



HIBRIDIZACIÓN DE MAGMAS EN EL BATOLITO PATAGÓNICO: EL GRANITO DE LA HOYA EN ESQUEL

Bárbara BOLTSHAUSER^{1,2}, Claudia ZAFFARANA^{3,2}, Stella POMA^{1,2}, Rubén SOMOZA^{1,2},
Gloria GALLASTEGUI⁴, Samanta SERRA VARELA^{2,3}, Víctor RUIZ GONZÁLEZ^{1,2}

¹Departamento de Geología, UBA. Buenos Aires. bolsthauserbarbara@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Universidad Nacional de Río Negro, Sede AV-VM. General Roca, Argentina.

⁴Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

RESUMEN

En este trabajo se documentan los afloramientos y las texturas de hibridación que presenta el Granito de La Hoya, un plutón somero que aflora en los Andes Norpatagónicos a la latitud de Esquel. Para el mismo se obtuvo una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de enfriamiento en anfíbol de 161.49 ± 0.46 Ma. Dicho plutón sería parte de los estadios tempranos del Batolito Patagónico.

Palabras clave: Emplazamiento, Batolito Patagónico, Batolito Subcordillerano, mingling, enclaves .

ABSTRACT

Magma hybridization in the Patagonian Batholith: La Hoya Granite, Esquel. Magma hybridization in the Patagonian Batholith: the La Hoya Granite near Esquel. This work describes the outcrops and the magma hybridization textures shown by La Hoya Granite, a shallow calc-alkaline pluton. This pluton bears an $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ cooling age in amphibole of 161.49 ± 0.46 Ma. This age would assign this pluton to the early stages of the Patagonian Batholith.

Keywords: Emplacement, Patagonian Batholith, Subcordilleran Batholith, mingling, enclaves.

INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

En los Andes Norpatagónicos a la latitud de Esquel convergen el Batolito Patagónico, de orientación N-S y edad jurásica media a neógena (Castro *et al.* 2011), y el Batolito Subcordillerano, de edad jurásica temprana y de orientación NNO-SSE (Rapela *et al.* 2005). Este trabajo presenta una caracterización petrográfica, resultados preliminares de química mineral y una edad de enfriamiento $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en anfíbol del Granito de La Hoya, un plutón somero, integrante del Batolito patagónico, que aflora en las inmediaciones de la localidad de Esquel ($42^{\circ}49,109'S - 71^{\circ}15,401'W$). El plutón cuenta con una edad K/Ar en biotita de 174 ± 20 Ma (Toubes y Spikermann 1973) y está hospedado por las sedimentitas de la Formación Esquel (Carbonífero-Pérmico, Cazau 1972) y de la Formación Piltriquitrón (Jurásico Inferior, Lizuaín, 1980).

DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

El Granito de La Hoya está constituido predominantemente por granodioritas con hornblenda y biotita de color gris claro que gradan a monzogranitos biotíticos de color rosado claro. A su vez las granodioritas grises gradan localmente a granodioritas anfibólicas con anfíbol acicular de hasta 3 cm de longitud. En los monzogranitos que afloran en los niveles estructurales superiores se han encontrado cavidades miarolíticas de 10-20 cm de diámetro rellenas de cuarzo y feldespato.

Tanto las granodioritas como los monzogranitos hospedan numerosos enclaves máficos microgranulares de variadas formas y tamaños. Los enclaves pueden encontrarse dispersos o concentrados en enjambres de morfología tabular que definen una foliación magmática generalmente subhorizontal. Los enclaves tienen bordes convexos hacia el granito, señalando que, al cristalizar, eran más viscosos que el granito hospedante. Sin embargo, la

relación inversa también se observa, al igual que texturas de intrusión-reintrusión (Bergantz 2000).

Se observan también diques aplíticos cuarzo-feldes-páticos de color rosado oscuro y grano muy fino, y cuarzo pegmatoide con textura brechoide. Además son frecuentes diques sinplutónicos de hasta 1 m de espesor de color gris verdoso y composición diorítica a cuarzo-diorítica que intruyen a las granodioritas, a los monzogranitos y a los diferenciados póstumos. El Granito de La Hoya y sus diques sinplutónicos están además intruidos, por diques basandesíticos subverticales de hasta 5 m de espesor, bordes muy irregulares y color castaño oscuro.

PETROGRAFÍA

Las granodioritas están compuestas por plagioclasa (55-25%), anfíbol (40-20%), cuarzo (30-20%), ortosa (10-5%), biotita (10-5%), minerales opacos (10-5%) y cantidades menores de apatita, titanita y circón. Los monzogranitos están compuestos por cuarzo (50%), plagioclasa (25%), ortosa (20%), biotita (5%) y cantidades menores de titanita, minerales opacos, apatita y circón. En todos los casos las texturas son marcadamente porfíricas, destacándose fenocristales de plagioclasa euhedral, cuarzo y ortosa de hasta 1 cm de diámetro inmersos en una matriz de textura granosa fina a micrográfica. Sólo los monzogranitos tienen fenocristales de ortosa, no así las granodioritas.

Al microscopio se observa que los fenocristales de plagioclasa de las granodioritas normalmente están amalgamados en sinneusis. Presentan zonado composicional normal, pero también inverso u oscilatorio (los bordes aparecen más intensamente alterados que el centro de los cristales, sugiriendo su composición más cálcica). Los fenocristales de cuarzo son subredondeados y tienen bordes que están en continuidad óptica con el cuarzo de la matriz. El cuarzo de la matriz de los monzogranitos define una textura gráfica junto con la ortosa, mientras que en las granodioritas tiende a ser más escaso e intersticial y no forma textura gráfica.

Los enclaves hospedados por las granodioritas se clasifican como cuarzo-monzodioritas, mientras que los enclaves hospedados por los monzogranitos tienen composición granodiorítica. Cabe destacar que estos últimos tienen texturas gráficas al igual que los monzogranitos hospedantes. Sin embargo, en los enclaves es más frecuente que el cuarzo forme cristales poiquilíticos con numerosas inclusiones de apatita acicular, plagioclasa euhedral y ortosa anhedral (“oikocristales” de cuarzo, Janoušek *et al.* 2004). En los diques sinplutónicos de cuarzo-diorita se observan ocelos de cuarzo subredondeado (*quartzocelli*, Janoušek *et al.* 2004) y cuarzo corroído y con engolfamientos, que al microscopio tienen borde de reacción compuesto por minerales máficos. Todas las facies de granito están afectadas por alteración propilitica que se distribuye de forma irregular.

QUÍMICA MINERAL Y GEOCRONOLOGÍA

Se realizaron análisis micro-cuantitativos en anfíbol y plagioclasa de las granodioritas en la Universidad de Oviedo (España). Los perfiles composicionales en cristales de plagioclasa de las granodioritas informan de zonalidades normales, inversas y oscilatorias. Se estudiaron, además, las composiciones químicas de los anfíboles de la granodiorita, mineral con edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ determinada con precisión. Los mismos se clasifican como magnesio-hornblendas y tschermakitas. Las composiciones de los anfíboles permitieron calcular temperaturas máximas de cristalización de 929°C (geotermómetro de Putirka 2016). Como se mencionó en un párrafo anterior este mineral permitió establecer una edad de enfriamiento $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 161.49 ± 0.46 Ma (edad *plateau* definida con el 80.96% de ^{39}Ar liberado, Universidad de Oregon, USA).

DISCUSIÓN

El Granito de La Hoya es un intrusivo con características de inmiscibilidad magmática o hibridización de magmas dada por la presencia de enclaves máficos microgranulares (aislados o en enjambres). El magma más máfico (> temperatura) representado por los enclaves se habría sobreenfriado al ponerse en contacto con el magma más félsico, representado por las granodioritas y monzogranitos hospedantes. La composición de los enclaves siempre es un poco más máfica que la del granito hospedante, pero, al igual que en otras localidades en las que se documentan procesos de hibridización magmática, se observa que, si la roca hospedante es más félsica, sus enclaves también lo son. Esta característica sugiere que la hibridización parcial de los magmas es una característica que no se adquiere al nivel de emplazamiento sino que es propia de la fuente de los fundidos (por ej., Bateman 1995). Además, la presencia de *ocelli* de cuarzo en los diques sinplutónicos de dioritas cuarzosas que intruyen a todas las facies también indica que la hibridización es un proceso que ocurre al nivel de la fuente cercano a la zona de generación. En consecuencia, el Granito de La Hoya presenta evidencias de intrusión mediante discretos pulsos de magma parcialmente hibridizados que continuaron durante el proceso de enfriamiento del plutón (por ej. Barbarin 2005). La hibridización de los magmas se observa tanto a nivel de los cristales de plagioclasa como en los enjambres de enclaves. Cabe aclarar que se está estudiando la zonalidad del anfíbol para ver si la hibridización es anterior o posterior a la formación de los minerales máficos. Los enjambres de enclaves constituyen, por su parte, zonas de circulación del magma, y en los mismos se encuentran enclaves que están en diferentes etapas o estadios de hibridización.

Los últimos pulsos de monzogranito ocupan niveles estructuralmente más altos y presentan cavidades mio-



líticas, sugiriendo su enfriamiento a bajas presiones (menores a 1.5-1.2 kbares, Candela 1997). La textura granosa del granito con dos generaciones de cristales (porfiroide) asociada a una cristalización de tipo gráfica de pequeño tamaño de grano, y las cavidades mirolíticas, son elementos diagnósticos de emplazamiento somero para el Granito de La Hoya, en acuerdo con su relación de intrusión a la Formación Piltriquitrón (Jurásico Inferior), por lo cual puede considerarse que la edad de enfriamiento de anfíbol obtenida sería cercana a la edad de cristalización. Las altas temperaturas de cristalización que presenta los anfíboles (incluido el que fue datado, de alrededor de 930°C), así como su forma euhedral sugiere que los mismos constituyeron una fase de cristalización temprana dentro del plutón. La nueva edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del Granito de La Hoya sugiere que el mismo no sería parte del Batolito Subcordillerano sino que sería parte de los estadios tempranos de la formación del Batolito Patagónico (Jurásico Medio-Neógeno). Las texturas de hibridación de magmas son típicas de los plutones calcoalcalinos cordilleranos de bordes convergentes como el Batolito Patagónico.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la geóloga María Cecilia Ubaldón por su ayuda con las tareas de campo y al proyecto PIP-CO-NICET 112-200901-00766. Los análisis por microsonda electrónica han sido parcialmente subvencionados por el proyecto Torandes (CGL2012-38396-C03) del Plan de I+D+i Español con Fondos FEDER de la UE.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Barbarin, B. 2005. Mafic magmatic enclaves and mafic rocks associated with some granitoids of the central Sierra Nevada batholith, California: nature, origin, and relations with

the hosts. *Lithos* 80: 155–177.

- Bateman, R. 1995. The interplay between crystallization, replenishment hybridization in large felsic magma chambers. *Earth Science Reviews* 39: 91–106.
- Bergantz, G.W. 2000. On the dynamics of magma mixing by reintrusion: Implications for pluton assembly processes. *Journal of Structural Geology* 22: 1297–1309.
- Candela, P. A. 1997. A Review of Shallow, Ore-related Granites: Textures, Volatiles, and Ore Metals. *Journal of Petrology* 38: 1619–1633.
- Castro, A., Moreno-Ventas, I., Fernández, C., Vujovich, G., Gallastegui, G., Heredia, N., Martino, R.D., Becchio, R., Corretgé, L.G., Díaz-Alvarado, J., Such, P., García-Arias, M., y Liu, D.-Y. 2011. Petrology and SHRIMP U–Pb zircon geochronology of Cordilleran granitoids of the Bariloche area, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 508–530.
- Cazau, L. 1972. Cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco- Cushamen. En: Leanza, A.F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias: 727-740. Córdoba.
- Janoušek, V., Braithwaite, C.J.R., Bowes, D.R., y Gerdes, A. 2004. Magma-mixing in the genesis of Hercynian calc-alkaline granitoids: An integrated petrographic and geochemical study of the Sázava intrusion, Central Bohemian Pluton, Czech Republic. *Lithos* 78: 67–99.
- Lizuaín, A. 2010. Hoja Geológica 4372-I y II 1:250.000 Esquel. *Boletín N 369*, Servicio Geológico Minero Argentino, p. 72.
- Putirka, K. 2016. Amphibole thermometers and barometers for igneous systems, and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes. *American Mineralogist* 101: 841–858.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Fanning, C.M., y Herve, F. 2005. Pacific subduction coeval with the Karoo mantle plume: the Early Jurassic Subcordilleran belt of northwestern Patagonia. *Geological Society, London, Special Publications* 246: 217–239.
- Toubes, R.O., y Spikermann, J.P. 1973. Algunas edades K/Ar y Rb/Sr de plutonitas de la Cordillera Patagónica entre los paralelos 40° y 44° de Latitud Sur. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28: 282–396.