

Capítulo 21

Anortositas

Introducción

Las anortositas ocurren en dos ambientes geológicos: 1) como capas cumuláticas en intrusiones básicas estratificadas. P. ej. Bushveld o Stillwater (Fig. 21-1), y 2) como grandes macizos anortosíticos anorogénicos, dentro de terrenos metamórficos de alto grado de edad Precámbrica (Hess 1989). Por ejemplo, en Québec, los Adirondacks, en el SO de Noruega, Groenlandia y en Suecia. El primer tipo de anortosita es formado por procesos de diferenciación de magma básico in situ, como ya se viera en el capítulo anterior, pero el segundo tipo es más problemático.

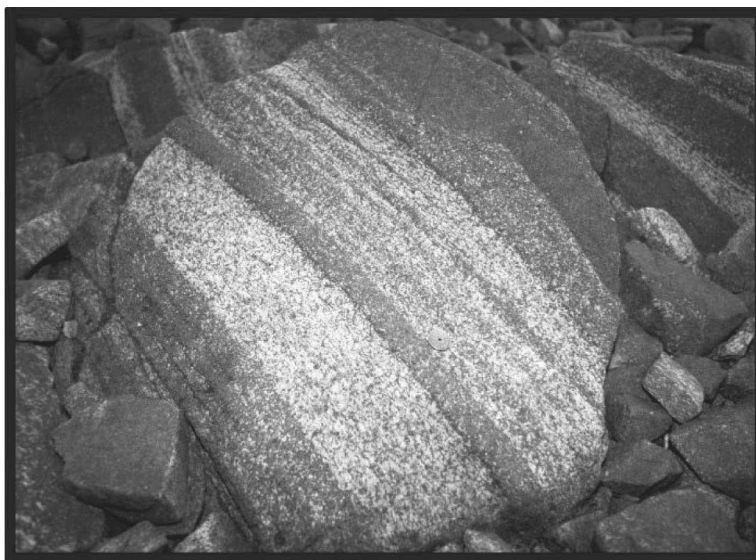


Fig. 21-1. Norita estratificada con anortosita, en intrusivo máfico estratificado.

Anortositas

Estas son rocas plutónicas constituidas esencialmente o enteramente por plagioclasa. No se conocen rocas volcánicas o piroclásticas de esta composición. Las anortositas se presentan, ya sea como capas cumuláticas de centímetros a metros en complejos ígneos ultráficos, como las anortositas de los Complejos máficos y ultramáficos estratificados. Pero los cuerpos de anortositas más importantes forman plutones de edad arqueana, proterozoica y algunos del paleozoica inferior. Las anortositas Arqueanas tienen dos caracteres distintivos. Ellas contienen grandes cristales de plagioclasa (>30 cm) (Fig. 21-2), que tienen formas equidimensionales subhedrales a euhedrales (Phinney 1982). Los mismos son notablemente uniformes y con composiciones de An80-90, aunque las anortositas Paleozoicas muestran composiciones entre An40-65. En algunos aspectos estas anortositas son similares y aún más cálcicas que las antiguas anortositas de la Luna, aunque estas son de grano fino y nunca alcanzan los tamaños observados en la Tierra.

Los cuerpos de anortositas forman complejos independientes de tamaño batolítico, con tamaños de afloramientos de 1000 a 20000 km² y en su gran mayoría se generaron entre 1,7 y 1,2 Ga.

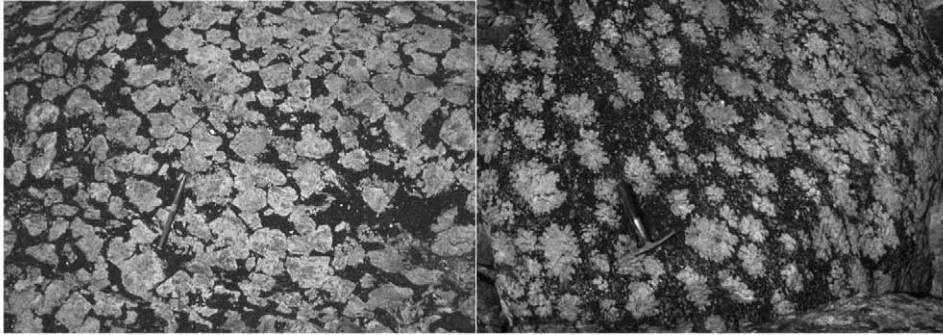


Fig. 21-2. Texturas de los intrusivos anortosíticos. A: Fenocristales de plagioclasa. B: Plagioclasa en copo de nieve.

Las anortositas Arqueanas se asocian con gabros que se emplazan en rocas supracrustales de origen volcano-sedimentario de los cinturones verdes (greenstone belts). Las anortositas están compuestas hasta el 100% de anortita, aunque en general tienen fenocristales de anortita en una matriz de grano fino constituida por piroxeno, olivino y anfíbol magnesiano, que pueden estar metamorfizados a facies de esquistos verdes o anfíbolitas.

La composición química de las anortositas se expresa en la Tabla 21-1.

Óxido	1	2	3	4
SiO ₂	48,70	49,17	45,4	46,8
TiO ₂	0,04	0,11	0,0	0,4
Al ₂ O ₃	29,50	30,13	33,9	27,2
FeO	0,33	0,97	0,6	5,3
MgO	0,60	1,10	0,5	3,4
CaO	14,18	12,20	17,6	13,2
Na ₂ O	3,81	3,42	1,10	2,3
K ₂ O	0,29	0,83	0,1	0,2
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,0	0,1

Tabla 21-1. Análisis químicos de Anortositas Arqueanas de Bad Vermilion Lake Complex de Canadá (1-2) y Fiske-naeddlet Complex de Groenlandia (3-4) (Aswhal et al. 1983; Weaver et al. 1981).

La razón por la cual los elementos trazas son excluidos de las plagioclasas, a excepción de Sr y Eu⁺², debe ser sensitivo a su abundancia y mineralogía de la matriz. Por ejemplo el contenido de Ni en la anortosita de la columna 2 de la Tabla 21-1, es de 14 ppm, para una moda de minerales máficos del 4% (1/25 del volumen de la anortosita), por lo que el contenido de Ni en estos minerales es de 350 ppm (25 x 14). Este alto valor de Ni sugiere que el material máfico habría sido formado desde cumulos.

La interpretación de la génesis de de los complejos anortosíticos, como los expresados en la Tabla 21-1, habría comenzado con magnetita de Cr y seguido por un prolongado episodio dominado por la cristalización de plagioclasa y anfíbol, con la cristalización final de espinela rica en Fe y Cr. La cristalización temprana de magnetita modera el incremento de la relación FeO/MgO del líquido residual, por lo que la cristalización de magnetita, plagioclasa cálcica (45% de SiO₂) y anfíbol (40% de SiO₂) aumenta el contenido de SiO₂ en los líquidos residuales, lo que reproduce una tendencia evolutiva calco-alcalina.

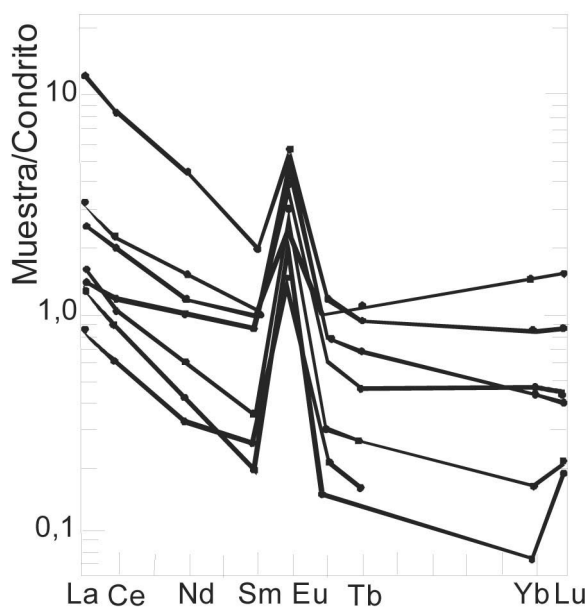


Fig. 21-3. Anortosita normalizada a condrito, muestra la típica anomalía positiva de Eu.

Modelo de generación de anortositas – Tipo masivo

- a) Magma derivado del manto, que por su alta densidad, se equilibra por debajo de la corteza,.
- b) Cristalización de fases máficas con hundimiento y fusión parcial de la corteza inferior. El fundido es rico en Al y Fe/Mg.
- c) La plagioclasa se acumula en el tope de la cámara, mientras se hunden los mafitos.
- d) Las acumulaciones se vuelven menos densas y ascienden.
- e) La coalescencia de plutones forma macizos anortosíticos. Los cumulos máficos permanecen en profundidad (Fig. 21-4).

Las anortositas gábricas y gabros relacionados, están a menudo presentes en macizos anortosíticos y en complejos Precámbricos metamorizados, de los cuales no se conocen lavas ni depósitos piroclásticos.

La intrusión Stillwater, contiene el más espectacular desarrollo de anortositas en complejos estratificados. Dentro de las series bandeadas hay troctolitas ricas en plagioclasa, noritas y gabros, así como dos horizontes mayores de anortosita casi pura, uno de 400 m de espesor y otro de 500 m, en los cuales la plagioclasa es el único mineral cumulus. En el total de 2500 m de espesor de la serie de capas bandeadas, que incluyen capas gábricas y anortosíticas, el promedio de las rocas contienen 84% de feldespato, pero la asociación de rocas de la intrusión, sugiere que el parent magma ha sido gábrico.

La característica distintiva más importante de las anortositas de tipo macizo, es que el volumen de plagioclasa es mayor al 90%, con típica textura de cumulus, y con composición de andesina (An 40-60), diferente a la de las intrusiones gábricas estratificadas en las que la composición es labradorita-bitownita (An65-85). Hipersteno y augita son los minerales máficos más comunes y la ilmenita y apatita son accesorios importantes. Las rocas asociadas son gabros y noritas, que forman márgenes gradacionales alrededor de un núcleo central más

leucocrático, constituido por los mismos minerales y un borde externo de charnoquitas. La cristalización tuvo lugar bajo condiciones fuertemente oxidantes.

Las profundidades de emplazamiento estuvieron entre 5 y 25 Km, ninguno muestra mayor aproximación a la superficie. Sus temperaturas deben haber sido muy altas, con bajos contenidos de agua, por las aureolas de contacto que muestran y por la poca evidencia de fluidos hidrotermales. El magma anortosítico anhidro debe haber tenido temperaturas del orden de 1300°C. Estas propiedades evidencian una condición única en la historia de la Tierra, posiblemente relacionada a muy altos gradientes térmicos y fusión justo por debajo de la corteza continental.

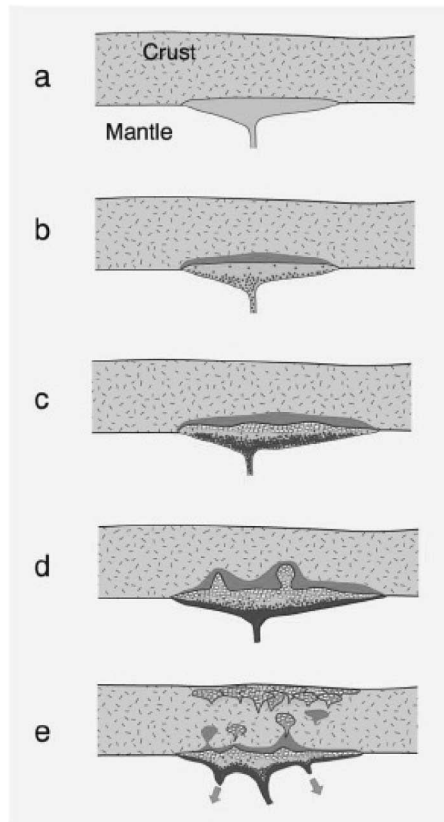


Fig. 21-4. Secuencia de generación y evolución de macizos de anortositas del Precámbrico.

Como se formaron tan altos contenidos de plagioclasa es difícil de explicar. Las interpretaciones, para la inusual acumulación de plagioclasa desde magmas máficos, debe considerar: ¿Como tal cantidad de plagioclasa puede ser fraccionada sin la correspondiente cantidad de minerales máficos visibles? Las mayores concentraciones de plagioclasa pueden ser formadas a partir de un magma derivado del manto, por cristalización cotéctica. Para lograr tan altas concentraciones de anortosita, se requiere una importantísima precipitación de minerales máficos que permanecen ocultos en alguna otra parte del sistema, probablemente en la interfase manto-corteza, pero esto nunca ha sido detectado por geofísica. La nucleación y precipitación de plagioclasa debe haber ocurrido en niveles más someros, porque el feldespató requiere alto sobreenfriamiento para su nucleación.

Los macizos anortosíticos reflejan un importante evento petrogenético anorogénico en la temprana evolución térmica y química de la corteza y manto.

Charnoquitas

Las charnoquitas se asocian con anortositas Proterozoicas. Son rocas casi anhidras de composición granítica con ortopiroxeno; también se asocian con dioritas y monzonitas ricas en potasio. Generalmente son ligeramente más jóvenes que las anortositas en las cuales intruyen.

Las charnoquitas son típicamente anorogénicas y forman parte de la suite de intrusivos llamada “Suite AMCG” (anortosita-mangerita-charnoquita-granito) típica del Proterozoico.

La charnoquita (granito con hipersteno) y la mangerita (monzonita con hipersteno), contienen también fayalita y cuarzo.

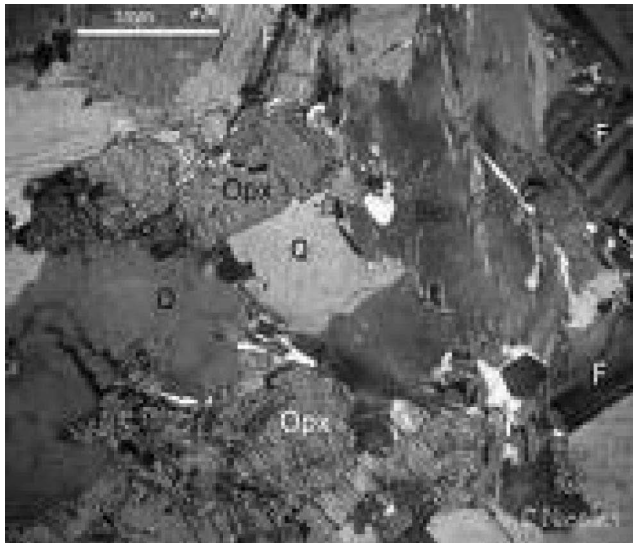


Fig. 21-5. Sección delgada de charnoquita, con la asociación mineral característica. Q: cuarzo. Opx: ortopiroxeno. F: plagioclasa.

Están asociadas con noritas y anortositas, siendo típicas de terrenos Precámbricos. La clasificación debe ser usada sólo si las rocas consideradas pertenecen a la suite charnoquítica, las cuales están caracterizadas por la presencia de hipersteno (o fayalita mas cuarzo) y en muchos casos también por pertitas, mesopertitas y antipertitas.

La génesis pudo haber estado relacionada con eventos térmicos de alta temperatura, en condiciones de baja presión de agua, que han producido fusión en la parte inferior de la corteza continental, que puede estar relacionado a eventos ígneos que dieron origen a los macizos de anortositas, o metamórficos de alto grado (Kilpatrick y Ellis 1992). La asociación se puede explicar utilizando el diagrama Fo-An-Qtz (Fig. 7-2), en el cual el descenso de la presión causa que la curva anortita-ortopiroxeno se desplace hacia el vértice de la anortita. Como resultado la composición del fundido cotectico a alta presión se localiza en el campo de la anortita. Asimismo, las charnoquitas asociadas, que en algún momento fueron consideradas líquidos residuales, después de la acumulación de las plagioclasas, aunque ellos son considerados

ahora como fundidos corticales, más fácilmente generados como magmas por calentamiento debajo de las placas. Esta teoría explica la naturaleza bimodal de anortosita-charnoquita y racionaliza la observación de la ausencia de rocas intermedias entre ambas.

Lecturas Seleccionadas

- Ashwal, L.D., Morrison, D.A., Phinney, W.C., Wood, J. 1983. Origin of Archean Anorthosites: Evidence from the Bad Vermilion Lake Anorthosite Complex, Ontario. *Contribution to Mineral. and Petrol.* 82: 259-273.
- Hess, P.C. 1989. *Origin of Igneous Rocks*. Harvard University Press. 336 pp.
- Kilpatrick, J.A., y Ellis, D.J. 1992. C-type magmas. Igneous charnockites and their extrusive equivalents. In: Brown, P.E., y Chappell, B.W. (eds). *The Second Hutton Symposium on the Origin of Granites and Related Rocks*. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 272: 155-164.
- Phinney, W.C. 1982. Petrogenesis of archean anorthosites. In: *Workshop on magmatic processes of early planetary crusts*. Ed. McCallum, I.S., y Walker, D., 121-124. LPI Tech. Rep. 82-01. Houston: Lunar & Planetary Institute.
- Weaver, B.L., Tarney, J., Windley, B. 1981. Geochemistry and petrogenesis of the Fiskenaesset anorthosite complex, southern West Greenland: Nature of the parent magma. *Geochemistry and Cosmochimica Acta* 45: 711-725.