

DISCUSIÓN

GEOQUÍMICA DE LAS FORMACIONES PUNCOVISCANA Y CACHI - SIERRA DE CACHI, SALTA

COMENTARIO

Méndez *et al.* (2006) en la discusión de su artículo abordan tres temas: a) Consideraciones sobre la petrogenesis de las trondhjemitas de la Formación Cachi, b) Implicancias tectónicas y c) Implicancias metalogénicas. En el último punto mencionado se ha observado un tratamiento incompleto de los antecedentes específicos (1) y generales del tema (2), lo cual se traduce en una interpretación (3) con la cual se disiente y que se desea comentar.

1) Los autores aportan datos geoquímicos de elementos raros como Nb y Ta contenidos en las trondhjemitas y las metamorfitas encajonantes y observan correctamente que las pegmatitas mineralizadas del distrito El Quemado no podrían derivar por fraccionamiento de las trondhjemitas como había sido interpretado por Galliski (1983). Sin embargo, no mencionan que en un trabajo posterior (Galliski 1994a, pág. 101), refiriéndose específicamente a las pegmatitas de este distrito se estableció textualmente que: "La génesis de estas pegmatitas se adjudicó a diferenciación de las trondhjemitas (Galliski 1983b). Datos posteriores (Galliski y Miller, datos inéditos) demostraron que las rocas con apropiadas relaciones de elementos traza para originarlas son las pequeñas cúpulas peraluminosas antes mencionadas". La naturaleza de síntesis del trabajo mencionado no facilitaba la consignación de datos, pero se hacía referencia a pequeñas apófisis peraluminosas. Una de ellas, ubicada a 24° 56' 56" S - 66° 19' 17" W a 4.500 m s.n.m., reúne las siguientes características petrográficas y geoquímicas: se trata de un cuerpo irregular a tabular de unos 50 m de largo por 5 m o más de potencia, de granometría variable en capas y zonación grosera, compuesto por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, muscovita y abundante turmalina y granate. El análisis químico del Cuadro 1 y el diagrama de sus contenidos de tierras raras de la figura 1 contrastado

con los de las trondhjemitas, permite ver que ambos tipos litológicos son muy diferentes, con relaciones K/Rb de 204, Zr/Hf de 14.5 y 1.100 ppm de B para la roca de la cúpula que indican su naturaleza geoquímicamente evolucionada. Comparativamente, la mineralogía, la fábrica y la composición química de este granitoide son muy similares con los atributos equivalentes de granitos pegmatíticos como los de *Calamity Peak* (Duke *et al.* 1992), y en una reseña posterior (Galliski 1999, pág. 350) también se dejó en claro este cambio de interpretación. Lo que conviene resaltar aquí por su significado en este contexto, es que en la sierra de Cachi durante el Paleozoico inferior hubo intrusividad de afinidad I (las trondhjemitas, con relaciones Sr_i de ~0,703, Lork 1988 *com. pers.*), y también de afinidad S (las cúpulas peraluminosas mencionadas y las pegmatitas), en ese orden temporal. Los argumentos para establecer esa sucesión son dos: (a) las relaciones de corte, porque las pegmatitas La Elvirita y, parcialmente, Tres Tetras, intruyen trondhjemitas, y (b) las edades U-Pb en monacita determinadas por Lork (1988, *com. pers.*, reseñadas por Coira *et al.* 1999), por ejemplo para las trondhjemitas de los *stocks* de Aguas Calientes (479-481 Ma) y Tres Tetras (478 Ma) *versus* las del granito de La Paya (466-468 Ma). La presencia de estas dos series diferentes de granitoides también fue constatada en el tramo ubicado inmediatamente al sur de la latitud de Cachi (Schön y Miller 1990). Que no haya asociación espacial próxima visible entre las cúpulas peraluminosas de afinidad S y las pegmatitas más representativas, no constituye un argumento contrario al parentesco, desde que Baker (1998) discutió las bases teóricas que muestran como las pegmatitas de elementos raros pueden en ocasiones estar muy alejadas de los granitos fértiles que las originan (véase por ejemplo Kontak 2006).

2) Méndez *et al.* (2006) (resumen) y Méndez *et al.* (2005) especialmente, consideraron que las trondhjemitas de la Formación Cachi son estériles mientras que las rocas de la Formación Puncoviscana y de sus equivalentes con metamorfismo de contacto tienen un alto contenido en Ta, Nb (y Li y Be, aunque no figuran estos datos) y esto fundamenta su nueva propuesta para el origen de las pegmatitas. Se quiere hacer notar que la comparación de los datos presentados por Méndez *et al.* (2006) con el promedio de la corteza (Cuadro 2) indica que esos valores se encuentran en el rango promedio para ésta, resultando por lo tanto que las rocas de la Formación Puncoviscana posiblemente no están particularmente más enriquecidas que cualquier otra secuencia flyschoides.

3) En consecuencia con lo anterior (2), Méndez *et al.* (2006) proponen que los fundidos pegmatíticos se han formado por fusión parcial de las metamorfitas encajonantes (las cuales, según ellos, alcanzan rangos metamórficos de facies granulita) producida por el efecto térmico de la intrusión de las trondhjemitas, y que estos fundidos debido a su alto contenido en volátiles se movilizan arrastrando del encajonante los elementos (Nb, Ta, U, Th, W, Li, Be) que constituyen la mineralogía de interés de las pegmatitas. Ahora bien, esta hipótesis difiere con la interpretación actual más sostenida por un número importante de investigadores, los cuales consideran que los fundidos generadores de pegmatitas -en particular aquellas de la familia petrogenética LCT (Li, Cs, Ta) a la cual pertenecen las de El Quemado- se forman por fraccionamiento cristal-fundido extremo, o en gran escala, de granitos parentales, los cuales son por lo general de tipo S o más raramente de tipo I evolucionado (Černý 1991, 1998, Černý *et al.* 2005, London 2005 págs. 297-298, Linnén y Cuney 2005).

En el análisis metalogénico del origen de las pegmatitas de elementos raros del cinturón famatiniano (Galliski, 1994b), se interpretó que entre las fuentes más probables de los granitos parentales de las pegmatitas figuraban en primer término las rocas de la Formación Puncoviscana y sus equivalentes situados más al sur. Pero evidentemente desde el punto de vista de la potencialidad económica prospectiva, existe una diferencia sustancial entre considerar a las pegmatitas mineralizadas con elementos raros como formadas por un proceso evolutivo de cristalización fraccionada de bolsas de magmas graníticos corticales (Galliski 1994 b), a considerarlas el producto local de una fusión parcial de metamorfitas de un cinturón de grauvacas-pelitas en contacto con una fuente de calor puntual, o a la interac-

CUADRO 1.

Muestra	549	Continuación	
%p			
SiO ₂	72.90	Y	18
TiO ₂	0.05	Th	0,4
Al ₂ O ₃	14.90	U	2
Fe ₂ O _{3T}	0.96	Cr	50
MnO	0.48	Ni	7
MgO	0.25	Co	2,8
CaO	0.37	Sc	5,07
Na ₂ O	3.61	V	10
K ₂ O	5.17	Cu	5
P ₂ O ₅	0.24	Pb	14
LOI	0.47	Zn	26
Total	99.40	W	3
		Mo	2
ppm		B	1100
Ba	180	Be	1
Rb	210	La	1,3
Sr	20	Ce	3
Cs	4,8	Nd	1
Ta	0,5	Sm	0,31
Nb	12	Eu	0,19
Hf	2,2	Dy	0,5
Zr	32	Yb	1,29
		Lu	0,24

Anal. X-RAL Act. Serv.

CUADRO 2. Promedio de contenidos en ppm

	Nb	Ta
Rocas metamórficas (1)	18	1,38
Trondjemitas (1)	2,29	0,18
Corteza continental (2)	20	2

(1) Datos de Méndez *et al.* (2006)

(2) Datos de Mason y Moore (1982)

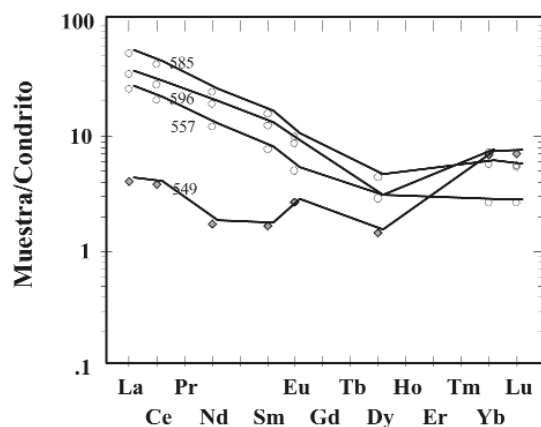


Figura 1: Diagrama de elementos de tierras raras normalizado al valor de condritos de Haskin *et al.* (1968), donde se comparan los valores de las trondjemitas de Cachi (muestras 557, 585 y 596) tomados de Galliski y Miller (1989), con los valores de las cúpulas peraluminosas (muestra 549, este comentario).

ción de esos fundidos con los fundidos trondjemíticos (Méndez *et al.* 2006, 2005).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Baker, D. 1998. The escape of pegmatite dikes from granitic plutons: constraints from new models of viscosity and dike propagation. *Canadian Mineralogist* 36: 255-264.
- Cerný, P. 1991. Rare-element granitic pegmatites. II, Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada* 18(2): 67-81.
- Cerný, P., 1998. Magmatic vs. metamorphic derivation of rare-element granitic pegmatites. *Kristallinikum* 24: 7-36.
- Cerný, P., Blevin P. L., Cuney, M. y London, D. 2005. Granite-Related Ore Deposits. *Economic Geology*, 100th Anniversary volume: 337-370.
- Coira, B., Toselli, A., Koukharsky, M., Rossi de Toselli, J. y Kay, S.M. 1999. Magmatismo famatiniano. En González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (eds.) *Geología del noroeste Argentino*, 14° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1: 189-211, Salta.
- Duke, E. F., 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* 30:811-833.
- Galliski, M.A. 1983. Distrito minero El Quemado, departamentos La Poma y Cachi, Provincia de Salta. *Geología de sus pegmatitas*. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38: 340-380.
- Galliski, M.A. 1994a. La provincia pegmatítica Pampeana. I: Tipología y distribución de sus distritos económicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 99-112.
- Galliski, M.A. 1994b. La Provincia Pegmatítica Pampeana. II: Metalogénesis de sus distritos económicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 113-122.
- Galliski, M. A. 1999. Distrito Pegmatítico El Quemado, Salta. En Zappettini, E. O. (ed), *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 347-350, Buenos Aires.
- Galliski, M. A. y Miller C. F. 1989. Petrogénesis de las trondjemitas de Cachi: condicionamientos impuestos por elementos de tierras raras e implicancias tectónicas. *Reunión Geotranssectas de América del sur*, Actas 58-62, Mar del Plata.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. y Wildman, T.R. 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. En Ahrens L.H. (ed.) *Origin and distribution of the elements*, Pergamon 1: 889-911, Oxford.
- Kontak, D. J. 2006. Nature and origin of a LCT-suite pegmatite with late-stage sodium enrichment, Brazil Lake, Yarmouth County, Nova Scotia. I. Geological Setting and petrology. *Canadian Mineralogist* 44: 563-598.
- Linnen, R. L. y Cuney M. 2005. Granite-related rare-element deposits and experimental constraints on Ta-Nb-W-Sn-Zr-Hf mineralization. En Linnen R. y Samson I. M. (ed) *Rare-Element Geochemistry and Mineral Deposits*, Geological Association of Canada, GAC Short Course Notes 17: 45-68.
- London, D. 2005. Granitic pegmatites: An assessment of current concepts and directions for the future. *Lithos* 80: 281-303.
- Mason, B. y Moore, C. B. 1982. *Principles of Geochemistry*. John Wiley & Sons, 344 p., New York.
- Méndez, V., Nullo, F. E. y Otamendi J. 2005. Niobio y Tantalio en la Formación Puncoviscana.

viscana, Departamento Los Andes, Provincia de Salta. 8° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 225-231.

Méndez, V., Nullo, F. E. y Otamendi J. 2006. Geoquímica de las Formaciones Puncoviscana y Cachi - Sierra de Cachi, Salta. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61: 256-268.

Schön, C. y Miller H. 1990. Desarrollo bifásico del complejo intrusivo del SW de Cachi, provincia de Salta, NW argentino. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas, 1:145-149, San Juan.

Miguel Angel GALLISKI,
IANIGLA, CRICYT

Avda. A. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, 5500 Mendoza

RÉPLICA

Nuestro trabajo tiene, entre otros aspectos, la prioridad de establecer la ausencia de relación genética directa entre las pegmatitas mineralizadas y las trondhjemitas (Méndez *et al.* 2005 y 2006) sin haber dejado de lado el minucioso análisis de la bibliografía publicada específicamente sobre la temática encarada.

Por otro lado, no hemos sabido apreciar la idea propuesta en el trabajo de Galliski (1994 a). En particular, admitimos no haber entendido lo expresado en ese trabajo acerca de las "las pequeñas cúpulas peraluminosas".

Agradecemos a Galliski el comentario "observan correctamente que las pegmatitas mineralizadas del distrito El Quemado no podrían derivar por fraccionamiento de las trondhjemitas", haciendo referencia a nuestro trabajo (Méndez *et al.* 2006). La honestidad de este comentario nos lleva a ratificar nuevamente que nuestros trabajos tienen la prioridad de establecer de manera convincente la ausencia de relación genética directa entre la pegmatitas mineralizadas y las trondhjemitas (Méndez *et al.* 2005 y 2006). Estimamos que futuros trabajos permitirán

definir la fuente de las pegmatitas mineralizadas, ya sea por cristalización fraccionada de magmas graníticos corticales (Galliski 1994b), o por fusión parcial de la Formación Puncoviscana en niveles muy próximos a los actualmente expuestos en la sierra de Cachi. No obstante, una visión geológica regional, nos indica que las dos ideas pueden resultar parcialmente acertadas al mismo tiempo. Por un lado, nunca se observó el basamento (oceánico o continental) sobre el que se depositó la Formación Puncoviscana (Turner y Méndez 1979), mientras que la potencia de la Formación Puncoviscana (o equivalentes) podría implicar, que esta secuencia sedimentaria ocupaba un gran espesor cortical durante el Ordovícico temprano, por lo tanto, la fuente de los magmas graníticos corticales que ascendieron, se diferenciaron y generaron los bolsos pegmatíticos en la misma Formación Puncoviscana o equivalentes. Asimismo, la edad de las pegmatitas indica que el agente térmico que facilitó la fusión de la corteza fue, o el magmatismo trondhjémítico (como lo sugiere la distribución espacial del distrito El Quemado) u otro elemento del magmatismo famatiniano.

Todos los aportes que se hagan sobre la disciplina no harán nada más que enriquecer y actualizar el conocimiento; en esa línea consideramos como positiva la opinión de Galliski, quien seguramente materializará sus conceptos en futuros trabajos.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Galliski, M.A. 2004a. La provincia pegmatítica Pampeana. I: Tipología y distribución de sus distritos económicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 49: 99-112.

Galliski, M.A. 2004b. La provincia pegmatítica Pampeana. II: Metalogénesis de sus distritos económicos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 49: 113-122.

Méndez, V., Nullo, F. y Otamendi, J. 2005. Niobio y Tantalio en la Formación Puncoviscana,

Departamento Los Andes, Provincia de Salta. 8° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 225-231.

Méndez, V., Nullo, F. y Otamendi, J. 2006. Geoquímica de las Formaciones Puncoviscana y Cachi -Sierra de Cachi, Salta. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61: 256-268.

Turner, J.C. y Méndez, V. 1979. Puna. En Turner, J.C.M. (ed.) Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 1: 13-56, Córdoba.

Vicente MÉNDEZ

Secretaría de Minería.

Av. J. A. Roca 651, piso 8°, Buenos Aires.

E-mail: vmende@secind.mecon.gov.ar

Francisco E. NULLO

Departamento de Geología

Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, Buenos Aires.

E-mail: nullo@newphoenixsrl.com

Juan OTAMENDI

Departamento de Geología

Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba.

E-mail: jotamendi@exa.unrc.edu.ar

Recibido: 20 de diciembre, 2006

Aceptado: 1 de junio, 2007