



REDEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DEL BATOLITO DE LA PATAGONIA CENTRAL EN BASE A NUEVAS EDADES $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Y AL ANÁLISIS DE TEXTURAS DE HIBRIDIZACIÓN MAGMÁTICA

Claudia Zaffarana¹, Rubén Somoza¹ y Mónica López de Luchi²

¹ Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGeBA.), CONICET, Intendente Güiraldes 2160, C1428EGA, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. E-mail: cbzaffarana@gmail.com

² Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, INGEIS, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Universidad de Buenos Aires Pabellón INGEIS, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. C1428EHA

En la región centro-norte de Patagonia aflora el Batolito de la Patagonia Central, el cual está compuesto por rocas calcoalcalinas con características geoquímicas de arco magmático (Rapela *et al.* 1991, 1992, Rapela y Pankhurst 1992). Este batolito fue dividido en dos superunidades de edad triásica tardía sobre la base de datos geoquímicos y geocronología Rb/Sr sobre roca total: la Superunidad Gastre, con edad de $220 \pm 1,7$ Ma; y la Superunidad Lipetrén, con edad de 208 ± 1 Ma (Rapela *et al.* 1992). Dichos autores definieron además otra unidad a la cual llamaron Granodiorita Horqueta, cuya errocrona Rb/Sr es de 172 ± 15 Ma. En este trabajo se plantea una nueva clasificación y distribución de las unidades que componen el Batolito de la Patagonia Central basada en trabajos de campo, estudios texturales de meso y microescala, y en tres nuevas edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita. Se realizaron, además, estudios de química mineral que permitieron establecer condiciones de presión y temperatura de emplazamiento para dos unidades de la Superunidad Gastre.

Nuestra propuesta mantiene la división del Batolito de la Patagonia Central en las Superunidades Gastre y Lipetrén. Sin embargo, en nuestra definición la Superunidad Gastre está constituida por granitoides que presentan evidencias de interacción entre magmas máficos y félsicos, mientras que la Superunidad Lipetrén está compuesta por granitos leucocráticos que son posteriores a los procesos de hibridización magmática. La Superunidad Gastre está formada por cinco unidades: 1) granodioritas equigranulares con hornblenda y biotita, 2) monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda, 3) monzogranitos biotíticos equigranulares, 4) dioritas cuarzosas con hornblenda y 5) granodioritas biotíticas equigranulares, estas últimas correspondiendo a la Granodiorita Horqueta. Entre las granodioritas equigranulares con hornblenda y biotita y los monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda los contactos son transicionales. Los monzogranitos biotíticos equigranulares forman stocks que intruyen a las otras dos unidades. Las dioritas cuarzosas son intrusivas en todas las demás unidades. Las granodioritas biotíticas equigranulares intruyen a los monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda y son intruidas por los granitos leucocráticos de la Superunidad Lipetrén.

Todas las unidades de la Superunidad Gastre presentan evidencias de hibridización magmática, ya que todas ellas presentan enclaves máficos microgranulares que están generalmente distribuidos irregularmente en la roca hospedante. Estos enclaves tienen por lo general bordes difusos, lo que sugiere que el contacto entre magmas de diferente temperatura fue un evento temprano en la historia de cristalización del plutón hospedante. Los enclaves máficos microgranulares están también concentrados en enjambres en los monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda (Zaffarana y Somoza 2010). Dichos enjambres portan enclaves que exhiben diferentes grados de hibridización, lo cual sugiere que la mezcla de magmas se produjo de manera episódica. Todas las unidades de la Superunidad Gastre están intruidas por diques afaníticos de composición diorítica a diorítica cuarzosa, lo que sugiere que la interacción entre magmas de diferente composición fue un proceso que tuvo lugar durante toda la historia de cristalización de este conjunto de rocas intrusivas.

Los datos de química mineral de hornblenda y biotita en una granodiorita equigranular con hornblenda y biotita, y de una diorita cuarzosa con hornblenda, indican que la Superunidad Gastre cristalizó entre los 1,8 y 3 kbar (geobarómetro, Schmidt 1992), que equivalen a 6 a 11 km de profundidad, y las temperaturas de emplazamiento y cristalización alcanzadas fueron de 760 y 800°C (geotermómetro, Holland y Blundy 1994).

Se obtuvo una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita de 213 ± 5 Ma en los monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda. Por otra parte, una muestra de las granodioritas biotíticas equigranulares dio una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita de 214 ± 2 Ma, y este nuevo dato junto con el rasgo textural de presentar los minerales máficos concentrados en *clots* (que se pueden interpretar como enclaves máficos desagregados, Bateman 1995) sugiere que podría pertenecer a la Superunidad Gastre.

Se utilizaron los análisis químicos de roca total obtenidos por Rapela *et al.* (1992) para realizar consideraciones sobre procesos de diferenciación geoquímica de unidades del Batolito de la Patagonia Central. Se utilizó el cálculo de Ersoy y Helvacı (2010) y los datos de los análisis químicos se redistribuyeron de acuerdo con la clasificación de unidades que se propone en este trabajo. El modelado geoquímico del vector de fraccionamiento Rayleigh tiene por composición inicial a la muestra GAS 43 (de las granodioritas con biotita y hornblenda), además se utilizaron coeficientes de partición para magmas ácidos y las fases fraccionantes que se consideraron son las siguientes: plagioclasa (45%), anfíbol (17%), biotita (10%), feldespato potásico (20%), titanita (3%),



apatita (3%) y magnetita (2%). Todas las composiciones de los intrusivos con hornblenda y biotita del Batolito de la Patagonia Central, los cuales comprenden a las granodioritas equigranulares con hornblenda y biotita, los monzogranitos porfíricos con biotita y hornblenda, los monzogranitos biotíticos equigranulares, y las dioritas cuarzosas con hornblenda, son predichas por la curva de diferenciación producida por el proceso de cristalización fraccionada. La cristalización fraccionada, que sería posterior a la hibridación, está de acuerdo con los contactos transicionales que se observan entre las granodioritas equigranulares con hornblenda y biotita y los monzogranitos porfíroides con biotita y hornblenda, que se caracteriza por un aumento gradual del contenido de biotita y de feldespato potásico asociado a la disminución en el contenido de anfíbol y de plagioclasa a medida que se pasa de las granodioritas equigranulares a los monzogranitos porfíroides. En cambio, las composiciones de los granitos biotíticos de la Superunidad Lipetrén no pudieron ser derivadas a partir de la Superunidad Gastre mediante un proceso de cristalización fraccionada ya que se enriquecen en Y y en Nb a medida que avanza la diferenciación.

La asociación de rocas ácidas como granodioritas y monzogranitos con rocas de composición intermedia como dioritas, dioritas cuarzosas y monzodioritas respalda la afinidad de la Superunidad Gastre con magmas cordilleranos de tipo I, y cabe mencionar que las rocas menos evolucionadas del Batolito de la Patagonia Central no habían sido descritas en trabajos previos. El análisis de las relaciones isotópicas de la Superunidad Gastre, que tiene una relación inicial general de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \leq 0.706$ (Rapela *et al.* 1992) y valores de ϵNd que van desde -2,2 a -3,1 (Rapela *et al.* 1992), también apoya la caracterización de estos granitoides como de tipo I según la clasificación de Chappell y White (2001) (ϵNd entre +3.58 hasta -8.9 para granitos de tipo I).

La Superunidad Lipetrén intruye a todas las unidades de la Superunidad Gastre y está constituida por monzogranitos y sienogranitos biotíticos de textura granular fina. Como rasgo distintivo, estos granitos presentan cavidades miarolíticas rellenas de cuarzo y feldespato potásico, y son frecuentes las texturas microgranofíricas. La Superunidad Lipetrén no está intruida por diques máficos ni tiene enclaves máficos microgranulares, por lo que se interpreta que esta superunidad es posterior a los procesos de hibridación magmática que afectaron a la Superunidad Gastre. Por otra parte, la presencia de cavidades miarolíticas sugiere que la Superunidad Lipetrén cristalizó a condiciones de emplazamiento menores a ~3 kbar (Candela 1997), siendo por lo tanto relativamente más somera que la Superunidad Gastre. Una muestra de biotita de los monzogranitos biotíticos dio una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 206 ± 4 Ma.

La separación temporal de ~7 Ma entre las Superunidades Gastre y Lipetrén, sugiere que ambas están desacopladas en tiempo. Esta aparente desconexión estaría además apoyada sobre la falta de evidencia textural de interacción entre magmas máficos y félsicos en la Superunidad Lipetrén, y sobre la imposibilidad de derivar esta superunidad a partir de la Superunidad Gastre mediante cristalización fraccionada. Dentro de la Superunidad Gastre, se propone un modelo de evolución en el que el magma máfico se intruye de manera episódica durante toda su historia de cristalización, y después de cada pulso la evolución continuaría por cristalización fraccionada. El modelado geoquímico y las relaciones de campo sugieren que a partir de las granodioritas equigranulares con hornblenda y biotita, evolucionan las demás unidades de esta superunidad. De esta manera, la cristalización fraccionada habría condicionado la evolución del magma félsico que recibe episódicamente nuevos pulsos de magma máfico provenientes de la fuente.

- Bateman, R. 1995. The interplay between crystallization, replenishment and hybridization in large felsic magma chambers. *Earth-Science Reviews* 39: 91-106.
- Candela, P.A. 1997. A review of shallow, ore-related granites: textures, volatiles, and ore metals. *Journal of Petrology* 38: 1619-1633.
- Chappell, B.W. y White, A.J.R. 2001. Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences* 48: 489-499.
- Ersoy, Y. y Helvaci, C. 2010. FC-AFC-FCA and mixing modeler: A Microsofts Excel 629 spreadsheet program for modeling geochemical differentiation of magma by crystal fractionation, crustal assimilation and mixing. *Computers and Geosciences* 36: 383-390.
- Holland, T. y Blundy, J. 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 116: 433-447.
- Rapela, C.W., Dias, G.F., Franzese, J.R., Alonso, G. y Benvenuto, A.R. 1991. El Batolito de la Patagonia central: evidencias de un magmatismo triásico-jurásico asociado a fallas transcurrentes. *Revista Geológica de Chile* 18: 121-138.
- Rapela, C.W. y Pankhurst, R.J. 1992. The granites of northern Patagonia and the Gastre Fault System in relation to the break-up of Gondwana, En Storey B.C., A.T., Pankhurst R.J. (eds) *Magmatism and the Causes of Continental Break-Up*, Geological Society, Special Publication 68: 209-220, London.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J. y Harrison, S.M. 1992. Triassic "Gondwana" granites of the Gastre district, North Patagonian Massif. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 83: 291-304.
- Schmidt, M.W. 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 110: 304-310.
- Zaffarana, C.B. y Somoza, R. 2010. Mafic microgranular enclave swarms in granitic plutons of Gastre, Central Patagonia. *Volumen especial del Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 51(1): 96-98.