



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

El Granito de Paita: un ejemplo de magmatismo triásico tipo S en la costa norte del Perú

Espinoza O., A.1, Vallance, J., Hurtado de Mendoza, R., Portal, E., Stipetich, S. y Saez, J.

¹Especialidad de Ingeniería Geológica, Pontificia Universidad Católica del Perú

RESUMEN

El Granito de tipo S de Paita es producto de fusión por deshidratación de micas de un protolito pelítico rico en arcillas y pobre en plagioclasa en condiciones de ausencia de vapor. El magma primitivo experimentó procesos de diferenciación magmática por fraccionamiento de plagioclasa, micas, monacita y zircón. Las evidencias petrográficas, geoquímicas y geodinámicas indican que la petrogénesis del Granito de Paita correlaciona con las fases tempranas de la separación y ruptura del margen occidental del supercontinente Pangea hacia finales del Triásico.

Palabras Clave: Granito de Paita, petrogénesis, Pangea, magmatismo tipo S.

ABSTRACT

The S-type Paita Granite is the product of mica dehydration melting of a clay rich and plagioclase poor pelitic protolite in vapor-absent conditions. Primitive magma had subsequently experimented magmatic differentiation processes by fractionation of plagioclase, micas, monazite and zircon. Petrographic, geochemical and geodynamic evidences indicate that Paita Granite's petrogenesis correlate with early disassembly of western Pangea towards the end of the Triassic.

Keywords: Paita Granite, petrogenesis, Pangea, S-type magmatism.

INTRODUCCIÓN

El Dominio Geotectónico Amotape-Tahuín

(DGAT en adelante) se ubica en la costa norte del Perú, en los departamentos de Piura y Tumbes. A este lo constituyen rocas metamórficas paleozoicas intruidas por plutones graníticos tipo S de edad triásica (Sánchez et al., 2006; Bellido et al., 2009) incluyendo al Granito de Paita, ubicado en el departamento de Piura. En este intrusivo se han reportado anomalías metálicas de Sn (Bellido et al., 2009) y la alteración hidrotermal tipo greisen que, sin embargo, ya mostraron ser menores, limitadas y poco extendidas (Espinoza et al., 2021). No obstante, el magmatismo del DGAT y su relación con los sistemas greisen todavía representan un campo no estudiado. En este trabajo se presenta parte de los resultados de un estudio de tesis sobre la petrogénesis del Granito de Paita (Espinoza, 2021), en base a interpretaciones de su petrografía y geoquímica.

MARCO GEODINÁMICO

A lo largo del margen noroccidental de Sudamérica afloran diferentes complejos metamórficos de edades precámbricas a ordovícicas con migmatitas, granitos tipo S, diques y secuencias basálticas toleíticas de edades pérmicas a mesozoicas (Cochrane et al., 2014). Estos afloramientos han sido interpretados como los remanentes de la formación y amalgamamiento de Pangea durante el Pérmico, hasta su fragmentación durante el Triásico (Cochrane et al., 2014; Spikings et al., 2016; Spikings y Paul, 2019). En el Triásico el adelgazamiento cortical y rifting predecesor a la ruptura, separación y drifting de Pangea generó underplating y anatexis de la corteza continental, al cual se

le atribuye la génesis de las diferentes migmatitas y granitos tipo S reportados a lo largo de los diferentes macizos basales del noroeste de Sudamérica (Spikings y Paul, 2019).

DESARROLLO

ROCAS PLUTÓNICAS DEL GRANITO DE PAITA

El Granito de Paita es un complejo ígneo que consta de varias facies e intrusivos plutónicos, pegmatíticos y aplíticos incluyendo (Espinoza et al., 2021): (1) un monzogranito de muscovita-biotita, considerada el intrusivo parental por su extensión y relación de corte con las demás intrusiones; (2) un granito de turmalina; y (3) diques de pegmatita y aplita de potencia < 2 m consideradas como las últimas fases intrusivas y las fases félsicas más evolucionadas del Granito de Paita. El monzogranito de muscovita-biotita y el granito de turmalina presentan texturas hipidiomórficas, equigranulares de grano fino, características que sugieren condiciones de emplazamiento relativamente profundas en un limitado rango de temperaturas de cristalización. Además del monzogranito de muscovita-biotita, se tienen otras intrusiones y facies graníticas consideradas en el presente aporte por tratarse también de granitos de dos micas equigranulares y de grano fino (“Granitos de dos micas” en las Figuras 1 y 2; Espinoza et al., 2021).

FUENTE Y CONDICIONES DE FUSIÓN

Los diagramas Al_2O_3/TiO_2 vs CaO/Na_2O (Sylvester, 1998) y Ba-Rb-Sr (Figuras 1 a y b) sugieren que el Granito de Paita proviene de la fusión de un protolito pelítico rico en arcillas, pobre en plagioclasa en condiciones de ausencia de vapor. Las concentraciones de Pb y Ba (Figura 1 c) sugieren que el Granito de Paita corresponde a un granito proveniente de la diferenciación de magmas primitivos de alta temperatura (Finger y Schiller, 2012).

DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA

Las concentraciones de elementos mayores y trazas indican fraccionamiento de por correlaciones negativas del ratio Na/Ca con el Sr y el Ba (Figura 2 a; p.ej. Blundy y Wood, 1991). Las tendencias decrecientes de constituyentes como TiO_2 , FeO_1 , MgO y Nb/Ta indican fraccionamiento de biotita y muscovita (Figura 2 b; Stepanov et al., 2014). Los patrones de tierras raras (Figura 2 c) muestran un empobrecimiento con respecto a

la corteza continental. El descenso de tierras raras pesadas se puede explicar debido al fraccionamiento de monacita por la correlación positiva de Th contra La+Ce pero no tan definida contra Yb+Lu (Figura 2 d; p.ej. Duke et al., 1992 y Tartèse y Boulvais, 2010). Por último, la disminución del ratio Zr/Hf es indicador de fraccionamiento de zircón (Zaraisky et al., 2009), el cual también explica el empobrecimiento en tierras raras pesadas en el Granito de Paita.

RUTA P-T PROPUESTA

Basado en las evidencias texturales, geoquímicas y el contexto tectónico, se propone una probable ruta P-T-t que explica la génesis y evolución del Granito de Paita ilustrado en la Figura 3. (1) El protolito metamórfico describe una ruta P-T de pendiente negativa, por adelgazamiento de la corteza ($\downarrow P$) y underplating ($\uparrow T$), hasta alcanzar las reacciones de fusión por deshidratación de micas. (2) El magma alcanza un volumen crítico suficiente para separarse de su fuente y ascender describiendo una ruta P-T aproximadamente adiabática. (3) El magma alcanza un nivel de emplazamiento relativamente profundo, empieza un proceso de enfriamiento aproximadamente isobárico, con fraccionamiento de micas y plagioclasa antes de alcanzar el solidus.

CONCLUSIÓN

Las características petrográficas y la firma geoquímica de los diferentes intrusivos del Granito de Paita muestran que estos magmas provienen de la fusión de material metapelítico cortical a altas temperaturas que después experimentaron diferenciación magmática durante su enfriamiento. Se propone que el origen del Granito de Paita se remonta al Triásico y corresponde a una extensión hacia el sur de la franja que registra el evento de la separación y ruptura de Pangea a lo largo del margen noroccidental de Sudamérica, siguiendo el modelo propuesto por Spikings y Paul (2019).

AGRADECIMIENTOS

Este aporte forma parte de un conjunto de estudios realizados en el Macizo de Paita, financiadas por la Dirección de Gestión de la Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a través de sus programas: Programa de Apoyo a la Iniciación en la Investigación (PAIN), subvención DGI 2018-5-0003, y el Programa de Apoyo al Desarrollo de Tesis de Licenciatura (PADET), subvención DGI-2019-6-0009.

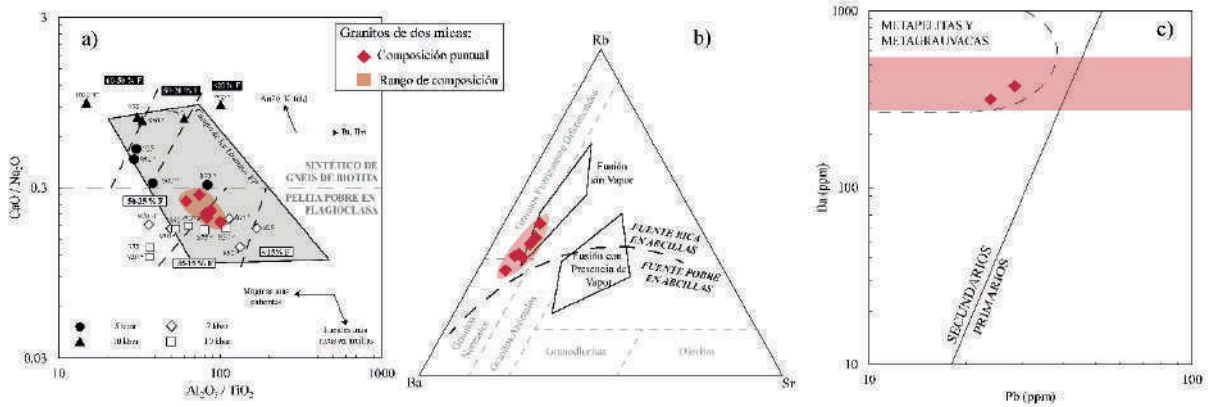


Figura 1. a) Diagrama Al₂O₃/TiO₂ vs CaO/Na₂O (wt%) adaptado de Sylvester (1998). FP: granitos fuertemente diferenciados. % F: porcentaje de fusión parcial. Vectores de cristalización fraccionada de oligoclasa (An₂₀), feldespato potásico (K-feld), biotita (Bt) e ilmenita (Ilm). b) Diagrama ternario Rb-Ba-Sr. Concentraciones de fondo de El Bouseily y El Sokkary (1975). Zonas de fusión con presencia y sin vapor de Harris e Inger (1992) adaptado. Curva divisoria de las fuentes de fusión ricas y pobres en arcillas de Sylvester (1998) adaptado al diagrama ternario. c) Diagrama binario Pb vs Ba (ppm) de Finger y Schiller (2012). PRIMARIOS: granitos tipo S primarios de baja temperatura. SECUNDARIOS: granitos tipo S de baja temperatura secundarios y producto de la diferenciación de magmas primarios tipo S de alta temperatura. Los análisis representados en el diagrama corresponden a los análisis realizados por Bellido et al. (2009) y la zona roja corresponde a las composiciones de Ba (ppm) de nuevos análisis.

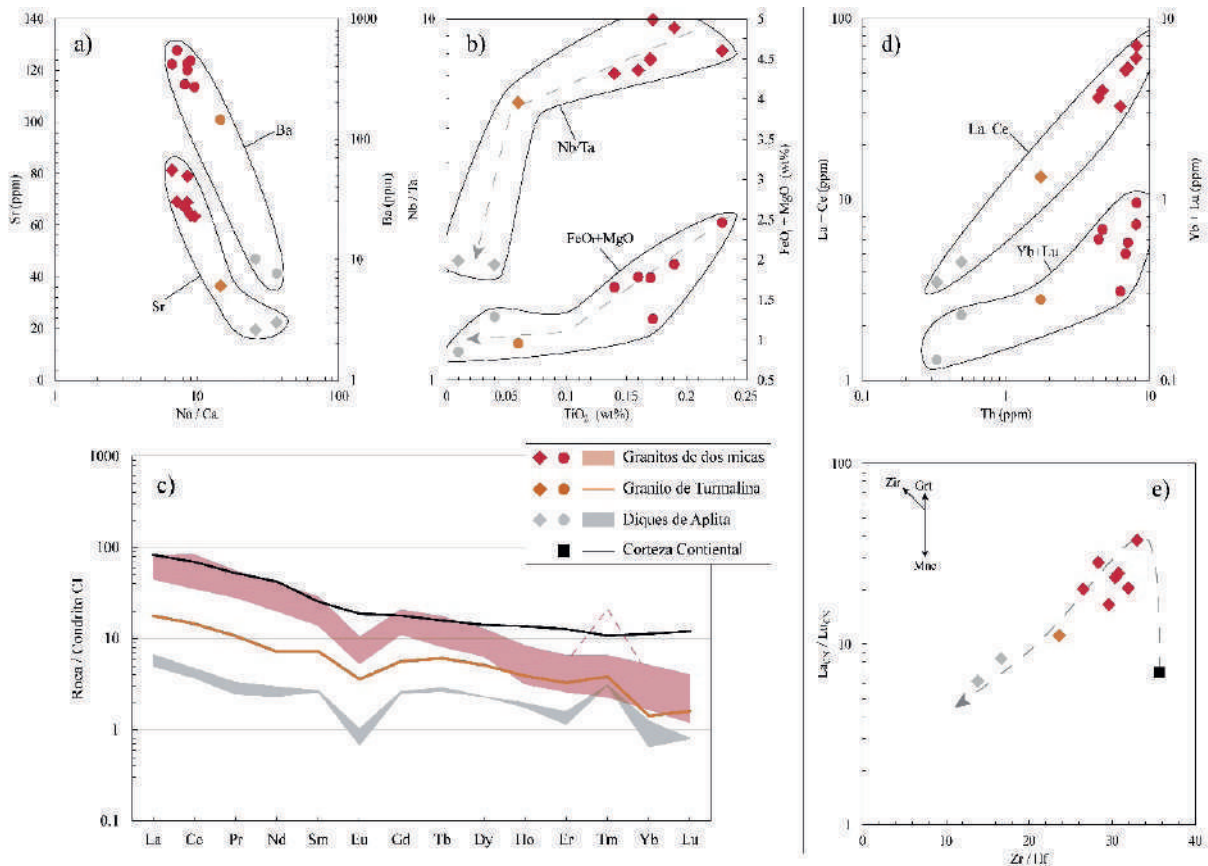


Figura 2. a) Diagramas binarios Na/Ca (mol/mol) vs Sr y Ba. b) Diagramas binarios TiO₂ vs Nb/Ta (ppm/ppm) y FeO + MgO. c) Diagrama spider de tierras raras normalizado al condrito CI de Palme y O'Neill (2014). Corteza continental promedio de Rudnick y Gao (2004). d) Diagrama binario Th vs La+Ce e Yb+Lu. e) Diagrama binario Zr/Hf vs LaCN/LuCN. Vectores de fraccionamiento conceptuales (no calculados) de zircón (Zir), monacita (Mnc) y granate. Corteza continental promedio de Rudnick y Gao (2004)

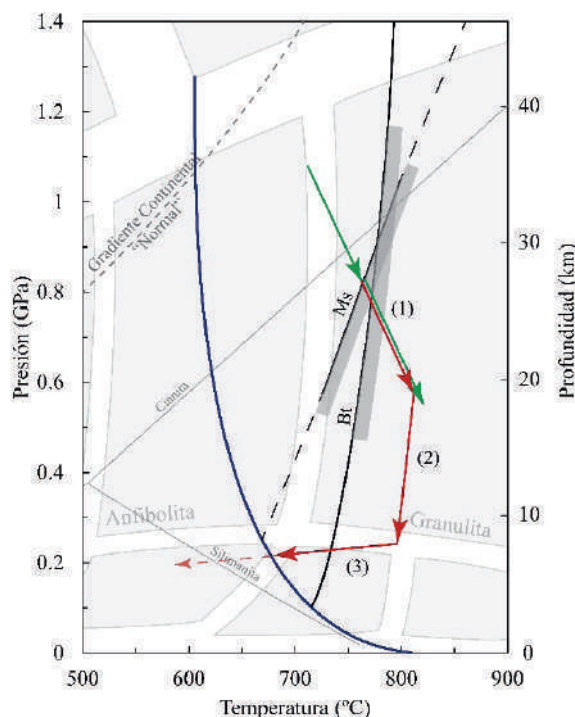


Figura 3. Diagrama propuesto de P-T para la petrogénesis y evolución del Granito de Paíta. Proceso (1), (2) y (3) detallados en el texto. Zonas grises: áreas de las condiciones P-T convencionales de las facies metamórficas. Basado en Winter (2014) pp. 563. Curva azul continua: Solidus del granito saturado en agua de Johannes y Holtz (1996). Línea negra "Ms" corresponde a la curva de fusión por deshidratación de la muscovita para un esquistos de biotita-muscovita de Patiño Douce y Harris (1998). Línea negra "Bt" corresponde a la curva de fusión por deshidratación de la biotita para un protolito con biotita $Mg/Mg+Fe=0.48$ de Le Breton y Thompson (1988).

REFERENCIAS

- Bellido, F., Valverde, P., Jaimes, F., Carlotto, V. y Díaz, E. (2009). Datación y caracterización geoquímica de los granitoides peraluminicos de los cerros de Amotapes y de los macizos de Illescas y Paíta (noroeste del Perú). *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 197-213.
- Blundy, J. y Wood, B. (1991). Crystal-chemical controls on the partitioning of Sr and Ba between plagioclase feldspar, silicate melts, and hydrothermal solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(1), 193-209. doi: 10.1016/0016-7037(91)90411-W
- Cochrane, R., Spikings, R., Gerdes, A., Ulianov, A., Mora, A., Villagomes, D., Putlitz, B. y Chiaradia, M. (2014). Permo-Triassic anatexis, continental rifting and the disassembly of western Pangea. *Lithos*, 190, 383-404. doi: 10.1016/j.lithos.2013.12.020
- Duke, E. D., Papike, J. J. y Laul, J. C. (1992). Geochemistry of a boron-rich peraluminous granite pluton: the Calamity Peak layered granite-pegmatite complex, Black Hills, South Dakota. *Canadian Mineralogist*, 30(3), 811-833.
- Espinoza O., A., Stipetich, S., Hurtado de Mendoza, R., Sáez, J., y Vallance, J. (2021). Pegmatitas, aptitas, greisen y anomalías de estaño en el leucogranito triásico de Paíta, Piura. En E.G. Manyari (Presidencia). Poster llevado a cabo en el XII Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores (proEXPLO 2021), Lima, Perú. http://admin.proexplo.com.pe/files/totem1_09.pdf
- Espinoza O., A. (2021). Análisis Petromineralógico, Geoquímico y Estructural de las fases magmática, tardi-magmática y post-magmática del Granito de Paíta (Dominio Amotape-Tahuín): ¿Un sistema Greisen en el Norte del Perú? (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19969>
- El Bouseily, A. M. y El Soky, A. A. (1975). The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geology*, 16(3), 207-219. doi: 10.1016/0009-2541(75)90029-7
- Finger, F. & Schiller, David. (2012). Lead contents of S-type granites and their petrogenetic significance. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 164(5), 747-755. doi: 10.1007/s00410-012-0771-3
- Harris, N. e Inger, S. (1992). Trace element modelling of pelite-derived granites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110(1), 46-56. doi: 10.1007/BF00310881
- Johannes, W. y Holtz, F. (1996). *Petrogenesis and Experimental Petrology of Granitic Rocks*. Berlin, Alemania: Springer.
- Le Breton, N. y Thompson, A. (1988). Fluid-absent (dehydration) melting of biotite in metapelites in the early stages of crustal anatexis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 99(2), 226-237. doi: 10.1007/BF00371463
- Palme, H. y O'Neill, H. (2014). *Cosmochem-*

ical Estimates of Mantle Composition. *Treatise on Geochemistry*, 3, 1-39. doi: 10.1016/B0-08-043751-6/02177-0

Patiño Douce, A. y Harris, N. (1998). Experimental Constraints on Himalayan Anatexis. *Journal of Petrology*, 39(4), 689-710. doi: 10.1093/ptro/39.4.689

Rudnick, R. L. y Gao, S. (2014). Composition of the Continental Crust. *Treatise on Geochemistry*, 4, 1-51. doi: 10.1016/B978-0-08-095975-7.00301-6

Sánchez, J., Palacios, O., Feininger, T., Carlotto, V. y Quispesivana, L. (2006). Puesta en evidencia de granitoides triásicos en Los Amotapes-Tahuín: Deflexión de Huancabamba. XIII Congreso Peruano de Geología, Lima. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, *Publicación Especial*, 7, 312-315.

Spikings, R., Reitsma, M. J., Boekhout, F., Mišković, A., Ulianov, A., Chiaradia, M., Gerdes, A. y Schaltegger, U. (2016). Characterization of Triassic rifting in Peru and implications for the early disassembly of western Pangea. *Gondwana Research*, 35, 124-143. doi: 10.1016/j.gr.2016.02.008

Spikings, R. y Paul, A. (2019). The Permian - Triassic history of magmatic rocks of the northern Andes (Colombia and Ecuador): Supercontinent assembly and disassembly. En Gómez, J. y Pinilla-Pachon, A.O. (Eds.), *The Geology of Colombia, Volume 2. Mesozoic*. Servicio Geológico Colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales* 36, 42 p. doi: 10.32685/pub.esp.36.2019.01

Stepanov, A., Mavrogenes, J., Meffre, S. y Davidson, P. (2014). The key role of mica during igneous concentration of tantalum. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 167(6). doi: 10.1007/s00410-014-1009-3

Sylvester, P. (1998). Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos*, 45(1), 29-44. doi:10.1016/S0024-4937(98)00024-3

Tartèse, R. y Boulvais, P. (2010). Differentiation of peraluminous leucogranites "en route" to the surface. *Lithos*, 114(3), 353-368. doi: 10.1016/j.lithos.2009.09.011

Winter, J. D. (2014). *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*. Londres, Reino Unido: Pearson New International Edition. Segunda

Edición.

Zaraisky, G., Aksyuk, A., Devyatova, V., Udoratina, O. y Chevychelov, V. (2009). The Zr/Hf ratio as a fractionation indicator of rare-metal granites. *Petrology*, 17(1) 25-45. doi: 10.1134/S0869591109010020