

Treb. Mus. Geol. Barcelona, 15 (2007): 51-63

Las colecciones de anortositas canadienses del Museu de Geologia de Barcelona y de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona

Domingo GIMENO*, Claude HÉBERT ** y Meritxell AULINAS*

ABSTRACT

GIMENO, D., HÉBERT, C. and AULINAS, M. The canadian anorthosite collections of the Museu de Geologia de Barcelona and the Facultat de Geologia (Universitat de Barcelona).

This work provides new insights on the origin and petrographic features of the twin collections of canadian anorthositic rocks from Museu de Geologia of Barcelona and Faculty of Geology of University of Barcelona, as well as some considerations on its interest as exhibition and didactic samples.

Key words: Canada, Québec, Langelier anorthosite, Lac de Saint-Jean anorthosite, Alma quarry petrography, meta-anorthosite, didactics, anorthosite collections, Museu de Geologia, Universitat, Barcelona.

RESUMEN

Este trabajo aporta algunas precisiones sobre el origen y características petrográficas de las colecciones gemelas de rocas anortosíticas canadienses del Museu de Geologia de Barcelona y la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona, así como sobre su idoneidad a efectos museísticos y didácticos.

Palabras clave: Canadá, Québec, Anortosita de Langelier, Anortosita de Lac de Saint-Jean, cantera de Alma, petrografía, meta-anortosita, didáctica, colecciones de anortositas, Museu de Geologia, Universitat, Barcelona.

* Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona. E-mail: domingo.gimeno@ub.edu

** Ministère des Ressources Naturelles, Charlesbourg, PQ G1H 6RI Canada.

INTRODUCCIÓN

No es frecuente en nuestro contexto geográfico que las colecciones de didáctica de petrología posean buenos ejemplares de rocas anortosíticas. Ello es lógicamente debido a que los grandes complejos anortosíticos (*Massif type anorthosites*) de edad proterozoica aparecen confinados en los escudos precámbricos de algunas regiones terrestres (Windley, 1993; Martignole, 1996) como el Canadá, Angola, Rusia etc., en los que los plutones de estas rocas ocupan un “nicho petrológico” comparable al que durante el Fanerozoico tendrán los grandes plutones granodioríticos calcoalcalinos de tipo andino, si bien su explicación en términos geodinámicos respecto a orógenos (en el caso que nos ocupa, la orogenia Grenvilliana) sigue siendo un tema de intenso debate.

En general, en nuestro contexto geológico las muestras presentes en muchas de las colecciones didácticas que pueden ser clasificadas como anortositas corresponden a muestras procedentes de cuerpos emplazados como (o similares a) sills de dimensiones menores (potencias métricas a decamétricas) originados por procesos de cristalización fraccionada en el seno de cuerpos básicos estratificados, mucho más frecuentes en terrenos fanerozoicos.

Si el Museu de Geologia de Barcelona y el Departament de Geoquímica, Petrología i Prosecció Geològica (GPPG-UB) de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona poseen excelentes colecciones gemelas de rocas anortosíticas es por la iniciativa y el interés investigador personal de quien fuera su director durante muchos años, el Dr. Alfredo San Miguel Arribas (1917-2004) (Fig. 1). El Dr. San Miguel muestreó



Fig. 1. Alfredo San Miguel Arribas en la localidad de muestreo de La Tuque (Grenville, Canadá).

Fig. 1. Alfredo San Miguel Arribas at La Tuque sampling site (Grenville, Canada).

estas rocas en diferentes viajes en las décadas de 1960 y 1970, e intentó infructuosamente que alguno de sus alumnos o de los miembros del citado departamento realizara un trabajo de investigación sobre ellas. Aunque algunos de nosotros estudiamos láminas de estas rocas e incluso analizamos algunas muestras en los años 1980 y primeros de 1990, la interpretación petrológica “transformista” que él siempre les dio fue un freno importante para que nadie, en vida de él, llevara adelante el tema. Otro freno importante fue que el Dr. San Miguel no heredó de su padre, el eminente petrólogo Dr. Maximino San Miguel de la Cámara, el carácter sistemático en la toma de datos asociados a la misma toma de muestras, de modo que durante muchos años estas han aparecido simplemente registradas en la Universitat de Barcelona como “anortositas Val D’Or, Canadá”, sin más información. A partir de los 90, el cada vez más precario estado de los recuerdos y salud del Dr. San Miguel impidió que él mismo pudiera ayudarnos en su clasificación. Un primer motivo para la realización de este trabajo ha sido el poder reconstruir con poco margen de error la localidad principal de muestreo gracias al análisis de la documentación disponible en el GPPG-UB (fotografías anotadas, impresos, etc.), y la confirmación que ha dado de esas atribuciones el coautor canadiense de este trabajo, poseedor de una extensa experiencia cartográfica en la zona de procedencia de las rocas. En efecto, sabemos que las muestras fueron recogidas durante una excursión organizada durante la sesión nº 24 del Congreso Geológico Internacional, celebrada el año 1972 en Canadá, y que algunas de ellas específicamente fueron tomadas en las proximidades de la localidad de La Tuque (Fig. 2).

En el caso de la Universitat de Barcelona, estas muestras se han utilizado en didáctica básica de Petrología Ígnea a lo largo de los últimos decenios, de modo que uno de los objetivos de este trabajo es aportar una descripción que sea accesible a docentes y alumnos, y también el valorar la idoneidad didáctica de estas muestras de rocas, tal como son comúnmente utilizadas.

Este trabajo quiere ser un homenaje afectuoso al Dr. San Miguel, que uno de nosotros (DG) conoció ya en los años 80 del pasado siglo, quien sin duda hubiera disentido de la interpretación dada a las muestras pero hubiera agradecido mucho el esfuerzo realizado en su estudio.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Las rocas en estudio proceden de la provincia petrológica Grenville del Canadá, caracterizada por una asociación petrológica de plutones de anortosita-mangerita-charnockita-granito (AMCG), cuyo emplazamiento tuvo lugar en un periodo de tiempo datado entre 1327 y 1008 Ma (Hébert *et al.*, 2005). Todos estos materiales plutónicos se emplazaron en una corteza continental constituida esencialmente por rocas de la corteza superior metamorizadas y rocas ígneas masivas, y también en parte gneissificadas que se emplazaron durante dos episodios ígneos más antiguos (entre 1435 y 1380 Ma aproximadamente). La asociación AMCG representa cuatro episodios datados de magmatismo, de los que a los efectos de este trabajo nos interesa principalmente el segundo, llamado localmente Asociación (*suite*) Anortosítica de Lac Saint-Jean (1160-1135 Ma, véase Fig. 2), caracterizada por presentar plagioclasas tanto de composición labradorita como andesina en las anortositas y rocas básicas

asociadas. Esta asociación consiste en un gran macizo principalmente anortosítico (de más de 20.000 km² de afloramiento) formado por diferentes lóbulos de composición variada que representan plutones de emplazamiento sucesivo. La asociación está formada principalmente por anortosita y leuconorita (más del 95 % del total de afloramientos), pero también contiene cuerpos menores constituidos por leucotroctolita, norita, gabro olivínico, gabro, piroxenita, peridotita, dunita, nelsonita, magnetita, y muy minoritariamente algunos cuerpos charnoquítico-mangeríticos. Por lo que se refiere a la plagioclasa presente es principalmente labradorítica. En el sector norte de esta asociación anortosítica se conocen más de 20 depósitos minerales ortomagmáticos, constituidos principalmente por apatito, ilmenita y magnetita. Dentro de todos estos cuerpos, se conoce una gran variedad de texturas y litofacies, pudiéndose decir que las anortositas de textura granular con tamaño de grano decimétrico tan bien representadas en nuestras colecciones constituyen una litofacies excepcional, y por lo tanto son fruto de un muestreo algo sesgado.

Por lo tanto, podemos resumir que las anortositas presentes en esta región son esencialmente plutones complejos, y originariamente formadas a expensas de magmas de origen mantélico en condiciones geodinámicas que durante mucho tiempo se han postulado como anorogénicas, en concreto contemporáneas a la formación del paleoocéano Grenvilliano y a su posterior desaparición por subducción (Windley, 1993). En este contexto geodinámico los complejos anortosíticos comienzan a emplazarse en el margen pasivo continental en el momento de formación del océano (condiciones anorogénicas) y alcanzan su clímax volumétrico en el momento de cierre del océano (condiciones orogénicas, colisión intracontinental) emplazándose principalmente en la cuenca de antepaís del orógeno Grenvilliano.

Con posterioridad a su emplazamiento, muchos de los cuerpos de anortositas han sido sometidos a diferentes esfuerzos tectónicos, y en concreto la *Asociación Anortosítica de Lac Saint-Jean* ha sufrido intensa deformación principalmente concentrada en tres zonas de cizalla de dirección SO-NE.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE LAS COLECCIONES ESTUDIADAS

A simple vista, se diferencian claramente dos grupos de anortositas; el primer grupo lo forman rocas negras, masivas, densas, holocristalinas, faneríticas de grano medio a grueso (algunas muestras presentan cristales de hasta 8-10 cm), con textura granular (Fig. 3, A-C) equigranular. Una de las características principales de estas rocas es que los cristales negros, hipidiomórficos, presentan maclas polisintéticas macroscópicas observables sin uso del microscopio (Fig 3, D), incluso a simple vista. Estas maclas polisintéticas son características de las plagioclasas y permiten por tanto su identificación sin necesidad de emplear el microscopio petrográfico. En el microscopio se confirma que estas muestras son holocristalinas, de grano medio-grueso, equigranulares con textura granular como ya se evidenciaba en las muestras de mano. Los cristales son principalmente hipidiomórficos y se presentan en la mayoría de casos maclados (Fig. 4 A). Ahora bien, la característica textural más destacada en estas plagioclasas es la exsolución de minerales opacos que dan lugar a una textura tipo *schiller* (Fig. 4, B-D). Esta

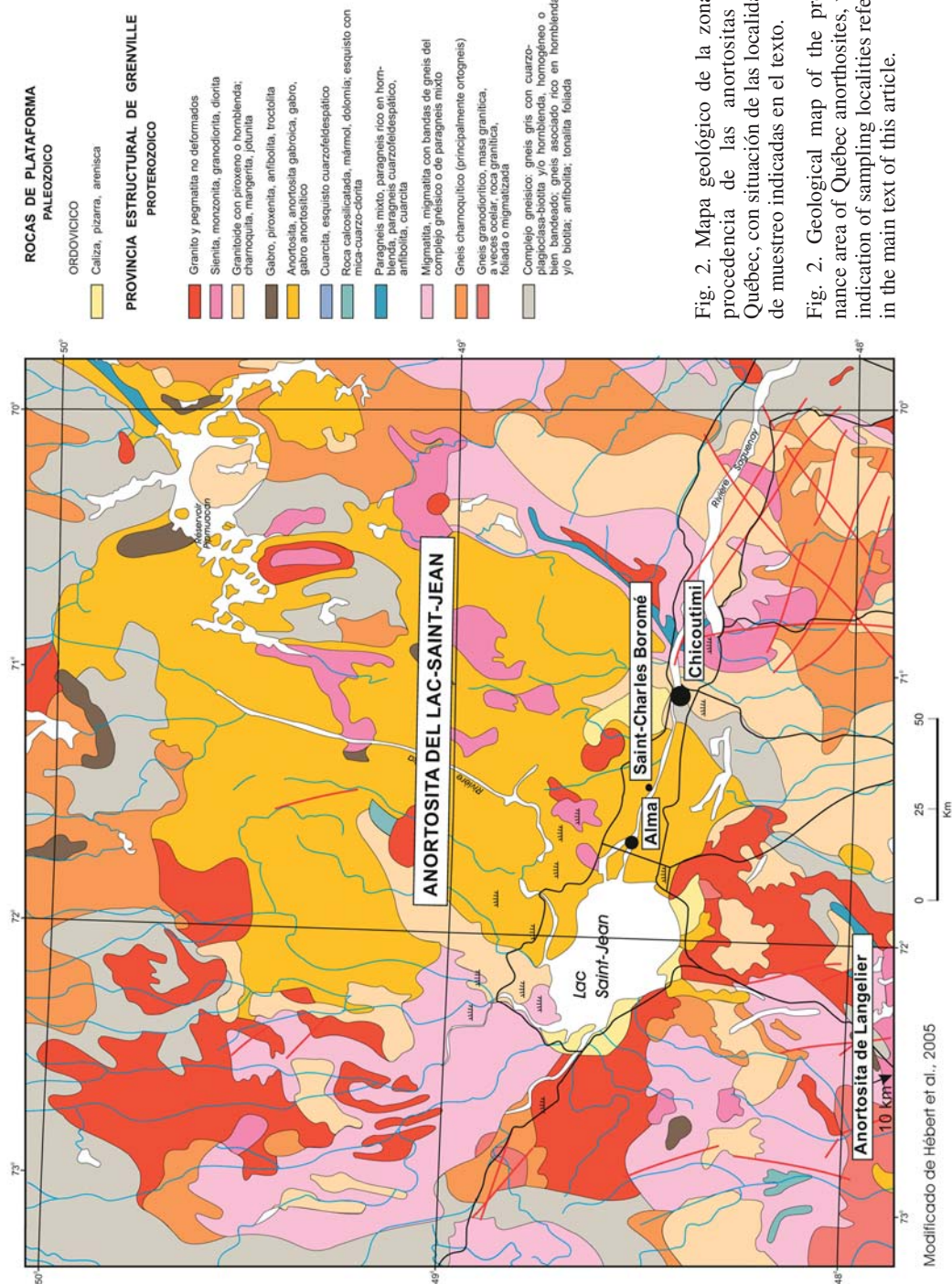


Fig. 2. Mapa geológico de la zona de procedencia de las anortositas del Québec, con situación de las localidades de muestreo indicadas en el texto.

Fig. 2. Geological map of the provenance area of Québec anorthosites, with indication of sampling localities referred in the main text of this article.

microestructura es muy común en los piroxenos pero en ocasiones se puede dar también en los feldespatos habiendo sido descrita en anortositas canadienses procedentes de Newfoundland (Hatch *et al.*, 1972, p. 442). Esta exsolución de minerales opacos es la responsable del color negro de este primer grupo de muestras. Los minerales máficos que acompañan la plagioclasa son escasos (1%) y se clasifican en piroxenos, biotitas y minerales opacos (Fig. 4, E-F). Este último grupo de minerales incluyen fases como la ilmenita y la magnetita, y en algunas de las muestras (Fig. 3 D) se caracterizan por presentar un mayor contenido en esos elementos, al punto que algunas de estas rocas contienen yacimientos de tipo ortomagmático (Hébert *et al.* 2005).

El segundo grupo de rocas son blanquecinas, masivas, densas, de aspecto azucarado y faneríticas de grano fino a muy fino (Fig. 5). A no ser por su densidad, su mayor dureza y su resistencia al ataque por ácido clorhídrico, las muestras anortosíticas más blancas podrían confundirse perfectamente con un mármol. En muestra de mano resulta muy difícil identificar inequívocamente los minerales (aunque tratándose de una anortosita sabemos que la fase mineral principal es la plagioclasa). Aparte de la fase mineral principal se observan diferentes contenidos en minerales máficos. En algunas de las muestras los minerales máficos no superan el 1-2% (Fig. 5 A). Ahora bien, existe una serie de muestras que se caracterizan por presentar intercalaciones (bandas) de minerales máficos, principalmente piroxenos, en muchos casos de forma lenticular (Fig. 5, B-D). El estudio de estas muestras blancas al microscopio confirma que la fase mineral principal es plagioclasa (>90%) y por consiguiente podemos clasificar la roca según Streckeisen (1976), el sistema aceptado por la IUGS (Le Maître *et al.*, 1989), inequívocamente como anortosita. Los minerales máficos que acompañan la plagioclasa son en su mayoría piroxenos, anfíboles y biotitas. El estudio de la microestructura de estas anortositas blancas resulta de gran interés ya que la variedad de texturas presentes evidencian diferentes grados de deformación. Un primer grupo de muestras presentan una textura ligeramente porfiroclástica en la que los cristales primarios de plagioclasa son angulares con marcadas maclas mecánicas y con bordes lobulados o serrados. Aunque dominan estos cristales primarios, se empiezan a observar algunos cristales poligonales de plagioclasa que forman una incipiente matriz (Fig. 6 A). Estas características petrográficas prueban un estadio inicial de deformación de estas muestras. Un segundo grupo presenta una microestructura equigranular en mosaico fruto de la recrystalización que por tanto debemos denominar textura granoblástica (Fig. 6, B-C). Los cristales tienen tendencia a presentarse xenoblásticos. Los bordes de grano varían de poligonales a ligeramente convexos. En la figura 4C parece que esta microestructura está más desarrollada que en la figura 4B en donde se puede apreciar algún cristal menos poligonal (Fig. 6). En estas muestras se observan puntos triples (bordes de grano rectilíneos dispuestos entre sí a unos 120°) entre diferentes cristales de plagioclasa.

Todas las características petrográficas descritas para este grupo de anortositas (blancas) implican que estas rocas han sufrido diferentes grados de deformación. En algunos casos de litofacies de la asociación anortosítica de Lac Saint-Jean la deformación pudo haber sido inicial (sinmagmática, los magmas se emplazaron en zonas de cizalla asociadas localmente a cabalgamientos: Windley, 1993) y en consecuencia el término correcto para la clasificación de la roca es anortosita *sensu stricto*. En el caso de las muestras que presentan plagioclasa intensamente recrystalizada dando lugar a una textura equigranoblástica en mosaico es más correcto clasificarlas como meta-anortositas, considerándolas pues rocas metamórficas; texturas de deformación semejantes ya fueron

descritas en la asociación anortosítica de Lac Saint-Jean por Kehlenbeck (1972). Este rango de texturas evidencian una trayectoria de transformación en la cual una roca ígnea de grano grueso se reestructura y retrograda (aspecto más evidente por lo que se refiere a los minerales máficos) en una roca metamórfica de grano fino-medio con textura equigranoblástica y mostrando muy pocas similitudes con las rocas ígneas originales. Dejando de lado transformaciones texturales más o menos evidentes, por lo que se refiere a los reequilibrios minerales durante el metamorfismo cabe decir que en el caso de las plagioclasas (y en algunos minerales máficos, como los anfíboles cálcicos), incluso realizándose estudios de química mineral muy detallada los efectos de la blastesis pueden no ser evidentes (véase por ej. Owens & Dymek, 1997).

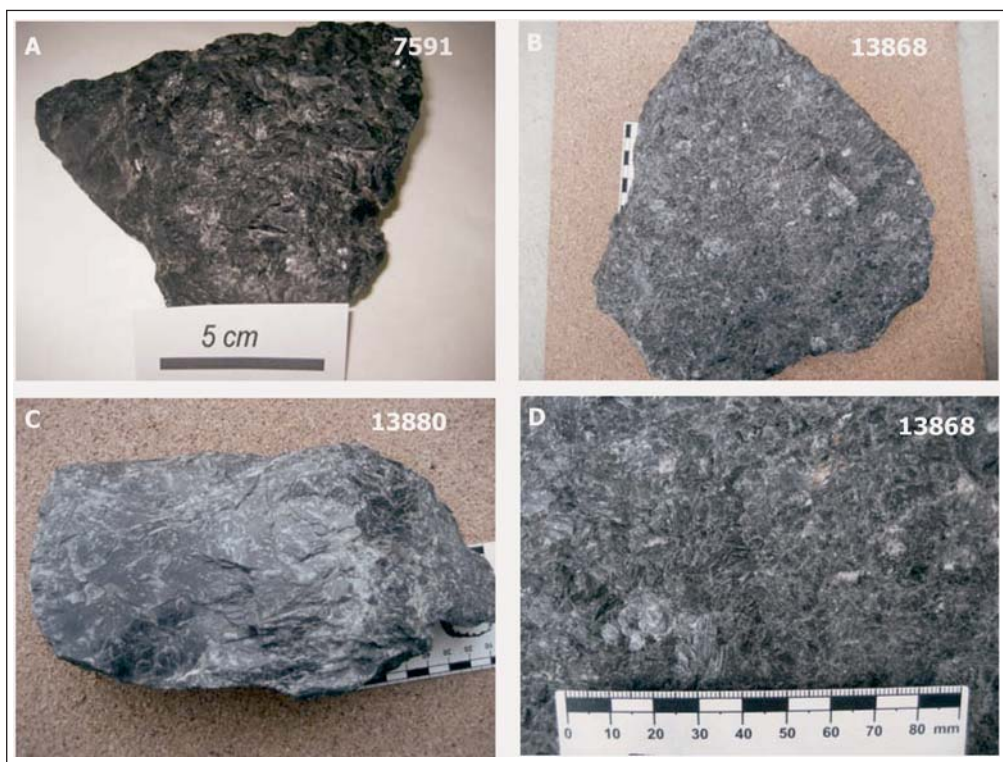


Fig. 3. Muestras de mano representativas de las anortositas negras de la colección del Museo y de la Facultad de Geología. A) y B) Anortositas negras con cristales de plagioclasa de grano medio e hipidiomórficos. C) Muestra en la que se observan cristales de grano grueso (máximo 8-10 cm). D) Detalle de una de las anortositas negras en la que puede observarse la macla polisintética de las plagioclasas. Los números en color blanco corresponden a los números de catálogo de las muestras: 7591 (Facultat de Geologia); 13868, 13880 (Museu de Geologia).

Fig. 3. Representative hand samples of the black anorthosites of the Museum and the Geology Faculty collection. A) and B) Black anorthosites with hipidiomorphic plagioclase crystals of medium size. C) Sample in which is clearly observed coarse grained plagioclase crystals (maximum of 8-10 cm). D) Detail of a black anorthosite in which is evidenced the polysynthetic twins. Numbers in white correspond to the catalogue references: 7591 (Facultat de Geologia); 13868, 13880 (Museu de Geologia).

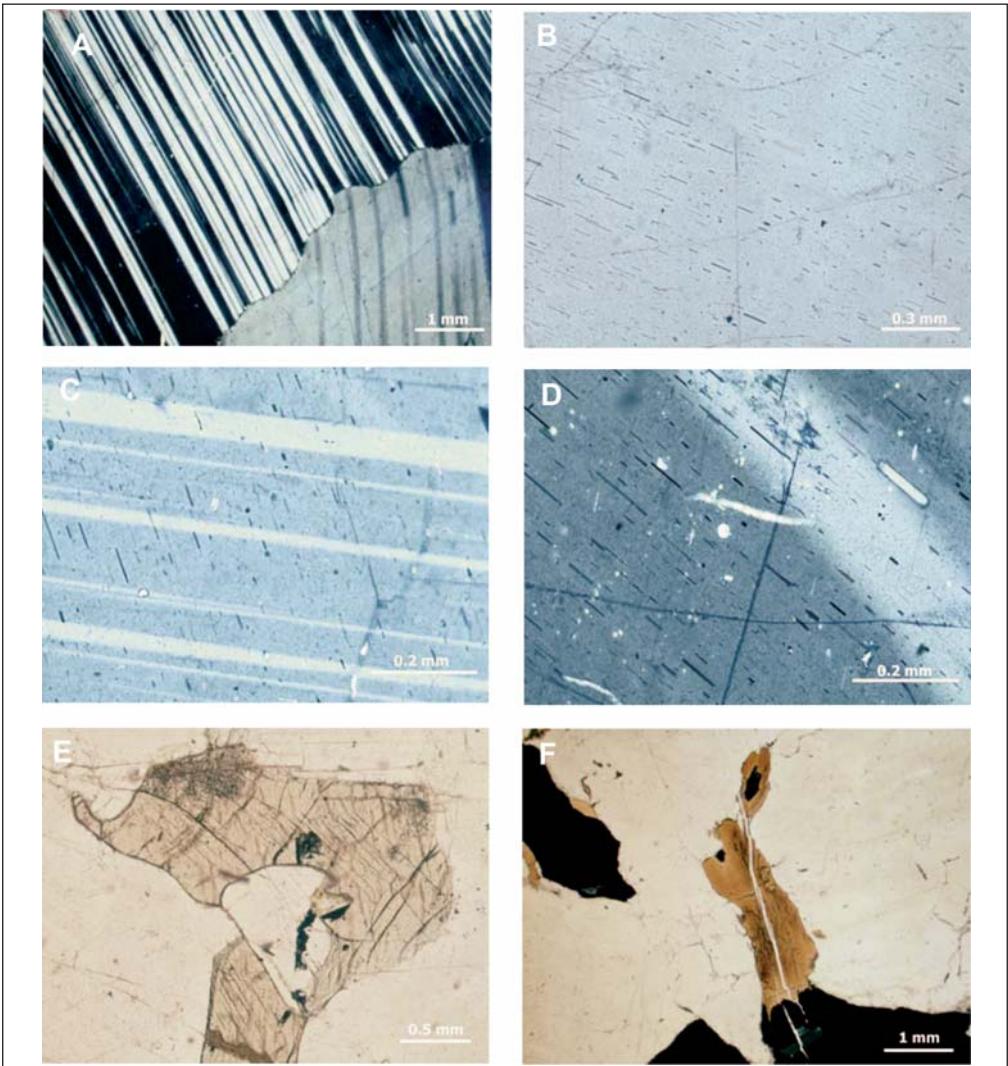


Fig. 4. Láminas delgadas (muestra 7591) de las anortositas negras observadas a través del microscopio óptico. A) Cristales de plagioclasa con maclas polisintéticas bien marcadas. B), C) y D) Textura *schiller* en diferentes cristales de plagioclasa. Esta textura es el resultado de la exsolución de minerales opacos en las plagioclasas. Debido a esta textura las muestras de mano son negras en vez de blancas como cabría esperar. E) Presencia de piroxenos xenomórficos (<1%). F) Algunos cristales hipidiomórficos-xenomórficos de biotita e ilmenita también se observan en las láminas delgadas. A, C y D, nícoles cruzados, B, E y F luz paralela.

Fig. 4. Thin sections (sample 7591) of the black anorthosites under the microscope. A) Plagioclase crystals with well developed polysynthetic twins. B), C) and D) *Schiller* texture in different plagioclase crystals. This texture is the result of exsolution of opaque minerals in plagioclase. As a consequence the look of anorthosites in hand sample is black instead of white as it would be expected. E) Xenomorphic pyroxenes are also present (<1%) in the black anorthosites. F) A few hipidiomorphic-xenomorphic biotite and ilmenite crystals are also observed in thin section. A, C and D crossed nicols; B, E and F parallel light.

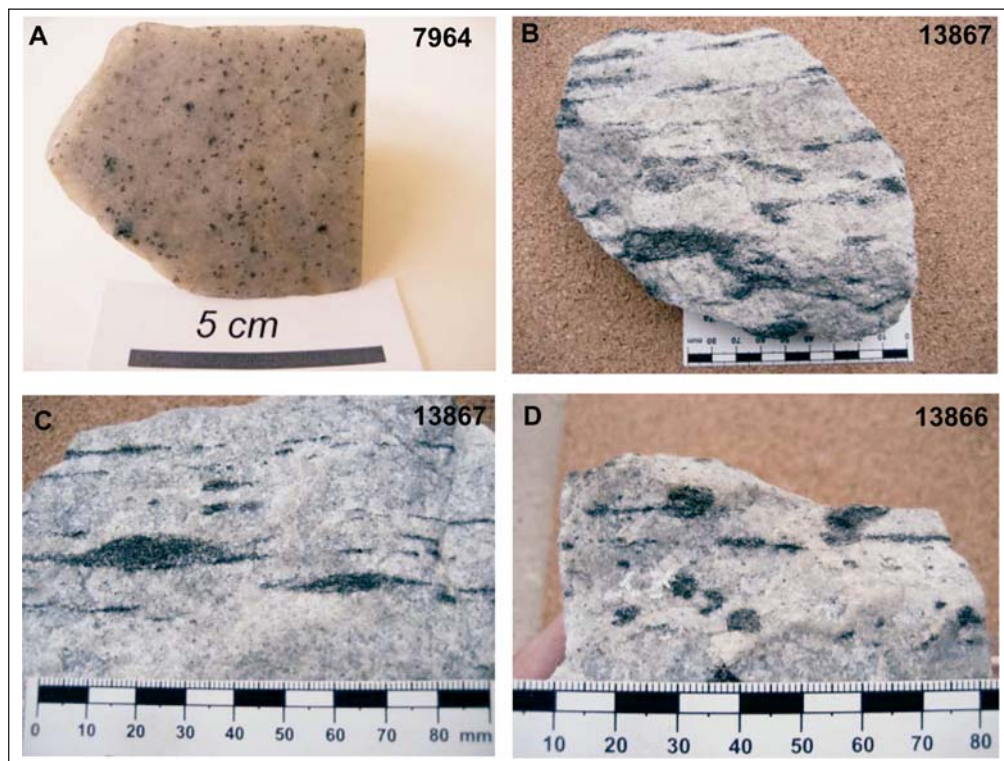


Fig. 5. Muestras de mano representativas de las anortositas blancas. A) Anortosita blanca con cristales aislados de minerales máficos $\leq 1\%$. B) Anortosita blanca formada por plagioclasa (blanca) con intercalaciones de minerales máficos. C) Detalle de la muestra anterior en donde se aprecia una disposición lenticular de los minerales máficos de origen tectónico. D) Muestra con intercalaciones menos evidentes de minerales máficos, debido a que la sección es perpendicular a la orientación nematoblástica de éstos. Los números en color negro corresponden a los números de catálogo de las muestras: 7964 (Facultat de Geologia); 13866, 13867 (Museu de Geologia).

Fig. 5. Selected hand samples of white anorthosites. A) White anorthosite with isolated crystals of mafic minerals $\leq 1\%$. B) White anorthosite formed by white plagioclase with interbedded mafic minerals. C) A detail of the prior sample in which it is evidenced the lenticular arrangement of the mafic minerals. D) Sample with less evident intercalations of mafic minerals, this section of the rock is perpendicular to the nematoblastic arrangement of the mafic minerals. Numbers in black correspond to the catalogue references: 7964 (Facultat de Geologia); 13866, 13867 (Museu de Geologia).

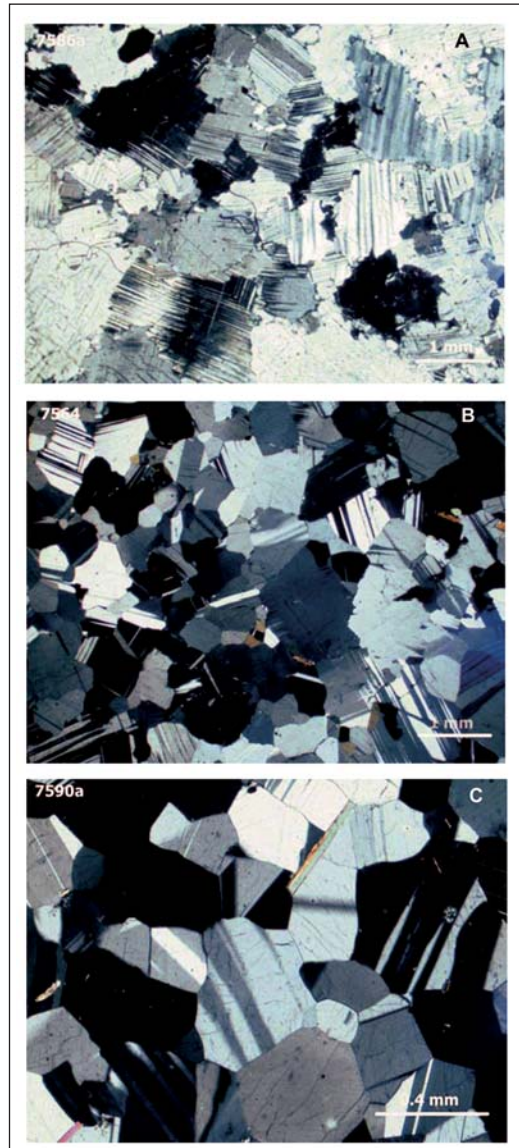


Fig. 6. Láminas delgadas de las anortositas blancas observadas a través del microscopio óptico en donde se reflejan diferentes estadios de deformación. A) Textura levemente porfiroclástica con cristales de plagioclasa con bordes en dientes de sierra y presencia de maclas mecánicas. B-C) Textura granoblástica con microestructura equigranoblástica en mosaico. Los bordes de los cristales son poligonales y forman puntos triples (120°). Todas las fotos con los nicoles cruzados.

Fig. 6. Thin sections of white anorthosites under the microscope. These thin sections reflect variable stages of deformation. A) Initial porphyroclastic texture with strongly serrated plagioclase crystals and with the presence of mechanical twins. B-C) Granoblastic texture with mosaic equigranoblastic microstructure. Plagioclase crystals are polygonised with triple junction between them. All pictures under crossed nicols.

CONCLUSIONES

Procedencia de las colecciones

Las dos colecciones gemelas del Museu de Geologia de Barcelona y del Departament de Geoquímica, Petrología i Prospecció Geològica de la Facultat de Geologia (Universitat de Barcelona) se formaron contemporaneamente durante la época de dirección de ambos centros por parte del Dr. Alfredo San Miguel Arribas, y son el fruto de los intereses de las dos instituciones, teniendo en cuenta los criterios expositivos y didácticos a los que iban encaminadas respectivamente. No es un caso único entre ambas instituciones, ya vimos en su día la coincidencia entre otras colecciones formadas en ese periodo y aún antes, p.e. en el caso de las riolitas de Gréixer (Díaz *et al.*, 1996).

La indicación genérica “Val d’Or” de estas colecciones, y la época de entrada en registro de estas rocas permite establecer que esta colección de anortositas procede de la provincia Grenvilliana del Canadá (el Museo de Geología conserva otras colecciones de anortositas, p.e. de Angola). La inscripción “La Tuque” recogida en el reverso de la fotografía reproducida en el trabajo (Fig. 1) da una indicación más aproximada de su procedencia. El desarrollo de las cartografías geológicas a lo largo de los últimos decenios por parte del Québec Natural Resources Ministry ha permitido un mejor conocimiento de la geología de la asociación de plutones anortosíticos de la región del Lac Saint-Jean y alrededores, así como de sus variadas litofacies, permitiendo una razonable atribución de las procedencias de las muestras depositadas en nuestras colecciones.

Así, las muestras de anortositas blancas de grano fino, intensamente recrystalizadas y con esporádicas bandas y lentejones de minerales máficos (esencialmente piroxenos muy sometidos a estiramiento) proceden de la anortosita de Langelier, situada entre la población de La Tuque y el lago Saint-Jean. La muestra que aparece enriquecida en minerales de hierro y titanio (Fig. 3 D) procede del enclave Saint-Charles Boromé que está situado en el plutón llamado *Anorthosite du Lac-Saint-Jean*. Este enclave está situado a pocos kilómetros de la población de Chicoutimi emplazada en las orillas del río Saguenay. Las muestras de anortosita negra con cristales decimétricos proceden también de la *Anorthosite du Lac-Saint-Jean*, y fueron tomadas en una cantera de piedra ornamental situada cerca de la población de Alma que está emplazada en la ribera E del lago Saint-Jean. Esta piedra ornamental es objeto de explotación y se exporta por todo el mundo, especialmente a los Estados Unidos y Japón, con la denominación comercial de “*Black cambrian*”. Todas estas localidades aparecen recogidas en el mapa de la Figura 2.

Valoración museística y docente de las muestras de roca

Una valoración crítica de la validez didáctica de estas rocas es una cuestión interesante dentro de los objetivos de esta nota, tanto desde el punto de vista de su exhibición museística, como por lo que se refiere a su empleo en la licenciatura de Ciencias Geológicas o la titulación en Ingeniería Geológica, ya que a pesar de su uso durante más de dos decenios en la Universidad de Barcelona, esta valoración no se ha llevado a cabo explícitamente.

Por lo que se refiere a la exhibición museística, cabe resaltar que las muestras negras de tamaño de grano grueso atribuibles a la cantera de Alma son excelentes por las dimensiones de los cristales y la excelente preservación de la textura original de la roca. Las únicas matizaciones a realizar son que es interesante explicar al público que normalmente las plagioclasas son de colores félsicos en lugar de negras, y que esta litofacies sólo es una de las posibles (y más vistosas) de las representativas de un complejo anortosítico (*Massif-type*). En este sentido, su exposición yuxtapuesta a una anortosita deformada y recristalizada (anortosita de Langelier), de grano fino y color blanco, con los minerales opacos acumulados en forma de bandas (o cordones) más o menos deformadas es ilustrativa tanto de la composición real de la roca (predominantemente plagioclásica) como de la deformación real que han sufrido estas rocas. Quizás se podría añadir, si se amplía el texto de las cartelas informativas en un futuro y dado que el museo tiene una sección mineralógica notable, que estas rocas contienen importantes mineralizaciones de titanio, hierro y fósforo, y algunas indicaciones sobre las paragénesis comunes en ellas (magnetita, ilmenita, apatito).

Desde el punto de vista de la docencia universitaria, por lo que se refiere a las muestras de mano cabe señalar lo ya dicho para las muestras expuestas en el museo, en el sentido de que las plagioclasas permiten el reconocimiento macroscópico de las maclas polisintéticas (y por lo tanto su fácil distinción de otros feldespatos en muestra de mano, a pesar de su anómalo color negro o gris oscuro). Hay que resaltar a los alumnos que se trata de muestras de un cuerpo plutónico de grandes dimensiones (no una pegmatita), y que la roca tiene una textura granular de grano muy grueso, a pesar de que en las muestras disponibles apenas se recogen uno o pocos cristales de plagioclasa (y por lo tanto puede no ser evidente, para un observador no muy entrenado, que la roca tiene textura granular). Por lo que se refiere a las muestras blancas de textura granoblástica, grano fino y aspecto sacaroideo, aunque los alumnos puedan reconocerlas en muestra de mano con facilidad y las asimilen a otras rocas plutónicas de grano fino semejantes a las que ya conocen (por ej., granitoides), se deben emplear esencialmente en el desarrollo práctico de la clasificación de Streckeisen para remitir a continuación al alumno al estudio petrográfico de las láminas de las mismas muestras, en las que se les debe hacer notar los aspectos diagnósticos que indican que estas muestras han sido sometidas a intensa deformación (p.e., la extendida presencia de maclas mecánicas substituyendo a las polisintéticas) e indicándoles que las rocas han sido retrogradadas, por lo que cabe denominarlas meta-anortositas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Alicia Masrera el estímulo para llevar adelante este trabajo, y las facilidades constantemente proporcionadas para el acceso a las colecciones del Museu de Geologia. D.G. y M.A. han compartido muchas horas de docencia empleando estas rocas con los miembros del grupo de Petrología Endògena de la Universitat de Barcelona, y por lo tanto agradecen a estos compañeros muchas sugerencias e indicaciones. Igualmente durante estos años, muchos de nuestros alumnos nos han ayudado y estimulado con sus acertadas preguntas sobre este tipo de rocas.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz, N., Gimeno, D. & Segura, C. 1996. Revisión de las riolitas del Pérmico del Pirineo presentes en las colecciones del Museo de Geología y la Facultad de Geología de la Universitat de Barcelona. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, **5**: 255-281.
- Hatch, F.H., Wells, A.K. & Wells, M.K. 1972. Petrology of the igneous rocks (thirteen edition). *Thomas Murby & Co Editors*. 551 pp.
- Hébert C., Cadieux, A.M. & van Breemen, O. 2005. Temporal evolution and nature of Ti-Fe-P mineralization in the anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) suites of the south-central Grenville Province, Saguenay-Lac St. Jean area, Québec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **42** (10): 1865-1880.
- Kehlenbeck, M.M. 1972. Deformation textures in the Lac Rouvray Anorthosite Mass. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **9**: 1087-1098.
- Le Maître, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmidt, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, R.A. & Zanettin B. 1989. Classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendation of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford. 193 + xi pp.
- Martignole, J. 1996. Tectonic setting of anorthosite complexes of the Grenville province, Canada. In: Demaiffe, D. (ed.), Petrology and geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts, *Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles*: 3-18.
- Owens, B.E. & Dymek, R.F. 1997. Comparative petrology of Archaean anorthosites in amphibole and granulite terranes, SW Greenland. *Contributions of Mineralogy and Petrology*, **128**: 371-384.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock, its proper name. *Earth Science Reviews*. *Amsterdam*, **12**: 1-33.
- Windley, B.F. 1993. Proterozoic anorogenic magmatism and its orogenic connections. *Journal of the Geological Society of London*, **150**: 39-50.