

## NOTA GEOLOGICA

# Mineralogía y génesis de la combarbalita en el norte de Chile

**Gabriela Rosales**

**Mario Vergara**

Universidad de Chile, Departamento de Geología, Casilla 13518, Correo 21, Santiago

**Sonia Helle**

**Ursula Kelm**

Universidad de Concepción, Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), Casilla 4107, Concepción 3

**Jimena Cucurella**

**Ivonne Flores**

**Jorge Oyarzún**

Universidad de La Serena, Departamento de Minas, Casilla 554, La Serena, Chile

## RESUMEN

Se denomina combarbalita a una roca ornamental producto de la alteración argílica avanzada de materiales volcánicos, que se encuentra en los alrededores de Combarbalá (31°19'S-70°59'W), Región de Coquimbo y que se explota con fines artesanales. Su litología es brechosa y presenta rasgos fluidales. En su composición predomina caolinita y minerales aluniticos, y contiene hematita y cuarzo en menor cantidad. Su color, variado, depende del predominio de los siguientes minerales o asociaciones mineralógicas: hematita (rojizo), hematita-caolinita (rosado-marrón), caolinita (blanco) y schlossmacherita (verde turquesa). En su composición química destaca el alto contenido de Sr, As y Pb. La combarbalita se originó por la alteración argílica avanzada producida por un sistema hidrotermal ácido sulfático, ocurrida, probablemente, en el lapso 80-70 Ma, de rocas volcánicas depositadas durante el Barremiano-Albiano.

*Palabras claves:* Combarbalita, Petrografía, Mineralogía, Génesis, Norte de Chile.

## ABSTRACT

**Mineralogy and genesis of the combarbalita in Northern Chile.** Combarbalita is the local name of an ornamental stone formed by advanced argillic alteration of volcanic materials. Combarbalita is mined as a decorative stone from quarries that are near the town of Combarbalá (31°19'S-70°59'W) in the Coquimbo Region. The rock is fragmented and shows flow-texture. The principal minerals are kaolinite and alunite, with minor presence of hematite and quartz. Its color is determined by the relative abundance of the following minerals or mineral mixtures: hematite (reddish), hematite-kaolinite (pink-brown), kaolinite (white) and schlossmacherite (turquoise green). Combarbalita has unusually high concentrations of Sr, As and Pb (trace elements). The advanced argillic alteration that formed combarbalita, probably, occurred during the interval 80-70 Ma, which affected volcanic rocks erupted during Barremian-Albian time.

*Key words:* Combarbalita, Petrography, Mineralogy, Genesis, North of Chile.

## INTRODUCCION

Se denomina combarbalita a una roca ornamental lugar al desarrollo de una importante artesanía de la Región de Coquimbo, Chile (Fig. 1) que ha dado regional (vasos, joyeros, ceniceros y otras artesanías).

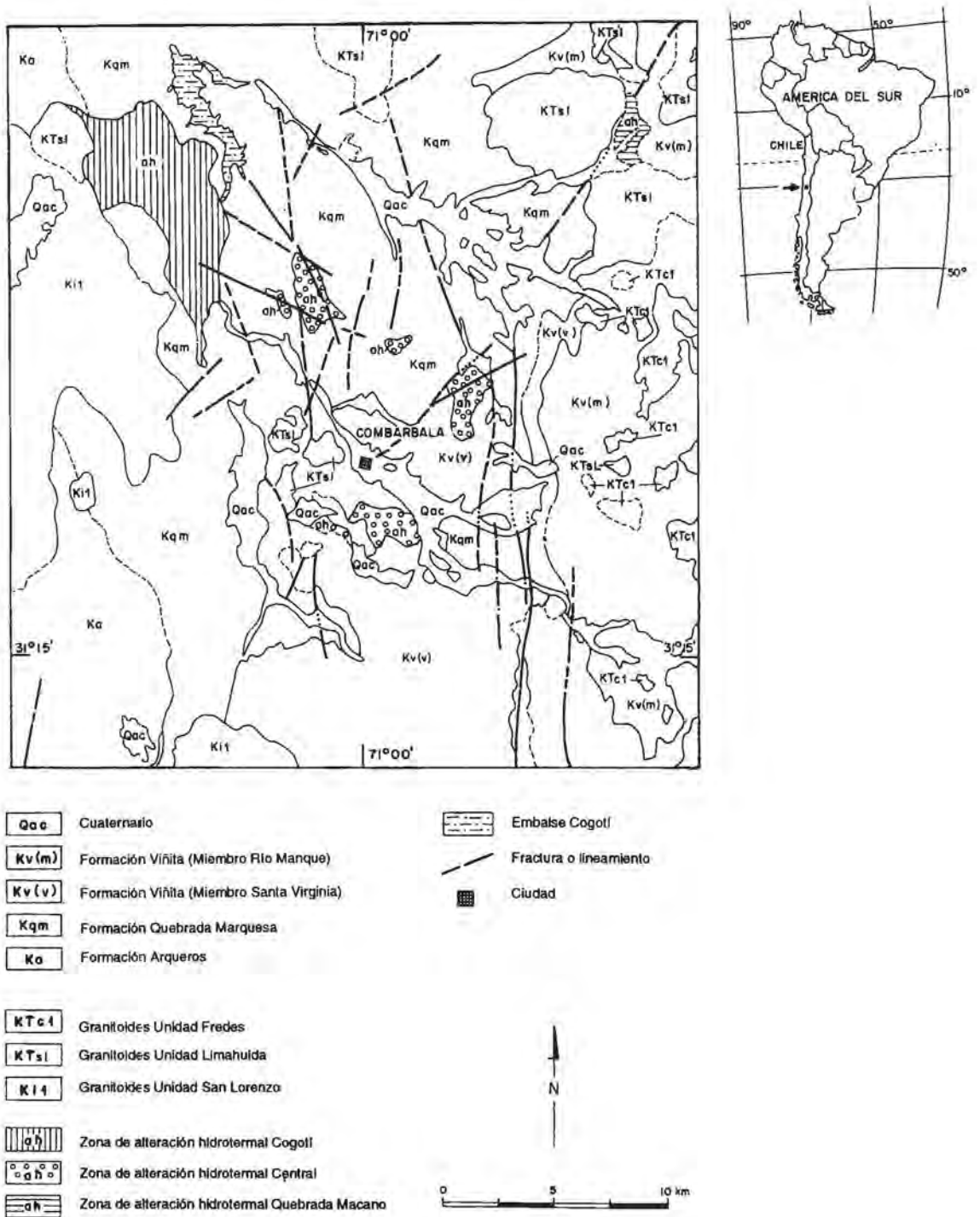


FIG. 1. Mapa geológico y de ubicación (adaptado de Rivano y Sepúlveda, 1991).

El nombre de combarbalita se conoce desde tiempos no registrados por publicaciones científicas. Según A. Dávila (comunicación verbal, 1993) los artesanos de la ciudad de Combarbalá denominan así a esta roca ornamental desde hace más de dos décadas. La roca presenta dureza variable, pero los artesanos usan, preferentemente, los tipos de menor dureza (2,5), constituidos por caolinita, alunita y hematita, con muy bajo contenido de sílice. Las rocas originales corresponden, probablemente, a brechas piroclásticas y tobas de lapilli. La combarbalita muestra marcada estructura brechosa y textura con rasgos fluidales. Su color comprende tonalidades de rojovioláceo, blanco y verde turquesa, así como también

sus combinaciones.

La combarbalita se explota mediante canteras superficiales, a un ritmo irregular, dependiendo de la demanda de los artesanos locales. No hay cubicación de sus reservas ni cifras seguras de producción. Sin embargo, existe un interés creciente en sus productos artesanales, así como también en la adquisición de la roca desde el extranjero.

La presente comunicación tiene por objetivo dar a conocer la geología, petrografía, mineralogía y geoquímica de esta roca ornamental, así como los probables procesos geológicos e hidrotermales responsables de su formación.

## GEOLOGIA Y ALTERACION HIDROTHERMAL DEL AREA COGOTI-COMBARBALA

Entre 31°00' y 31°15'S-70°52' y 71°10'W, afloran estratos volcánicos y clásticos pertenecientes a las formaciones Quebrada Marquesa (Barremiano-Albiano) y Viñita (¿Senoniano?), así como granitoides calcoalcalinos que las intruyen. Estos cuerpos poseen composición intermedia y su edad corresponde al intervalo del Cretácico Superior-Terciario inferior.

En el sector existen varias zonas de alteración hidrotermal, que Rosales (1988) agrupó bajo las denominaciones de Cogotí, Quebrada Macano y Central (Fig. 1). Según S. Rivano (comunicación verbal, 1993), existe una franja de áreas de alteración paralela a los intrusivos cretácicos y terciarios que se extiende entre Santiago y La Serena. Los yacimientos de combarbalita, aquí estudiados, se encuentran en la zona de alteración Central definida por Rosales (1988), compuesta por numerosas zonas separadas, distribuidas en un área de forma elíptica de eje mayor NNW. Es posible que esta área corresponda a una caldera volcánica. Las alteraciones afectan, principalmente, a las rocas de la Formación Viñita.

La zona de alteración Cogotí, ubicada en la parte noroeste del área considerada, tiene 11 km de largo y 5 km de ancho máximo, y afecta a rocas de la Formación Quebrada Marquesa. Esta zona está en contacto con un plutón diorítico y su núcleo es cuarzo-sericitico. En forma irregular, se presenta alteración argílica intermedia. El borde de la zona, que es de naturaleza propilitica, con epidota, clorita, calcita y sericita, afecta también a algunos apófisis de intrusivos. En la parte sur de la zona de Cogotí, se

reconoció una banda discontinua de rumbo noreste, constituida por la alteración argílica avanzada, con cuarzo, pirofilita, caolinita y alunita. A ella se asocian algunas mineralizaciones de cobre y baritina.

La zona de alteración Quebrada Macano, situada al noreste del área descrita, afecta a brechas andesíticas de la Formación Viñita. Corresponde al tipo argílico avanzado, con alunita, caolinita, cuarzo y sericita menor.

La zona de alteración Central, que contiene los yacimientos de combarbalita, está constituida por numerosos sectores separados, distribuidos en un área de forma ovalada (Fig. 1). Esta zona forma parte de una banda discontinua de alteraciones, que se extiende hacia el sur hasta 32°15'S (Rivano y Sepúlveda, 1991). Las rocas afectadas son, en su mayor parte, tobas y brechas de la Formación Quebrada Marquesa. Dos dataciones K-Ar de las rocas alteradas dieron 78,7±10,5 Ma (roca total) y 72,9±2,5 Ma (alunita).

En la zona de alteración Central se distinguen las sub-zonas siguientes:

- **Argílica avanzada.** Esta subzona, que incluye los yacimientos de combarbalita, aflora en una posición central. Sus principales minerales son caolinita, alunita y cuarzo, y el grado de silicificación varía de débil a muy intenso. La combarbalita, constituida por sectores caolinitico-aluníticos pobres en sílice, se presenta en bolsonadas, estratos y vetas, en cuerpos de magnitudes decimétricas a decamétricas. Su estructura es brechosa y fluidal y

su coloración comprende tonalidades blancas, plomizas, rosadas, pardo rojizas y verde turquesa. Su brillo es ceroso y su dureza aproximada 2,5, exceptuando las más ricas en sílice que, naturalmente, son más duras. Las rocas actualmente explotadas son aquellas que pueden ser cortadas con cuchillo.

• **Argílica intermedia.** Caracterizada por presencia abundante de caolinita y cuarzo, que llegan a formar bolsonadas. Las rocas alteradas son tobos y brechas de color rojizo, cuando su matriz es rica en hematita y, blanquecino, cuando predomina arcilla y

sílice. Esta alteración es periférica respecto a la argílica avanzada y está cortada por algunas vetas con minerales oxidados de cobre.

• **Silicificación.** Se expresa en núcleos de sílice microcristalina, asociada a vetillas e impregnaciones de hematita. Pese a su intensidad, se conservan rasgos texturales originales de la roca. Localmente, la sílice se intercala con finas bandas de jaspe limonítico. Sin embargo, un predominio de colores claros es característico de esta alteración, la cual presenta límites relativamente abruptos.

## MINERALOGIA Y QUIMICA DE LA ZONA DE ALTERACION CENTRAL

La combarbalita está constituida por caolinita, cuarzo, hematita y minerales del grupo de la alunita. En un grupo de 14 muestras, el análisis por difracción de rayos X permitió inferir los siguientes minerales aluníticos:

Mineral	Fórmula aproximada*
<b>Subgrupo Crandallita</b>	
Goyazita	$SrAl(PO_4)_2(OH)_5H_2O$
Gorcelita	$BaAl_3(PO_4)_2(OH)_5H_2O$
<b>Subgrupo Alunita</b>	
Schlossmacherita	$(H_3O, Ca)Al_3(SO_4, AsO_4)_2(OH)_6$
Natroalunita	$(Na, K)Al_3(SO_4)_2(OH)_6$
<b>Subgrupo Boudantia</b>	
Svanbergita	$SrAl_3(PO_4)(SO_4)(OH)_6$
Hinsdallita	$PbAl_3(PO_4)(SO_4)(OH)_6$
Kemmlitzita	$(Sr, Ln)Al_3(OH)_6(AsO_4)SO_4$
Hidalgoita	$PbAl_3AsO_4SO_4(OH)_6$

\*Según datos contenidos en J.C.P.D.S. (1980).

La presencia de estos minerales es consistente con los resultados analíticos obtenidos para sus elementos constituyentes Sr, Ba, As y Pb. Así, los contenidos de Sr de las 14 muestras analizadas están comprendidos entre 0,15 y 0,89% y los de Ba entre 0,025 y 0,33%. En 8 de ellas, el contenido de As se sitúa entre 0,23 y 1,68% y 7 de las muestras tienen entre 0,03 y 0,13% de Pb. Naturalmente, las cifras expuestas para As y Pb demuestran que es

más conveniente excluir la combarbalita como material para la fabricación de morteros y otros artefactos de posible uso en la preparación o servicio de alimentos.

La composición química de las rocas de la alteración hidrotermal Central, en sectores que presentan combarbalita, está representada por 5 análisis químicos de roca total (Rosales, 1988). Ellos corresponden a rocas con alteración argílica intermedia (G-19), alteración argílica avanzada (combarbalita: GC-1 y 'combarbalita dura': G-1) y silicificación (G-3 y G-12).

TABLA 1. ANALISIS QUIMICOS DE ELEMENTOS MAYORES (% EN PESO).

Muestra	G19	GC-1	G-1	G-3	G12
SiO <sub>2</sub>	58,52	44,09	85,83	82,86	96,25
TiO <sub>2</sub>	0,93	0,05	0,52	0,27	1,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,56	39,59	5,63	0,87	0,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37	0,48	4,47	14,01	0,07
FeO	0,03	0,01	0,29	0,74	0,23
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
CaO	0,06	0,06	0,11	0,06	0,06
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,08	0,04	0,04	0,04
K <sub>2</sub> O	0,05	0,13	0,12	0,07	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,21	0,15	0,08	0,08
Total	88,70	84,71	97,19	99,03	99,05
ppc	11,29	14,26	2,72	0,64	1,03

## PETROGRAFIA DE LA COMBARBALITA

J. Cucurella<sup>1</sup> estableció 4 tipologías principales en un conjunto de 14 muestras representativas de

las canteras en actual explotación.

**Tipo 1.** Combarbalita gris violácea, con tintes

<sup>1</sup>1991. Determinación mineralógica y clasificación tipológica de la Combarbalita. Departamento de Minas, Universidad de La Serena (Informe inédito), 12 p.

verdosos y textura brechosa. Ej.: M-11A.

**Tipo 2.** Combarbalita verde turquesa, con textura brechosa y rasgos fluidales. Ej.: M-1A

**Tipo 3.** Combarbalita rojizo-violácea, con textura brechosa. Ej.: M-4A.

**Tipo 4.** Combarbalita rosada, textura con rasgos fluidales. Ej.: M-3.

El colorido de estas rocas responde a la presencia de hematita (tonos rojizos), de schlossmacherita (verde turquesa) y de intercrecimientos de hematita-caolinita (rosado-marrón).

A continuación se describen 4 muestras, características de cada uno de los tipos antes señalados (Fig. 2).

**M-11A** (Cantera Estadio Arriba). Roca del tipo 1. Es una roca con textura brechosa gruesa, formada por fragmentos líticos alterados a caolinita y alunita, que forman intercrecimientos granulares. La hematita aparece en pequeños granos disseminados y en núcleos. La alunita tipo schlossmacherita forma halos en torno a núcleos hematíticos. El cuarzo se presenta en pequeños granos anhedrales con extinción ondulosa.

El análisis difractométrico indicó la presencia de caolinita, hematita, schlossmacherita, goyazita, hinsdalita, hidalgoita y cuarzo.

**M-1A** (Cantera Casablanca). Roca del tipo 2. Es una roca con textura brechosa y rasgos fluidales. Los 'clastos' están constituidos por caolinita y alunita,

minerales que también forman intercrecimientos en la masa fundamental. Algunas estructuras relictos de feldespatos -completamente alterados- son observables al microscopio. Hematita marrón y roja aparece en enjambres de venillas. En las masas alteradas se distinguen dos dominios. Uno está constituido por caolinita con textura radial, entrecrecida, con alunita y cuarzo anhedral y el otro, por schlossmacherita microgranular fina. El análisis difractométrico detectó caolinita, schlossmacherita, goyazita y cuarzo.

**M-4A** (Cantera Casablanca). Roca del tipo 3. Es una roca con aspecto granular fino y bandeamiento hematítico, intercalado con venillas de caolinita. Presenta dos dominios texturales. El primero tiene carácter microgranular homogéneo y está constituido por caolinita, alunita y hematita finamente disseminada. El segundo, bandeado, está dado por hematita y venillas de caolinita. Cuarzo anhedral, con extinción ondulosa, acompaña a la hematita bandeada.

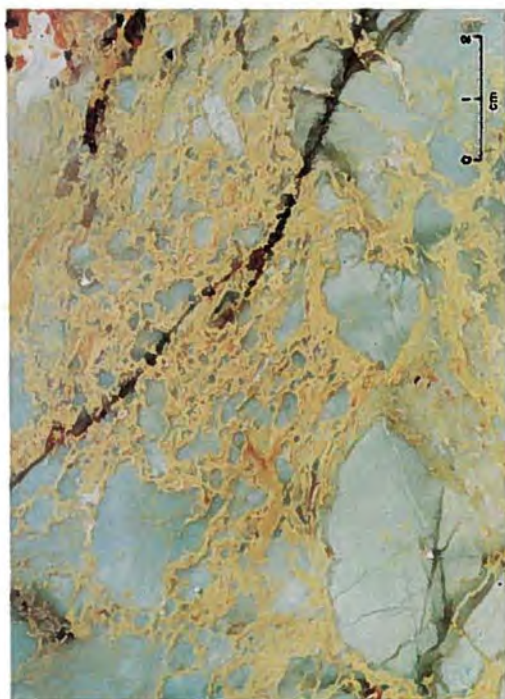
**M-3** (Cantera Casablanca). Roca del tipo 4. Es una roca con rasgos texturales fluidales, incluyendo relictos de clastos con aparente orientación de flujo. Se observan cristales mayores y disseminación fina de hematita. Las guías de este material se alternan de modo rítmico con las de caolinita y alunita. También los relictos de clastos están hematitizados y el mismo mineral aparece entrecrecido con caolinita y alunita granulares.

## GENESIS DE LA COMBARBALITA

El origen de estas rocas alteradas se remonta al Barremiano-Albiano, en una etapa de volcanismo principalmente piroclástico que siguió al depósito de estratos volcánicos y clásticos continentales. Este volcanismo se desarrolló en condiciones tectónicas favorables a una rápida erosión y a deposición de tipo molásico, de modo que se produjeron intercalaciones de conglomerados entre los estratos de rocas piroclásticas. Estos estratos se caracterizan por su abundante pigmentación de hematita, que les imprime una coloración rojiza intensa. Rosales (1988), obtuvo dos dataciones K-Ar de la alteración hidrotermal, una de las cuales corresponde a combarbalita de la localidad de Los Bolones, al sureste del pueblo de Combarbalá. Esta datación

entregó una edad de  $78 \pm 10,5$  Ma. La segunda datación, obtenida en la continuación sur de la franja de alteración, en el yacimiento de alunita La Jarilla (Comuna de Salamanca), dio una edad K-Ar de  $72,9 \pm 2,5$  Ma en una muestra de alunita. Las edades citadas sitúan la alteración hidrotermal en el Santoniano-Maastrichtiano (Cretácico Superior), vale decir, en una etapa posterior al depósito de la Formación Quebrada Marquesa.

Los antecedentes geológicos, petrográficos, mineralógicos y geoquímicos presentados aquí, permiten interpretar la combarbalita como el producto de la alteración hidrotermal de sistemas epitermales ácido-sulfáticos o de tipo 'cuarzo-alunítico' (Berger, 1986).



2



4



1



3

FIG. 2. Muestras características de combarbalita tipos 1 (M-11A), 2 (M-1A), 3 (M-4A) y 4 (M-3). Descripciones en páginas 232 y 233.

## AGRADECIMIENTOS

FONDECYT Proyecto 91-1223 (M.V.) otorgó los fondos necesarios que permitieron financiar parte de los trabajos de laboratorio. Se agradece también al Proyecto DTI-Universidad de Chile No. 2834-9035. Este trabajo está en el marco del Proyecto IGCP No. 294 'Very Low Grade Metamorphism'. ENAMI financió los estudios petrográficos y difractométricos, así como parte de los análisis químicos instrumentales de la combarbalita.

M. Anaconda (Departamento de Minas, Universidad de Chile) preparó el material petrográfico y

realizó el trabajo de fotografía. A. Rojas (Departamento de Minas, Universidad de La Serena) realizó los dibujos que ilustran la comunicación. Los Dres. B. Levi (Universidad de Estocolmo), G. Ericksen (U.S. Geological Survey), S. Rivanc y E. Fonseca (Servicio Nacional de Geología y Minería) leyeron críticamente el trabajo y contribuyeron a su forma final.

Los autores agradecen sinceramente la ayuda recibida de las instituciones y personas nombradas, así como el apoyo de sus respectivas universidades.

## REFERENCIAS

- Berger, B.R. 1986. Descriptive model of epithermal quartz-alunite Au. In Mineral deposit models (Cox, D.P.; Signer, D.A.; editores). U.S. Geological Survey, Report No. B 1693, 158 p.
- J.C.P.D.S. 1980. Mineral Powder Diffraction File and Data Book Search Manual. (Mc Clure, W.F.; editor). International Centre for Diffraction Data, Swarthmore, Pennsylvania, 467 p.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P. 1991. Hoja Illapel, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 69, 1:250.000, 132 p.
- Rosales, G. (1988). Geología del área Combarbalá-San Lorenzo (31°00'-31°15'S). Región de Coquimbo. Memoria de título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 132 p.