Más adelante Bossi (1969, 1978) recopila y publica doce variedades comerciales de mármol donde expone

fotografías y dibujos de los decores de estas. Ya en la década de los ochenta, la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) contrata a la empresa alemana Grundstofftechnik GmbH (1987) para realizar un reporte donde se relevan todas las canteras operativas, no sólo de mármol sino de otras rocas ornamentales, compilando la ubicación de estas y las variedades comerciales explotadas allí. De este trabajo la DINAMIGE publica la Memoria de la Carta de Materias Primas Minerales No Metálicas del Uruguay (Coronel et al., 1987), en ella se describen los mármoles explotados en el país, los colores y fábricas, pero aclara que las variedades comerciales mencionadas no son todas las explotadas en el país.



Fig. 8 Recorte de imagen del Libro del Centenario donde se observan cuatro (de superior izquierda a inferior derecha: Arabescato oriental, Portoro, Cipollino oriental y Rojo oriental) variedades de mármol explotadas por la empresa COMACO (Uruguay Consejo Nacional de Administración, 1925).

Uno de los trabajos más conocidos sobre rocas ornamentales y que expone las propiedades técnicas de estas, es el catálogo de Piedras ornamentales del Uruguay, realizado por Comunità Economica Europea-Uruguay (sin fecha). Este catálogo contiene treinta fichas de rocas ornamentales, no sólo de mármoles sino también de otras rocas

como gabros, granitos, limolitas, entre otras. Se enumeran valores de ensayos realizados como ensayos de carga puntual, hielividad, coeficiente de imbibición, resistencia al roce, rozamiento de deslizamiento y peso por unidad de volumen, siendo el objetivo principal dar a conocer las propiedades de estas e impulsar su conocimiento para la comercialización. Un trabajo más actual y que recopila toda la información disponible sobre los mármoles ornamentales uruguayos es la Base de datos de mármoles ornamentales uruguayos en el marco del Trabajo Final de Grado de Ginares (2020). Este hace una buena revisión histórica sobre los mármoles que se han utilizado y los datos de sus propiedades físicas (Tabla 2), décor y deterioro que presentan muchos de ellos.

Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas de algunos mármoles nacionales. Modificada de Ginares (2020).

Cdo	Nombre	Densidad (g/cm ³)	Porosidad (%)	Coeficiente de imbibición (‰)	Resistencia a la compresión uniaxial (X; Y; Z) (Mpa)	Resistencia a la tensión indirecta (X; Y; Z) (Mpa)	Resistencia a la flexión (X; Y; Z) (Mpa)	Resistencia a la abrasión (X; Y; Z) (Mpa)	Referencias
M01	Artigas	2,76	0,18	0,62	140,5; 123,2; 119,3	9,1; 8,8; 7,6	13,6; 21; 11	11,1; 8,5	2; 9
M04	Sirius	2,759	ND	0,73	88,9	ND	ND	38,1	2
M08	Rojo Marroquí	2,832	ND	1,98	120	ND	ND	26,4	2
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	2,929	ND	0,39	89,3	ND	ND	28,85	2
M17	Blanco Onix; Lauronix white	2,915	ND	0,75	122,6	ND	ND	31,5	2
M21	Blanco Perla	2,88	0,18	0,83	145,6; 137,7; 151,2	7,5; 7,7; 7,4	17	16,7; 16,7	2; 9
M24	Negro Tamara	2,84	ND	0,5	132,4	ND	ND	28,15	2
M25	Nueva Carrara	--	--	--	149	ND	ND	ND	11

2: Comunità Economica Europea (s.f.), 9: Ginares et al. (2016), 11: Walther (1925)

A nivel mundial la utilización de mármol como material ornamental lleva siglos, como es el caso de uno de los mármoles más conocidos del mundo como el de Carrara, originario de la Toscana al pie de los Alpes Apuanos en Italia, explotado por más de 2300 años

(Mark Barron, 2018). La sucesión de mármol en esta región tiene más de 1000 metros de espesor y aflora en un área de más de 300 km², lo que sugiere reservas de varios cientos de kilómetros cúbicos de roca, es un mármol con metamorfismo de facies de esquistos verdes, con una densidad entre 2,6 y 2,8 g/cm³, una resistencia a la compresión entre 50 – 100 MPa, las variedades que se obtienen son: el bianco (blanco) que constituye un 85% de la producción donde entran el blanco puro, veteados y marmolados, otra variedad es Bardiglio (Gris) que son mármoles grises, tanto lisos como veteados y por último mármoles con más color como el cippolino (rayas verdes y blancas), y variedades azuladas y violetas, que junto con los grises componen el 15% restante de la producción (Mark Barron, 2018).

Como valores de referencia de las propiedades físicas que presentan los mármoles a nivel mundial utilizaremos los expuestos en Siegesmund & Snethlage (2011). Allí se expresa que la densidad aparente (ρ_{bulk}) del mármol es de 2,71 g/cm³ en la mediana de los datos, reflejando una porosidad casi nula. Puede variar entre 2,64 y 2,82 g/cm³. La densidad de la matriz (ρ_{matrix}), que depende de la composición mineral, es de 2,710 g/cm³ para la calcita y 2,866 g/cm³ para la dolomita, lo que permite diferenciar mármoles calcíticos de dolomíticos. La porosidad del mármol es generalmente muy baja. Los valores medidos varían entre 0,02% y 0,87%. Sin embargo, la meteorización aumenta drásticamente la porosidad. Por ejemplo, el Mármol de Carrara puede pasar de una porosidad inicial de ~0,5% a más de 2% al deteriorarse, con un aumento significativo de los radios de los poros. En cuanto a esto cabe agregar que según la administración de Servicios Generales de los Estados Unidos (GSA, 2025) el mármol de alta calidad para uso arquitectónico debe exhibir una porosidad efectiva muy baja, generalmente inferior al 1% en volumen. Esta baja porosidad es una de las razones principales por las que el mármol se considera menos vulnerable a los efectos de lixiviación del agua en comparación con otras rocas porosas.

5 Resultados

5.1 Petrografía

En esta siguiente sección se describen las rocas comenzando por su décor y luego macro y microscópicamente, siguiendo el orden de zonas descrito en la sección 4.1. Las rocas descritas son las recolectadas y cedidas (sección 3.3.1).

5.1.1 Zona A - Ruta 81

5.1.1.1 Mármol Negro Oriental

Roca de fondo negro con bandas blancas de diferente grosor, muchas de ellas plegadas, con estilolitos negros y en ocasiones pátina de óxido. La textura es granoblástica levemente foliada y plegada, de grano muy fino con minerales de calcita (reacción HCl) y minerales de color negro, presenta bandas de grano fino a medio compuestas principalmente de calcita y cuarzo, estas en ocasiones están plegadas; de manera oblicua se disponen estilolitos de color negro (Fig.9).

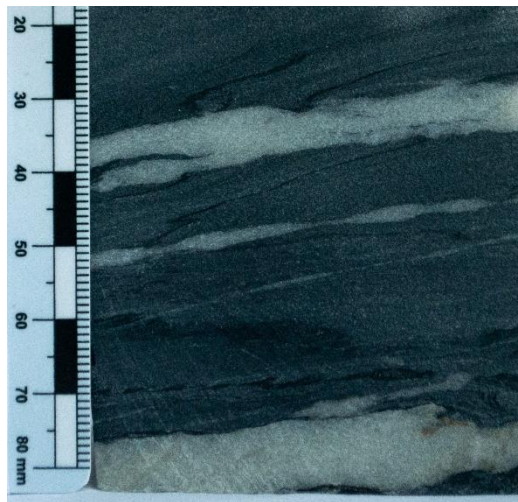


Fig. 9. Muestra de mano de Mármol Negro Oriental.

Microscópicamente, la roca se observa levemente foliada donde la mayoría de estos planos son de grano muy fino menores a 10 μm compuestos principalmente por calcita muchas de estas alargadas, cuarzo detrítico todos ellos redondeados, muchos de ellos con extinción ondulante, concentrados en bandas. Se observan estilolitos de minerales opacos, subparalelos a las bandas. También presenta venas con cristales de calcita de mayor tamaño de 100 a 160 μm , cuarzo con extinción ondulante y microclina en menor medida y diseminada, algunas de estas venas de granos más gruesos y compuestas solamente de calcita se encuentran rodeadas de flogopita y algunos óxidos. Se observan minerales opacos la mayoría de estos de hábito prismático (pirita) como accesorios diseminados, otros amorfos (Fig. 10). Por sus características petrográficas se puede definir a esta roca como metamórfica de bajo grado calcosilicatada.

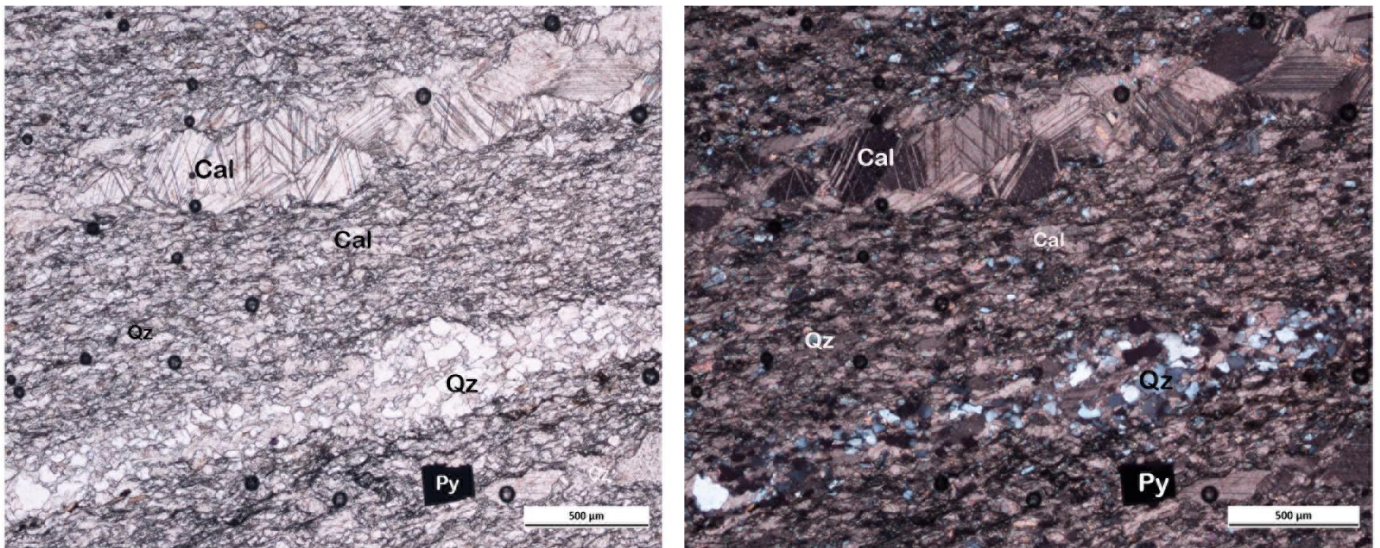


Fig. 10. Fotomicrografías Mármol Negro Oriental: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal), cuarzo (Qz) y pirita (Py).

5.1.1.2 Mármol Negro Imperio

Roca con bandas o dominios de color negro, gris claro y oscuro. Esta presenta textura granolepidoblástica. De grano muy fino donde se distinguen carbonatos posiblemente

dolomita por su baja reacción al HCl y cuarzo. Entre los dominios se observan minerales de color negro y hábito alargado. Los dominios claros presentan cristales de pirita de 2 μm dispersos. (Fig. 11)

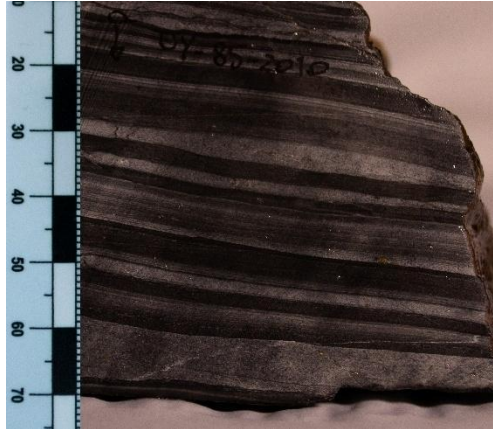


Fig. 11. Muestra de mano de Mármol Negro Imperio.

Al microscopio la roca se observa fuertemente bandeada, alternando dominios oscuros y claros de espesores que van 1600 a más de 2000 μm , generalmente las más oscuras son las más finas. Dentro de los dominios tenemos más de un 60% de dolomita, alargados y muy finos (menores a 20 μm), con cristales de cuarzo del mismo tamaño que la dolomita, pero algunos de ellos son de mayor tamaño (80 μm), en este dominio se puede observar biotita paralela a la foliación. Los dominios más oscuros también presentan minerales de tamaño muy fino de dolomita y cuarzo, pero presenta más filosilicatos de biotita y clorita, también muy finos, además es atravesado por venillas muy finas de cuarzo y dolomita. Se observan cristales de pirita de tamaño mayor que la matriz (entre 200 a 240 μm) como mineral accesorio y presente en ambas bandas (Fig.12). Por sus características se podría decir que esta roca es una metamarga dolomítica.

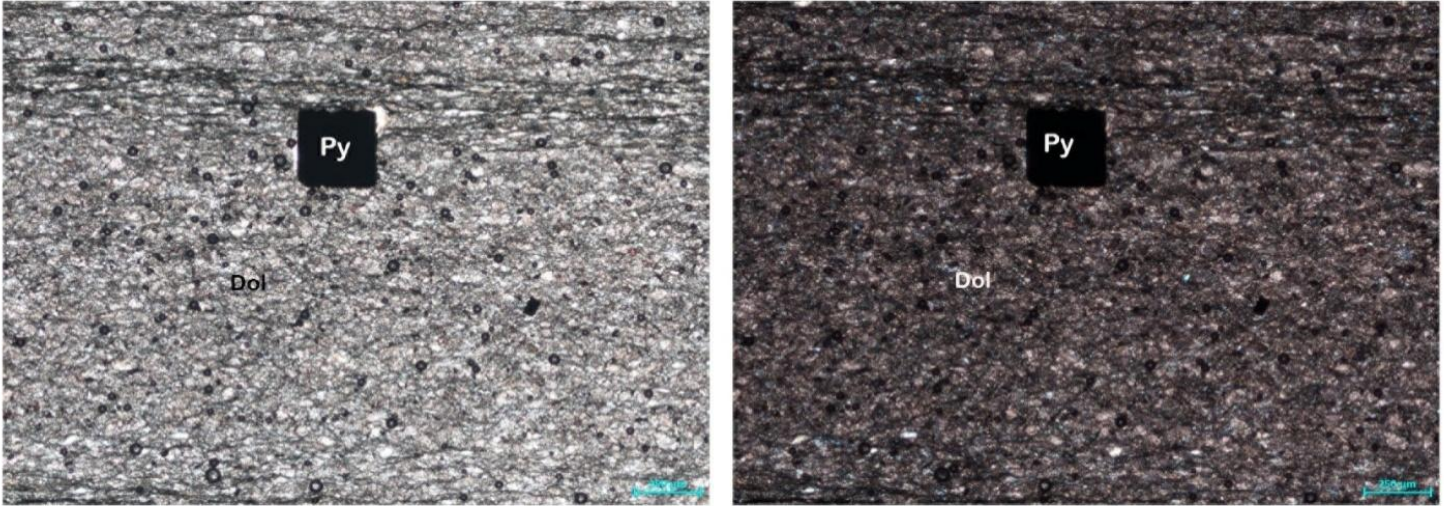


Fig. 12. Fotomicrografías Mármol Negro Imperio: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol) y pirita (Py).

5.1.2 Zona B - Cuchilla Alvariza

5.1.2.1 Mármol Artigas

Roca de fondo rosa a rojizo con bandas plegadas de verdes a negras. La textura de la roca es granoblástica, de grano medio a fino, compuesta principalmente por calcita (reacciona HCl), cuarzo, en las bandas de color más oscuro presenta minerales de anfíbol, muscovita y clorita (Fig.13).



Fig. 13. Muestra de mano de Mármol Artigas con sus dos decores.

En lámina delgada la roca presenta dos dominios, uno carbonático principalmente de tamaño medio 400 a 500 μm , por tinción de rojo de alizarina se observa principalmente calcita y menor medida dolomita, de bordes levemente lobulados y en ocasiones aserrados, entre los cristales de calcita se observan cristales de cuarzo de 100 μm con extinción simple y minerales de muscovita también entre los cristales de calcita y tamaño 160 μm . El otro dominio presenta minerales silicatados, compuesto por hornblenda levemente alargados de tamaño medio (100 μm) alguno de ellos alterados a clorita, minerales de cuarzo (entre 20 a 60 μm) algunos granoblásticos, otros levemente estirados y con extinción ondulante, algunos de ellos recristalizados, también presenta muscovita y talco, entre todos estos minerales silicatados se encuentran minerales opacos con una disposición alargada y forma amorfa, además en este dominio se observan que estos minerales se encuentran plegados y con clivaje de crenulación (Fig. 14). Por sus características podríamos decir que esta es una metamarga de grado bajo a medio.

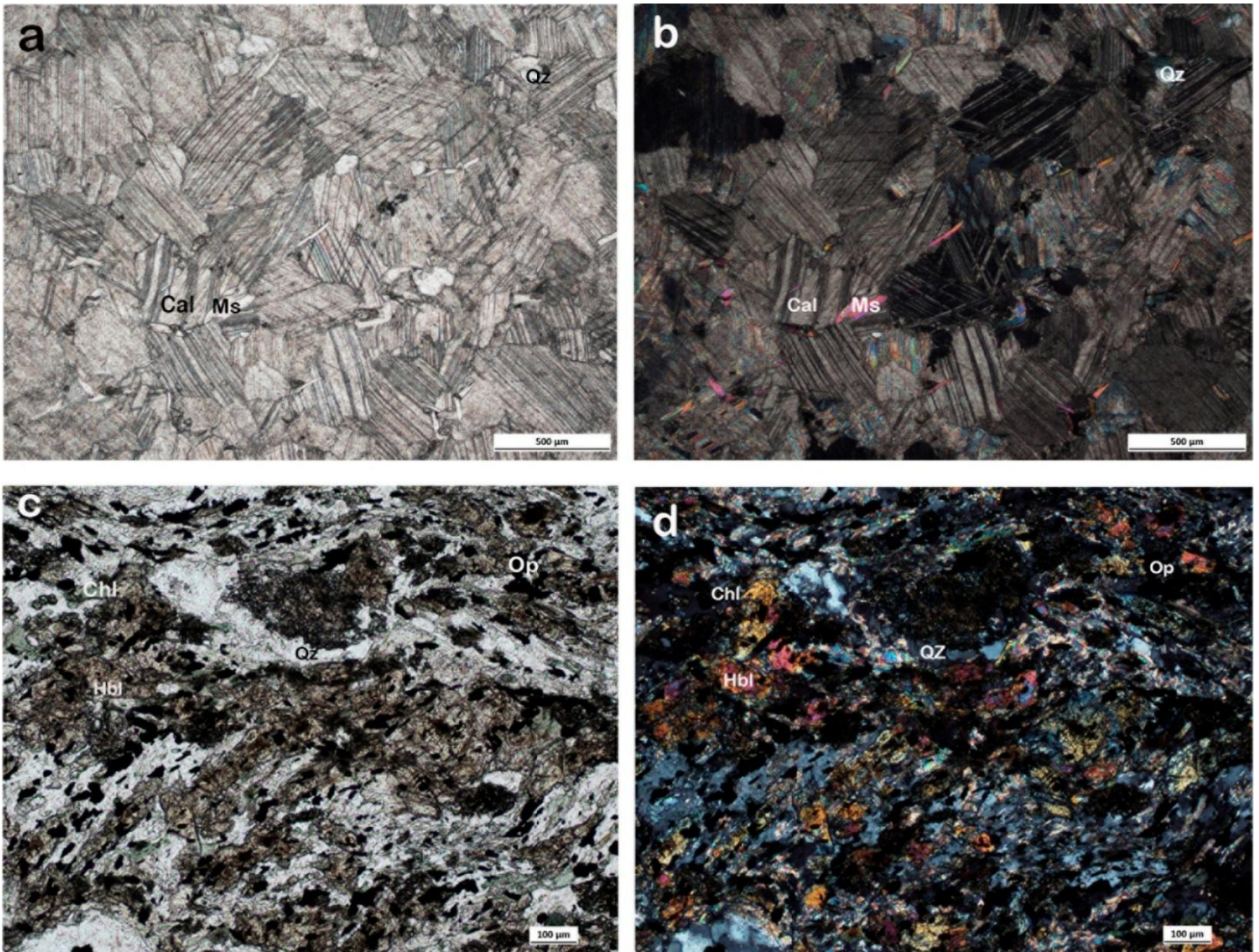


Fig. 14. Fotomicrografías; a: Luz polarizada plana del dominio carbonático, b: Polarizadores cruzados del dominio carbonático, c: Luz polarizada plana del dominio silicático, b: Polarizadores cruzados del dominio silicático. Donde se observan minerales de calcita (Cal), cuarzo (Qz), muscovita (Ms), clorita (Chl), hornblenda (Hbl) y opacos (Op).

5.1.2.2 Mármol Sirius

Roca de fondo blanco - beige con vetas beige a marrón con bandas plegadas de color marrón a verdoso, con halos rosados. Presenta una textura granoblástica, de grano fino a medio, compuesta principalmente por calcita (reacciona a HCl), con bandas compuestas principalmente de biotita (Fig. 15).

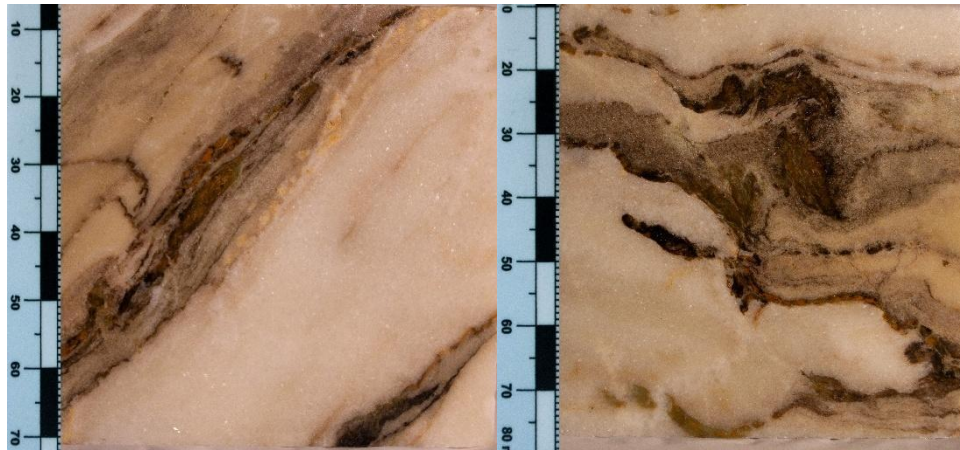


Fig. 15. Muestra de mano de Mármol Sirius con sus dos decores.

Microscópicamente, la roca presenta dos dominios, uno granoblástico de tamaño medio de 300 a 900 μm compuesto principalmente por 70% de cristales de calcita en mayor medida con bordes lobulados y algunos levemente aserrados. Algunas de estas calcitas presentan inclusiones de apatito. En ocasiones se observan pequeñas bandas de cuarzo de menor tamaño (40 a 100 μm) con extinción ondulante que se distribuyen entre los cristales de calcita, aisladamente en estas pequeñas bandas se observan minerales de muscovita. El otro dominio está compuesto principalmente por biotita, entre estos se observan opacos amorfos y alargados, acompañado de cristales de calcita de tamaño un poco menor al otro dominio (200 μm) y cuarzo con tamaños que van de 200 a 40 μm (Fig. 16). Esta es una metamarga de grado bajo a medio.

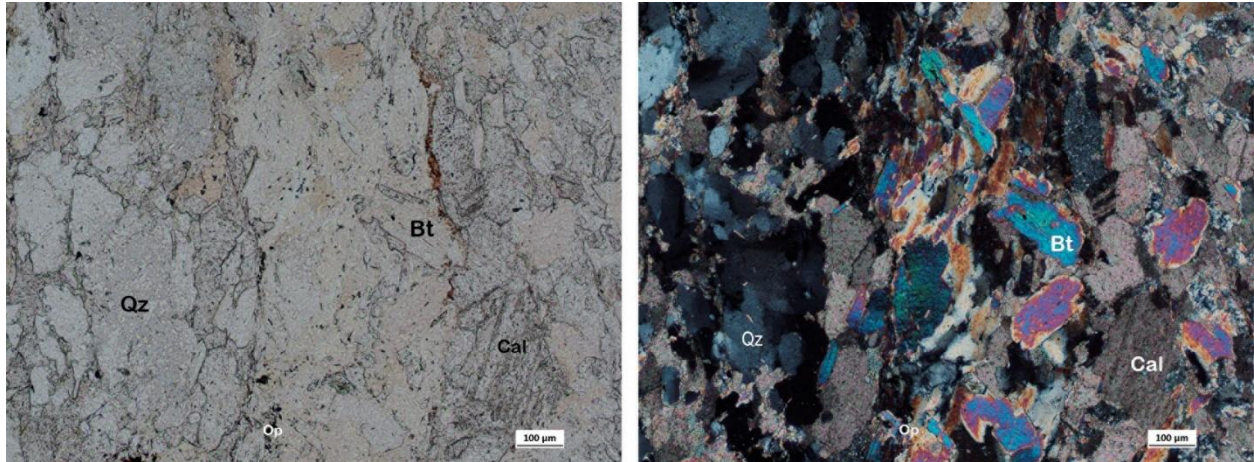


Fig.16. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal), cuarzo (Qz) y biotita (Bt).

5.1.2.3 Mármol Rojo marroquí

Roca de fondo rojo con venas blancas de diferentes espesores. De textura granoblástica muy fina compuesta de calcita y cuarzo, todos ellos con hidróxido de hierro que le da el color rojo. La roca presenta venillas de calcita de unos pocos mm a cm de espesor que recortan la roca y se entrecruzan entre sí (Fig. 17)



Fig. 17. Muestra de mano de Mármol Rojo Marroquí

En lámina delgada se observa que la roca es granoblástica de grano muy fino de 20 a 100 μm donde se distinguen cristales principalmente calcita un 80%, de bordes lobulados, también del mismo tamaño cristales de cuarzo con extinción simple, todos ellos afectados por venillas y halos de hidróxido de hierro que tiñen muchos de estos cristales y se deposita principalmente en los bordes de estos. Estos son cortados por venillas que van desde las 20 a más de 2000 μm , compuestas por cristales bien desarrollados de calcita, de tamaños entre 1200 – 2000 μm , la mayor parte de estas presenta bordes lobulados y otras levemente aserrados, en menor proporción de cuarzo con extinción ondulante y de tamaño menor que la calcita (Fig. 18). Esta es una metacaliza de grado bajo.

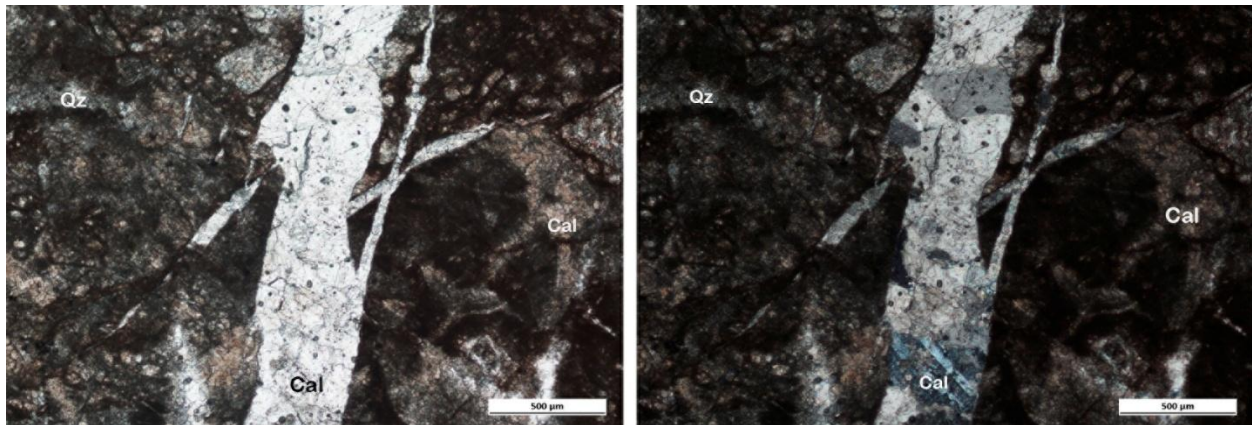


Fig.18. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan las venillas de calcita (Cal) y la matriz de calcita y cuarzo (Qz) con pátina de óxido de hierro.

5.1.2.4 Mármol Calcítico

Roca de fondo blanco con bandas de color beige a marrón, algunas grisáceas. De textura granoblástica compuesta principalmente por calcita, con bandas de filosilicatos como biotita y muscovita (Fig.19).

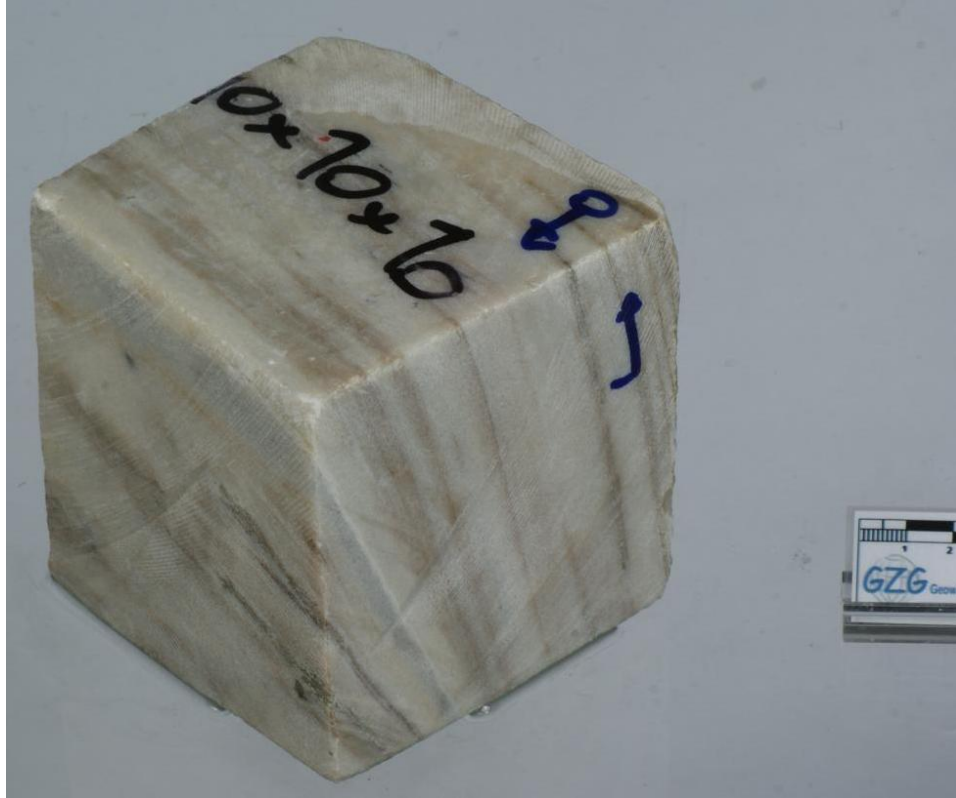


Fig. 19. Fotografía de muestra de mano de Mármol Calcítico.

Al microscopio se observa que la roca está compuesta por calcita principalmente (un 70%) de tamaño entre 200 a 500 μm , los bordes de los granos son aserrados, maclas deformadas y algunos cristales de calcita no se encuentran límpidos, tienen un aspecto turbio y alrededor de ellos se observan hidróxidos de hierro. También presenta granos cuarzo redondeado pequeños de 40 a 100 μm , alguno se observa agrupados en bandas con muscovita alrededor, granos de cuarzo de tamaño menor están englobados por cristales de calcita (textura poikilítica). Como accesorios, cristales de biotita aisladas y opacos de tamaño 40 μm amorfos y aislados (Fig. 20). Esta es una metacaliza impura de grado bajo.

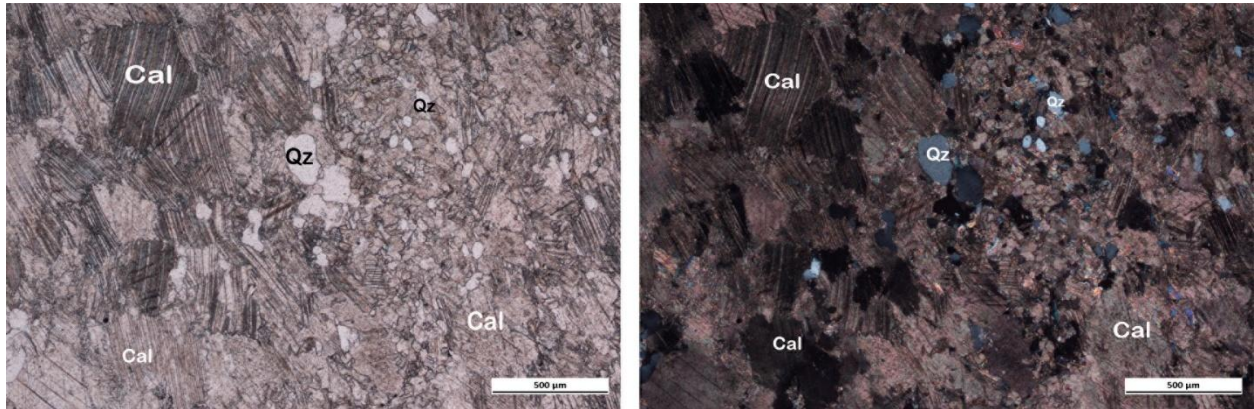


Fig. 20 Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal) y cuarzo (Qz).

5.1.3 Zona C - Zanja del Tigre

5.1.3.1 Mármol Venice Grey

Roca de fondo blanco grisáceo con tonos puntuales verdes y negros. Presenta textura granoblástica, de grano medio a fino, compuesto principalmente por dolomita (débil reacción HCl), cuarzo, tremolita y diópsido (Fig. 21).

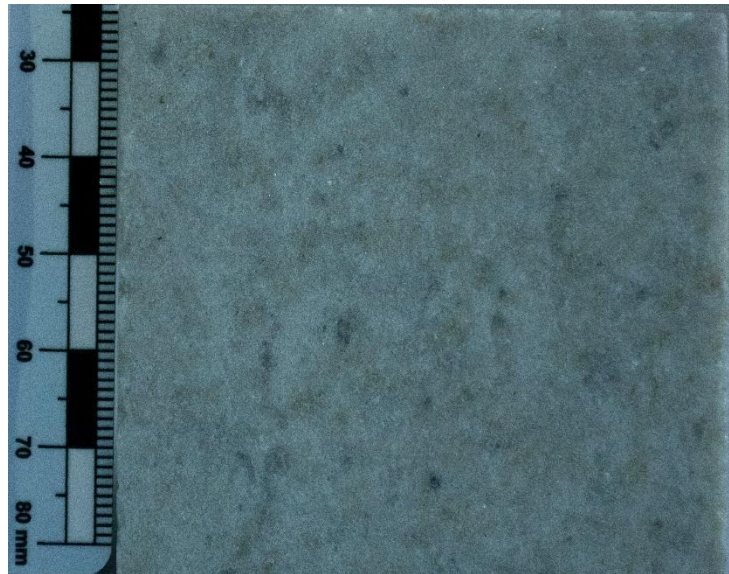


Fig. 21. Muestra de mano de Mármol Venice Grey.

Microscópicamente se observa una roca equigranular compuesta en 60% por dolomita de tamaños que van de 160 a 800 μm , de bordes lobulados algunos algo aserrados, muchos de ellos con aspecto turbio. Presenta minerales silicatados, entre ellos diópsido que se encuentra dentro de una vena en forma de flujo con bordes que presentan frente de reacción con los minerales de su alrededor (Fig. 22). Además, tremolita con algunas caras basales de los cristales y otras con hábito fibroso, también se observan bandas de flogopita y biotita. Muy puntualmente se pueden ver cristales de feldespatos alterados a calcita, en algunos sectores de la lámina se observan cristales cuarzo del mismo tamaño que la dolomita, algunos de ellos con extinción ondulante. Por sus propiedades petrográficas esta roca se puede clasificar como una metadolomía impura de metamorfismo medio.

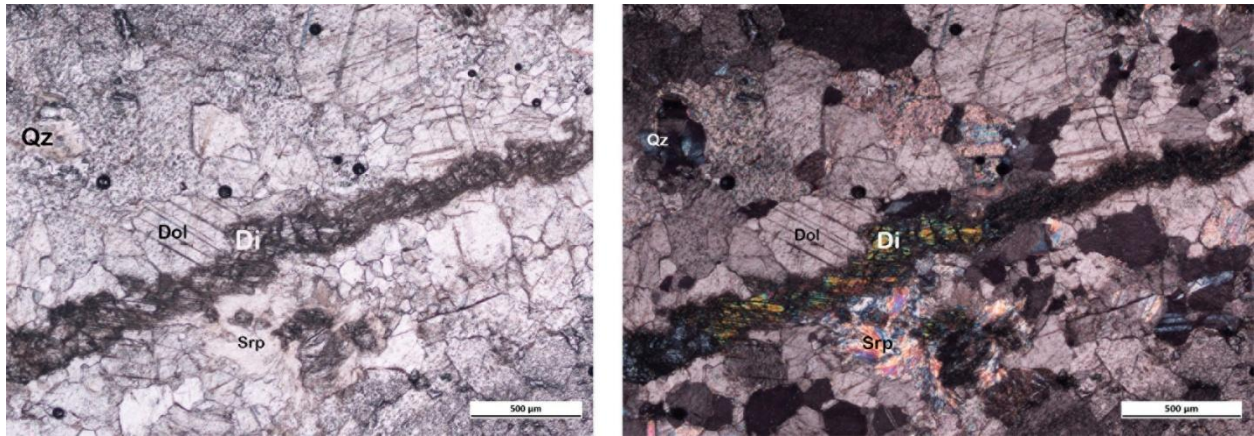


Fig. 22. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol), cuarzo (Qz), serpentina y diópsido (Di).

5.1.3.2 Mármol San Agustín

Roca de fondo blanco con tonos rojos puntuales y negros. De textura granoblástica compuesta principalmente por dolomita de color blanca y en ocasiones rojizas, cuarzo transparente y rosa. Con presencia de un mineral de color marrón oscuro casi negro, de hábito redondeado a prismático que en las zonas expuestas a la intemperie quedan de color rojizo, posiblemente hematita (Fig. 23).

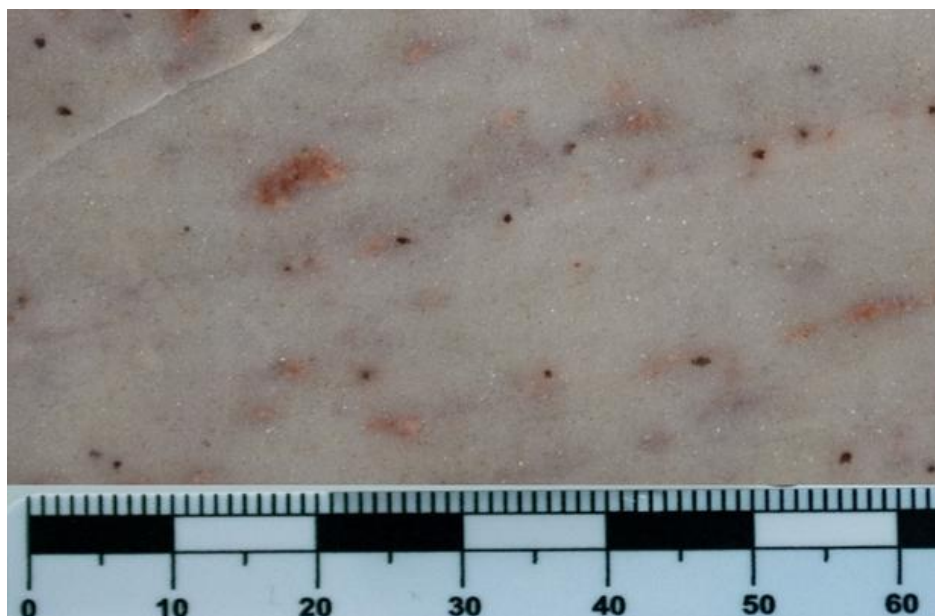


Fig. 23. Muestra de mano de Mármol San Agustín.

En lámina delgada se observa una roca compuesta principalmente por dolomita (un 80%) bien desarrollada de tamaño entre 260 a 400 μm , bordes lobulados, algunos de ellos levemente aserrados, muchos de ellos con un aspecto turbio. Del mismo tamaño y entre los cristales de dolomita se encuentran los minerales flogopita y muscovita, también la presencia de cuarzo de tamaño entre 100 a 240 μm , de extinción simple, siendo algunos de ellos de hábito redondeado. Como mineral accesorio opacos de hábito redondeado la mayoría y algunos prismáticos, y de tamaño entre 20 a 80 μm (Fig. 24). Esta roca es una metadolomía de grado bajo.

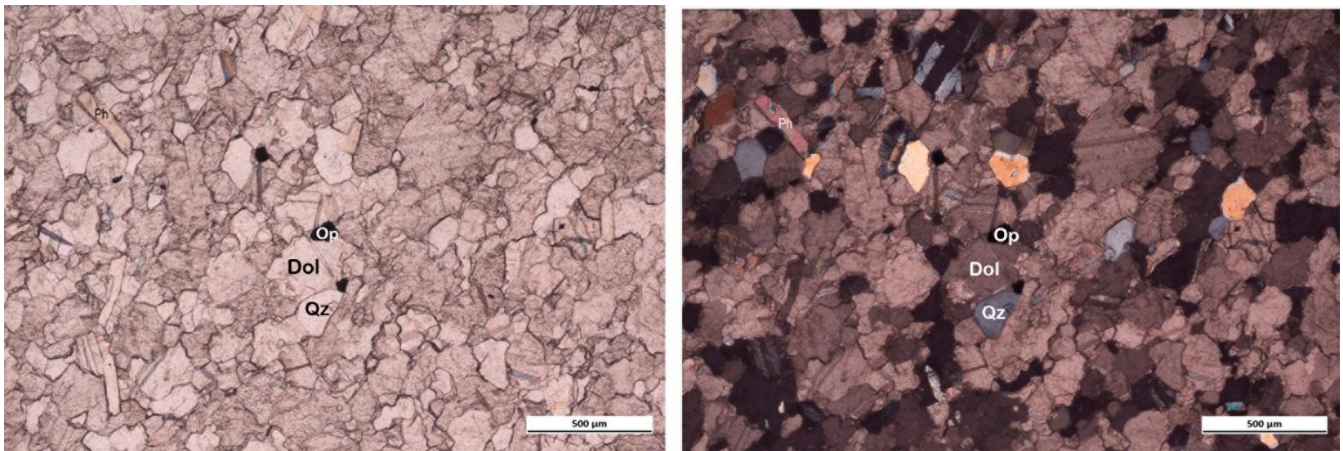


Fig. 24. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol), cuarzo (Qz) y opaco (Op).

5.1.4 Zona D - Arroyo Pan de Azúcar

5.1.4.1 Mármol Abayubá

Roca de fondo blanco a gris con bandas anchas de color marrón, verdosas a grisáceas. Presenta textura granoblástica, de grano fino, compuesta principalmente por calcita (reacciona a HCl) en las bandas se observan con presencia de filosilicatos como flogopita y biotita, aisladamente se observan cristales de pirita, algunas bandas se observan dislocadas (Fig. 25).

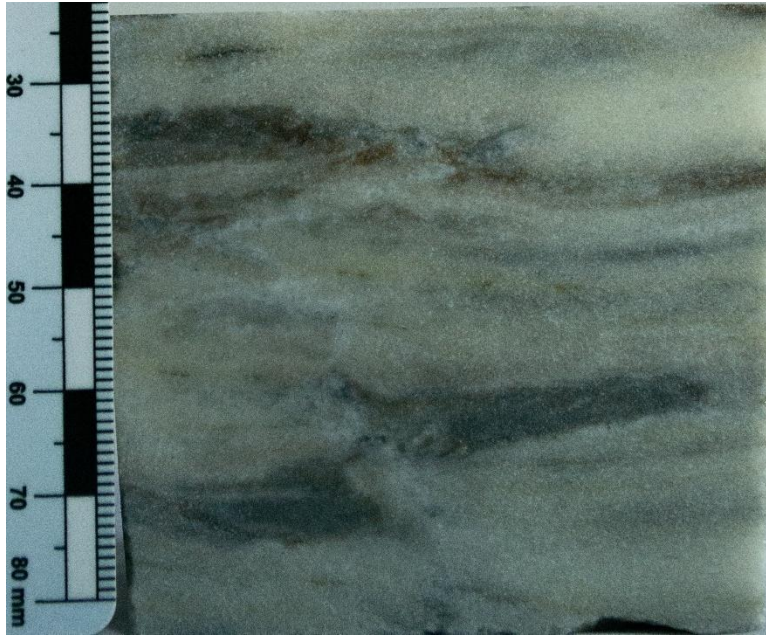


Fig. 25. Muestra de mano de Mármol Abayubá.

Al microscopio se observan dos dominios de textura granoblástica, equigranular de tamaño entre 700 a 800 μm , compuesta principalmente de cristales de calcita (un 70%) bien desarrollados, con maclas finas, bordes aserrados y algunos lobulados, en algunas zonas se observa que los cristales de calcita no están límpidos y con algún hidróxido de hierro a su alrededor, otros cristales de calcita tienen en su interior cristales de cuarzo redondeados y muy pequeños. También se observan cristales de cuarzo que presentan extinción ondulante, de tamaño entre 40 a 100 μm y accesorios minerales opacos de tamaño 40 a 100 μm , con hábitos prismáticos (pirita). El otro dominio cuenta con granos de calcita y cuarzo más finos, entre 100 a 160 μm , con bandas principalmente de flogopita y biotita en menor cantidad, en ocasiones se observa que las bandas de filosilicatos están levemente plegadas (Fig. 26). Esta es una roca metamórfica calcosilicatada de grado bajo.

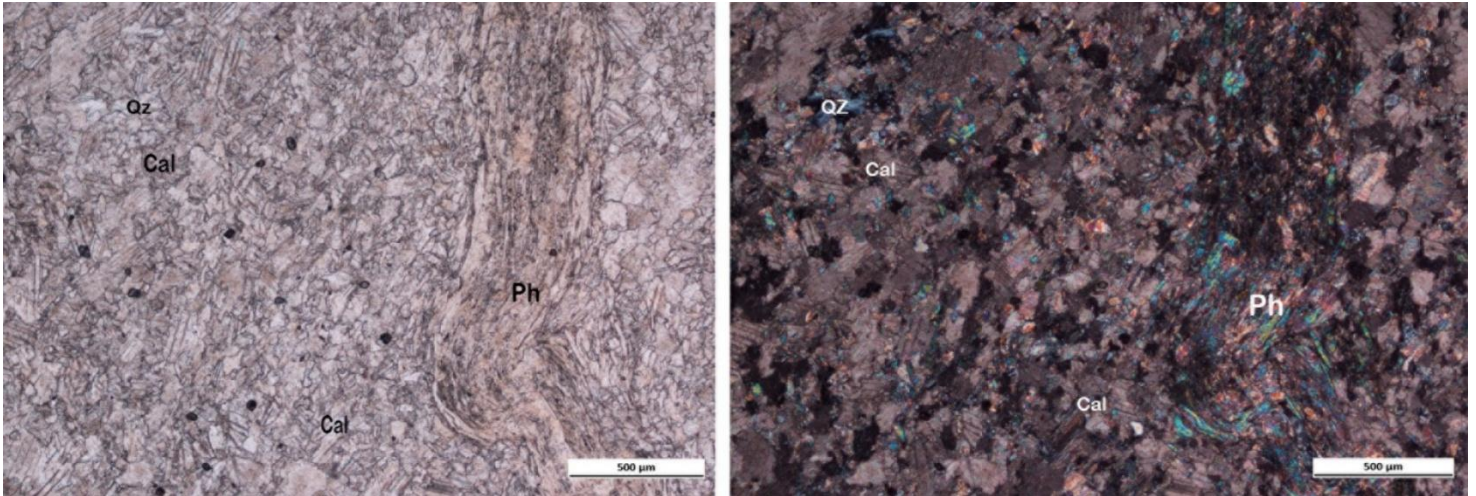


Fig. 26. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal), cuarzo (Qz), flogopita (Ph).

5.1.4.2 Mármol Blanco Perla

Roca de fondo blanco a beige con vetas finas marrones y puntos verdes. Con textura granoblástica sacaroide de grano muy grueso, compuesta principalmente por dolomita (débil reacción HCl) y como accesorios se observan cristales de olivino (Fig. 27).

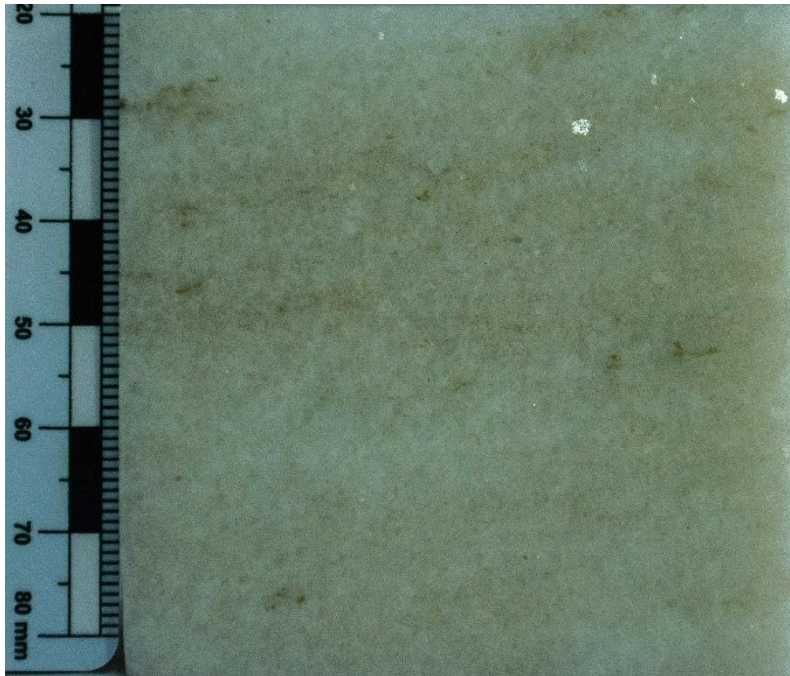


Fig. 27. Muestra de mano de Mármol Blanco Perla.

Microscópicamente la roca es de textura granoblástica de cristales de tamaño medio a grueso de entre 700 a 2000 μm , compuesta en un 80% por dolomita (por tinción de rojo de alizarina) de bordes bien desarrollados y uniones triples entre los cristales, algunos de los cristales no se ven del todo límpidos. Además, presenta cristales de gran tamaño de olivino mayor a 2000 μm , estos se encuentran dispersos por la roca. Como minerales accesorios se observan filosilicatos (talco, muscovita y clorita) en zonas muy puntuales y entre los cristales de dolomita (Fig. 28). Por sus características petrográficas se puede clasificar como una metadolomía de grado medio.

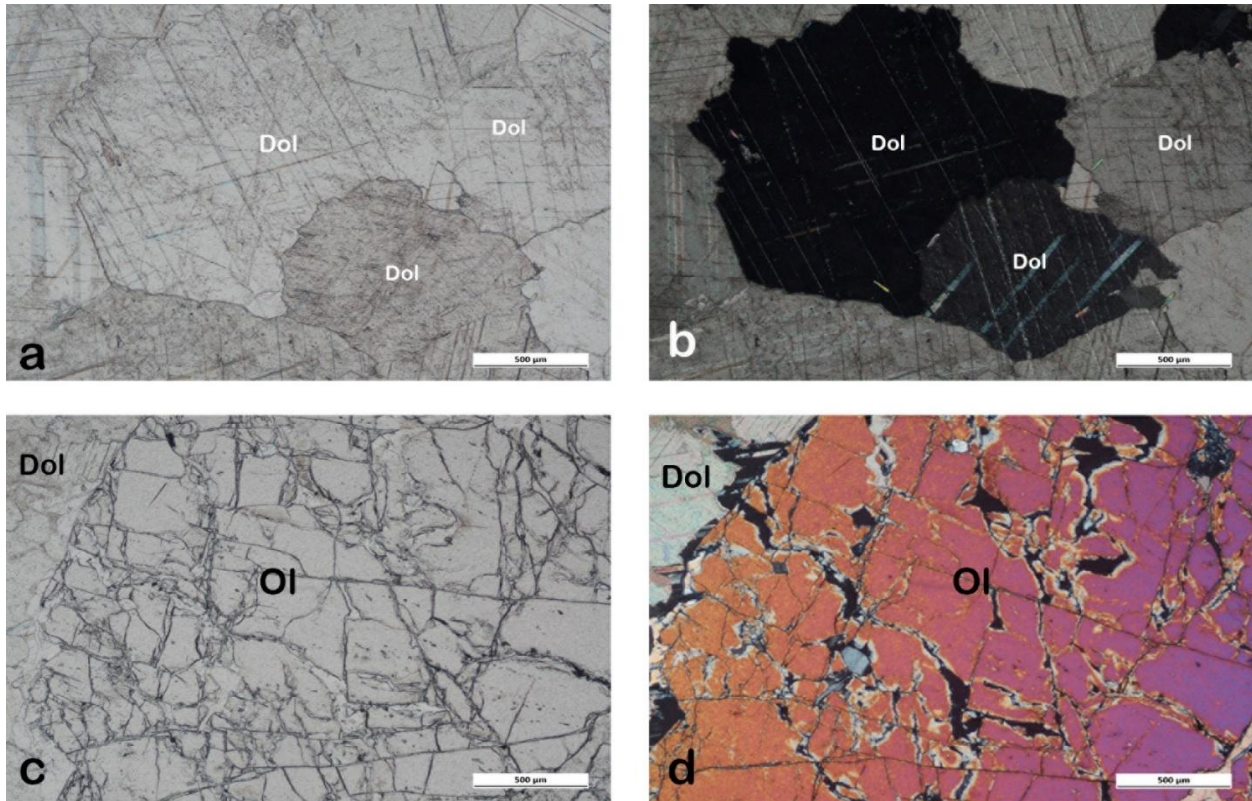


Fig. 28. Fotomicrografías; a y c: Luz polarizada plana, b y d: Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol) y olivino (Ol).

5.1.4.3 Mármol M99 – no identificado

Roca de fondo blanco con bandas plegadas de color beige a verdoso. Presenta textura granoblástica de grano medio a fino, compuesta principalmente por dolomita (reacciona débilmente al HCl), las bandas están compuestas principalmente por tremolita, piroxenos y olivinos (Fig. 29).

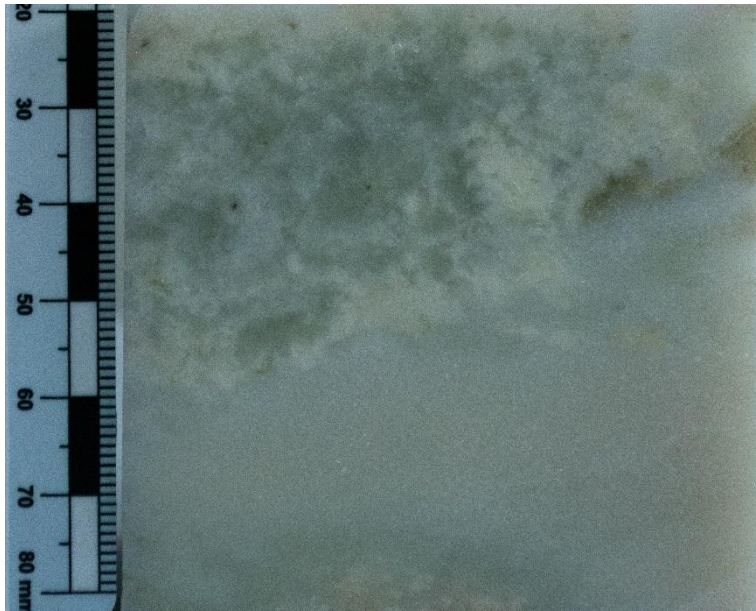


Fig. 29. Muestra de mano de Mármol No Identificado.

En lámina delgada se observa una roca con textura granoblástica, compuesta principalmente por dolomita (un 60%) de tamaño medio 200 a 400 μm de bordes lobulados. Se observan zonas donde se agrupan cristales basales de tremolita de tamaño entre 50 a 200 μm (Fig. 30c y d), también vemos estos cristales entre los minerales de diópsido y olivino. Los cristales de diópsido son de gran tamaño entre 1600 a 2000 μm y se observa que sus bordes están en reacción con el medio. Aisladamente y entre los cristales de dolomita se observan cristales de talco. Esta es una roca metamórfica dolomítica calcosilicatada de grado medio.

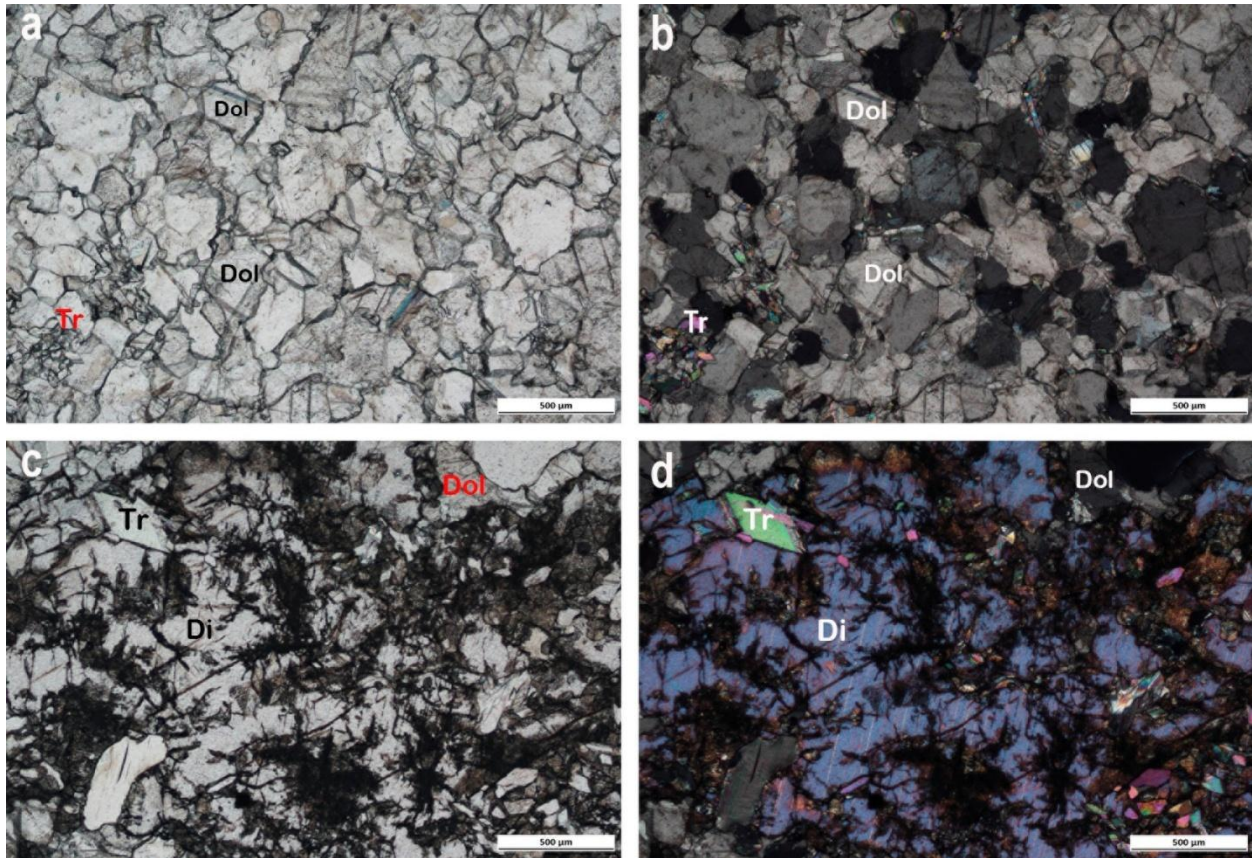


Fig. 30. Fotomicrografías; a y c: Luz polarizada plana, b y d: Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol), tremolita (Tr), diópsido (Di).

5.1.4.4 Mármol Centrone

Roca de fondo rosa a beige con bandas negras, verde a marrón rojizo, con estilolitos rojos. Presenta textura granoblástica, de grano medio a fino, compuesto principalmente por calcita (reacciona HCl) presenta bandas con minerales de biotita, clorita y anfíbol (Fig. 31).

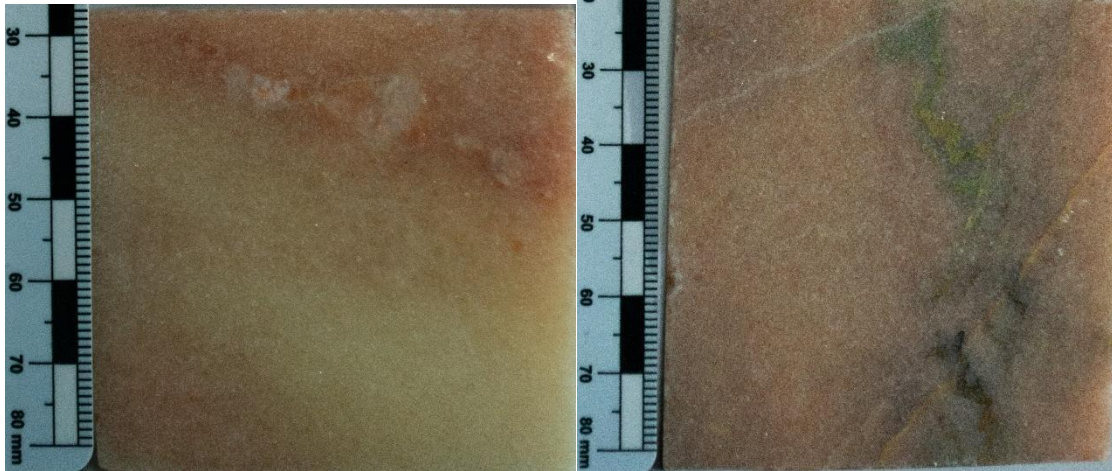


Fig.31 Muestra de mano de Mármol Centrone con sus dos decores.

Al microscopio se observa una roca de textura granoblástica, principalmente equigranular de tamaño medio entre 600 a 900 μm , estos son cristales de calcita (70%), bordes definidos y uniones triples, algunos de estos cristales presentan en su interior cristales de cuarzo redondeados (textura poikilítica), muchos de los cristales de calcita no se encuentran límpidos, también se han observado en algunos cristales pequeñas fracturas de pocas micras. Presenta bandas de cristales bien desarrollados de biotita de tamaño 100 a 250 μm , algunas de estas bandas contienen cristales de tremolita, clorita y diópsido. Subordinadamente se observan cristales de cuarzo muchos de ellos con extinción ondulante y otros no (Fig. 32). Es una metacaliza impura de grado medio.

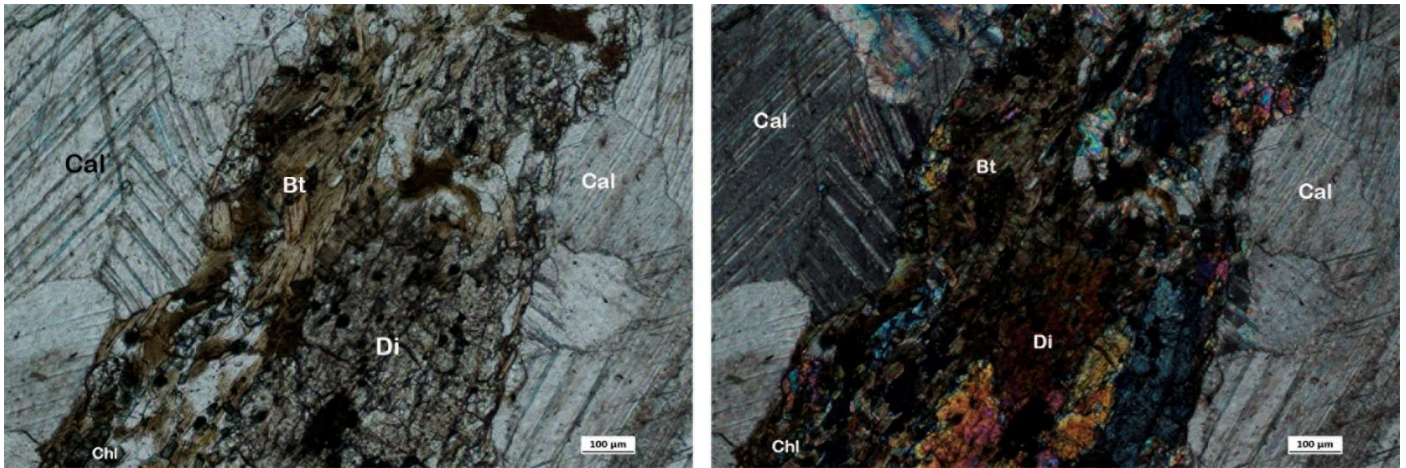


Fig. 32 Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal), biotita (Bt), diópsido (Di) y clorita (Chl).

5.1.4.5 Mármol Travertino

Roca de fondo marrón claro a beige con bandas que van del blanco crema, verdoso al marrón. Con textura granoblástica, de grano medio a fino, compuesto principalmente por dolomita (reacciona débilmente al HCl), cuarzo y con bandas de flogopita y muscovita. La mayoría de las muestras se encuentran muy fracturadas (Fig. 33).

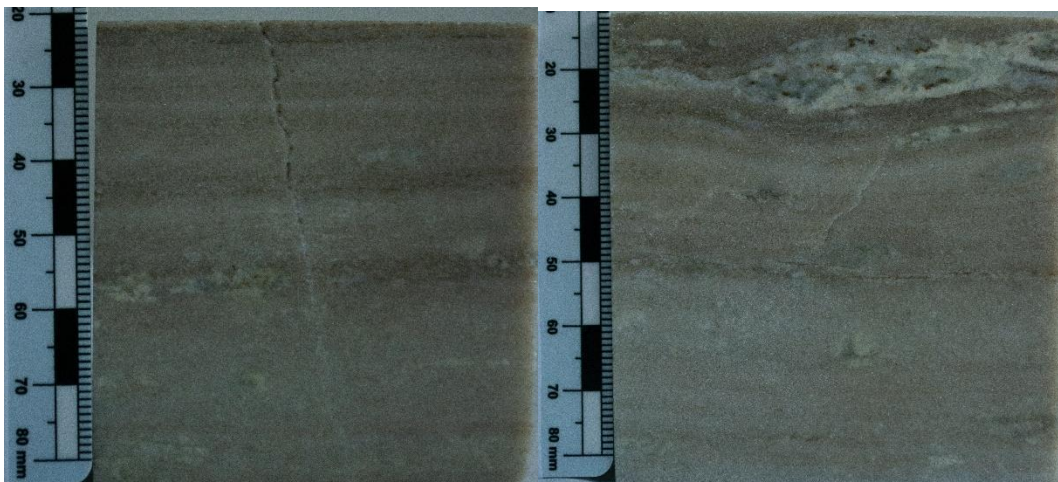


Fig. 33. Muestra de mano de Mármol Travertino con sus dos decores.

Microscópicamente se observa una roca de textura granoblástica, compuesta por un 80% de dolomita de tamaño medio de 100 a 300 µm de bordes bien definidos y uniones triples,

entre estos se observan cristales de flogopita de tamaño de 90 a 250 μm . La roca presenta bandas formadas predominantemente por filosilicatos: flogopita, muscovita, talco y sericita, alrededor de estas bandas los carbonatos ya no se ven tan límpidos y los bordes son aserrados (Fig. 34). Por sus características petrográficas esta es una metadolomía impura de grado bajo a medio.

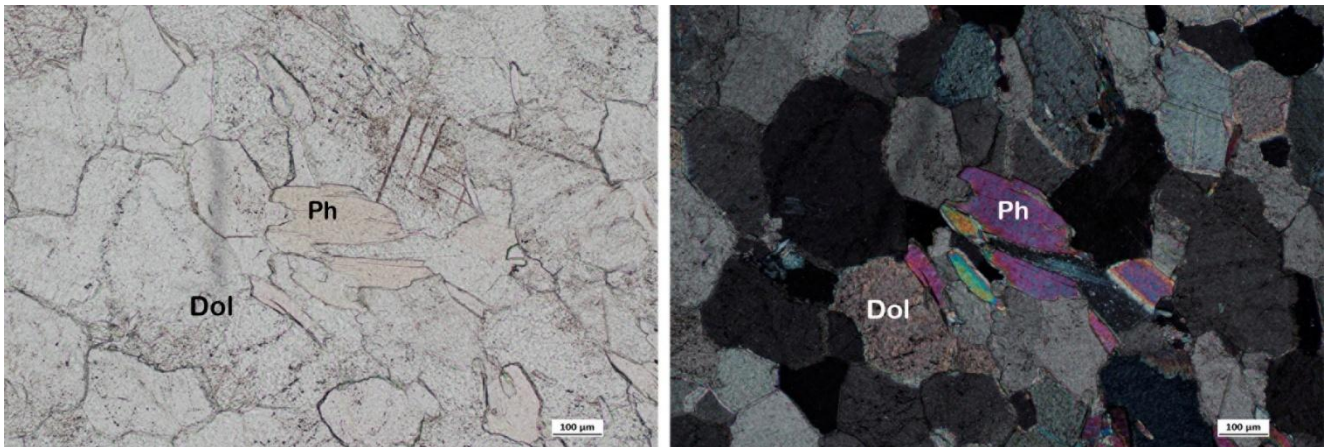


Fig.34. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol), flogopita (Ph).

5.1.5 Zona E - Cerro de las Ventanas

5.1.5.1 Mármol Nueva Carrara

Roca de fondo blanco con tonos rojos y amarillo - ocre, presencia de estilolitos de color negro, ocre y rojo. Presenta textura granoblástica, de grano muy fino, compuesta principalmente calcita (reacciona a HCl) y cuarzos muy pequeños. Con presencia de estilolitos de hematita y carbonatos colores negro, ocre – amarillo y rojos (Fig.35). En algunas secciones se pueden observar formas cónicas que según la bibliografía son estromatolitos (Gaucher & Poiré, 2009).

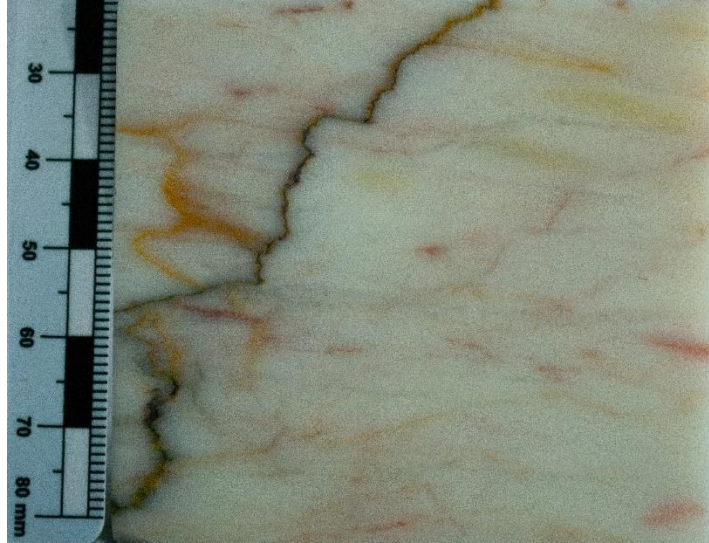


Fig.35. Muestra de mano de Mármol Nueva Carrara.

En lámina delgada se observa una roca de textura granoblástica, inequigranular, con bandas de grano fino entre 30 a 40 μm y de grano más grueso entre 480 a 1340 μm , estas últimas no sólo son paralelas a las de grano fino sino perpendiculares a estas, entre cruzándose entre ellas. Las bandas de grano fino son más anchas y predominan en la roca. Ambas están compuestas por cristales calcita (un 70%), con baja proporción de dolomita y cuarzo. Las bandas de grano fino presentan gran cantidad de minerales opacos, mientras que las de grano grueso están compuestas principalmente por cristales de calcita de bordes aserrados, en menor proporción cristales de cuarzo algunos de estos con extinción ondulante. Los cristales tanto de calcita como de cuarzo en la lámina no se encuentran límpidos. En ocasiones se observan pequeñas bandas de muscovita (Fig.36). Esta es una metacaliza de bajo grado metamórfico.

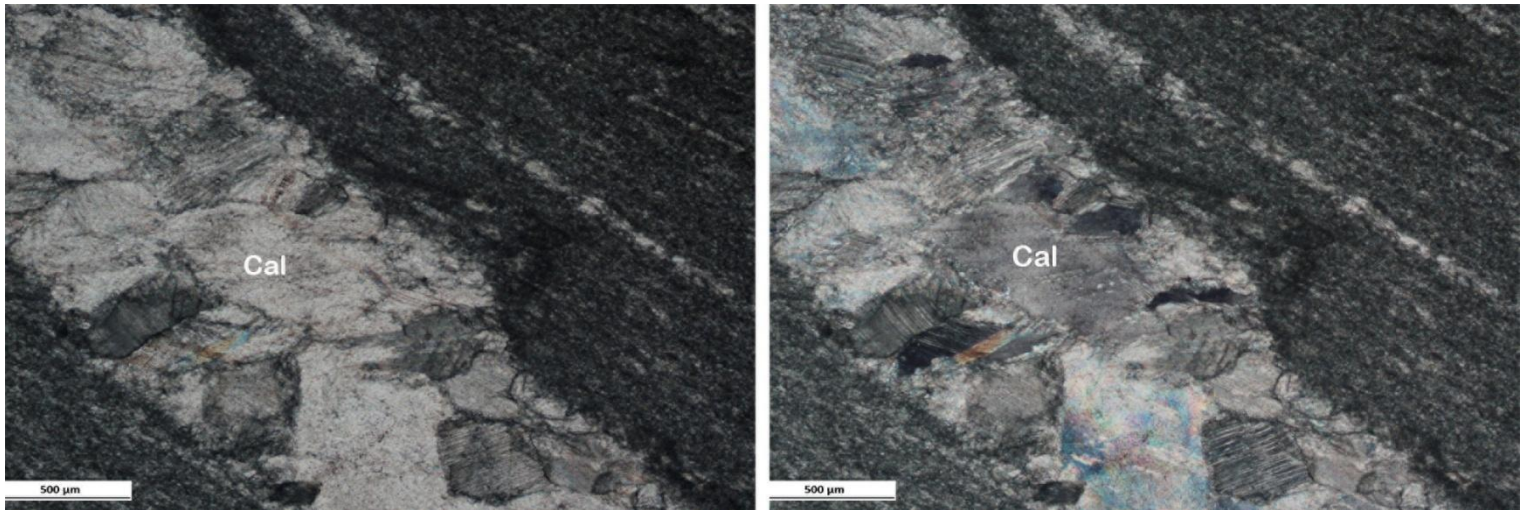


Fig. 36. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observa cristales de calcita (Cal).

5.1.5.2 Mármol Negro Ansina, Charrúa o Portoro

Roca de fondo negro con vetas y estilolitos blancos. Con textura granoblástica, levemente foliada, de grano fino, compuesta principalmente por calcita (reacciona HCl), cuarzo y minerales opacos, en algunas zonas presenta pátinas de óxido (Fig. 37).

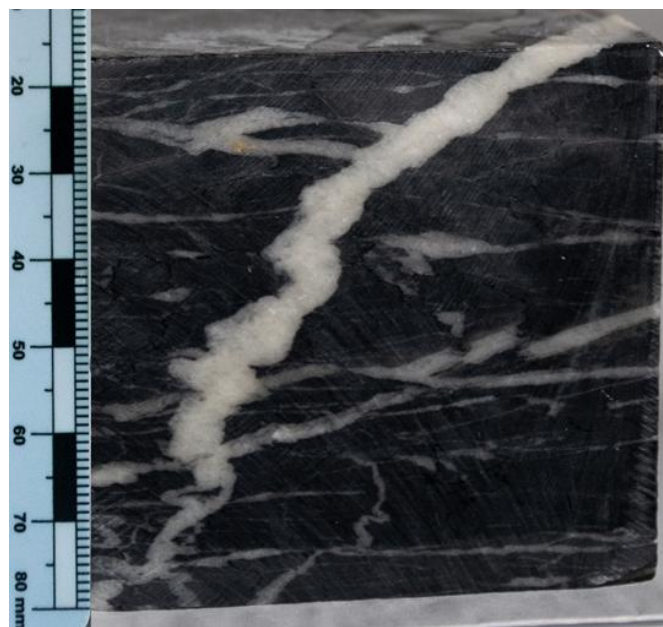


Fig. 37. Muestra de mano de Mármol Negro Ansina, Charrúa o Portoro.

Microscópicamente se observa una roca de matriz de grano fino compuesta principalmente por cristales de calcita (un 80%) de tamaño 10 a 80 μm intercalado con minerales opacos de hábito alargados y en menor proporción cuarzo. Esta matriz es cortada por venas que van de las 10 a 600 μm de ancho, compuestas principalmente por calcita de tamaño entre 10 a 200 μm de bordes aserrados aspecto un poco turbio en muchas de estas venas, también algunas de ellas presentan cristales de cuarzo y alrededor de las venas más gruesas se observan minerales opacos de hábito alargado (Fig. 38). Esta es una metacaliza de bajo grado.

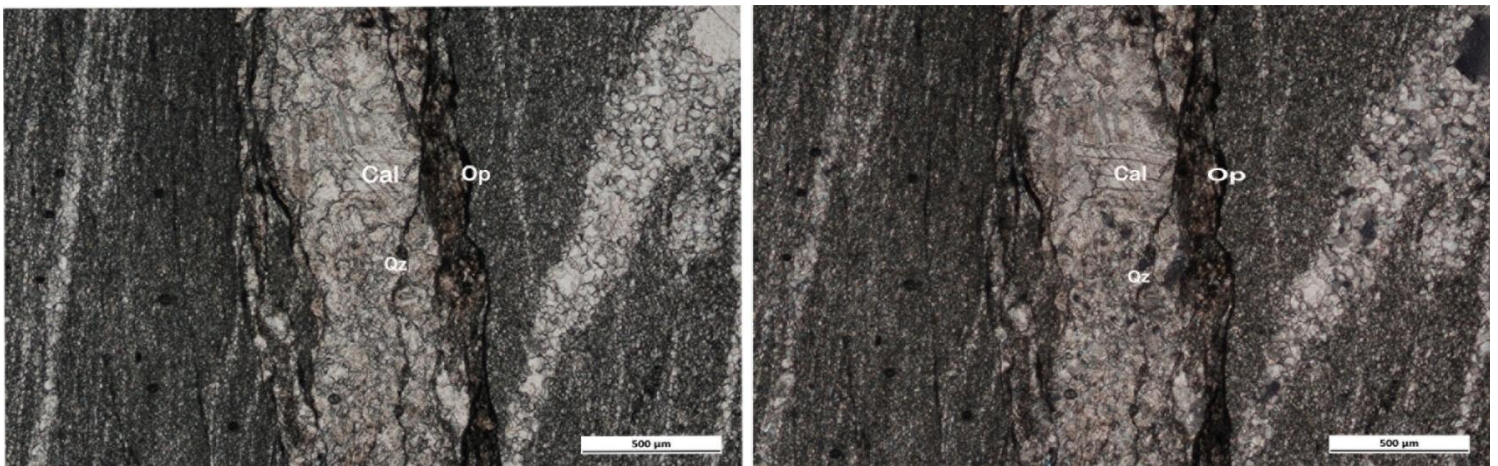


Fig. 38. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de calcita (Cal), cuarzo (Qz) y opaco (Op).

5.1.6 Zona F - Polanco

5.1.6.1 Mármol Blanco Ónix

Roca de fondo blanco con bandas de color beige a verde. Presenta textura granoblástica, sacaroide compuesta principalmente por dolomita (débil reacción HCl) y se observan cristales de anfíbol y olivino (Fig. 39).

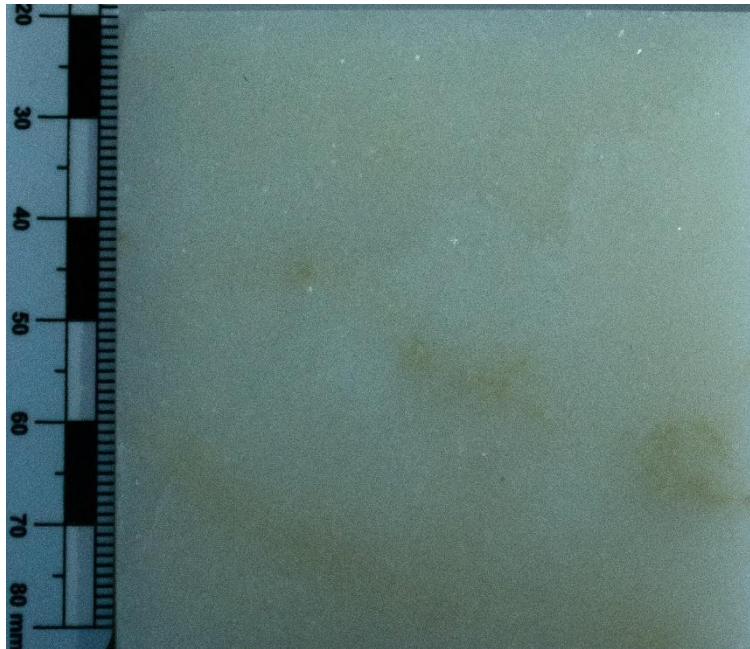


Fig. 39. Muestra de mano de Mármol Blanco Ónix.

En lámina delgada se observa una roca de textura granoblástica compuesta principalmente por un 80% de dolomita (por tinción de rojo de alizarina) y calcita en menor medida, con bordes en su mayoría bien desarrollados y uniones triples entre la dolomita, de tamaño 600 a 1200 μm . En zonas puntuales de la lámina se observan cristales de tremolita, de tamaño 100 a 300 μm , se observó uno de estos cristales con inclusiones de apatito. También cristales de tamaño entre 250 a 1000 μm de olivino, en ocasiones alrededor del olivino se observan que los cristales de dolomita se ven alterados, con un aspecto turbio. Como accesorios presenta cristales de talco de 80 a 100 μm (Fig. 40). Esta es una roca metadolomía de grado medio.

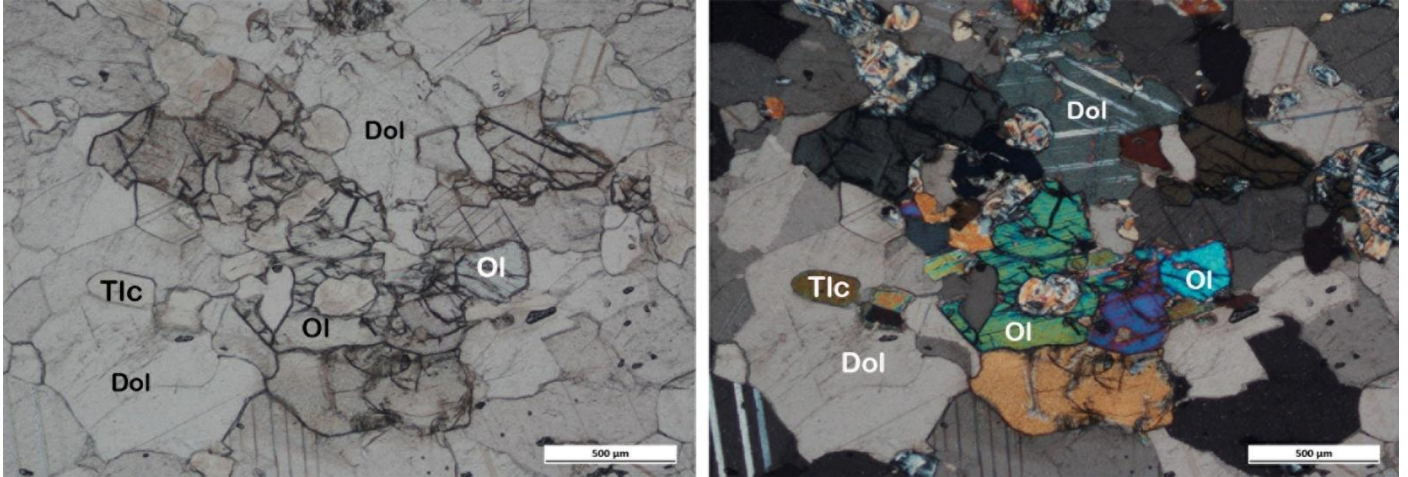


Fig. 40. Fotomicrografías: dcha. Luz polarizada plana, izq. Polarizadores cruzados. Donde se observan minerales de dolomita (Dol), olivino (Ol) y talco (Tlc).

5.2 Difracción de rayos X

A continuación, se exponen los datos obtenidos mediante difracción de rayos X (DRX) (Tabla 3), en la Tabla 4 se muestran los datos cedidos, como se explicó en la sección 3.3.2, de porcentajes de minerales obtenidos por DRX según el método de Rietveld de los Mármoles Artigas, Calcítico y Blanco Perla. Seguido se observan los difractogramas de las muestras analizadas en este trabajo (ver sección 3.3.2). Cabe destacar que el caso del mármol M99 (Fig.42c) es un difractograma que muestra una amplia gama de fases minerales sobre todo los calcosilicatados.

Tabla 3. Datos obtenidos de DRX. Concentración: *** alta, **media, *baja.

ID	Calcita	Dolomita	Cuarzo	Diópsido	Tremolita	Filosilicatos	Pirita
Mármol Negro Oriental	***						
Mármol Sirius	***						
Mármol Rojo Marroquí	**	*	*				
Mármol Venice Grey		**	*	*	*	**	
Mármol San Agustín		***	*				
Mármol Abayubá	***						*
M99		***		***	***	**	
Mármol Centrone	***						
Mármol Travertino		***	*			*	
Mármol Nueva Carrara (dos muestras, dominio rojo y blanco)	***		*			*	
Mármol Negro Ansina (Charrúa o Portoro)	***						
Mármol Blanco Ónix		***					

Tabla 4. Porcentajes de minerales presentes, obtenidos por DRX según el método de Rietveld

ID	Calcita (%)	Dolomita (%)	Cuarzo (%)	Muscovita (%)	Illita (%)	Clorita (%)	Microclina (%)
Mármol Artigas	62,7	--	6,96	11,79	--	3,82	13,95
Mármol Calcítico	96,43	--	2,94	--	--	--	--
Mármol Blanco Perla	--	99,10	--	--	--	--	--

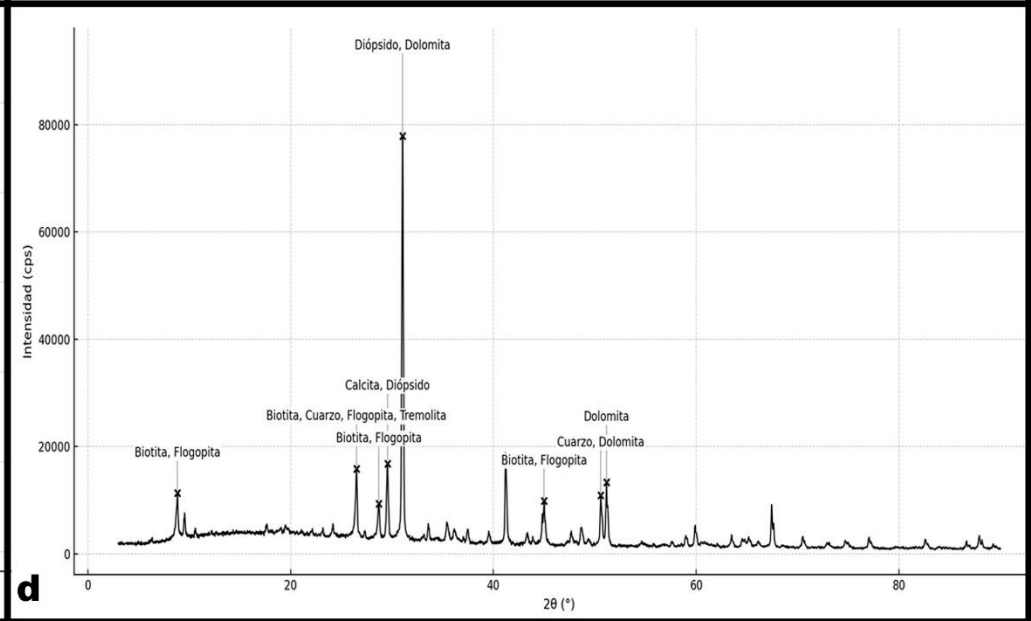
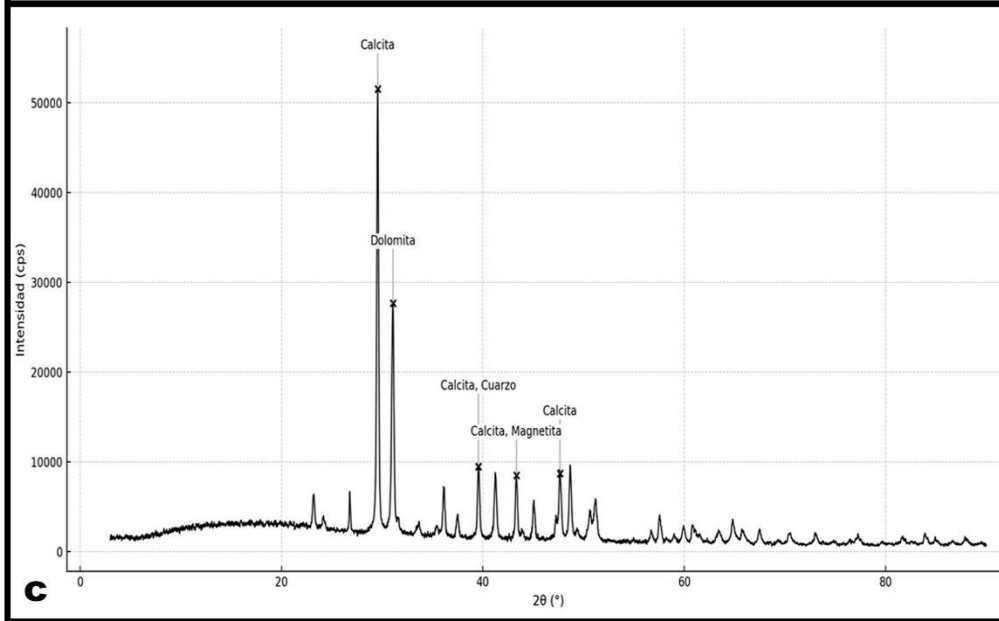
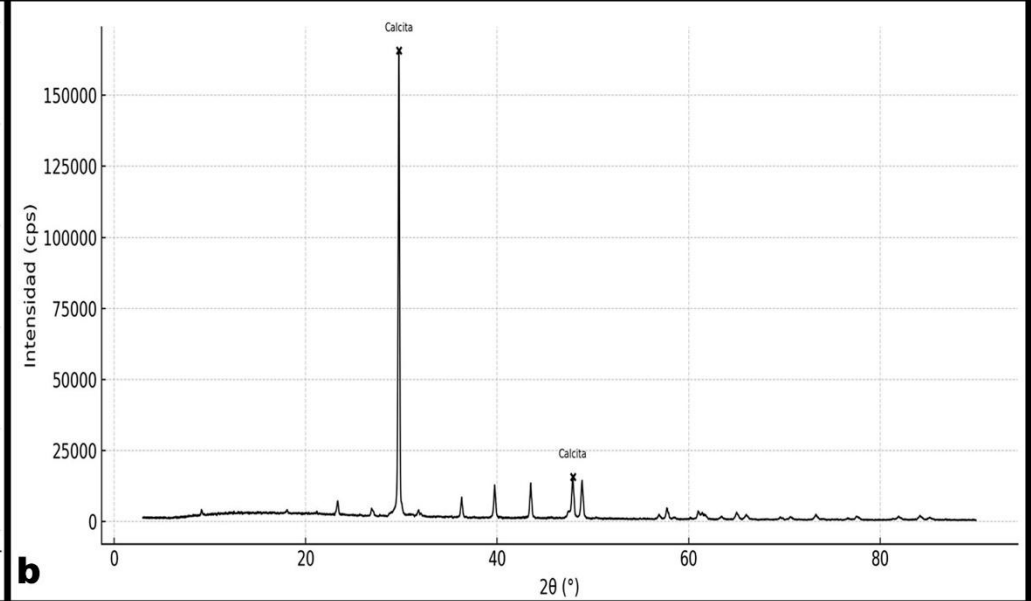
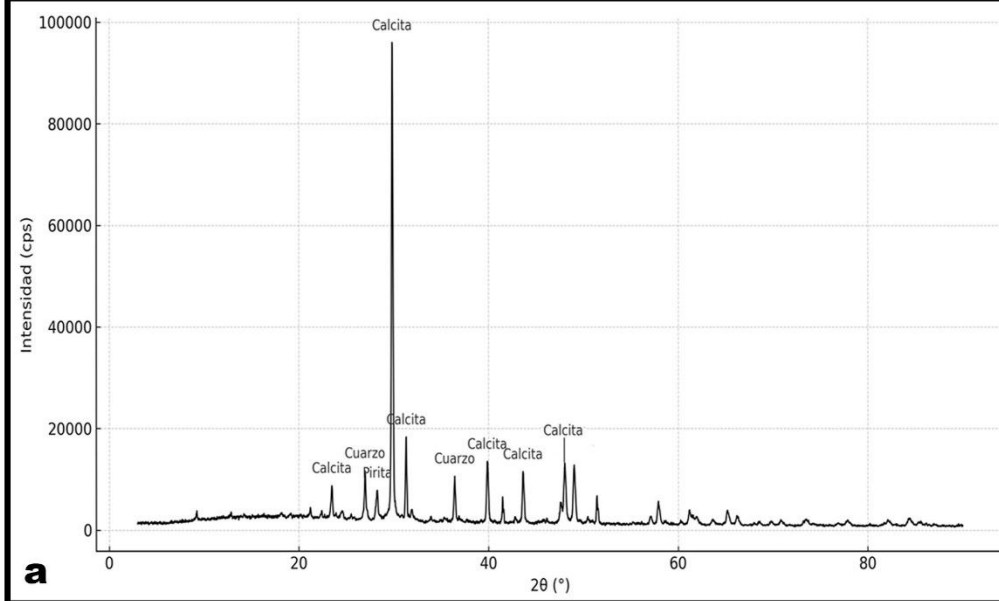


Fig.41. Difractogramas DRX. a: Mármol Negro Oriental. b: Mármol Sirius. c: Mármol Rojo Marroquí. d: Mármol Venice Grey.

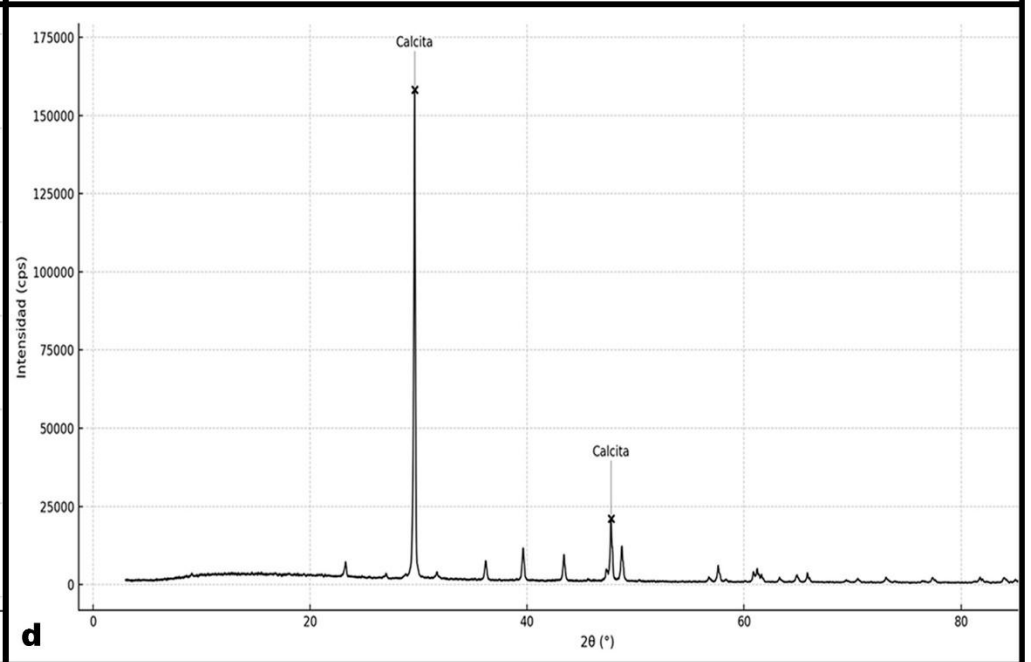
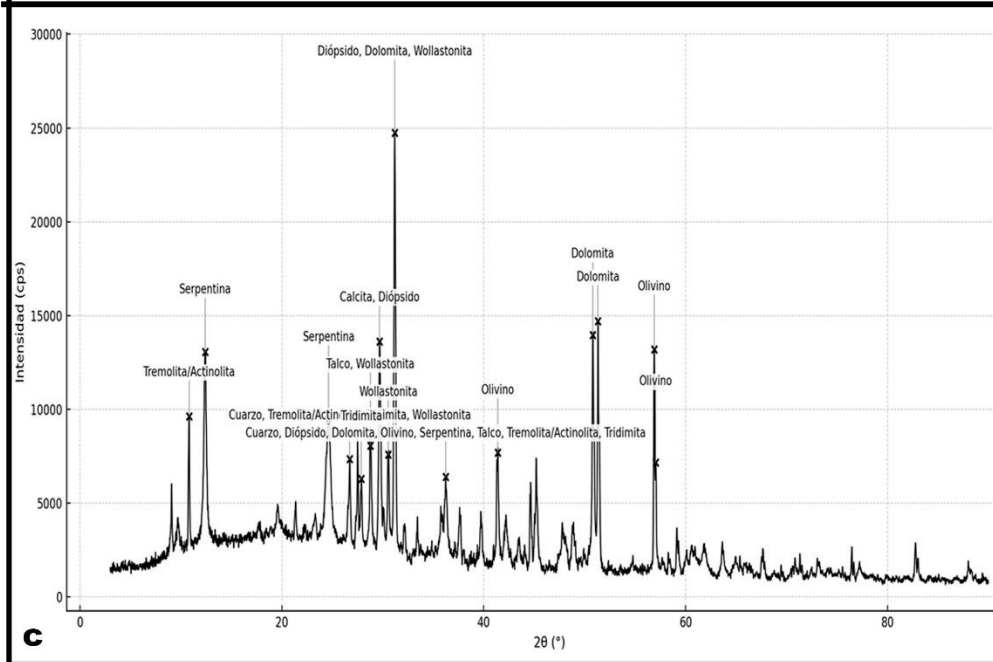
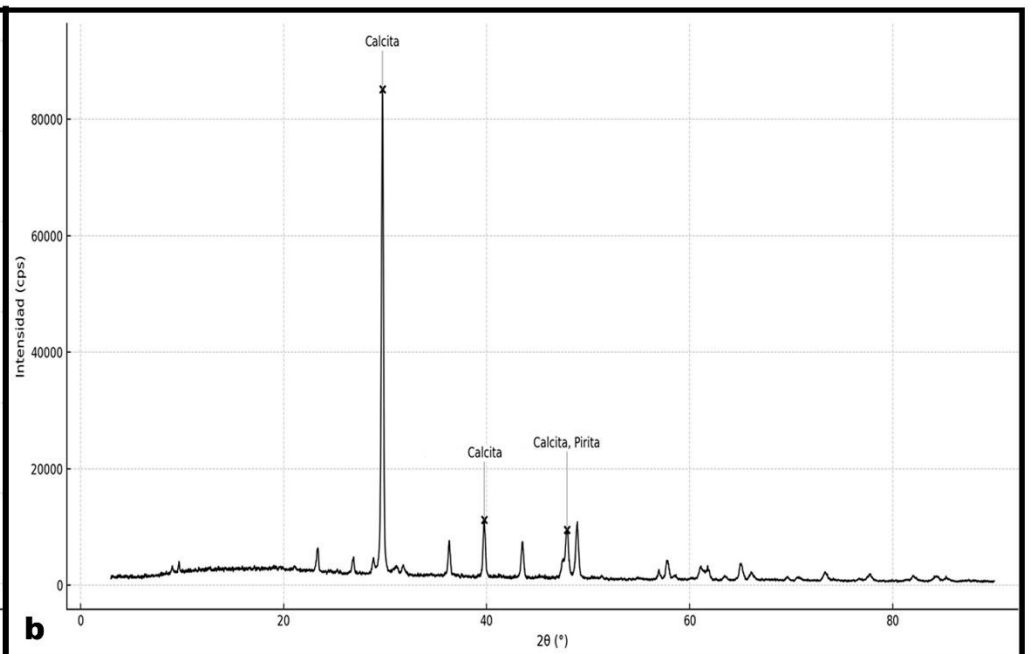
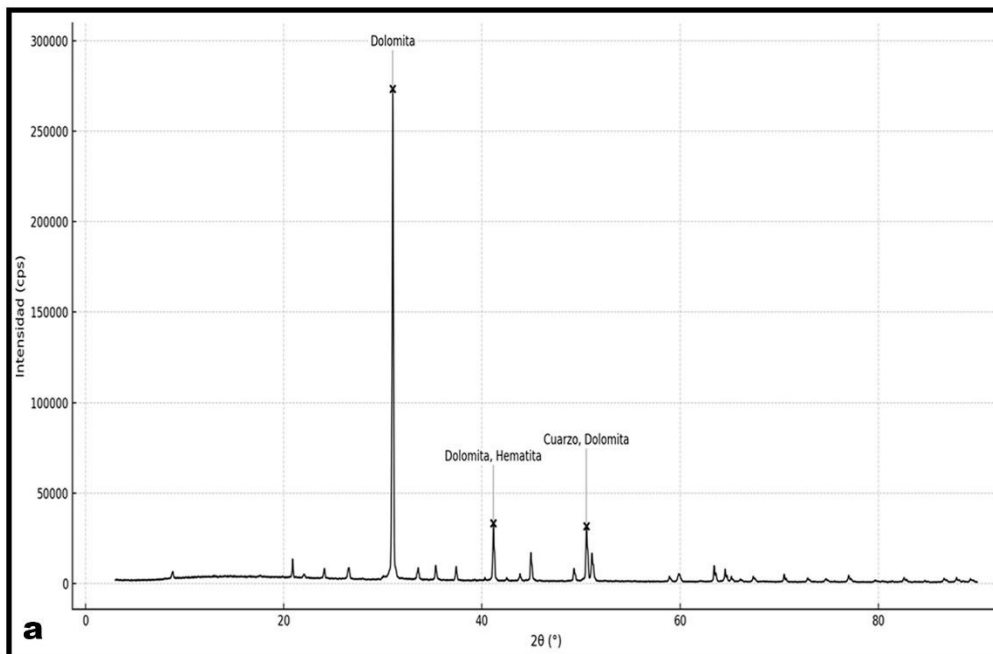


Fig.42. Difractogramas DRX. a: Mármol San Agustín. b: Mármol Abayubá. c: M99 (no identificado). d: Mármol Centrone.

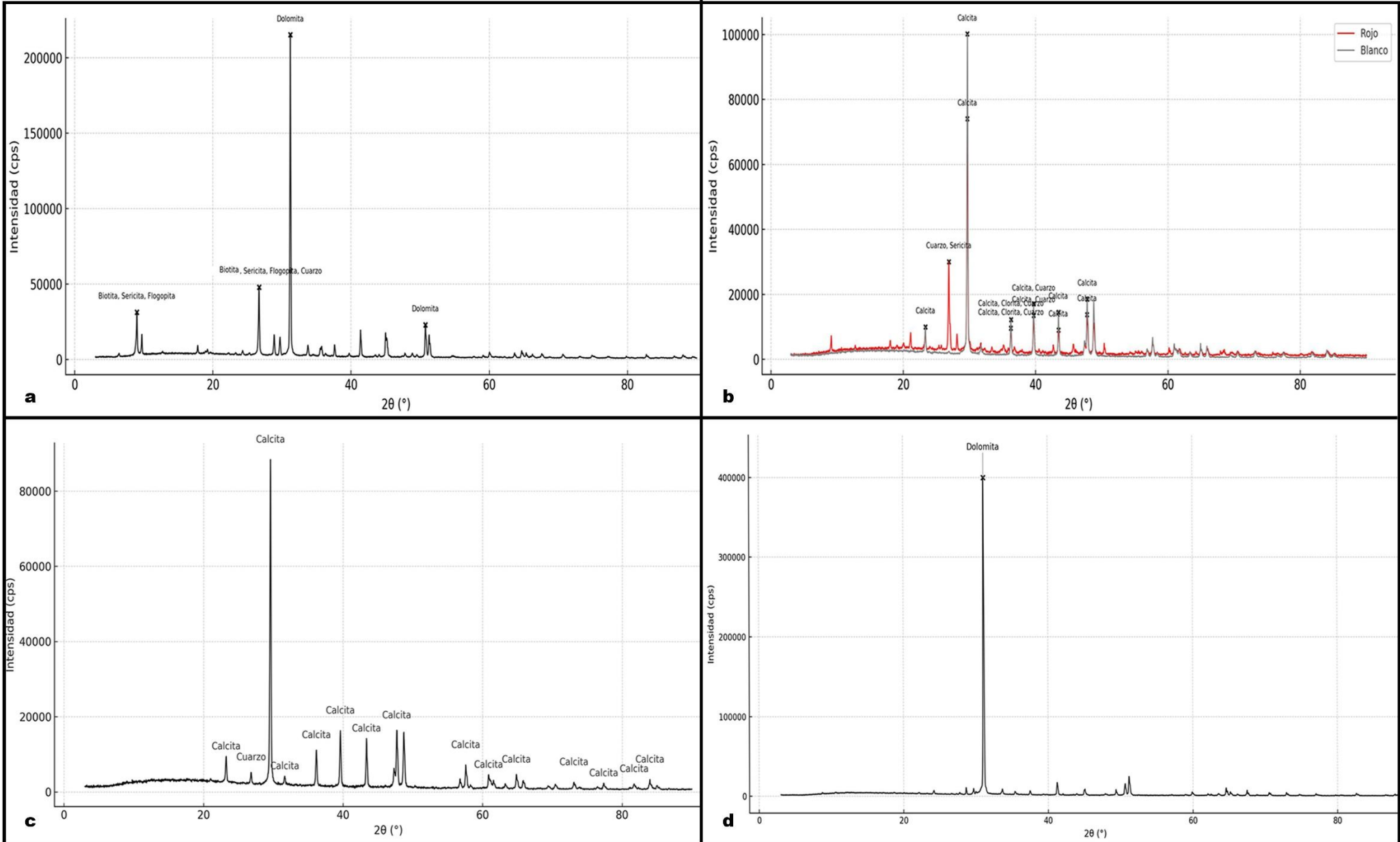


Fig.43. Difractogramas: DRX. a) Mármol Travertino. b) Mármol Nueva Carrara (dos muestras, décor rojo y blanco). c) Mármol Negro Ansina. d) Mármol Blanco Ónix.

5.3 Propiedades técnicas

5.3.1 Porosidad

Los valores de porosidad de las muestras ensayadas se encuentran por debajo del 1% (Tabla 5). El que exhibe mayor valor es el Mármol Travertino con un valor promedio de 0,53%; la razón principal es que el mismo se encuentra muy fracturado y todos los especímenes presentaban fracturas de gran tamaño. Para el resto de las muestras sus valores se encuentran por debajo del 0,35%, siendo el valor más bajo el Mármol Centrone con un valor promedio de 0,13%.

Si se comparan los valores obtenidos en este trabajo y los datos recopilados del trabajo de Ginares (2020) para los mármoles Artigas y Blanco Perla, que son los únicos con estos datos, se observa que los valores son muy similares (ver Tabla 2 de la sección 4.3 y Tabla 5 de esta sección) ya que en este trabajo el Mármol Artigas exhibe una porosidad del 0,19% y en Ginares (2020) es de 0,18%, y para el Mármol Blanco Perla en el presente es de 0,20% mientras que en el antecedente exhibe 0,18%.

5.3.2 Densidad

La densidad aparente se encuentra dentro de los valores esperados de 2,64 – 2,82 g/cm³ según Siegesmund & Snethlage (2011) ya que la porosidad que exhiben es baja. Con respecto a la densidad de matriz, observamos que los mármoles calcíticos son: Nueva Carrara, Artigas, Sirius, Centrone y Negro Oriental. Los mármoles domíticos son: Blanco Perla, Blanco Ónix, Venice Grey y Mármol Dolomítico. Hay un valor particular que se da en el mármol M99, presenta un valor alto de densidad de 2,95 g/cm³ (Tabla 5), este es un mármol dolomítico y que además en su densidad se ve reflejada la presencia de piroxenos y olivinos (descrito en la sección 5.1.4.3).

5.3.3 Absorción de agua

Los valores de absorción de agua son concordantes con los de la porosidad, en general son menores a 0,10%, menos el Mármol Dolomítico que se encuentra muy fracturado y su porosidad es de 0,53%; por este motivo, la absorción en este mármol es de 0,15% (Tabla 5).

Tabla 5. Valores obtenidos en los ensayos físicos de Φ porosidad, ρ_{bulk} densidad aparente, ρ_m densidad matriz

ID	Φ (%)	ρ_{bulk} (g/cm ³)	ρ_m (g/cm ³)	Absorción de agua (%)
Mármol Negro Oriental	0,21	2,73	2,73	0,056
Mármol Artigas	0,19	2,73	2,73	0,069
Mármol Sirius	0,22	2,72	2,73	0,074
Mármol Venice Grey	0,23	2,89	2,89	0,092
Mármol Blanco Perla	0,20	2,87	2,87	0,060
M99	0,33	2,94	2,95	0,089
Mármol Centrone	0,13	2,72	2,72	0,051
Mármol Travertino	0,53	2,82	2,84	0,154
Mármol Nueva Carrara	0,17	2,71	2,72	0,062
Mármol Blanco Ónix	0,19	2,86	2,87	0,058

5.4 Identificación de los mármoles del Palacio Legislativo

En el Anexo III se presenta un catálogo resumiendo los mármoles que se encuentran en el Palacio Legislativo. A continuación, se procede a describir lo encontrado siguiendo los criterios de la lista de verificación para identificar rocas ornamentales de Price (2008) descrita en la sección 3.4.1.

El mármol de mayor presencia en el Palacio Legislativo es el Mármol Nueva Carrara con sus distintos decores (blanco y rojo), este lo encontramos tanto en el exterior como en el interior del edificio:

- ✓ Exterior: revestimiento de la fachada exterior (Fig. 44a y b), en las columnas de la entrada principal (Fig. 44c), barandas exteriores de la entrada principal (Fig. 44d), baldosas exteriores de la puerta principal (Fig. 44e), y esculturas decorativas (Fig. 44f)

- ✓ Interior: revestimiento de paredes en la escalera de acceso al Salón de los Pasos Perdidos (Fig. 45a), pilastras del Salón de los Pasos Perdidos (Fig. 45b), baldosas en varias zonas (Fig. 45c), molduras u objetos decorativos (Fig. 45d) y botones decorativos en columnas del Salón de los Pasos Perdidos.

Con respecto al deterioro que presenta, siguiendo el glosario ICOMOS (2011), las placas del exterior son las que se encuentran con mayor deterioro, comparando con las placas que del interior. Las placas exteriores presentan fisuras (Fig. 44a), costras negras (Fig. 44b y f), decoloración (Fig. 44b, d, e), colonización biológica (líquenes) (Fig. 44c), erosión diferencial (Fig. 44d), fracturas (Fig. 44e), faltante (Fig. 44e) y enmugrecimiento. En el caso de las placas interiores, las que se ven afectadas son las placas que se encuentran decorando la alfombra del Salón de los Pasos Perdidos, estas presentan fisuras (Fig. 45c), pérdida de pulido y faltante. En el caso de las placas en columnas y paredes del mismo salón, se observan fisuras y faltantes, en el caso de las molduras u objetos de decoración no se ven deterioros.

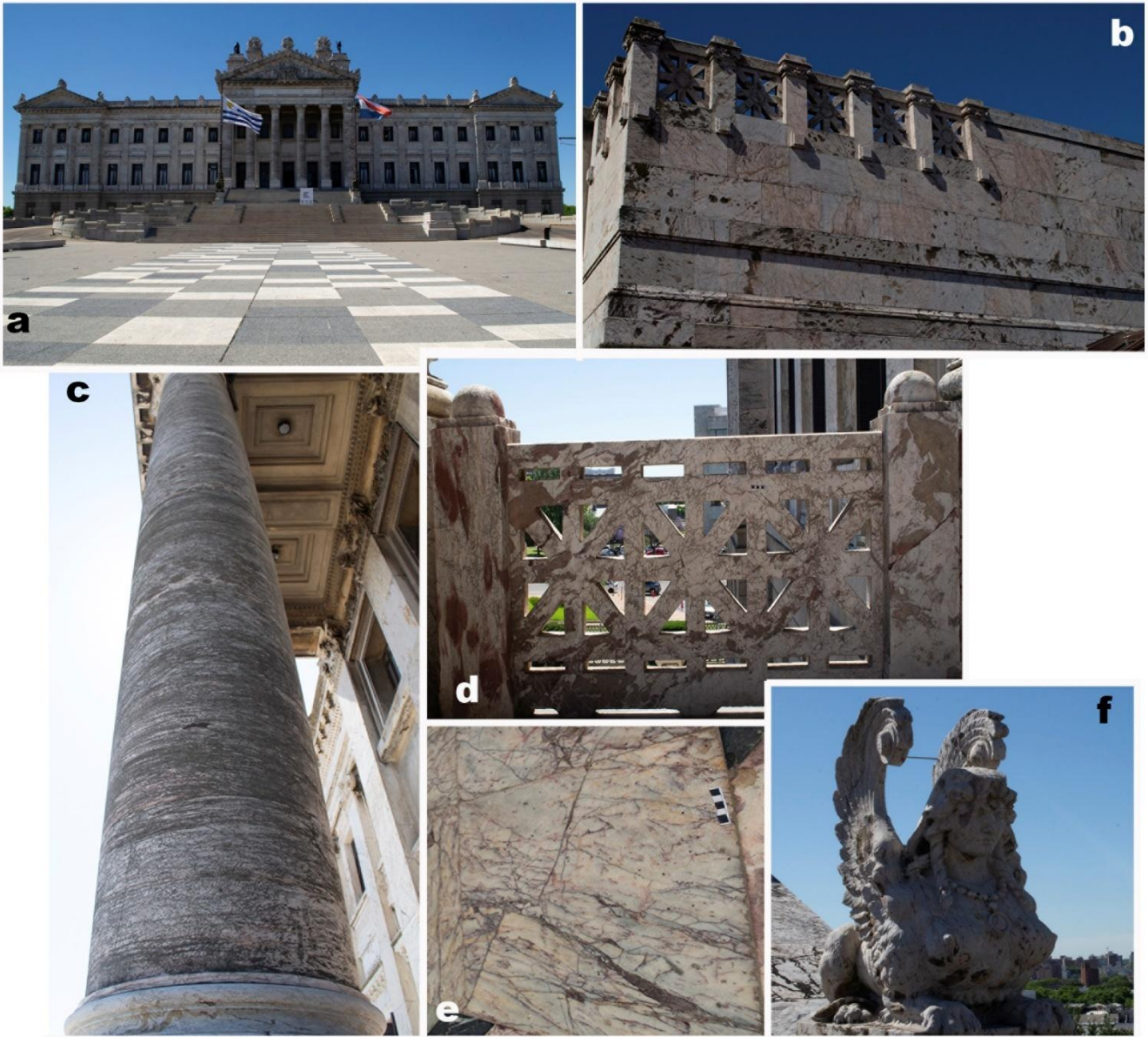


Fig.44. Fotografías de Mármol Nueva Carrara expuesto en el exterior del Palacio Legislativo. a: Fachada de entrada principal, vista Av. Libertador. b: Placas en la fachada superior. c: Columnas de la fachada exterior. d: Baranda de entrada principal exterior. e: Baldosa entrada principal exterior. f: Esfinge.

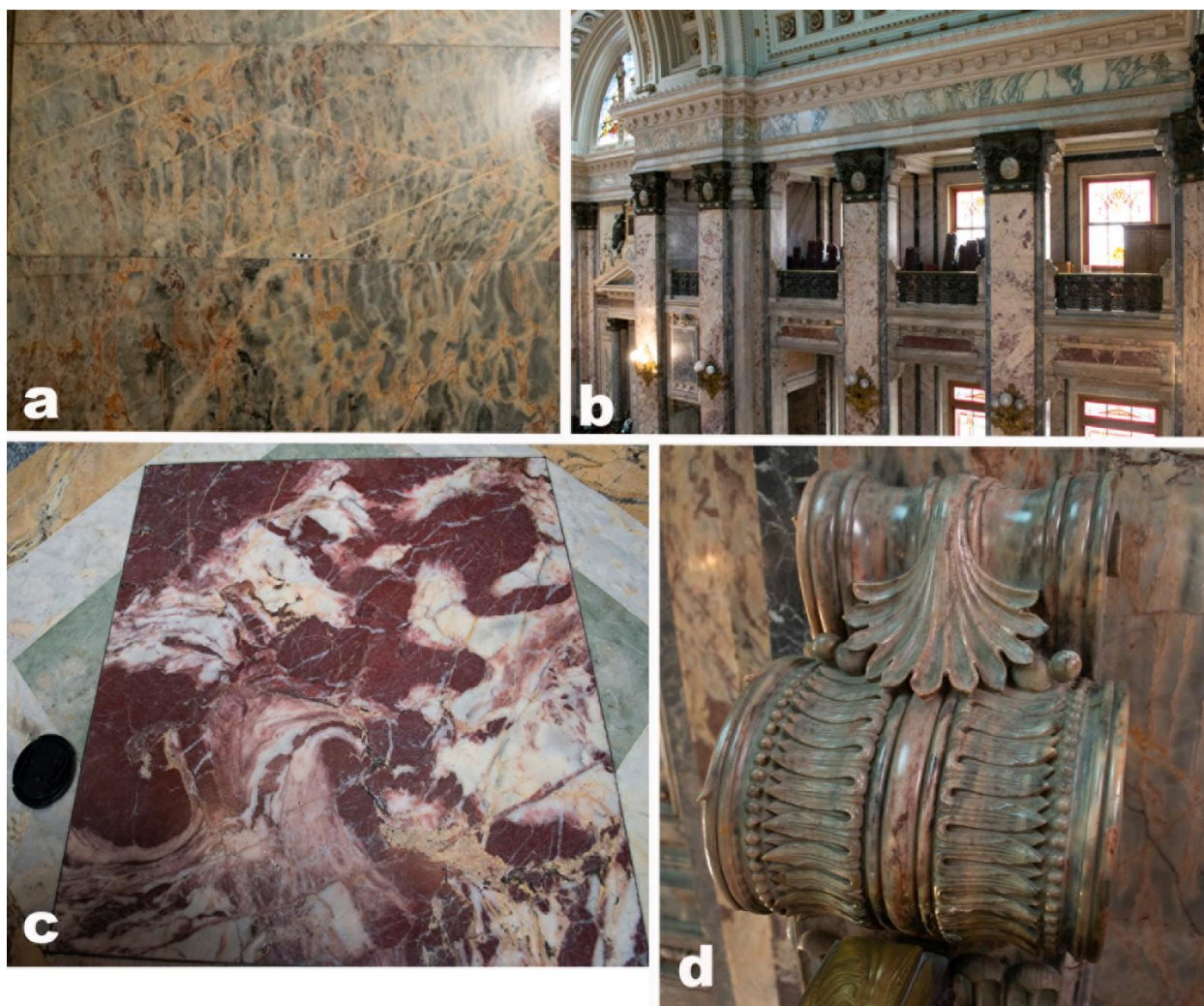


Fig. 45. Fotografías de Mármol Nueva Carrara expuesto en el interior del Palacio Legislativo. a: Placa en pared de escalera de acceso de entrada por Gral. Flores al Salón de los Pasos Perdidos. b: Pilastras del Salón de los Pasos Perdidos. c: Baldosa de alfombra de piedra del Salón de los Pasos Perdidos. d: Decoración de barandas en Salón de los Pasos Perdidos.

Un mármol también bastante presente es el Mármol Negro Ansina (Charrúa o Portoro). Este lo encontramos en guardas de paredes del Vestíbulo de Honor (Fig. 46a), en los vértices de las pilastras del Salón de los Pasos Perdidos (Fig. 46b) y como baldosas exteriores de la entrada principal (Fig. 46c). Respecto al deterioro, se observa que las guardas en paredes en general están en perfecto estado, algunas presentan pequeñas fisuras propias de la roca, pero las placas que se encuentran en las columnas presentan: fisuras, fracturas y faltantes (Fig. 46b). En el caso de las baldosas del exterior presentan:

decoloración, erosión diferencial, excoriaciones, desconchaduras, faltantes y pérdida de pulido (Fig. 46c).

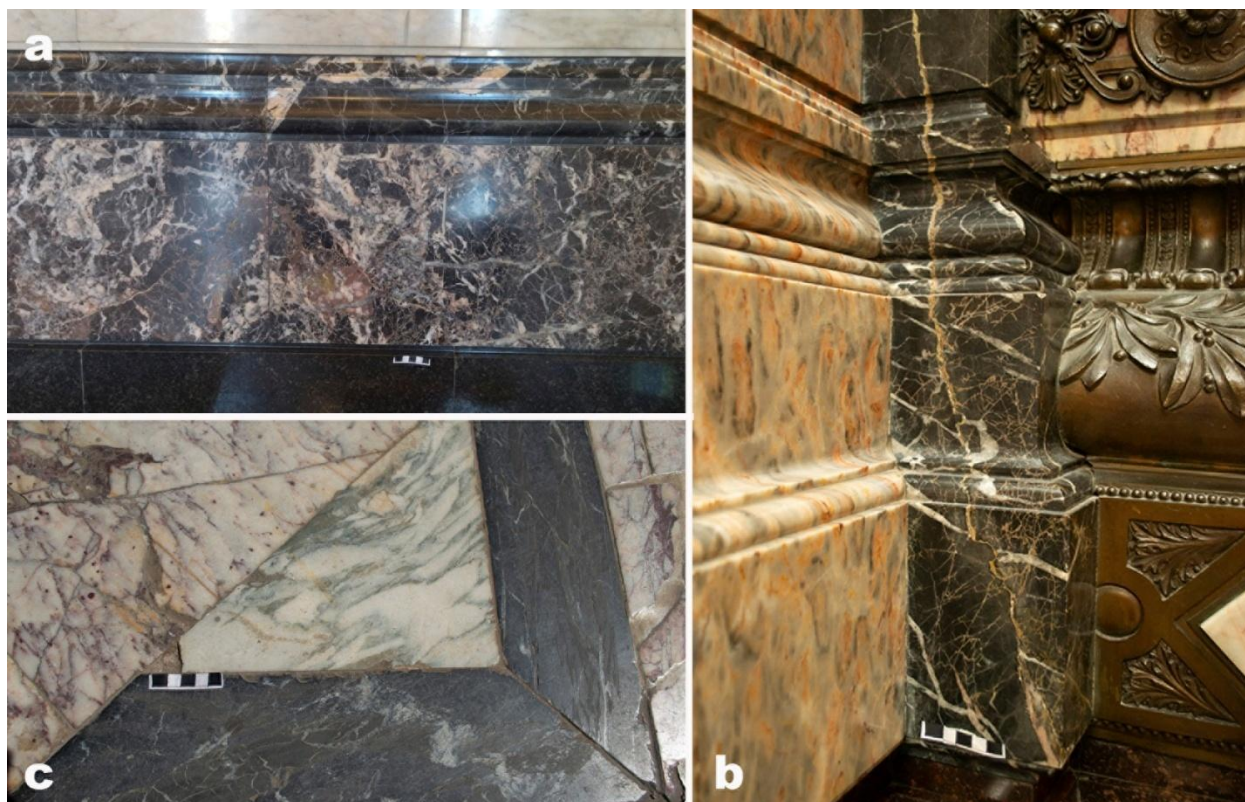


Fig.46. Fotografías de Mármol Negro Ansina. a: Guardas de paredes del Vestíbulo de Honor. b: Vértice de pilastras del Salón de los Pasos Perdidos, donde se observa gran fisura que atraviesa la pieza. c: Baldosas exteriores en la entrada principal.

El Salón de los Pasos Perdidos es el lugar donde se expone una amplia gama de mármoles, además de los mencionados anteriormente, la alfombra de piedra principal es un mosaico de rocas ornamentales tanto mármoles como sienitas que decoran el piso del salón. Con respecto a los mármoles allí encontrados, además del Mármol Nueva Carrara en la alfombra encontramos el Mármol Rojo Marroquí (Fig. 47a), Mármol Verde Salus o Cipollino (Fig. 47b) y una serie de mármoles que no se conoce su nombre comercial y hemos llamado por su color, estos son: Mármol Amarillo (Fig. 47c), Mármol Verde (Fig. 47d) y Mármol Gris (Fig. 47e). De estos tres últimos más el Verde Salus y el Mármol Blanco se tomaron medidas de fluorescencia de rayos X (FRX). En la Tabla 6 se

exponen el promedio de ocho muestras de cada tipo, de los elementos mayores y de algún valortraza mayor a 0,20% que podría indicar algún mineral poco común de interés. Es necesario tener en cuenta que los valores obtenidos en FRX no llegan al 100%, ya que el método no puede detectar elementos ligeros como el carbono y oxígeno (Tucker, 1988), para ello es necesario calcular la pérdida por ignición algo que no se pudo realizar ya que los datos fueron tomados *in situ* en placas que decoran el lugar, igualmente se podría estimar que las calizas puras andan en el entorno del 40% de pérdida.

Respecto al deterioro presente en las placas de mármol en la alfombra se observa que todas están fisuradas y con excoriaciones por la circulación de personas, mientras que algunas placas presentan desconchaduras.



Fig.47. Fotografías de mármoles presentes en las alfombras de piedra del Salón de los Pasos Perdidos. a: Mármol Rojo Marroquí. b: Mármol Verde Salus o Cipollino. c: Mármol Amarillo. d: Mármol verde. e: Mármol gris.

Tabla 6. Promedio de elementos mayores y trazas mayores al 0,20% de concentración medidos mediante FRX en mármoles desconocidos

Mármol	CaO (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Cl (%)	K ₂ O (%)	Ba (%)
Mármol Amarillo	34,62	16,77	5,38	4,44	0,66	0,36	0,13	4,47
Mármol Verde	37,06	22,73	14,75	1,76	0,99	0,25	0,17	0,38
Mármol Gris	37,61	29,85	2,38	1,27	0,87	0,45	0,20	--
Mármol Verde Salus	56,97	1,26	2,49	1,10	0,66	0,42	0,12	--
Mármol Blanco	55,53	4,18	1,41	1,13	0,10	0,35	0,10	--

Además de en la alfombra principal, estos mármoles los encontramos en:

- ✓ Mármol amarillo: en el Vestíbulo de Honor en guardas de las paredes (Fig. 48a), como respaldo de los bancos empotrados (Fig. 48b) y en botones decorativos del Salón de los Pasos Perdidos. Este es una metacaliza dolomítica (Tabla 6) de color amarillo con vetas verde agua con *stockworks* de piritas, evidenciando que la roca sufrió procesos hidrotermales. Las placas allí colocadas se encuentran en perfecto estado.
- ✓ Mármol Blanco: bancos del Salón de los Pasos Perdidos y bancos Vestíbulo de Honor (Fig. 48b), en baldosas de pasillos del primer piso (Fig. 48c). Es un mármol calcítico (Tabla 6), brechoso, blanco a beige en ocasiones algo grisáceo. Con respecto al deterioro los bancos se encuentran con algo de excoiraciones al igual que las baldosas que también presentan pérdida de pulido.
- ✓ Mármol Gris: en guardas de paredes de los pasillos laterales del primer piso (Fig. 48d), baldosas de pasillos del primer piso y baldosas de la entrada principal exterior. Esta es una metacaliza dolomítica (Tabla 6) de color gris con tonos que van del gris oscuro al más claro, brechoso y algo bandeado. Con respecto al deterioro, las placas colocadas en las paredes se encuentran en perfecto estado, mientras que las del piso interior presentan erosión diferencial leve y excoiraciones. Las colocadas en el exterior presentan: decoloración, desconchadura, faltante y ampolladuras.

- ✓ Mármol Verde Salus o Cipollino: en guardas de paredes de los pasillos laterales del primer piso (Fig.48d) y botones decorativos del Salón de los Pasos Perdidos. En el exterior se encuentra en la alfombra de la entrada principal. Es un mármol calcítico (Tabla 6), brechoso, matriz de color verde y clastos blancos a beige, se observan venas de clorita y algunos cristales de pirita. Respecto al deterioro tanto las placas de las paredes como los botones se encuentran en perfecto estado, mientras que las placas del exterior muestran pérdida de color, faltante y excoriaciones.



Fig. 48. Fotografías de Mármoles desconocidos. a: Mármol Amarillo en guarda de pared del Vestíbulo de Honor. b: Mármol Blanco y Mármol Amarillo en bancos del Vestíbulo de Honor. c: Mármol Blanco en baldosas de pasillos del primer piso. d: Mármol Gris y Mármol Verde Salus (Cipollino) en guardas de paredes de pasillos del primer piso.

En las escaleras que van a las barras de ambas Cámaras (de Representantes y la de Senadores) están revestidas tanto las guardas de las paredes como los escalones de Mármol Sirius (Fig. 49a y b), en los descansos de estas escaleras encontramos el mármol conocido comercialmente como Ónix Fantasía (Fig.49c). En una de estas escaleras a la

entrada se encuentra sustituida una de las placas del Mármol Sirius por el Mármol Artigas (Fig.49d). Respecto al deterioro para el caso del Mármol Sirius se ven perforaciones, fracturas (Fig. 49b), excoriaciones, enmugrecimiento (en la escalera en la que también se encuentra la cantina) y pérdida de pulido. En el Mármol Ónix Fantasía se observan excoriaciones y pérdida de pulido.

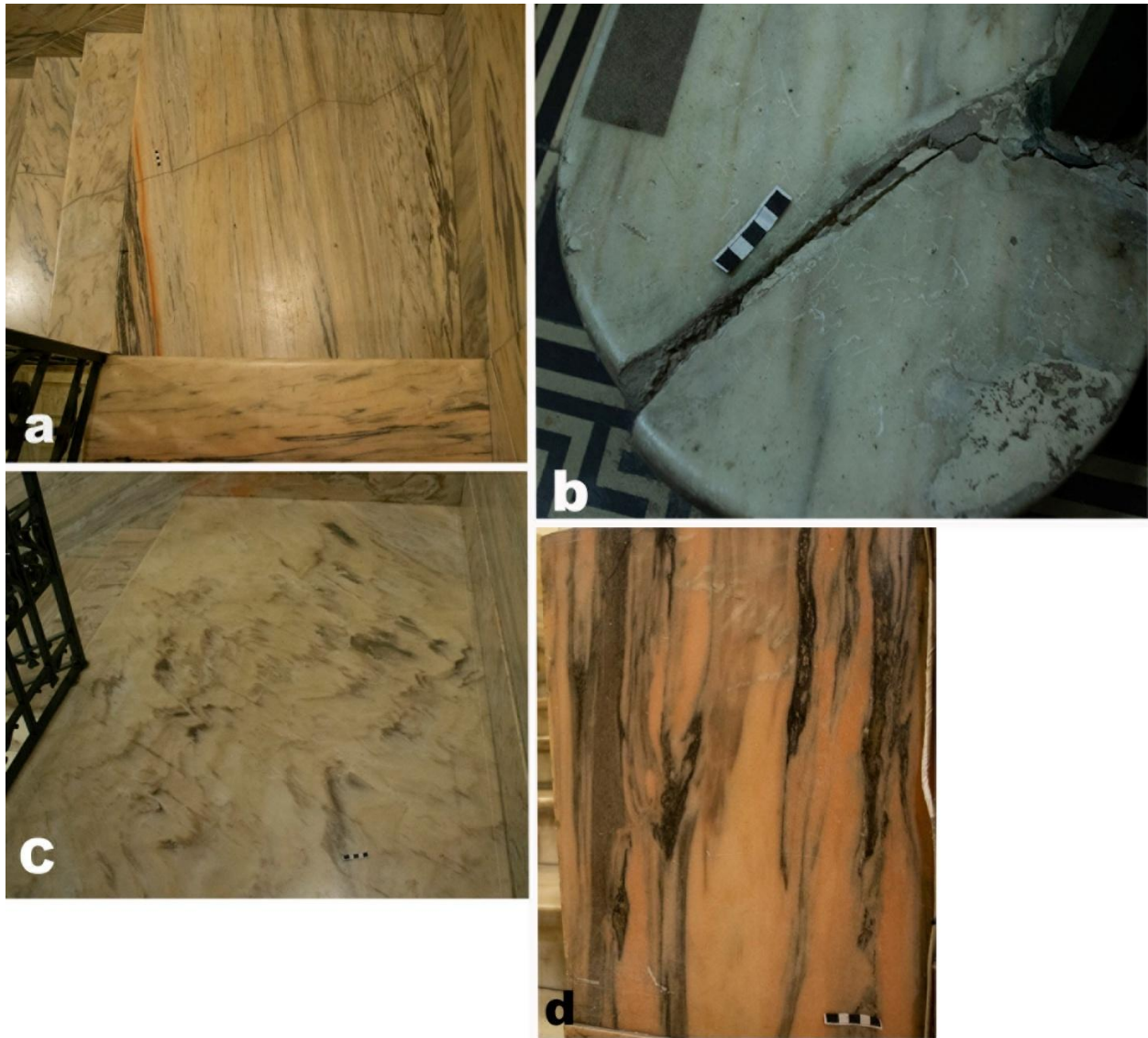


Fig.49. Fotografías de escaleras de las barras de ambas cámaras. a: Mármol Sirius en escalones y guardas de paredes, además se observa fisura que atraviesa el escalón. b: Fractura en escalón de Mármol Sirius. c: Mármol Ónix Fantasía en descanso de escalera. d: Mármol Artigas en pared.

Cabe destacar que los mármoles anteriormente nombrados, además del Mármol Negro Imperio (Fig. 50) (Ginares, 2020), se encuentran decorando las columnas del Salón de los Pasos Perdidos una serie de botones con diferentes decores, no sólo mármoles sino también de otros tipos de rocas como: el conglomerado de Las Ventanas (Leite, 2020), pórfidos y sienitas.



Fig.50. Fotografía de botón decorativo en el Salón de los Pasos Perdidos de Mármol Negro Imperio.

Por último, en el Túnel que comunica el Edificio Anexo José Artigas con el Palacio encontramos que las baldosas y las placas que revisten las paredes son del Mármol Venice Grey. Las baldosas se encuentran pulidas (Fig. 51) y en perfecto estado de conservación, mientras que las paredes tienen un acabado superficial de arenado (Fig. 51), estas también se encuentran en perfecto estado de conservación.

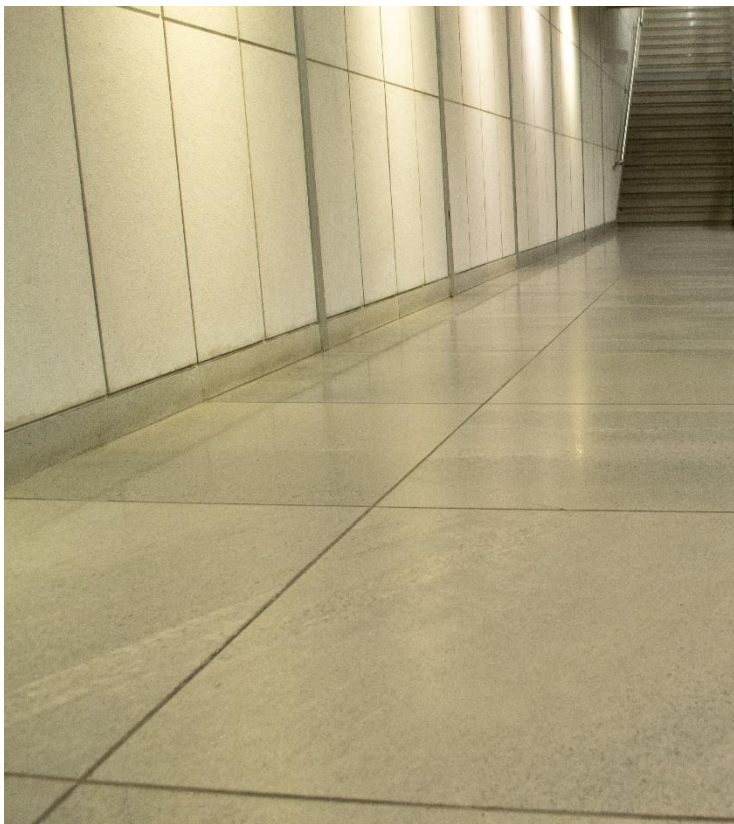


Fig.51. Fotografía Túnel que conecta el Edificio Anexo al Palacio Legislativo, se observan baldosas y revestimiento de paredes de Mármol Venice Grey con distinto acabado superficial.

Por otro lado, en muchas zonas del Palacio Legislativo se encuentran decoradas con la técnica del estucado, que simula ser una pieza de mármol. Esta técnica consiste en aplicar una mezcla de mármol triturado y otros áridos, más pigmentos, sobre el revoque fresco que luego es alisado y pintado. Además de esta técnica se registraron piezas pintadas sobre material no identificado, estas las podemos ver en algunas zonas como las piezas rectangulares que se encuentran debajo de las barras de la Cámara de Representantes (Fig. 52). Este tipo de técnicas se utilizaron con el fin de bajar los costos de la construcción.



Fig. 52. Fotografía extraída de la web <https://palacio.parlamento.gub.uy/> de las barras de la Cámara de Representantes, en el recuadro rojo se observan las placas pintadas simulando mármol.

6 Discusión

En esta sección se discutirán los resultados y se realizarán las correlaciones entre las propiedades mineralógicas, petrográficas y técnicas estudiadas con el deterioro. A modo de ordenar la discusión se sigue la zonificación de las áreas de interés de la sección 4.1:

Zona A - Ruta 81: De aquí se extrajo el mármol calcítico Negro Oriental, de baja porosidad y absorción de agua. También el conocido comercialmente como Mármol Negro Imperio que geológicamente es una metamarga dolomítica. Sólo se encontró un botón decorativo del Mármol Negro Imperio en el Salón de los Pasos Perdidos.

Zona B - Cuchilla Alvariza: Mármol Artigas, Mármol Sirius y Rojo Marroquí, todos ellos calcíticos. Los Mármoles Artigas y Sirius presentan baja porosidad. Los tres mármoles se ubicaron en el Palacio Legislativo.

Zona C - Zanja del Tigre: Mármoles Venice Grey y San Agustín, ambos dolomíticos. El Mármol Venice Grey presenta una baja porosidad y absorción de agua, y sólo este fue encontrado en el piso y paredes del túnel que conecta con el edificio anexo.

Zona D - Arroyo Pan de Azúcar: Mármoles Abayubá, Blanco Perla, Travertino y Centrone. Siendo Abayubá y Centrone mármoles calcíticos, el resto dolomíticos, teniendo en común que todo ellos presentan gran cantidad de minerales calcosilicatados. Con respecto a la porosidad y absorción de agua, en general son baja a muy baja, menos para el Mármol Travertino que presenta gran cantidad de fisuras, por este motivo su porosidad es mayor. En el caso del Mármol Abayubá no se obtuvieron suficientes muestras debido al difícil acceso por crecimiento de vegetación que presenta el depósito. Ninguno de estos fue encontrado en el Palacio Legislativo.

Zona E - Cerro de las Ventanas: Los Mármoles Negro Ansina (Charrúa o Portoro) y Nueva Carrara son mármoles calcíticos, mostrando baja porosidad el Nueva Carrara la variedad blanca que fue analizada, ya que la variedad roja al cortarla para hacer los ensayos técnicos, se partían de forma irregular. Con el Mármol Negro Ansina sucedió algo similar a la hora de cortar las muestras, que también se partían debido al estado de alteración que tenía. Ambos mármoles se encuentran en abundancia en el edificio sobre todo Nueva Carrara.

Zona F - Polanco: Blanco Ónix es un mármol dolomítico, de baja porosidad y absorción de agua, no se encontró en el Palacio Legislativo.

En contexto geológico, se observa que los mármoles extraídos del Departamento de Maldonado al oeste del arroyo Pan de Azúcar suelen ser de composición más calcítica, que los extraídos al este del arroyo, que son más dolomíticos. Varios autores apuntan a

este arroyo como un lineamiento tectónico que definen dos bloques de litologías y estilos estructurales diferentes (Machado & Fragoso, 1987, Oyhançabal et al., 2001, Chiglino et al., 2010). Otra observación es que los mármoles encontrados en el Palacio se encuentran la mayoría al oeste de dicho arroyo y fueron explotados por la empresa COMACO. Estos datos podrían ayudar a encontrar las minas abandonadas de los mármoles no identificados (Mármoles Amarillo, Verde, Gris y Blanco). Respecto a esto podría haber indicios de donde encontrar las minas de mármol, en particular el Amarillo, Verde y Gris. En comunicación personal con el Dr. Gaucher dijo que existe una mina de gran tamaño abandonada con un cartel que dice 7/1924 (julio de 1924), pero en el Departamento de Lavalleja (Fig. 53), que se encuentra enclavada en los carbonatos de la Formación Polanco, en el contacto con el Granito de Minas. Los colores predominantes son grises y blancuzcos, estructura vetada y con bloques de grandes dimensiones. Este dato de la ubicación con el contexto geológico, más los datos de FRX que indican que dichas rocas son matacalizas dolomíticas, que dos de ellas (Amarillo y Verde) presentan valores de bario que no es elemento común en rocas carbonáticas (esto podría ser un indicio de que están genéticamente relacionadas) y que en algunas placas vemos estos tres colores en conjunción (Fig. 54), nos estaría sugiriendo que estos materiales salieron del mismo lugar. La comprobación de lo antedicho queda pendiente para próximas investigaciones.



Fig.53. Imagen Google Earth de la posible cantera de mármol amarillo (X: 655997; Y: 6187113)

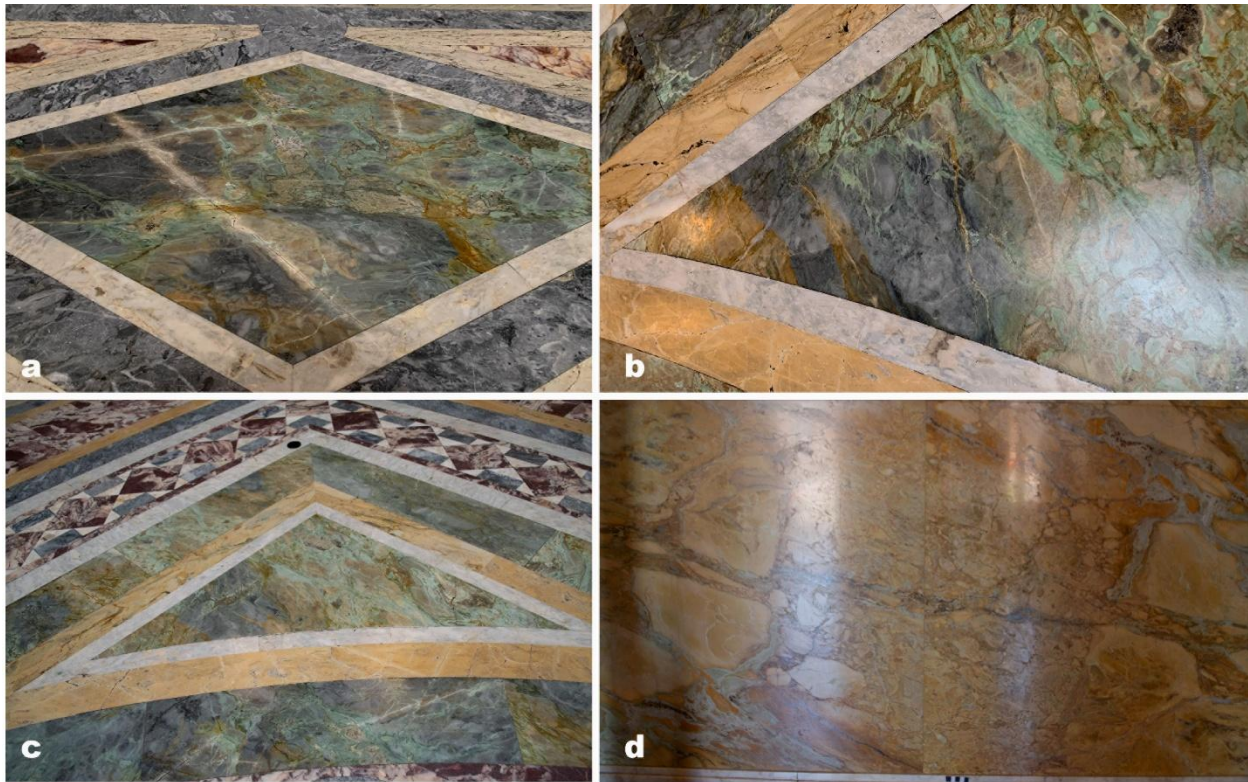


Fig.54. En la imagen se observa los diferentes decores de los mármoles Amarillo, Verde y Gris, apreciando la conjunción de los tres colores. a: Mármol Gris en la alfombra del Salón de los Pasos Perdidos, b: Mármol Verde parte de la pieza que se encuentra en la alfombra del Salón de los Pasos Perdidos. c: Mármol Verde (pieza entera) en la alfombra del Salón de los Pasos Perdidos. d: Mármol Amarillo

Para el Mármol Blanco no hay pistas concretas, pero se podría investigar más en los mármoles que pudo adquirir la empresa COMACO, además de los nombrados en la sección 4.3 figura 8, ya que fue el mayor proveedor del material. Otra empresa que abasteció y se podría investigar en sus minas es Manuel Narancio S.A., de esta son el Mármol Sirius y el Mármol Artigas, al igual que el Mármol Venice Grey, pero este fue colocado en la década de 1990 en el Palacio.

El Mármol Ónix Fantasía tiene un décor particular pero la roca presenta minerales similares al Mármol Sirius, se presume que es la misma roca sólo que el corte de la placa no se hizo en el mismo sentido para el Mármol Ónix Fantasía que para el Mármol Sirius. Respecto a su deterioro, en la escalera donde fue colocado muestra en algunas zonas, sobre todo las más transitadas, fisuras que terminan por fracturar la pieza. Para

comprender mejor su comportamiento y realmente comprobar si es una roca apta para alto tránsito de personas, sería bueno realizarle algún ensayo mecánico como resistencia a la flexión. Hacer este tipo de ensayo no estuvo al alcance de este trabajo, quedando esto para próximas investigaciones.

El Mármol Nueva Carrara es una roca que, si bien posee baja porosidad, presenta estilolitos que generan una roca discontinua con planos de debilidad, además es una roca muy pura en calcita (CaCO_3) lo que también genera que tenga baja resistencia a componentes ácidos de la atmósfera, sufriendo una reacción química de descomposición y disolución, lo que le provoca su deterioro físico y químico. Estos datos deberían complementarse con datos mecánicos para tener un mayor entendimiento de su comportamiento.

7 Conclusiones

La presente investigación cumplió sus objetivos planteados además concluye que:

- 1) El estudio mineralógico y petrográfico permitió identificar y reconocer tanto mármoles calcíticos como dolomíticos, de grado metamórfico bajo a medio.
- 2) Desde el punto de vista físico, los mármoles ensayados presentan valores de porosidad y absorción de agua muy bajos, generalmente inferiores al 1%, y densidades aparentes acordes a su composición mineralógica. En principio estas características confirman la buena calidad técnica de los mármoles nacionales para su uso como roca ornamental, pero se deben complementar estos con datos mecánicos.
- 3) Las variedades identificadas de mármoles en el Palacio Legislativo son doce, separando al Mármol Ónix Fantasía del Mármol Sirius, cuya distinción estaría asociada principalmente a la orientación de corte y no a diferencias composicionales significativas.
- 4) El análisis del deterioro indica que, pese a la baja porosidad de los mármoles, factores petrográficos como la presencia de estilolitos, foliaciones, bandeados mineralógicos y fases ricas en hierro, generan anisotropías y planos de debilidad. Condicionando su comportamiento frente a agentes atmosféricos y al tránsito de personas. En mármoles calcíticos muy puros, la susceptibilidad a la acción de componentes ácidos de la atmósfera constituye un factor adicional de deterioro.
- 5) En conjunto, los resultados confirman que el deterioro observado en los mármoles del Palacio Legislativo no responde únicamente a sus propiedades físicas globales, sino a la interacción entre composición mineralógica, fábrica, estructuras internas, y condiciones de uso y exposición. Se reafirma así la necesidad de conocer geológicamente estos materiales para generar estrategias de conservación.

- 6) Finalmente, este trabajo aporta nuevos datos sobre los mármoles ornamentales del Uruguay, pero plantea la necesidad de seguir investigando estos materiales. Además, habría que ampliar la investigación a los mármoles del Departamento de Lavalleja.

Bibliografía

Arrighetti, R., Gianotti, V. (2012). Mapa de Recursos Minerales del departamento de Maldonado, Escala 1/100.000. Memoria Explicativa. MIEM – DINAMIGE. Montevideo, Uruguay.

Basu, S.; Allan Orr, S.; Aktas, Y. D. (2020). A geological perspective on climate change and building stone deterioration in London: Implications for urban stone-built heritage research and management. *Atmosphere*, 11, 788.

Bausero, L. (1987). Historia del Palacio Legislativo de Montevideo. Segunda edición.

Bossi, J. (1966). Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones Universidad de la República, Montevideo.

Bossi, J. (1969). Recursos Minerales del Uruguay. *Nuestra Tierra*, 10. Montevideo, Uruguay.

Bossi, J. (1978). Recursos Minerales del Uruguay. D. Aljanati. Montevideo, Uruguay.

Bossi, J., Ferrando, L., Montaña, J., Campal, N., Morales, H., Gancio, F., Schipilov, A., Piñeyro, D., Sprechmann, P. (1998). Carta geológica del Uruguay. Escala 1:500.000. Geoeditores, Montevideo.

Bossi, J., Cingolani, C.A. (2009). Extension and general evolution of the Río de la Plata Craton. In: Gaucher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P., Frimmel, H.E. (Eds.), Neoproterozoic-Cambrian tectonics, global change and evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Developments in Precambrian Geology* 16: 73–85.

Bruches, K., Grapes, R. (2011). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer.

Cabrera, J. (2014). Estratigrafía y petrografía de la sucesión carbonática de Manguera Azul, Departamento de Lavalleja, Uruguay. Trabajo final de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Cabrera, J., Gaucher, C., Frei, R., Sial, A.N., Ferreira, V.P. (2014). Formación Manguera Azul. In: Bossi, J., Gaucher, C. (Eds.) Geología del Uruguay. Tomo 1: Predevónico. Polo, Montevideo, pp. 191-208.

Carlomagno Goycochea, G. (2019). El Palacio de la Aguada, camino a sus cien años. Investigación histórica sobre el Palacio Legislativo, Montevideo – Uruguay.

Chiglino, L., Gaucher C., Sial A., Bossi, J. Ferreira, V., Pimentel, M. (2010). Chemostratigraphy of Mesoproterozoic and Neoproterozoic carbonates of Nico Pérez Terrane, Río de la Plata Craton, Uruguay. *Precambrian Research*, v.:182 p.: 313-336

Comunità Economica Europea-Uruguay. Piedras Ornamentales del Uruguay. La Cartotecnica, Rovereto. Sin fecha.

Coronel, N., Spoturno, J., Gómez, C., Heinzen, W., Mari, C., Roth, W., Theune, C., Stampe, W. (1987). Memoria de la Carta de Materias Primas Minerales No Metálicas. Ministerio de Industria y Energía. Dirección Nacional de Minería y Geología.

DIN EN 13775 (2001): Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Wasseraufnahme bei atmosphärischem Druck. – Beuth Verlag, Berlin.

Fragoso Cesar, A.R. (1980). O cratón do Rio de la Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul Riograndense. In: Actas 31 Congresso Brasileiro de Geologia, vol. 5. Camboriú, pp. 2879–2891.

Gaucher, C. (2000). Sedimentology, palaeontology and stratigraphy of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay). *Beringeria*, 26, 1-120.

Gaucher, C., Martínez, G., Cernuschi, F., Chiglino, L., Sial, A.N., Poiré, D.G. (2007). Lito, Bio y Quimioestratigrafía del Grupo Mina Verdún: Terreno Nico Pérez, Uruguay. En: IV Congreso de Geología Uruguayo y II Reunión de Geología Ambiental y Planeamiento.

Gaucher, C., Poiré, D.G. (2009) Biostratigraphy. Neoproterozoic-Cambrian evolution of the Río de la Plata Palaeocontinent. In: Gaucher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P., Frimmel, H.E. (Eds): Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Developments in Precambrian Geology*, 16, Elsevier, pp. 103-114.

Gaucher, C., Frei, R., Chemale Jr., F., Frei, D., Bossi, J., Martínez, G., Chiglino, L., Cernuschi, F. (2011). Mesoproterozoic evolution of the Río de la Plata Craton in Uruguay: at the heart of Rodinia? *International Journal of Earth Sciences*, 100: 273-288.

Gaucher, C., Bossi, J., Martínez, G., Chiglino, L., Frei, R., Alcides, S. (2014). Grupo Parque UTE. *Geología del Uruguay*, Tomo 1 – Predevonico. Montevideo, pp 215 – 232.

Gaucher, C., Frei, R., Samaniego, L., Will, T.M., Chemale, F., Gargiulo, M.F., Ling, X., Li, X.H., Li, Q.L. (2021). The Tapes Complex (Nico Pérez Terrane, Uruguay): Constraining the Mesoproterozoic evolution of the Río de la Plata Craton. *Journal of South American Earth Sciences* 105, 102906.

Ginares, A., Leite, L., Morales Demarco, M. (2016). Mármoles uruguayos en el patrimonio arquitectónico de Montevideo: caracterización, conservación y uso óptimo. VIII Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, Uruguay.

Ginares, A. (2020). Base de datos de Mármoles ornamentales uruguayos: caracterización, uso, y deterioro en el patrimonio arquitectónico de Montevideo. Trabajo final de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Goñi, J. (1958). Consideraciones sobre la estratigrafía del Proterozoico y Eopaleoproterozoico uruguayo. Boletín de la Sociedad Brasileira de Geología, 7: 91 – 97.

Goodman, R. E. (1989). Introduction of rock mechanics, 2nd Edition. John Willey & Sons. New York. Cap. 2. pp. 19-51.

Grundstofftechnik GMBH (1987). Reporte sobre las investigaciones en el proyecto “técnico de Canteras para DINAMIGE” -Uruguay, No. de proyecto:84.2183.0-03.106.

GSA (2025). Marble: Characteristics, Uses and Problems. Fecha de acceso: septiembre 11, 2025, <https://www.gsa.gov/real-estate/historic-preservation/historic-preservation-policy-tools/preservation-tools-resources/technical-procedures/marble-characteristics-uses-and-problems>

Hemeda, S. (2020). Nanostructured materials for strengthening and preservation of historic structural marble columns. International Journal of Conservation Science.

Hoffman, A. (2006) Naturwerksteine Thailands: Lagerstätten erkundung und Bewertung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch -Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Georg-August-Universität zu Göttingen.

Hoffman, A., Siegesmund, S. (2007). The dimension stone potential of Thailand - overview and granite site investigations. Geological Society, London, Special Publications, 271, 43-54.

Hueck, M., Oyhançabal P., Philipp, R.P., Stipp Basei, M.A., Siegesmund, S. (2018). The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. Geology of Southwest Gondwana, Regional Geology Reviews p: 267-302.

ICOMOS International Scientific Committee for Stone (ISCS) (2011). Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra. Adaptación al español: José María García de Miguel, director de la Cátedra UNESCO de Patrimonio.

Leite, L. (2020). Rocas Ornamentales Sedimentarias del Uruguay: potencialidad, viabilidad y estado de deterioro. Trabajo final de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Machado, R., Fragoso, C. (1987). Deformações brasileiras do Cinturão Dom feliciano no Uruguay. In: Simp. Sul-Bras. Geol., III 2:811- 820, Curitiba.

Mark Barron, A.J. (2018). Carrara Marble. *Mercian Geologist* 19:188-194. October

Martínez, G. (2013). Petrografía y estratigrafía del Grupo Mina Verdún y los alrededores de la cantera Burgueño. Trabajo final de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Martínez, S. (2025). La molesta academia, 100 años y cosas que no cambian: el caso de los mármoles del Palacio Legislativo. *La diaria*. Dirección: <https://ladiaria.com.uy/ciencia/articulo/2025/5/la-molesta-academia-100-anos-y-cosas-que-no-cambian-el-caso-de-los-marmoles-del-palacio-legislativo/>

Marstrander, R. (1914). Los Mármoles de Carapé. Ministerio de Industria, Instituto de Geología y Perforaciones, Vol.1, Montevideo, Uruguay.

Morales Demarco, M. (2012). Mineralogical, petrophysical and economical characterization of the dimensional stones of Uruguay; implications for deposit exploration. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Georg-August-Universität Göttingen.

Natural Stone Institute (2022). Marble and Onyx, an excerpt from the Dimension Stone Design Manual. Produced and Published by the Natural Stone Institute.

www.naturalstoneinstitute.org

Oyhantçabal P, Spoturno J, Goso E, Heimann A, Bergalli L. (2001). Asociaciones litológicas en las supracrustales del grupo Lavalleja y sus intrusiones asociadas en la hoja Fuente del Puma (Sur de Minas). III Cong. Uruguayo de Geología y XI Cong. Latinoam. Geol. Montevideo, Uruguay.

Oyhantçabal, P., Sánchez Bettucci, L., Pecoits, E., Aubet, N., Peel, E., Preciozzi, F., Basei, M.A.S. (2005). Nueva propuesta estratigráfica para las supracorticales del Cinturón Dom Feliciano (Proterozoico Uruguay). 12° Congreso Latinoamericano de Geología. Quito.

Oriolo, S., Oyhantçabal, P., Konopásek, J., Basei, M.A.S., Frei, R., Sláma, J., Wemmer, K., Siegesmund, S. (2019). Late Paleoproterozoic and Mesoproterozoic magmatism of the Nico Perez Terrane (Uruguay): Tightening up correlations in southwestern Gondwana. *Precambrian Research* 327, 296–313.

Palacio Legislativo del Uruguay (En línea). Dirección: https://palacio.parlamento.gub.uy/historia_del_palacio_legislativo

Passchier, C. W., Trouw, R. A. (2005). *Microtectonics*. 2nd, Revised and Enlarged Edition, Springer.

Poiré, D.G, González, P.D., Canalicchio, J.M., García Repetto, F., Canessa, N.D. (2003). Litoestratigrafía y estromatolitos de la sucesión sedimentaria Precámbrica de la cantera Mina Verdún, Minas, Uruguay. *Revista Sociedad Uruguaya de Geología* 3, Publicación Especial 1:108-123.

Poiré, D.G, González, P.D., Canalicchio, J.M., García Repetto, F., Canessa, N.D. (2005). Estratigrafía del Grupo Mina Verdún, Proterozoico de Minas, Uruguay. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12 (2), 125-143.

Price, M. (2008). Rocas ornamentales, identificación, usos, geología, asociaciones históricas. Blume.

Robertson, S. (1999). Classification of metamorphic rocks. BGS Rocks Classification Scheme, volume 2. Research report, number RR 99 – 02.

Salvini, S., Coletti, C., Maritan, L., Massironi, M., Pieropan, A., Spiess, R., Mazzoli, C. (2023). Petrographic characterization and durability of carbonate stones used in UNESCO World Heritage Sites in northeastern Italy. *Environmental Earth Sciences*, Springer.

Sánchez Bettucci, L. (1998). Evolución tectónica del cinturón Dom Feliciano en la región Minas - Piriápolis, República Oriental del Uruguay. Tesis Doctoral.

Sánchez Bettucci, L., Ramos, V.A. (1999). Aspectos geológicos de las rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Grupo Lavalleya, sudeste de Uruguay. *Revista Brasileira de Geociencias* 29, 557–570.

Sánchez Bettucci, L., Cosarinsky, M., Ramos, V.A. (2001). Tectonic setting of the Late Proterozoic Lavalleya Group (Dom Feliciano Belt), Uruguay. *Gondwana Res.* 4, 395–407.

Sánchez Bettucci, L., Oyhantçabal P., Loureiro, J., Ramos, V.A., Preciozzi, F., Basei, M.A.S (2003). Mineralizations of the Lavalleya Group (Uruguay), a Probable Neoproterozoic Volcano-sedimentary Sequence. *Gondwana Research*, No. 3, pp. 745-751.

Santos, J. O., Chernicoff, C. J., Zappettini, E. O., McNaughton, N. J., & Hartmann, L. A. (2019). Large geographic and temporal extensions of the Río de la Plata Craton, South America, and its metacratonic eastern margin. *International Geology Review*, 61, 56-85.

Siegesmund, S., Snethlage, R. (2011). *Stone in Architecture. Properties, Durability.* Fourth Edition, Springer.

Silva, H. (2018). Análisis estructural y de petrografía de los mármoles de Polanco, Uruguay. Trabajo final de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Loureiro, J. (2012). Mapa Geológico del Departamento de Maldonado Escala 1/100.000. Primera Edición, DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Faraone, M., Loureiro, J., Pascale, A., Martino, N., Techera, J. (2019). Mapa Geológico del Departamento de Lavalleja Escala 1/100.000. Primera Edición, DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

Tucker, M. (1988). *Techniques in sedimentology.* Department of Geological Sciences, University of Durham, UK. First edition.

Tucker, M. (2003). *Sedimentary rocks in the field.* Department of Geological Sciences, University of Durham, UK. Third edition. Wiley.


Uruguay Consejo Nacional de Administración (1925). *El libro del centenario del Uruguay, 1825-1925: condiciones y riquezas naturales, historia, demografía, finanzas y economía, navegación, puertos y comunicaciones, régimen político y social, legislación, industrias rurales y manufactureras, cultos, previsión social e higiene pública, enseñanza primaria y superior, comercio, estadística, centros de cultura, instituciones públicas y privadas, vida departamental.* Ministerio de Instrucción Pública. Edición única, Editorial Agencia Publicidad Capurro & Co., Uruguay.

Walther, K. (1925). El material de revestimiento del Palacio Legislativo de Montevideo. Apartado de la revista Agros, época IV, N°2. Castro y Pizarro, Montevideo.

Wilker, H. G. F. (1979). Petrogenesis of metamorphic rocks. Springerstudy edition. P:111 – 139.

Anexo I - Fichas de depósitos minerales

Referencias: ¹Arrighetti & Gianotti (2012), ²Ginares (2020), ³MTOP, ⁴Datos propios, ⁵ Morales Demarco (2012).

File¹	G27-21	Cod²	M15	Nombres Comerciales²	Mármol Negro Oriental
Zona¹	Ruta 81	X	659567,63	Y	6174932,97
Acceso¹	---				
Nº Padrón³	14811	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2,4}	González Álvarez S.A., Nafir S.A. Se realizaron ensayos físicos, petrográficos y DRX.				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	--	--		3	
Explotación	Abandonada				
Geometría¹	Rumbo N205, 55°NW				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	fino	Color¹	gris oscuro	
	Mineralogía¹	caliza, presenta venillas de cuarzo centimétricas a decimétricas, con presencia de sulfuros.			
	Fabrica¹	--			
	Otros¹	--			
	Décor²	Fondo negro con delgadas rayas blancas			
Fotos del depósito					

File¹	G27-04	Cod²	M24¿?	Nombres Comerciales₂	Mármol Negro Tamara¿?
Zona¹	Ruta 81	X	--	Y	--
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios⁴	No hay certeza de que sea el mármol Negro Tamara, pero según Ginares (2020) podría ser.				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)		
1	--	--	--		
Explotación	Abandonada				
Geometría¹	Rumbo 30°, buzando 65° NW				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	Gris oscuro a negro	
	Mineralogía¹	--			
	Fabrica¹	--			
	Otros¹	Filita calcárea.			
	Décor²	Mármol foliado de color negro a gris oscuro con bandas grises y en ocasiones blancas			

File¹	--	Cod²	M20	Nombres Comerciales²	Mármol Negro Imperio
Zona¹	Ruta 81	X²	660104,79	Y²	6175777,15
Acceso¹	Ruta 81, a aprox. 500-1000 m al sur				
N.º Padrón³	15675	Dpto.	Maldonado		
Comentarios²	Rafael Carlomagno				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	--	--		--	
Explotación⁴	Abandonada				
Descripción roca²	Tamaño de grano²	fino	Color²	Negro con bandas blancas	
	Mineralogía²	Carbonatos, cuarzo, clorita, muscovita y clorita			
	Fabrica²	Bandeada			
	Otros²	---			
	Décor²	Mármol laminado de fondo negro y delgadas bandas blancas			


File¹	G27-06	Cod⁵	U22		Nombres Comerciales²	Mármol Calcítico
Zona¹	Cuchilla de Alvariza	X⁵	666596	Y⁵	6178972	
Acceso¹	---					
N.º Padrón³	--	Dpto₁	Maldonado			
Comentario⁵	Abandonada					
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)		
1	180	85		20		
Explotación	Abandonada					
Geometría¹	Con diaclasas N45E, subverticales 1,60 m de espaciado medio, las diaclasas N45W también subverticales con 1,80 m de espaciado, finalmente diaclasas subhorizontales, con 0,80m de espaciado medio. Actitud del cuerpo; N50-60; 55º al E.					
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--		Color¹	blanco a crema, por momentos gris	
	Mineralogía	Calcítico				
	Fabrica¹	---				
	Otros¹	---				
	Décor²	---				

File¹	G27-05A	Cod²	M08 y M09	Nombres Comerciales²	Rojo Marroquí y Amarillo Marroquí
Zona¹	Cuchilla de Alvariza	X	663575,56 y 663554	Y	6177313,30 y 6177199
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	1023	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'} 4	González Álvarez S.A. Se pudo realizar lámina delgada				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	--	---		---	
Explotación	---				
Geometría¹	---				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	fino	Color¹	marrón rojizo	
	Mineralogía¹	carbonatos (calcitas y dolomitas) como principales, secundarios: clorita e illita, cuarzo.			
	Fabrica¹	Esquistoso			
	Otros¹	Mucha calcita cristalizada dentro de fracturas, la misma de grandes cristales; en contacto con anfibolitas. Normalmente presentan una coloración gris característica o más clara debido a cuarzo o calcita recristalizada, siendo común la presencia de veteado debido a minerales filitosos			
	Décor²	Rojo Marroquí: fondo ocre rojizo con delgadas rayas oscuras de calcita recristalizadas. Amarillo Marroquí: fondo ocre amarillento con delgadas rayas oscuras y blancas con calcita recristalizada.			

File¹	G27-17A	Cod²	M01, M03 y M07	Nombres Comerciales²	Mármol Artigas (M01), Maciel o Rivera (M03) y Grisol (M07).
Zona¹	Cuchilla de Alvariza	X	664710,16 y 665262,78	Y	6176750,60 y 6177754,20
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	1024	Dpto₁	Maldonado		
Comentarios^{2'}₄	Manuel Narancio S.A. Se realizaron ensayos físicos, petrográficos y DRX sólo del mármol Artigas.				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)		
1 (Artigas)	10	15	15		
2 (Grisol)	10		10 a 12		
Explotación	Ambas abandonadas y a cielo abierto.				
Geometría¹	Cantera de mármol Grisol presenta una actitud del cuerpo es N90, buzando 75º al W.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Fino (Artigas), Medio (Grisol)	Color¹	Blanco y rosado con veteado negro (Artigas). Blanco con venas rosadas (Grisol).	
	Mineralogía¹	---			
	Fabrica¹	---			
	Otros¹	Roca de caja del banco marmóreo son cuarcitas y calizas metamórficas (Artigas). Fuertemente fracturado (Grisol)			
	Décor²	Artigas: rojo profundo a rosado con bandas verdes oscuras casi negras, de grano medio foliado y plegado. Maciel: color amarillento arenoso rosado con rayas grises rojizas, tamaño medio, foliado. Grisol: Fondo gris claro con rayas gris oscuro.			

File¹	G27-17	Cod²	M04	Nombres Comerciales²	Mármol Sirius
Zona¹	Cuchilla de Alvariza	X²	663554	Y²	6177422
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	1024	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'} 4	Manuel Narancio S.A. Se realizaron ensayos físicos, petrográficos y DRX.				
Dimensiones	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)		
1	--	--	--		
Explotación	Ambas abandonadas y a cielo abierto.				
Geometría¹	--				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹		Color²	Rosado claro casi blanco	
	Mineralogía¹		---		
	Fabrica¹		---		
	Otros¹		--		
	Décor²	Mármol fondo rosado claro casi blanco con rayas marrones oscuras y verdes claras.			

File¹	G27-10	Cod²	--	Nombres Comerciales²	Mármol Blanco
Zona¹	Zanja del Tigre	X	674074,10	Y	6175632,98
Acceso¹	Ruta 12 a la altura del kilómetro 26				
N.º Padrón³	10379 y 3848	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios¹	Pertenece a la firma Dante Ramos S.A. Inició como cantera para la producción de bloques de mármol blanco y luego prosiguió su explotación como dolomía (para pinturas, alimento animal y correctivo de suelo, etc.)				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	150	26		20	
Explotación¹	A cielo abierto				
Geometría¹	El banco tiene un rumbo general de N50°W, y buzamiento SW, el mismo presenta una potencia del orden de los 120 a 150 m				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	grano a fino a medio	Color¹	blancos a grisáceos.	
	Mineralogía¹	Carbonatos y subordinadamente biotita, muscovita y opacos.			
	Fabrica¹	Con textura sacaroide			
	Otros¹	Mármol dolomítico en contacto con granito no orientado, a biotita y feldespatos potásico, y esquistos biotíticos, con filones de cuarzo; subconcordantes con la dirección del mármol. Existen zonas con actinolita que le confiere un color verdoso. En parte, el contacto está marcado por un filón de cuarzo entre granito y mármol.			
	Décor	----			

File¹	G27-11	Cod²	M12	Nombres Comerciales²	Gris N; Gris Narancio; Venice Grey; Mármol N.
Zona¹	Zanja del Tigre	X	674895,08	Y	6176485,70
Acceso¹	Ruta 12 tomar cn. Zanja del Tigre 2 km aprox. tomar camino vecinal unos metros hacia el este				
N.º Padrón³	25722	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios¹⁻⁴	Firma Jesús González - activa. Se accedió y se sacaron muestras para ensayos físicos, DRX y petrográficos.				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	70	25		15	
2	12			2	
Explotación¹	A cielo abierto				
Otros¹	presenta dos frentes (1 -2). 1) se presenta con intensa fracturación lo que impide la posibilidad de extraer bloques de tamaño comercial. 2) Posee sectores masivos y más tenaces de donde se extrajeron bloques de mármol dolomítico.				
Geometría¹	El cuerpo dolomítico, consiste en un paquete buzante al W, unos 30° ubicado estratigráficamente entre dos cuerpos metapelítico-arcósico. Presenta alteración pronunciada, zonas aptas son como "ojos" dentro del banco.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	medio, mostrando cristales mm a veces alcanzando un cm, euhédricos, bien definidos.		Color¹	gris claro, gris verdosa
	Mineralogía¹	dolomita, tremolita, moscovita y clorita			
	Fabrica¹	Texturalmente se presenta granuda en alternancia con niveles micáceos mostrando fuerte laminación otorgándole a la roca un carácter pulverulento.			
	Otros¹	Abundantes minerales silicáticos magnesianos (tremolita-actinolita) cristales diseminados (microfibrosos) de color verdoso muy tenue, confieren tonalidad gris verdosa			
	Décor²	Mármol gris perla uniforme con rayas blancas que definen dos foliaciones oblicuas			
	Fotos del depósito				

File¹	G27-18	Cod²	--		Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Zanja del Tigre	X	--	Y	--	
Acceso¹	---					
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado			
Comentarios¹	Firma González Álvarez S.A.					
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)		
1	--	--		--		
Explotación¹	A cielo abierto, abandonada					
Geometría¹	Rumbo N70° y buzamiento 20° al NW					
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	--		
	Mineralogía¹	--				
	Fabrica¹	---				
	Otros¹	Alternancia de bandas de mármol dolomítico masivo y calcoarenita fisil, siendo este fácilmente friable				
	Décor²	---				

File¹	F27-07	Cod²	M18	Nombres Comerciales²	Mármol San Agustín, Mármol Rosado
Zona¹	Zanja del Tigre	X	677153,083	Y	6176481,309
Acceso¹	Camino Los Molles o La Guillermina				
N.º Padrón³	4992 y 4993	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{1,2,4}	Firma Gregorio Umpierrez, Nafir S.A.; Manuel Naranci S.A. Se consiguió muestra para petrografía y DRX. Sólo de San Agustín				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	300	--		--	
Explotación¹	A cielo abierto				
Geometría¹	El área del depósito se encuentra en el flanco de un anticlinal, el mismo está constituido por un banco de rumbo general N50W, con buzamiento promedio de 50° al S.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	grano medio a grueso	Color¹	variables entre ellos: blanco, rosado, grises claro	
	Mineralogía¹	dolomita, óxidos de hierro y hematita			
	Fabrica¹	criptocristalino			
	Otros¹	caracterizándose como muy fracturado, con sectores alternantes de mármol masivo y calcoarenito físil.			
	Comentarios de las variedades presentes¹	Los aspectos ornamentales son de dos tipos: Mármol tipo "San Agustín" y un mármol rosado. Las características del color determinan dos tipos comerciales: 1) San Agustín; color gris claro o crema, con venillas negras, violetas o gris oscuras milimétricas a centimétricas que encierran nódulos o venas color rojo carne, de 1 a 5 cm de dolomita recristalizada. 2) Mármol rosado pigmentado homogéneamente por hematita concentrándose en lechos de color violeta oscuro.			
	Décor²	De la variedad San Agustín: Mármol de fondo rosado pálido a beige con estilolitos azules, ocre y rojizos			


File¹	F27-10	Cod²	---		Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Zanja del Tigre	X	677171	Y	6175722	
Acceso¹	---					
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado			
Comentarios¹	----					
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)		
1	100	6		2		
Explotación¹	A cielo abierto, abandonada					
Geometría¹	N-S, 60°E					
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	Blanco a gris		
	Mineralogía¹	Dolomita				
	Fabrica¹	---				
	Otros¹	Roca caja son pizarras silicificadas y esquistos biotíticos en concordancia con el banco dolomítico. El mármol es fácilmente desagregable.				
	Décor²	---				

File¹	F27-06	Cod²	---		Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Zanja del Tigre	X	--	Y	---	
Acceso¹	---					
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado			
Comentarios¹	La cantera pertenece a Jorge Bove.					
Dimensiones₁	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)		
1	50	20		7		
Explotación¹	A cielo abierto, inactiva.					
Geometría¹	El rumbo del banco es de dirección N340°					
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹			Color¹	Blanco a rosado	
	Mineralogía¹	Dolomita				
	Fabrica¹	--				
	Otros¹	muy tectonizado con partes pulverulentas de calcoarenito, con gran fisilidad.				
	Décor²	--				


File¹	F27-28	Cod²	---	Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Zanja del Tigre	X	--	Y	---
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios	Firma "LA ORIENTAL SRL"				
Dimensiones₁	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	280	--		--	
Explotación¹	Cantera activa				
Geometría¹	con rumbo N40, buzando 80º				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	blanco a ocre y gris	
	Mineralogía	dolomita			
	Fabrica¹	--			
	Otros	Presentando a nivel de cantera enriquecimiento en hierro, en venas o en pequeños horizontes. Se observan brechas calcáreas del orden centimétrico, en líneas generales muy tectonizado.			
	Décor²	--			


File¹	G27-14	Cod²	---		Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	--	Y	---	
Acceso¹	---					
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado			
Comentarios	---					
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)		
1		2		5 a 6		
Explotación¹	Cantera abandonada					
Geometría¹	Rumbo N40 y buza 10°W					
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Fino	Color¹	Gris		
	Mineralogía¹	Dolomita				
	Fabrica¹	---				
	Otros¹	Alternancia de metasedimentos calcáreo-detrítico-pelítico, la roca dolomítica tiene intercalaciones de micasesquistos. Roca caja leucogranito biotítico				
	Décor²	---				

File¹	G27 - 15	Cod²	--	Nombres Comerciales¹	Blanco Perla
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	--	Y	---
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios₂	--				
Dimensiones₁	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1		5		4	
Explotación¹	Abandonada				
Geometría¹	Rumbo N40 y buza 70°SE				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Grueso	Color¹	Blanco, gris verdoso	
	Mineralogía¹	Dolomita			
	Fabrica¹	Textura sacaroide			
	Otros¹	Roca caja granito biotítico muy alterado			
	Décor²	---			

File¹	G27-12	Cod²	M06	Nombres Comerciales²	Abayubá
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	665338,72	Y	6174619,49
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	996	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios² 4	Se realizaron ensayos petrográficos y DRX.				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	--	---		---	
Explotación¹	Abandonada				
Geometría¹	El depósito yace en forma lenticular en alternancia con rocas deformadas concordantes, la actitud del cuerpo es N80, 47° al N.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	Blanco rosado con bandas negras	
	Mineralogía¹	carbonato-opacos-sericita-clorita-tremolita y pirita			
	Fabrica¹				
	Otros¹	Contacto con roca esquistosa predominantemente y con roca granitoide deformada.			
	Décor²	Fondo beige claro y marfil con tiras marrones y grisáceas, foliadas y plegadas			
	Foto de depósito				



File¹	G27-01	Cod²	M19	Nombres Comerciales²	Centrone
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	664422,46	Y	6174855,82
Acceso¹	---				
N.º Padrón³	32210	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2,4}	Juan Brove. Se realizaron ensayos físicos, petrográfico y DRX				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
A	10	--		3	
B	17	--		2 a 3	
C	15	--		10	
D	---	--		2 a 3	
Explotación¹	Abandonada				
Geometría¹	Cantera A: rumbo N140, 55°NE, B: rumbo N325, 55°E				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	A y B: medio-grueso, C: medio, D: Fino	Color¹	A: Rosado-grisáceo, B: Blanco-grisáceo, C: Blanco-rosado, D: Blanco vetas rosadas	
	Mineralogía¹	clorita en cantera C			
	Fabrica¹	Textura sacaroide			
	Otros¹	A: La roca de caja es un esquisto biotítico concordante con el banco de mármol. B: Está en contacto con meta-arenisca, el mármol se encuentra diaclasado N60, 30°NW (de la principal diaclasa). C: Roca caja meta-arenisca a cuarcita al NE.			
	Décor²	Mármol de color rosado uniforme con estilolitos rosa intenso y marrón rojizo			


File¹	G28-16	Cod²	M21	Nombres Comerciales²	Blanco Perla
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	666283,89	Y	6174235,36
Acceso¹	Por la ruta 60 a la altura del kilómetro 35,500 aprox. por camino vecinal al este				
N.º Padrón³	989, 5726, 30317, 30180, 4333 y 5733	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'} 4	Loyner S.A, Piedrahita Hnos. Se realizaron ensayos físicos, petrográfico y DRX				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	2600	250		12	
Explotación¹	A cielo abierto, activa.				
Geometría¹	Tiene una forma elongada con un eje mayor de rumbo N30.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Grueso	Color¹	blanco	
	Mineralogía¹	Dolomita			
	Fabrica¹	sacaroide			
	Otros¹	Lente de mármol, entre neises biotíticos en charnela de pliegue isoclin al. Se encuentra a manera de lasca tectónica, flanqueado por esquistos biotíticos y anfibólicos, mientras que al NW se desarrolla un granito de textura isoxenomórfica, con orientación visible que muestra contacto subconcordante con los metamórficos. El mármol en superficie muestra un alto grado de alteración, en el entorno de los 2 m de espesor.			
	Décor²	Blanco uniforme a veces con manchas de color verde oscuro			
	Foto de depósito				

File¹	G28-13	Cod²	---	Nombres Comerciales²	Mármol travertino
Zona¹	Ptas. de Ar. Pan de Azúcar	X	669766	Y	6174001
Acceso¹	--				
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'}₄	ensayos físicos, petrográfico y DRX				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	10	--		8	
Explotación¹	Abandonada - inundada				
Geometría¹	Actitud del banco es N330, buzando 65° al SW.				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	fino	Color¹	Blanco - gris	
	Mineralogía¹	Dolomita			
	Fabrica¹	---			
	Otros¹	Se encuentra recortado por un dique pegmatítico. La roca de caja es un gneis biotítico.			
	Décor²	---			
	Foto de depósito				

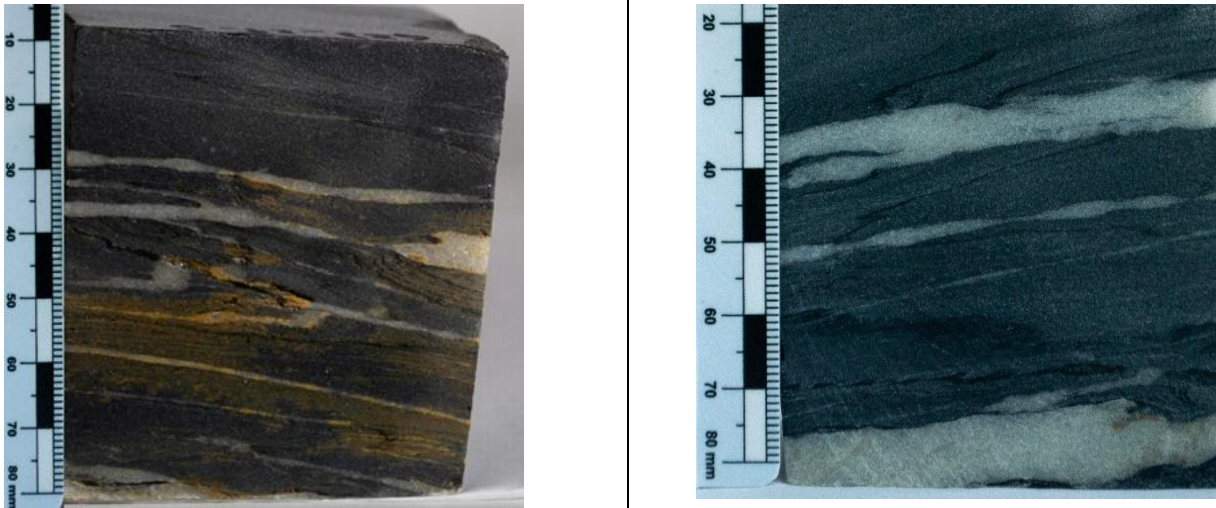
File¹	G28-12	Code₂	M28	Nombres Comerciales₂	Negro Ansina, Charrúa o Portoro
Zona¹	Cerro de Las Ventanas	X⁴	656893	Y⁴	6162555
Acceso⁴	Ruta 60, kilómetro 20, camino al W hasta La Nativa, luego al N				
N.º Padrón³	5344	Dpto.	Maldonado		
Comentarios^{2,4}	Manuel Narancio S.A. Se realizaron ensayos petrográficos y DRX.				
Dimensiones_{1,4}	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	21,5			4	
Explotación⁴	Abandonada				
Geometría⁴	foliación 71/090, buza 71 hacia el este				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	--	Color¹	Negro	
	Mineralogía¹	--			
	Fabrica¹	---			
	Otros¹	Pizarrosas			
	Décor²	Mármol con fondo negro con gran cantidad de venas blanca y a veces marrones.			

File¹	G28-21	Cod²	---	Nombres Comerciales²	--
Zona¹	Cerro de Las Ventanas	X	--	Y	--
Acceso¹	--				
N.º Padrón³	--	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'} 4	---				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	--	--		--	
Explotación¹	Abandonada				
Geometría¹	Rumbo N20E, buzamiento subvertical entre 80 y 85° W				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Fino a medio	Color¹	Negro con venillas blancas ocres	
	Mineralogía¹	---			
	Fabrica¹	---			
	Otros¹	---			
	Décor²	---			

File¹	G28-20	Cod²	M25	Nombres Comerciales²	Nueva Carrara, Rojo Oriental
Zona¹	Cerro de Las Ventanas	X	659463,95	Y	6157831,12
Acceso⁴	Por camino de la cantera				
N.º Padrón³	31226, 31228, 31227	Dpto¹	Maldonado		
Comentarios^{2'} 4	COMACO. Se realizaron ensayos físicos, petrográficos y DRX.				
Dimensiones¹	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	1160	--		--	
Explotación^{1'4}	Cantera a cielo abierto, activa.				
Geometría¹	Rumbo general N -NE buzando 70-80°W				
Descripción roca¹	Tamaño de grano¹	Fino	Color¹	Blanco, grisáceo, rojizo	
	Mineralogía¹	---			
	Fabrica¹	---			
	Otros¹	Roca caja filita gris verdosa concordante con el banco			
	Décor²	Aspecto brechoso con tonalidades rosas, ocres, amarillas, grises y blancas			
Foto de depósito					
					

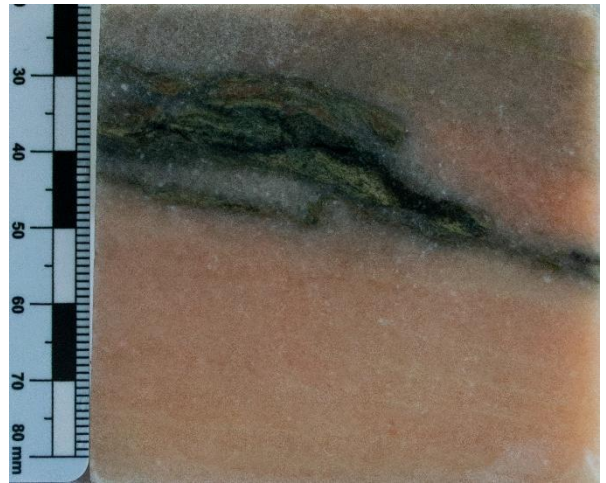
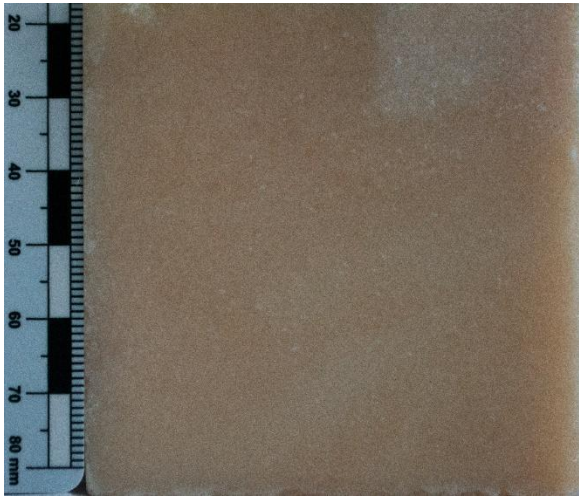
File⁴	G24-01	Code²	M17	Nombres Comerciales²	Blanco Ónix, Lauronix White
Zona⁴	Polanco	X	672980	Y	6251064
Acceso⁴	Por ruta 40 al llegar a la localidad de Polanco tomar ruta 108 hacia el N				
N.º Padrón³	6067, 4301, 5771, 6042 y 4494	Dpto.⁴	Lavalleja		
Comentarios^{2'}₄	Ónix Polanco S.A., S.A. Marmolerías unidas, Lauronix S.A. Se realizaron ensayos físicos, petrográfico y DRX.				
Dimensiones⁴	Longitud (m)	Ancho (m)		Altura (m)	
1	80	80		--	
2	60	50		--	
3	40	30		--	
Explotación⁴	A cielo abierto. Inactiva				
Geometría⁴	foliación del mármol: 71/244, 65/218, 64/225				
Descripción roca⁴	Tamaño de grano⁴	Fino a medio	Color⁴	Blanco	
	Mineralogía	--			
	Fábrica	--			
	Otros⁴	--			
	Décor²	Mármol blanco cristalino, translúcido con algunas manchas verdes			
	Foto de depósito				

Anexo II – Fichas técnicas de rocas analizadas

Nombre Comercial		Mármol Negro Oriental					
							
Mineralogía	Calcita, cuarzo, opacos y pirita.						
Porosidad (%)	0,21	$\rho_{\text{bulk}}(\text{g/cm}^3)$	2,73	$\rho_{\text{m}}(\text{g/cm}^3)$	2,73	Ab. agua (%)	0,056
Otro	Presentan fisuras abiertas donde suele partir al cortar.						
Décor	Fondo negro con bandas blancas de diferente grosor, muchas de ellas plegadas, con estilolitos negros y en ocasiones pátina de óxido.						

Nombre Comercial

Mármol Artigas



Mineralogía

Calcita, cuarzo, moscovita, anfíbol, clorita, talco.

Porosidad (%)

0,19

ρ_{bulk} (g/cm³)

2,73

ρ_m (g/cm³)

2,73

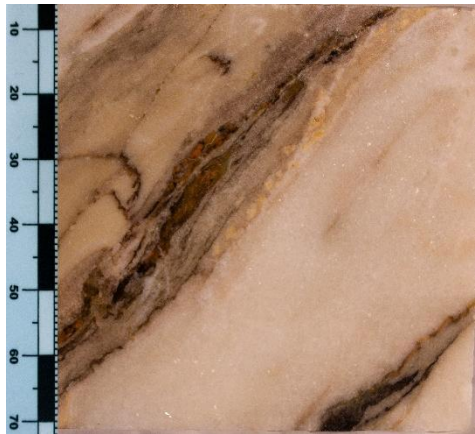
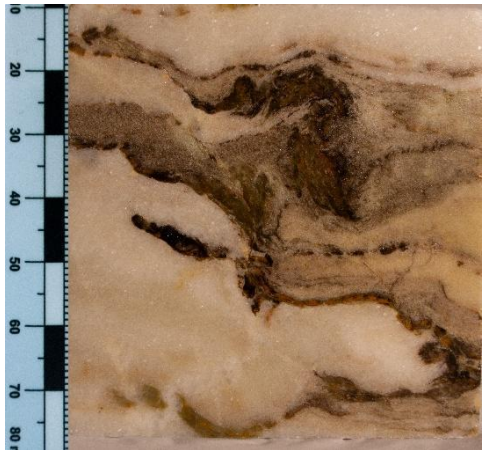
Ab. agua (%)

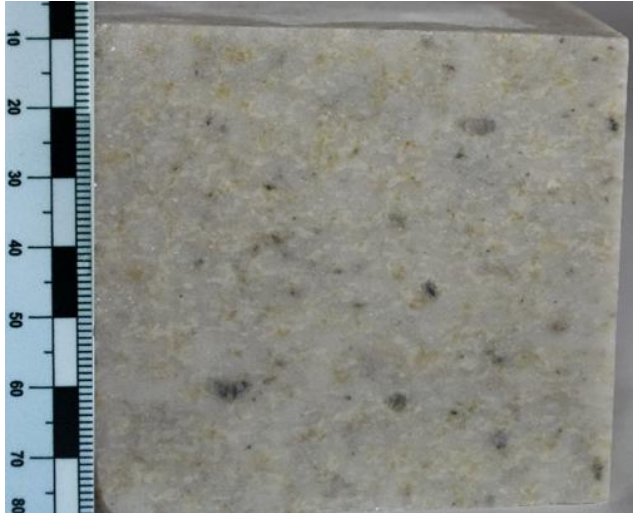
0,069

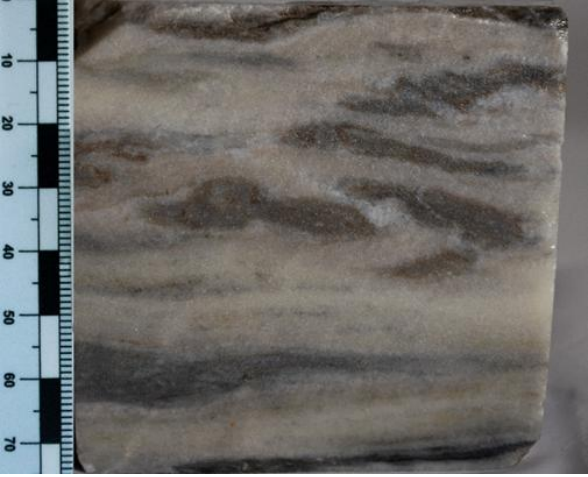
Otro


Décor

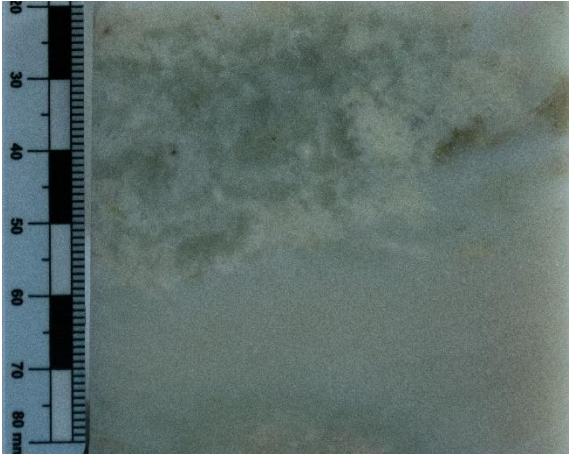
Fondo rosa a rojizo con bandas plegadas de verdes a negras.

Nombre Comercial		Mármol Sirius					
							
Mineralogía	Calcita, cuarzo, biotita, muscovita, opacos.						
Porosidad (%)	0,22	ρ_{bulk}	2,72	ρ_m (g/cm³)	2,73	Ab. agua (%)	0,074
Otro	Pequeñas fisuras en los pliegues.						
Décor	Fondo blanco con vetas beige a marrón con bandas plegadas de color marrón a verdoso, con halos rosados.						

Nombre Comercial	Mármol Venice Grey						
							
Mineralogía	Dolomita, cuarzo, tremolita y diópsido.						
Porosidad (%)	0,23	$\rho_{bulk}(g/cm^3)$	2,89	$\rho_m(g/cm^3)$	2,89	Ab. agua (%)	0,092
Otro	Presenta fracturas, algunas de ellas rellenas de cuarzo.						
Décor	Fondo blanco grisáceo con tonos puntuales verdes y negros.						

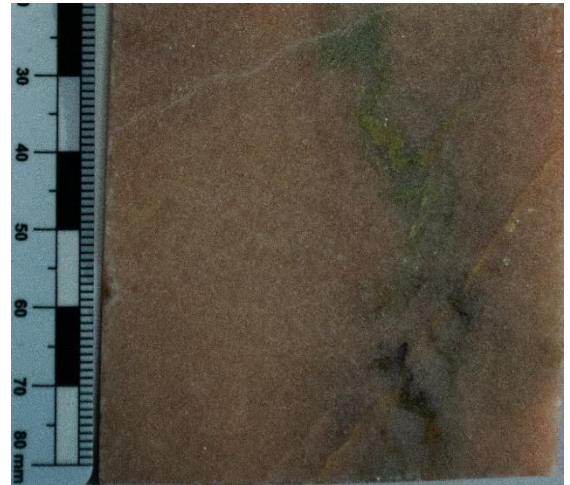
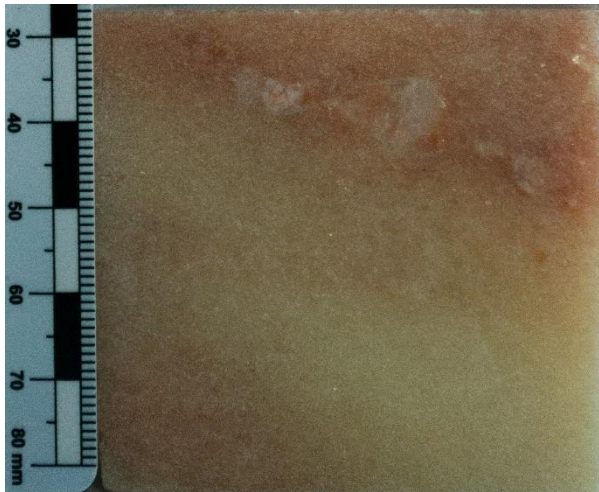
Nombre Comercial	Mármol Abayubá					
						
Mineralogía	Calcita, cuarzo, flogopita, biotita y pirita.					
Porosidad (%)	--	ρ_{bulk} (g/cm³)	--	ρ_m (g/cm³)	--	Ab. agua (%)
	-		-		-	-
Otro	---					
Décor	Fondo blanco a gris con bandas anchas de color marrón, verdosas a grises.					

Nombre Comercial	Mármol Blanco Perla						
							
Mineralogía	Dolomita, cuarzo, olivino, moscovita, talco.						
Porosidad (%)	0,2	ρ_{bulk} (g/cm³)	2,87	ρ_{m} (g/cm³)	2,87	Ab. agua (%)	0,06
Otro	---						
Décor	Fondo blanco a beige con vetas finas marrones y puntos verdes.						

Nombre Comercial	---						
							
Mineralogía	Dolomita, olivinos, dióxido, tremolita.						
Porosidad (%)	0,33	ρ_{bulk} (g/cm³)	2,94	ρ_m (g/cm³)	2,95	Ab. agua (%)	0,089
Otro	---						
Décor	Fondo blanco con bandas plegadas de color beige a verdoso.						

Nombre Comercial

Mármol Centrone

**Mineralogía**

Carbonatos, cuarzo, tremolita, diópsido, biotita, clorita.

Porosidad (%)

0,13

 $\rho_{\text{bulk}}(\text{g}/\text{cm}^3)$

2,72

 $\rho_{\text{m}}(\text{g}/\text{cm}^3)$

2,72

Ab. agua (%)

0,051

Otro

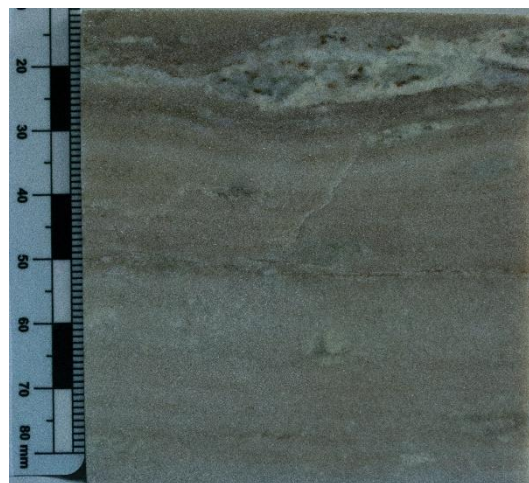
Tiene pequeñas fisuras cruzadas cerradas.

Décor

Fondo rosa a beige con bandas negras, verde a marrón rojizo, con estilolitos rojos.

Nombre Comercial

Mármol Travertino



Mineralogía

Dolomita, flogopita, moscovita o talco y opacos.

Porosidad (%)

0,53

ρ_{bulk} (g/cm³)

2,82

ρ_m (g/cm³)

2,84

Ab. agua (%)

0,154

Otro

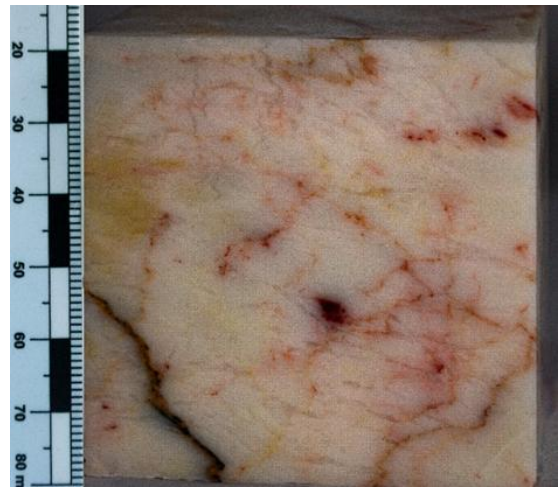
Muy fisurado, muchas de ellas abiertas.

Décor

Fondo marrón claro a beige con bandas que van del blanco crema, verdoso al marrón.

Nombre Comercial

Mármol Nueva Carrara



Mineralogía

Calcita, cuarzo, opacos.

Porosidad (%)

0,17

ρ_{bulk} (g/cm³)

2,71

ρ_{m} (g/cm³)

Ab. agua (%)

0,062

Otro

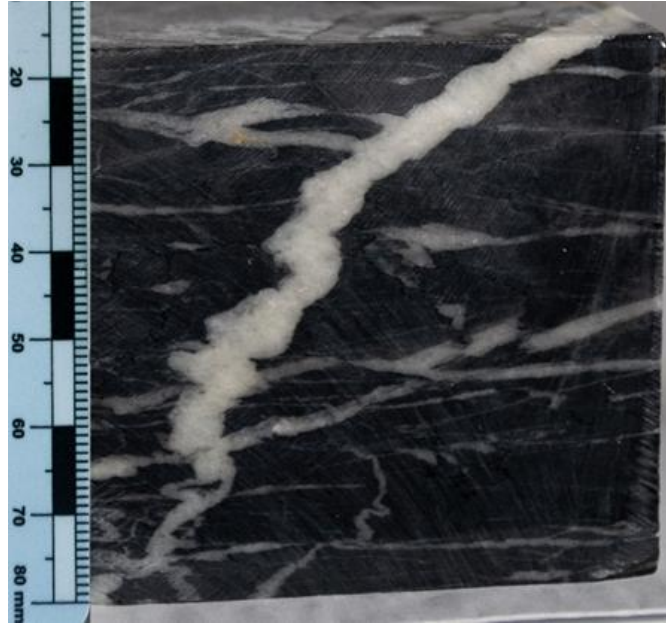
Fisuras.

Décor

Blanco: fondo blanco - gris con tonos rojos y amarillo - ocre, presencia de estilolitos de color negro y ocre. **Roja:** Fondo rojo con parches blancos.

Nombre Comercial

Mármol Negro Ansina, Charrúa o Portoro



Mineralogía

Calcita, cuarzo, opacos.

Porosidad (%)

ρ_{bulk} (g/cm³)

ρ_m (g/cm³)

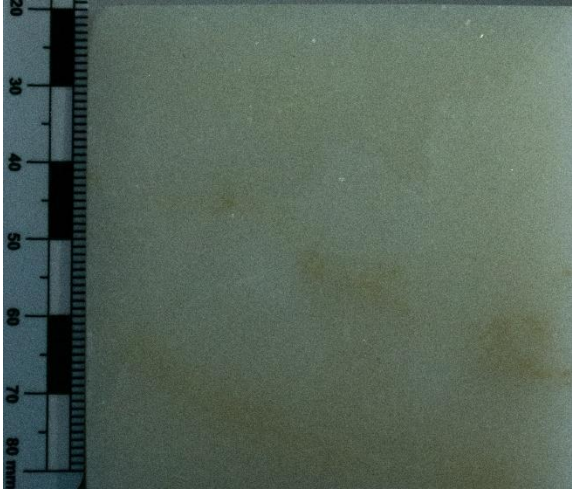
Ab. agua (%)

Otro


Pequeñas fracturas.

Décor

Fondo negro con vetas y esterilitos blanco.

Nombre Comercial	Mármol Blanco Ónix						
							
Mineralogía	Dolomita, tremolita, olivinos.						
Porosidad (%)	0,19	ρ_{bulk} (g/cm³)	2,86	ρ_{m} (g/cm³)	2,87	Ab. agua (%)	0,058
Otro	Pequeñas fracturas.						
Décor	Fondo blanco con bandas de color beige a verde.						

Anexo III – Catálogo de Mármoles presentes en el Palacio Legislativo

Nombre Comercial	Mármol Nueva Carrara
	
Décor	Blanco: fondo blanco - gris con tonos rojos y amarillo - ocre, presencia de estilolitos de color negro y ocre. Roja: Fondo rojo con parches blancos.
Ubicación Palacio Legislativo	Exterior: revestimiento de la fachada exterior, en las columnas de la entrada principal, baldosas de la entrada a la puerta principal, baranda de la entrada principal y esculturas decorativas.
Deterioro	Presentan fisuras, fracturas, erosión diferencial, faltante, decoloración, enmugrecimiento, colonización biológica (líquenes) y costras negras.

Nombre Comercial

Mármol Nueva Carrara



Décor

Blanco: fondo blanco - gris con tonos rojos y amarillo - ocre, presencia de estilolitos de color negro y ocre.
Roja: Fondo rojo con parches blancos.

**Ubicación
Palacio
Legislativo**


En interior se encuentra: revestimiento de paredes en escalera que va al Salón de los Pasos Perdidos, pilastras del Salón de los Pasos Perdidos, baldosas en varias zonas, molduras u objetos y botones decorativos en columnas del Salón de los Pasos Perdidos.

Deterioro

Las placas interiores de piso presentan fisuras, pérdida de pulido y faltante, para las placas en columnas y paredes, se observan fisuras y faltantes, en el caso de las molduras u objetos de decoración no se ven deterioros.

Nombre Comercial	Mármol Negro Ansina, Charrúa o Portoro
	 
Décor	Fondo negro con vetas y esterilitos blancos.
Ubicación Palacio Legislativo	Guardas de paredes del vestíbulo de Honor, en los vértices de las columnas del Salón de los Paso Perdidos y como baldosas exteriores de la entrada principal.
Deterioro	Guardas en general están en perfecto estado, algunas presentan pequeñas fisuras propias de la roca, pero las placas que se encuentran en las columnas presentan: fisuras, fracturas y faltantes. Baldosas del exterior presentan: decoloración, erosión diferencial, excoiaciones, desconchaduras, faltantes y pérdida de pulido.

Nombre Comercial	Mármol Sirius
	
Décor	Fondo blanco - beige con vetas beige a marrón con bandas plegadas de color marrón a verdoso, con halos rosados.
Ubicación Palacio Legislativo	Escaleras que van a las barras de la Cámara de Representantes y Senadores, guardas de las paredes de estas escaleras.
Deterioro	Perforaciones, fracturas, excoiaciones, enmugrecimiento (en la escalera en la que también se encuentra la cantina) y pérdida de pulido.

Nombre Comercial	Mármol Ónix Fantasía
	
Décor	Fondo blanco - beige con vetas beige a marrón con bandas plegadas de color marrón a verdoso, con halos rosados.
Ubicación Palacio Legislativo	Descansos de las escaleras que van a las barras de la Cámara de Representantes y Senadores.
Deterioro	Excoriaciones y pérdida de pulido.

Nombre Comercial

Mármol Rojo Marroquí



Décor

Fondo rojo con venas blancas de diferentes grosores.

Ubicación Palacio Legislativo

Botones en el salón de los Pasos Perdidos y guardas de alfombra del salón de los Pasos Perdidos.

Deterioro

Alfombra fisuradas y excoriaciones. Botones en perfecto estado.

Nombre Comercial	---
	
Décor	Fondo amarillo con vetas grises y en ocasiones verde agua.
Ubicación Palacio Legislativo	En el Vestíbulo de Honor en guardas de las paredes, como respaldo de los bancos empotrados y en botones decorativos del Salón de los Pasos Perdidos.
Deterioro	Alfombra fisuradas y excoriaciones. Placas en paredes en perfecto estado.

Nombre Comercial



Décor


Fondo verde con vetas grises.

**Ubicación
Palacio
Legislativo**

Alfombras del salón de los Pasos Perdidos.

Deterioro

Fisuras y excoiaciones.

Nombre Comercial	---
	
Décor	Fondo gris oscuros con vetas de gris más claro a blanco.
Ubicación Palacio Legislativo	Alfombras del salón de los Pasos Perdidos, guardas de paredes pasillos laterales del primer piso, baldosas de pasillos del primer piso y baldosas exteriores de la entrada principal.
Deterioro	Las placas colocadas en las paredes se encuentran en perfecto estado, mientras que las del piso interior presentan erosión diferencial leve y excoriaciones, las colocadas en el exterior presentan: decoloración, desconchadura, faltante y ampolladuras. Las placas en la alfombra muestran fisuras y excoriaciones.

Nombre Comercial

Mármol Verde Salus, Cipollino



Décor




Fondo verde oscuro con pliegues blanco - beige – amarillo.


**Ubicación
Palacio
Legislativo**

Alfombras del salón de los Pasos Perdidos, guardas de paredes de pasillos laterales del primer piso y botones decorativos del Salón de los Pasos Perdidos. En el exterior se encuentra en baldosas de la entrada principal.

Deterioro

Las placas de las paredes como los botones se encuentran en perfecto estado, mientras que la exterior muestra pérdida de color, faltante y excoiaciones. Alfombra con fisuras y excoiaciones.

Nombre Comercial	---
	 
Décor	Blanco a beige en ocasiones algo grisáceo.
Ubicación Palacio Legislativo	Bancos del Salón de los Pasos Perdidos y bancos Vestíbulo de Honor, en baldosas de los pasillos del primer piso.
Deterioro	Bancos: algo de excoiraciones al igual que las baldosas que también presentan pérdida de pulido.

Nombre Comercial	Mármol Venice Grey
	
Décor	Fondo blanco grisáceo con tonos puntuales verdes y negros.
Ubicación Palacio Legislativo	Túnel que comunica el edificio anexo José Artigas con el Palacio en baldosas y paredes.
Deterioro	Perfecto estado.

Nombre Comercial	Mármol Artigas
	
Décor	Fondo rosa a rojizo con bandas plegadas de verdes a negras.
Ubicación Palacio Legislativo	Guarda como sustitución del Mármol Sirius.
Deterioro	Perfecto estado.