

Rocas para construcción y ornamentación en Chile: geología, distribución y aplicaciones

A. Gajardo⁽¹⁾ y R. Carrasco⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Santiago, Chile.
e-mails: agajardo@sernageomin.cl - e-mail: rcarrasco@sernageomin.cl

RESUMEN

Las rocas para construcción y ornamentación existentes en Chile, son principalmente granito, lapislázuli, mármol, travertino y toba. Los yacimientos de granito se distribuyen en rocas del Paleozoico y del Cretácico inferior-superior, y presentan un color gris claro a oscuro, rosado a rosado claro y un grado de fracturación que permite la extracción de bloques de más de 4 m³. El único yacimiento de lapislázuli, conocido en el país, se encuentra en calizas metamorfozadas del Cretácico inferior. El lapislázuli presenta colores entre azul intenso y celeste y se utiliza para elaborar objetos decorativos y pigmento azul. Los yacimientos de mármol corresponden a calizas recristalizadas por efectos termales ocurridos en el Jurásico y en el Cretácico inferior. Presentan colores que varían del gris, gris claro, negro, blanco, blanco rosáceo al rojo, y una fracturación que dificulta la obtención de bloques mayores de 4 m³. Los yacimientos de travertino se presentan en calizas del Terciario superior; su color es pardo a pardo amarillento y tienen una fracturación que permite la extracción de bloques de más de 4 m³. Finalmente, los yacimientos de tobas se encuentran en secuencias volcánicas del Cretácico superior y del Terciario superior, con colores blanco, blanco amarillento y rosado y se explotan de forma artesanal para la elaboración de baldosas, adoquines y objetos decorativos. La producción de rocas para construcción y ornamentación en Chile oficialmente registrada, corresponde, únicamente, a lapislázuli y mármol; y la importación, principal fuente actual de granito, mármol y travertino, se realiza desde España, Italia, Portugal, Argentina y Brasil.

Palabras clave: granito, lapislázuli, mármol, rocas ornamentales, travertino.

Construction and ornamental rocks in Chile: geology, distribution and applications

ABSTRACT

The existing ornamental and construction rocks in Chile are mainly granites, lapislazuli, marble, travertine and volcanic tuffs. Granite deposits are distributed in Paleozoic and Early to Late Cretaceous rocks, and are light to dark gray and pink to white pink in color. Due to favourable fracture separation the extraction of blocks of 4m³ or more, is possible. The only existing lapislazuli deposit is hosted in Early Cretaceous metamorphic limestones. Lapislazuli is dark to light blue, and is used in the manufacture of ornamental devices and pigments. Marble deposits are represented by recrystallized limestones due to Jurassic and Early Cretaceous thermal events. They are gray, light gray, black, white, pink white and red, with fracture separation that only allows to obtain blocks less than 4m³. Travertine deposits are hosted in Late Tertiary limestones with brown to light brown color. Due to fracture separation blocks of more than 4 m³ can be obtained. Volcanic tuff deposits are located in Late Cretaceous volcanic rocks, white to yellowish and pink in color, and are exploited in artisan way to elaborate floor tiles and ornamental devices. The officially registered production of ornamental and construction rocks in Chile is represented only by lapislazuli and marble. Granite, marble and travertine are imported from Spain, Italy, Portugal, Argentina, and Brazil.

Key words: granite, lapislazuli, marble, ornamental rocks, travertine.

Introducción

Históricamente, en Chile ha existido una producción marginal de rocas para construcción y ornamentación, lo que puede atribuirse tanto a un mercado en lento crecimiento debido a la falta de tradición en el uso de estos materiales -en un país dominado por la minería del cobre- como a la intensa fracturación que afecta a diversos tipos litológicos presentes en el país, resultante de la evolución geológica del territorio.

Esta situación ha redundado en una escasa experiencia en la prospección, evaluación y explotación de estas rocas, así como en una insuficiente infraestructura de procesamiento, que se manifiesta en una reducida producción tanto industrial como artesanal. La producción industrial, ha sido llevada a cabo sólo por cuatro o cinco empresas nacionales que han abastecido el mercado interno con placas de mármol, travertino y lapislázuli, de tamaño inferior al metro cuadrado. La producción artesanal ha estado orientada a la elaboración y comercialización interna de

pequeñas placas para construcción, adoquines y piezas ornamentales, elaboradas con granitos y lavas y, últimamente, tobas.

La producción nacional se ve afectada, además, por la importación de bloques y placas, especialmente de granito, mármol y travertino, de gran calidad y

bajo precio relativo, las que son dimensionadas por las empresas constructoras que las importan y utilizadas en revestimientos, mampostería y ornamentación.

No obstante lo señalado, existe en la actualidad una creciente producción de rocas para construcción

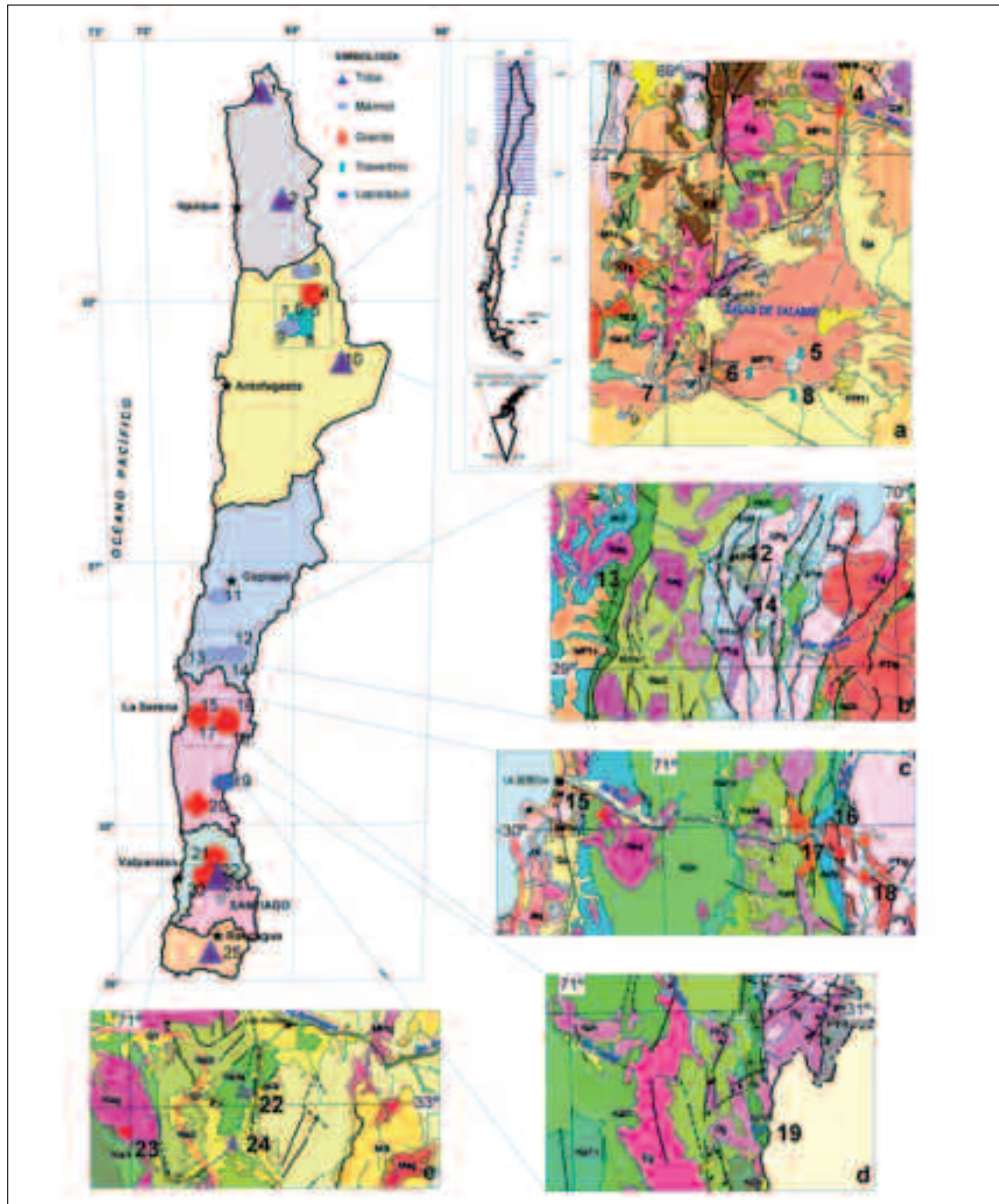


Fig. 1. Marco geológico y ubicación de yacimientos de rocas para construcción y ornamentación en Chile
Fig. 1: Geologic framework and location of construction and ornamental rocks deposits of Chile

y ornamentación, basada en la explotación de lapislázuli, travertino y toba, que presentan características geológicas favorables y mercados de interés, principalmente extranjeros, en el caso del lapislázuli y travertino.

Rocas ornamentales y de construcción de Chile

Las rocas para construcción y ornamentación, granito, lapislázuli, mármol, travertino y toba, se distribuyen en muy variados ambientes geológicos del terri-

Legenda de los mapas de la Figura 1

MP11 = secuencias sedimentarias lacustres, en parte fluviales y aluviales: limos, arenas, conglomerados, calizas y cenizas volcánicas, del Mioceno superior-Plioceno.

Mimg = granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, monzonitas y dioritas de biotita y hornblenda, del Mioceno inferior-medio (22-16 Ma).

Og = granodioritas, monzogranitos, tonalitas, dioritas de hornblenda y biotita; gabros, del Oligoceno (33-24 Ma).

Eg = granodioritas, tonalitas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita, dioritas y monzodioritas de piroxeno y biotita; pórfidos dacíticos, del Eoceno (52-33 Ma).

Peg = monzodioritas de piroxeno y biotita, granodioritas y monzogranitos de hornblenda y biotita, dioritas y gabros, del Paleoceno-Eoceno (65-53 Ma).

KTg = granodioritas, dioritas y pórfidos graníticos, del Cretácico superior-Terciario inferior

Ks2c = secuencias volcanosedimentarias continentales: rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas, del Cretácico superior.

Kiag = dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita, del Cretácico inferior Cretácico superior (123-85 Ma)

Kia2 = secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, del Cretácico inferior Cretácico superior.

Ki1m = secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, calcarenitas, areniscas, margas y coquinas, del Cretácico Inferior (Neocomiense).

J1m = secuencias sedimentarias marinas carbonatadas y clásticas: calizas, lutitas, areniscas calcáreas, niveles de yeso e intercalaciones volcánicas, del Jurásico superior-Neocomiense.

Ji1m = secuencias sedimentarias marinas litorales o de plataforma: calizas, areniscas calcáreas, lutitas, conglomerados y areniscas con intercalaciones volcanoclásticas, del Jurásico inferior-medio.

CPg = granitos, granodioritas y tonalitas, del Carbonífero-Pérmico (328-235 Ma).

Notas:

a.- La leyenda se refiere únicamente a las unidades litológicas directamente relacionadas con el tema, descritas en el texto.

b.- Los Mapas 1a-1e corresponden a una simplificación del Mapa Geológico de Chile, a escala 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2002).

Legend of the maps of Figure 1

MP11 = sedimentary lacustrine sequences, partly fluvial & alluvial: silts, sands, conglomerates, limestone and volcanic ashes. Upper Miocene-Pliocene.

Mimg = granodiorites, monzogranites, monzodiorites, monzonites and hornblende-biotite diorites. Lower-Middle Miocene (22-16 Ma).

Og = granodiorites, monzogranites, tonalites, hornblende-biotite diorites and gabbros. Oligocene (33-24 Ma).

Eg = granodiorites, tonalites and hornblende-biotite quartziferous diorites, diorites and biotite-pyroxene monzodiorites; dacitic porphyries. Eocene (52-33 Ma).

Peg = biotite-pyroxene monzodiorites, granodiorites and hornblende-biotite monzogranites, diorites and gabbros. Palaeocene-Eocene (65-53 Ma).

KTg = granodiorites, diorites and granitic porphyry, belonging to Early Cretaceous-Late Tertiary.

Ks2c = volcano-sedimentary continental series: epiclastic rocks and rhyolitic pyroclastics, andesitic and traquitic lava flows. Early Cretaceous.

Kiag = diorites and pyroxene-hornblende monzodiorites, granodiorites, hornblende-biotite monzogranites. Upper Late Cretaceous –Lower Early Cretaceous (123-85 Ma)

Kia2 = sedimentary and volcanic series: epiclastic and pyroclastic rocks, andesitic and basaltic lava flows with interbedded lacustrine sediments. Upper Late Cretaceous-Lower Early Cretaceous.

Ki1m = littoral marine sedimentary series: limestones, calcarenites, sandstones, marls and shells. Lower Cretaceous (Neocomian).

J1m = carbonates and clastics marine sedimentary series: limestones, shales, calcareous sandstones, gypsum levels and intercalated volcanics. Upper Jurassic-Neocomian.

Ji1m = littoral or platform marine sedimentary series: limestones, shales, calcareous sandstones, conglomerates and sandstones with alternated volcanoclastics. Lower-Middle Jurassic.

CPg = granites, granodiorites y tonalites. Carboniferous-Permian (328-235 Ma).

Notes:

a.- The legend is only referred to lithologic units directly relating with the subject and described in the text.

b.- 1a and 1e maps area simplifying of the geologic map of Chile to 1:1.000.000 scale (SERNAGEOMIN, 2002)

torio nacional, relacionados con diferentes unidades litológicas y procesos genéticos, y se presentan en yacimientos de diversas características geológicas y tectónicas, debido a la particular evolución geológica del país.

Granitos comerciales

El término granito se emplea en este trabajo en el sentido amplio de roca granítica, susceptible de ser utilizada en forma industrial, ya sea como placas de revestimiento de pisos y muros, o bien como piezas de ornamentación y arquitectura interior. En ese sentido, la denominación granitos comerciales incluye granitos propiamente dichos, tonalitas, granodioritas y dioritas, así como anortositas y gabros que, en conjunto, presentan una gran diversidad de composiciones, colores y texturas.

Marco geológico

Las rocas graníticas de estas características se encuentran en unidades plutónicas, generadas en, al menos, tres de los cinco diferentes episodios magmáticos intrusivos ocurridos durante el desarrollo geológico del territorio (Gajardo, 2000).

El episodio magmático más antiguo, corresponde al Carbonífero-Pérmico y está representado por cuerpos batolíticos y stocks de entre 328 y 235 Ma (SERNAGEOMIN, 2002), compuestos esencialmente por granito, tonalita y granodiorita. Están localizados, de manera principal, en la precordillera y cordillera andina de la IV Región y pertenecen a las Superunidades Elqui e Ingaguas (Mpodozis y Cornejo, 1988) (CPg, Fig. 1c).

El segundo episodio corresponde al Cretácico inferior-superior y está representado por plutones de 123 a 85 Ma (SERNAGEOMIN, 2002), compuestos por granodioritas, monzogranitos y dioritas, que se distribuyen de forma longitudinal en el país y que ocupan una posición central, principalmente desde los 25°S hasta los 36°S. En ellos existen numerosos cuerpos con fracturas separadas entre 2,0 y 2,5 m que podrían tener interés para la producción industrial de bloques y planchas (Marín y López, 1990) (Unidad Kiag, Figs. 1a, 1c y 1e).

El tercer episodio magmático corresponde al Terciario superior (Mioceno inferior-medio) y está representado por cuerpos intrusivos compuestos por granodioritas, monzogranitos y monzonitas, de 22 a 16 Ma (SERNAGEOMIN, 2002), que afloran, en especial, en la Precordillera y Cordillera Andina de las

Regiones Metropolitana y V. Son explotados artesanalmente para obtener 'lajas' que se usan en revestimiento y ornamentación (Gajardo, 2000) (Unidad Mimg, Fig. 1e).

La actividad tectónica del territorio, ha producido una intensa fracturación en la mayoría de las unidades intrusivas. Ello dificulta encontrar cuerpos rocosos cuyas fracturas estén separadas más de 2 m y que permitan obtener bloques de más de 4 m³, ya que normalmente estas fracturas son polidireccionales y distantes sólo centímetros entre sí, según se detallará más adelante.

Yacimientos y aplicaciones

Los yacimientos conocidos que presentan propiedades adecuadas para una explotación de nivel industrial orientada a la extracción de bloques, están relacionados, principalmente, con el magmatismo intrusivo del Carbonífero-Pérmico y del Cretácico inferior-superior (Gajardo, 2000).

Los yacimientos del Carbonífero-Pérmico, entre ellos Paihuano (16), Montegrande (17) y Cochiguás (18) (Fig. 1c), se distribuyen en la zona precordillera de la IV Región y constituyen zonas de interés potencial que se ubican a distancias superiores a 100 km de las vías principales. Presentan sistemas de fracturas compuestos por 3-4 familias con direcciones principales NS, NNO y ONO y buzamientos mayoritariamente verticales a subverticales. La separación de fracturas varía entre 0,2 y 1 m lo que limita, en general, la extracción de bloques superiores a 1 m³ y los colores son rosado y blanco grisáceo. Las reservas varían, según el yacimiento, entre 4 y 100 Mm³ (Tabla 1, Marín y López, 1990).

Los yacimientos del Cretácico inferior-superior, entre los que se mencionan Las Papas (4), Las Rojas (15), Rosado de Salamanca (20), San Nicolás (21) y Tiltil (23) (Figs. 1a, 1c y 1e) se distribuyen, en general, en las Regiones II, IV, V y Metropolitana. El único yacimiento en explotación para la producción de bloques de hasta 4 m³, debido a que presenta fracturas espaciadas entre 1,5 y 3 m, es Las Papas (Tabla 1; Fig. 2), ubicado en un cuerpo plutónico de anortosita, en la II Región (Gajardo, 2000).

Los restantes yacimientos de esta edad se distribuyen entre las Regiones IV, V y Metropolitana, según una franja discontinua de dirección general N-S, en posición central en el país, a distancias inferiores a 50 km de centros poblados y cercanos a vías principales. Se caracterizan por presentar sistemas de fracturas con dos o cuatro juegos mayoritarios, de direcciones principales NO, ONO, NE y ENE, y buzamientos verti-

Nombre/N°	Edad	Direcciones de fracturación	Separación entre fracturas (m)	Color	Reservas (millones m ³)	Estado actual
Cerro Las Papas (4)	Cretácico inferior-superior	-	1,5-3	Gris claro a gris oscuro	>200	Explotación activa
Las Rojas (15)	Cretácico inferior-superior	N80°-85°E/Vertical N10°E/73°-82°E N5°O/20°-25°E	1,7-5 0,6-1,1 0,3-2	Blanco grisáceo	7	Proyecto
Paihuano (16)	Carbonífero-Pérmico	NS-N5°O/90° N50°E/12°-17°E N55°/70°-80°O N65°O/45°-50°O	1 0,3-0,5 1 0,25-0,30	Gris claro a blanco grisáceo	4	Proyecto
Montegrande (17)	Carbonífero-Pérmico	N35°E/20°-25°E N25°O/75°-82°O N11°O/40°-45°O	0,25-1 0,25-1 0,5-0,2	Rosado a rosado claro	<100	Proyecto
Cochiguás (18)	Carbonífero-Pérmico	N17°E/90° N70°O/25°-35°O N75°O/55°-65°E	0,2-0,5 0,3-1 0,5-1	Rosado claro, blanco a blanco grisáceo	-	Proyecto
Rosado de Salamanca (20)	Cretácico inferior-superior	NNE/Vertical ENE/10°N ENE/Subvertical SE/Vertical	0,2-3 0,5-3 0,8-3 1,0-3	Rosado	75	Proyecto
San Nicolás (21)	Cretácico inferior- superior	N56°E/58°-75°O N55°O/70°-83°E N60°O/20°E	1,5-2 0,5-0,7 sobre 1,5	Verde y rojo	36	Proyecto
Tiltil (23)	Cretácico inferior-superior	N30°O/Subvertical E-O/30°S N45°E/75°SE	2,5 3,0 1,0	Gris oscuro a gris medio	90	Proyecto

Fuente: Marín y López (1990)

Tabla 1. Principales yacimientos de granitos comerciales
 Table 1. Main deposits of commercial granites

cales a subverticales y subhorizontales. La separación de las fracturas favorecería la extracción de bloques mayores de 4 m³. La coloración varía entre blanco grisáceo, gris claro a oscuro, verde, rojo, rosado y blanco. Las reservas varían, según el yacimiento, entre 4 Mm³ y más de 400 Mm³ (Tabla 1; Marín y López, 1990).

Lapislázuli

El lapislázuli chileno es una roca de color variable entre azul intenso y celeste. Está compuesta principalmente por el mineral lazurita, tectosilicato de sodio y aluminio del grupo feldespatóide, en más de un 60%, que condiciona el grado de color azul, y por cantidades subordinadas, principalmente, de haüyna,

wollastonita, diópsido, calcita, afghanita, pirita y calcopirita (Cuitiño, 1986).

Esta piedra semipreciosa ha sido utilizada desde tiempos precolombinos por su alto valor ornamental y en la actualidad es empleada en la elaboración de objetos decorativos y revestimientos arquitectónicos, así como en la producción de pigmento azul destinado a la fabricación de pinturas para el arte.

Marco geológico

El lapislázuli ha sido originado por el metamorfismo termal y la subsecuente alteración hidrotermal de calizas del Cretácico Inferior (Neocomiense) pertenecientes a la Formación Río Tascadero (Rivano, 1980)



Fig. 2. Bloques de granito (anortosita) (Cerro Las Papas, II Región)
Fig. 2. Granite blocks (anortosite) (Cerro Los Papas, II Region)



Fig. 4. Yacimiento de mármol Gabriela, III Región
Fig. 4. Gabriela marble deposit, III Region



Fig. 3. Explotación de lapislázuli. (Flor de Los Andes, IV Región)
Fig. 3. Operating of lapislazuli. (Flor de los Andes, IV Region)



Fig. 5. Explotación de travertino, II Región
Fig. 5. Travertine working. II Region



Fig. 6. Explotación de toba Toconao, II Región
Fig. 6. Toconao tuff working, II Region

(Ki1m, Fig. 1d), que están intruidas por rocas graníticas del Oligoceno, pertenecientes a la Superunidad Río Grande (Rivano *et al.*, 1985) (Og, Fig. 1d).

Yacimientos y aplicaciones

El yacimiento Flor de los Andes (19) se localiza en la

Nombre	Tipo Yacimiento, Morfología	Reservas (millones t)	Uso Principal	Estado actual
Flor de los Andes (19)	Metamórfico, lentes y bolsones	0,65	Ornamentación	Explotación activa

Fuente: Cuitiño (1986)

Tabla 2. Principales características del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes
 Table 2: Main characteristics of the lapislazuli deposit of Flor de los Andes

cordillera andina de la IV Región (Fig. 1d) y es uno de los más importantes del mundo. El lapislázuli se ubica en la Zona I que corresponde a la zona externa de la aureola de metamorfismo termal desarrollada en calizas y distribuida en una franja de unos 800 m en sentido norte-sur (Tabla 2). Se presenta en forma de lentes y bandas, de 0,05-0,5 m de ancho y hasta 2 m de longitud, concordantes con la estratificación y en bolsadas de 0,4-0,5 m de diámetro medio, de un color normalmente azul intenso (Fig. 3). Sus reservas alcanzarían a unas 120.000 t en los sectores en explotación, y a unas 500.000 t si se considera la franja de sus afloramientos, de acuerdo a los trabajos de exploración realizados por la principal empresa productora (Cuitiño, 1986), destinados a ubicar nuevas reservas de materiales aptos para ornamentación.

Mármoles comerciales

En Chile, las rocas reconocidas comercialmente como mármol corresponden a calizas con diferentes grados de recristalización por efectos termales, que se explotan esporádicamente, para obtener bloques menores de 1 m³ que se usan en estatuaria y funeraria, y fragmentos irregulares destinados a la elaboración de baldosas aglomeradas.

Marco geológico

Estas rocas están presentes en secuencias jurásicas de las Regiones II y III: calizas de Cerritos Bayos (Biese, 1961) del Jurásico superior-Neocomiense (J1m, Fig. 1a) y Formación Tres Cruces (Dedios, 1967) del Jurásico inferior-medio (Ji1m, Fig. 1b), respectivamente, y en secuencias del Cretácico inferior (Neocomiense) de la III Región: Grupo Chañarcillo (Segerstrom y Parker, 1959) (Ki1m, Fig. 1b).

Las rocas jurásicas han sido afectadas por intrusivos graníticos del Cretácico Superior-Terciario Inferior (KTg, Fig. 1a) y del Terciario Inferior (Eoceno: Eg, Fig. 1a; Paleoceno-Eoceno: PEg, Fig. 1b), y las del

Cretácico inferior por intrusivos del Cretácico inferior-superior (Kiag, Fig. 1b).

Las calizas recristalizadas tienen color gris, gris claro verdoso, gris oscuro, negro y también blanco y blanco rosado y carecen, en general, de propiedades físicas para una explotación orientada a la obtención de bloques de más de 4 m³, ya que se presentan en mantos de entre 0,6 y 2 m de espesor que están afectados por intensa fracturación, representada por fracturas con un espaciamiento entre fracturas de 1-5 por metro.

Yacimientos y aplicaciones

Los principales yacimientos de mármoles comerciales conocidos, ya sean indicios, en explotación artesanal o abandonados, se localizan en la III Región (Marín y López, 1990). Corresponden esencialmente a niveles de calizas recristalizadas, intercalados en secuencias sedimentarias marinas del Jurásico inferior-medio, entre las que se cuentan Gabriela (12) y Chanchoquín (14), y del Cretácico inferior (Neocomiense) como Las Cañas (13) (Fig. 1b). Tienen espesores totales entre 2 y 20 m, y color blanco, blanco grisáceo, gris claro, gris verdoso, pardo claro, rosado y rojo. Presentan familias de fracturas en diferentes direcciones, con separaciones generalmente entre 0,3 y 1,0 m, que dificultan la obtención de bloques mayores de 3 m³ (Tabla 3)

Para los yacimientos de mayor interés de este sector, las reservas conocidas varían entre 10.000 m³ y 2.400.000 m³. Sus posibilidades de obtener bloques de más de 4 m³, varían entre el 0,5 y 50% del total y de obtener bloques de 1 m³, entre 20 y 60% (Marín y López, 1990).

Los yacimientos de mármol de la II Región como Cerritos Bayos (9) (Fig. 1a), corresponden, principalmente, a mantos de caliza recristalizada del Jurásico superior-Neocomiense, que fueron explotados en la primera mitad del siglo XX (Vila, 1953) (Tabla 3).

La única explotación orientada a obtener bloques de mármol destinados a ornamentación, en el país, se

Nombre	Estratificación, Espesor	Separación entre fracturas (m)	Color	Reservas (millones t)	Estado Actual
Pinchal (3)	Subhorizontal, 10 m	-	Anaranjado	0,3	Explotación inactiva
Cerritos Bayos (9)	N10°E/50-60°E, decenas de metros	0,5-0,8	Gris pardo amarillento	0,042	Explotación inactiva
Quebrada El Jilguero (11)	N20°E/0-24°E, 10 m	0,8-1	Gris claro medio (60%), Blanco-blanco grisáceo (25%)	0,5	Explotación inactiva
Gabriela (12)	N-S/20°O, 4 m	0,8-4	Amarillo ocre	0,04	Explotación activa
Las Cañas (13)	N70°O/20°O, < 2m	0,85-1	Rojo, gris, blanco y verde	0,25	Proyecto
Chanchoquín (14)	N60°O/38°O, 10-15 m	1	Rojo de Vallena, blanco rosáceo, gris claro	6,8	Explotación activa

Fuente: Chong (1996); Gajardo (2000); Marín y López, (1990)

Tabla 3. Principales yacimientos de mármoles comerciales
Table 3. Main deposits of commercial marbles

realiza actualmente en el yacimiento Gabriela (Fig. 4), ubicado en la III Región. Por su parte, de Chanchoquín se obtienen, esporádicamente, fragmentos para baldosas aglomeradas ("terrazo").

Actualmente la demanda de bloques y placas de mármol, de tamaño industrial y colores variados, se abastece por importación, lo que ha dejado fuera de competencia a los mármoles chilenos.

Travertino

El travertino de mayor interés en Chile es una roca calcárea con estructura granular cristalina, concrecionada y fibrosa, de aspecto superficial áspero, esponjoso y poroso; colores, de pardo-blancuecinos a pardo-amarillentos, en distintas tonalidades y que se presentan estratificados, denotando así leves varia-

Nombre	Separación entre fracturas	Color	Reservas (m ³)	Uso Principal	Estado Actual
El Gringo (5)	2,0 m 1-1,2 m	Beige claro	Cientos de miles	-	Proyecto
Carmen (6)	4-8 m 2-7 m 0,6-6 m	Pardo claro	> 300.000	Ornamentación	Explotación intermitente
Opache (7)	3-5 m 2-6 m	Pardo claro	900.000	Ornamentación	Explotación intermitente
Angostura (8)	8-10 m 0,6 m	Beige claro a amarillento	Cientos de miles	Fundición	Explotación inactiva

Marín y López (1990).

Tabla 4. Principales yacimientos de travertino
Table 4. Main deposits of travertine

ciones composicionales de las soluciones que originaron la roca.

Marco geológico

Está contenido en secuencias sedimentarias lacustres del Terciario superior, (Mioceno superior-Plioceno), Formación El Loa (Fuenzalida, 1957) de la II Región (MP11, Fig 1a), y ha sido formado por la precipitación de carbonato de calcio, proveniente de la disolución de calizas jurásicas (Biese, 1961) (J1m, Fig. 1a) mediante soluciones hidrotermales generadas en la actividad volcánica cenozoica de la cordillera andina (Biese, 1950). Se presenta en capas y bolsadas de espesores variables, aprovechando planos de estratificación y fracturas en las rocas preexistentes.

Esta formación contiene recursos de varios miles de millones de metros cúbicos, de los cuales varias centenas de millones de metros cúbicos pueden ser utilizados como rocas ornamentales (Marín y López, 1990; Chong, 1996).

Yacimientos y aplicaciones

Los más importantes yacimientos reconocidos, ya sean inactivos o en explotación, se ubican en la II Región (Fig. 1a). Entre ellos se mencionan El Gringo (5), Cármen (6), Opache (7) y Angostura (8), que contienen travertino de colores beige y pardo claro, en mantos de espesores superiores a 3 m y afectados

por fracturas separadas entre 1 y 10 m, y con adecuados recursos de agua y energía (Marín y López, 1990) (Tabla 4).

Los yacimientos de travertino han sido explotados para su uso como fundentes, en la División Chuquicamata de CODELCO-Chile, como es el caso de la mina Angostura, y para la obtención artesanal de bloques de entre 1 y 2 m³, como en los yacimientos Carmen y Opache (Gajardo, 2000). En la actualidad, la explotación industrializada de estas rocas permite la extracción de bloques de más de 4 m³, destinados a la elaboración de placas de revestimiento (Fig. 5).

Tobas volcánicas

En el país, las tobas utilizadas como rocas de construcción y ornamentación están compuestas por material piroclástico, de tamaño entre lapilli y ceniza volcánica. Por ello adquieren las denominaciones de toba de lapilli y toba de ceniza de acuerdo a la granulometría de sus componentes, y presentan distinto grado de compactación y cristalización. Estas características litológicas le confieren diferentes propiedades físicas como dureza, color y fracturación.

Marco geológico

Las tobas se distribuyen en diferentes lugares del país, con procesos volcánicos de edades comprendi-

Nombre	Tipo de Yacimiento, Morfología	Color	Uso Principal	Estado Actual
Quebrada Allane (1)	Volcánico, Estratiforme	Rosado	Construcción	Explotación intermitente
Pachana (2)	Volcánico, Estratiforme	Blanco, blanco rosáceo	Construcción, Ornamentación	Explotación activa
Toconao (10)	Volcánico, Estratiforme	Rosado y blanco rosáceo	Construcción, Ornamentación	Explotación activa
Chacabuco (22)	Volcánico, Estratiforme	Rosado	Construcción, Ornamentación	Explotación activa
Guayacán (24)	Volcánico, estratiforme	Rosado	Construcción, Ornamentación	Proyecto
Santa Rosa de Pelequén (25)	Volcánico Estratiforme	Blanco rosáceo, rosado	Construcción, Ormanetación	Explotación activa

Fuente: Gajardo y Gutiérrez (1992); Gajardo *et al.* (1997); este estudio.

Tabla 5. Principales yacimientos de tobas volcánicas
Table 5. Main deposits of volcanic tuffs

das entre el Cretácico inferior y el Terciario superior. Las rocas más antiguas se presentan como mantos de composición piroclástica, de espesores superiores a 10 m y color principalmente blanco y rosado, que corresponden a los conjuntos litológicos basales de las formaciones volcanosedimentarias Las Chilcas y Lo Valle (Thomas, 1958) del Cretácico inferior-superior y del Cretácico superior, respectivamente (SERNAGEOMIN, 2002) (Kia2 y Ks2c, Fig 1e), que afloran, fundamentalmente, en las Regiones V, Metropolitana y VI (Gajardo, 2000).

Las tobas del Terciario superior (Plioceno) corresponden a depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos, parcialmente trabados y que afloran en la cordillera andina de las Regiones I y II (SERNAGEOMIN, 2002). Estas rocas, que en la parte norte de la I Región, fosilizan parcialmente a las Formaciones Altos de Pica (Galli, 1957) del Oligoceno-Mioceno y Huaylas (Salas *et al.*, 1966) del Mioceno-Plioceno, comprenden un manto de hasta 40 m de potencia y disposición subhorizontal, de colores blanco rosado, blanco amarillento y rosado claro (Gajardo *et al.*, 1997).

Yacimientos y aplicaciones

Los yacimientos de toba de las Regiones V y Metropolitana, entre ellos Chacabuco (22) y Guayacán (23), se localizan, respectivamente, en las cuevas de Chacabuco y El Manzano, al norte de Santiago (Fig. 1e). Se presentan como mantos de entre 5 y 10 m de potencia, de color rosado, intercalados en rocas volcánicas intermedias de la Formación Las Chilcas (Thomas, 1958) del Cretácico inferior-superior, y son explotadas para elaborar artesanalmente baldosas, adoquines y objetos ornamentales y utilitarios (Tabla 5).

El yacimiento de toba rosada, blanco rosada y blanca de la VI Región, Santa Rosa de Pelequén (25), consiste en mantos de espesor individual superior a 5 m, con disposición espacial NNO/20-30°E, intercalados en la Formación Lo Valle (Thomas, 1958) del Cretácico Superior. Es explotado para la producción

artesanal de bloques dimensionados, revestimientos, baldosas y adoquines, así como de piezas para ornamentación doméstica y paisajística (Gajardo y Gutiérrez, 1992).

Las tobas del Terciario superior, Plioceno, Quebrada Allane (1), Pachana (2) y Toconao (10) (Fig. 6), se localizan en el sector norte del país, Regiones I y II, asociadas a las secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno y del Mioceno-Plioceno. Las tobas son de color rosado y blanco rosáceo y tienen una dureza que permite su extracción y canteado por medios artesanales, para producir bloques de construcción, bancos, pedestales y figuras (Tabla 5. Gajardo *et al.*, 1997).

Datos económicos

No existe registro oficial de la producción de rocas de construcción y ornamentación en el país, excepto por una restringida producción de lapislázuli y mármol, debido a que el Código de Minería exime del requisito de constituir pertenencia minera en los materiales directamente aplicables en la construcción, como ocurre con granito, mármol y toba.

Según se observa en la Tabla 6, la producción registrada de lapislázuli y mármol entre 1995 y 2004, ha disminuido notoriamente, en especial la del primero que desaparece a partir de 1998. La producción de mármol no es consistente con la evolución del sector construcción, para el cual se ha estimado un crecimiento del orden del 11% anual en la última década, ya que esta producción abastece nichos de mercado muy específicos en dicho sector.

En consecuencia, el requerimiento interno por rocas de construcción y ornamentación, específicamente granito, mármol y travertino, se satisface, principalmente, mediante importaciones desde España, Italia, Portugal, Argentina y Brasil. Debido a que las cifras de importación entregadas por el Banco Central de Chile no están desagregadas, una misma glosa comprende más de un tipo de roca, lo que dificulta conocerlas con exactitud.

Roca	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Lapislázuli	190	150	118	-	-	-	-	-	-	-
Mármol	5.908	401	1.248	1.427	828	812	782	633	828	845

Fuente: SERNAGEOMIN (1995-1998); SERNAGEOMIN-INE (1999-2004)

Tabla 6: Producción de lapislázuli y mármol entre 1995 y 2004 (en toneladas)
Table 6: Lapslazuli and marble production between 1995 and 2004 (in tones)

Conclusiones

- 1.- La principales rocas para construcción y ornamentación existentes en Chile son granito, lapislázuli, mármol, travertino y toba, cuyos yacimientos se distribuyen, respectivamente, en rocas intrusivas del Paleozoico y Cretácico inferior-superior; en calizas del Cretácico inferior; en secuencias carbonatadas marinas del Jurásico y del Cretácico inferior; en secuencias sedimentarias lacustres del Terciario superior, y en secuencias volcanosedimentarias del Cretácico superior y Terciario superior.
- 2.- Debido a la compleja y particular evolución geológica de Chile, las rocas para construcción y ornamentación han experimentado una intensa fracturación que limita la obtención de bloques de tamaños superiores a 4 m³, con la excepción de un yacimiento de mármol, uno de granito y dos de travertino. Su explotación representa la única producción industrial a semiindustrial de estos tres tipos de roca que se realiza actualmente en el país y que se destina, la primera, al mercado interno, y las dos restantes a la exportación.
- 3.- Por su parte, lapislázuli, tobas, y mármoles de yacimientos con mayor fracturación, están sujetos a explotación permanente y/o esporádica para la producción, respectivamente, de: objetos decorativos, revestimientos arquitectónicos y pigmento azul, destinados a mercados nacionales y extranjeros; baldosas y objetos ornamentales domésticos y paisajísticos, para mercados nacionales; y bloques menores de 1 m³ para estatuaria y funeraria, y fragmentos para baldosas aglomeradas ("terrazos"), destinados a mercados regionales y locales.
- 4.- En consecuencia, las rocas con mayores perspectivas actuales y futuras de producción industrial y capacidad de exportación son granito, travertino y lapislázuli, mientras que los mármoles y las tobas constituyen recursos exclusivamente para mercados nacionales y regionales. La demanda interna es satisfecha, además, con importación de granito, mármol y travertino, desde España, Italia, Portugal, Argentina y Brasil.

Referencias

- Biese, W. 1950. Travertino y mármol, una nueva industria en Chile. Sociedad Nacional de Minería, *Boletín Minero*, 598, 89-99. Santiago.
- Biese, W. 1961. El jurásico de Cerritos Bayos. Instituto de Geología, Universidad de Chile, *Publicación*, 19, 61. Santiago.

- Cuitiño, L. 1986. Mineralogía y génesis del yacimiento de lapislázuli Flor de los Andes, Coquimbo, Norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 27, 55-67.
- Chong, G. 1996. Diagnóstico preliminar sobre la minería no metálica de la Segunda Región de Antofagasta. Corporación de Fomento de la Producción, Universidad Católica del Norte, Departamento Ciencias Geológicas, *Informe Inédito*, 7 v.
- Dedios, P. 1967. Cuadrángulo Vicuña, provincia de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Carta Geológica de Chile*, 16, 65.
- Fuenzalida, H. 1957. Calizas del Loa. En: Hoffstetter, B.; Fuenzalida, H. y Cecioni, G. (eds.), *Lexique Stratigraphique International, Chile*. Centre de Recherche Scientifique, 5 (7), 195-196.
- Gajardo, A. 2000. Rocas y minerales industriales de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Boletín*, 58, 181. Santiago de Chile.
- Gajardo, A. y Gutiérrez, A. 1992. Exploración de Recursos No Metálicos en la VI Región. Intendencia VI Región-Servicio Nacional de Geología y Minería, *Informe Inédito*, 112.
- Gajardo, A., Carrasco, R. y López, M.C. 1997. Recursos No Metálicos de la Región de Tarapacá. Gobierno Regional de Tarapacá-Servicio Nacional de Geología y Minería, *Informe Registrado*, 347.
- Galli, C. 1957. Las formaciones geológicas en el borde occidental de la Puna de Atacama, sector de Pica, Tarapacá. *Minerales*, 56, 1-15. Santiago.
- Marín, C. y López, N. 1990. Tipificación de rocas ornamentales para uso industrial. Corporación de Fomento de la Producción, *Informe Inédito*, 86.
- Mpodozis, C. y Cornejo, P. 1988. Hoja Pisco Elqui, IV Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Carta Geológica de Chile*, escala 1:250.000, 68, 164.
- Rivano, S. 1980. Cuadrángulos D-86, Las Ramadas, Carrizal y Paso Río Negro. Región de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Carta Geológica de Chile*, 41-44, 68.
- Rivano, S., Sepúlveda, P., Hervé, M. y Puig, A. 1985. Geocronología K-Ar de las rocas intrusivas entre los 31°-32°S, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 24, 63-74.
- Salas, R., Kast, R., Montecinos, F. y Salas, I. 1966. Geología y recursos minerales del departamento de Arica, provincia de Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Boletín*, 21, 114. Santiago, Chile.
- Segerstrom, K. y Parker, R.L. 1959. Geología del Cuadrángulo Cerrillos. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Carta Geológica de Chile*, 1 (2), 35. Santiago.
- SERNAGEOMIN. 1995. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 143. Santiago.
- SERNAGEOMIN. 1996. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 143. Santiago.
- SERNAGEOMIN. 1997. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 143. Santiago.
- SERNAGEOMIN. 1998. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 144. Santiago.

- SERNAGEOMIN. 2002. Mapa Geológico de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, escala 1:1.000.000.
- SERNAGEOMIN-INE. 1999. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 154. Santiago
- SERNAGEOMIN-INE. 2000. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 164. Santiago
- SERNAGEOMIN-INE. 2001. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 175. Santiago
- SERNAGEOMIN-INE. 2002. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 175. Santiago
- SERNAGEOMIN-INE. 2003. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 179. Santiago
- SERNAGEOMIN-INE. 2004. Anuario de la Minería de Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería-Instituto Nacional de Estadísticas*, 181. Santiago
- Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta Barriga. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Boletín*, 2, 86. Santiago.
- Vila C., T. 1953. Recursos minerales no metálicos de Chile. *Editorial Universitaria*, 449. Santiago.

Recibido: Octubre 2005

Aceptado: Julio 2006