

## Caracterización geoquímica del granito El Durazno, extremo norte de la sierra de Velasco, La Rioja

Miguel A. BÁEZ<sup>1,3</sup>, Ana S. FOGLIATA<sup>1,2</sup>, Steffen HAGEMANN<sup>4</sup> y Fernando G. SARDI<sup>1,3</sup>

**Resumen:** El área de estudio se ubica en el norte de la sierra de Velasco, en la provincia de La Rioja. Está compuesta principalmente por rocas graníticas que cristalizaron durante dos eventos magmáticos principales en el Ordovícico y el Carbonífero. Los granitos más antiguos presentan diferentes grados de deformación y los más jóvenes no están deformados. Los granitos datados como carboníferos hasta el presente en este sector son Asha y San Blas. Este último presenta una zona central más evolucionada químicamente, asociado a mineralizaciones de Sn. El granito El Durazno aflora al sureste del granito San Blas, no está deformado e intruye al ortogneiss Antinaco, compuesto por rocas deformadas del Ordovícico. Es un granito postorogénico, peraluminoso y fuertemente diferenciado, con contenidos de  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ . Presenta altos contenidos en Rb, Li, W, Cs, Nb y Ta y bajos en Ba, Sr, Y, Zr y Ce. El índice de caracterización geoquímica (GCI) para granitos asociados a mineralizaciones de W da valores positivos mayores que 4. Las tierras raras presentan contenidos totales bajos, entre 5,3 y 15,3 ppm, anomalía negativa de Eu y efecto tetrad convexo. En el borde norte del granito El Durazno existen vetas de cuarzo con wolframita y hematita distribuidas irregularmente que intruyen al ortogneiss Antinaco. Tienen rumbo aproximado N-S y una corrida irregular. La ausencia de deformación, relaciones de campo y características geoquímicas indican que el granito El Durazno es un intrusivo muy diferenciado asociado a mineralización de W y de posible edad carbonífera.

**Abstract:** *GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF EL DURAZNO GRANITE, NORTHERN SIERRA DE VELASCO, LA RIOJA.* The studied area is located in the north of the sierra de Velasco, La Rioja province. It is mainly composed of granitic rocks that crystallized during two main magmatic events in the Ordovician and Carboniferous. The older granites have different types of deformation whereas the younger granites are not deformed. Two Carboniferous granites have been dated in this area: Asha and San Blas. The latter has a chemically evolved central zone related to Sn mineralization. The El Durazno undeformed granite outcrops southeast of the San Blas granite, and intrudes into the deformed Ordovician Antinaco orthogneiss. It is a postorogenic, peraluminous and strongly differentiated granite, with contents of  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ . It has high values of Rb, Li, W, Cs, Nb and Ta, and low values of Ba, Sr, Y, Zr and Ce. The geochemical characterization index (GCI) for W-bearing differentiated granites is positive with values greater than 4. The REE show low total contents, between 5,3 and 15,3 ppm, negative Eu anomalies and a convex tetrad effect. At the northern border of the El Durazno granite, quartz veins with irregularly distributed wolframite and hematite cross-cut the Antinaco orthogneiss. The veins have irregular north-south strike. The absence of deformation, field relations and geochemical characteristics indicate that the El Durazno granite is a highly differentiated intrusive associated with W mineralization and of possible Carboniferous age.

**Palabras clave:** Granitos. Sierra de Velasco. Geoquímica. Wolframio.

**Key words:** Granites. Sierra de Velasco. Geochemistry. Tungsten.

## Introducción

La sierra de Velasco en la provincia de La Rioja está integrada en su mayor parte por rocas graníticas, algunas de las cuales han sido relacionadas con mineralizaciones. Un ejemplo de ello es el granito carbonífero San Blas ubicado en el extremo norte de dicha sierra, que ha

<sup>1)</sup> Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán. E-mail: miadbaez@yahoo.com.ar.

<sup>2)</sup> Fundación Miguel Lillo. Tucumán.

<sup>3)</sup> INSUGEO-CONICET. Tucumán.

<sup>4)</sup> Centre for Exploration Targeting, University of Western Australia.

sido relacionado con mineralizaciones de Sn (Cravero, 1983; Bález, 2006; Bález *et al.*, 2008 y Rossi *et al.*, 2011). En este trabajo se presentan los resultados del estudio geoquímico de un cuerpo granítico, ubicado al sur del granito San Blas, que se denominó granito El Durazno y está asociado a vetas con wolframita que fueron explotadas antiguamente.

## Marco geológico

La sierra de Velasco se encuentra ubicada al norte de la provincia de La Rioja y forma parte de las Sierras Pampeanas Occidentales (Ramos, 1999). Está compuesta principalmente por rocas graníticas de diferentes niveles de intrusión, grado de deformación y composición química. Los granitos se generaron durante los ciclos Famatiniano (Ordovícico Inferior a Medio) y Pos-Famatiniano (Devónico Superior a Carbonífero Inferior) (Bález, 2006). Al este de la sierra afloran rocas metamórficas de bajo a muy bajo grado, correlacionables con la Formación La Cébila (González Bonorino, 1951), datada mediante fósiles marinos como de edad ordovícica inferior (Verdecchia *et al.*, 2007). En el flanco occidental predominan granitoides deformados. Al sur, afloran granodioritas y tonalitas (Bellos *et al.*, 2002).

En el extremo norte de la sierra se han reconocido granitoides deformados de edad ordovícica que conforman el ortogneis Antinaco (Rossi *et al.*, 2005) y el pórfito tonalítico Punta Negra (Bález, 2006). Además se han identificado granitos no deformados del Carbonífero como Asha, San Blas y El Durazno (*Figura 1*).

## Granitoides del norte de la Sierra de Velasco

**ORTOGNEIS ANTINACO.** El ortogneis Antinaco conforma la parte occidental y central-sur del norte de la sierra (*Figura 1*). Es una roca porfiroide, de grano grueso, fuertemente deformada que presenta planos de discontinuidad S-C. Está compuesto por microclino, plagioclasa, cuarzo, biotita, muscovita, granate, circón, apatito, cianita y sillimanita. La mineralogía y el índice de saturación en alúmina entre 1,21 a 1,42 indican que es un granitoide fuertemente peraluminoso de tipo "S". La edad de cristalización del protolito ha sido calculada en  $470,6 \pm 9,3$  Ma por el método U/Pb convencional en circones (Bález, 2006).

**PÓRFIDO TONALÍTICO PUNTA NEGRA.** Aflora en el extremo noreste de la sierra (*Figura 1*). Está compuesto por fenoclastos de cuarzo y plagioclasa (An 40) en una matriz cuarzo feldespática rica en biotita. Presenta un aspecto finamente foliado, originado por uno o más eventos deformativos, de tal forma que en sectores muestra aspecto de milonita S-C y en otros sólo presenta carácter cataclástico.

Presenta un índice de saturación en alúmina promedio de 1,43. Se calculó su edad de cristalización en  $470,8 \pm 2,5/2,9$  Ma por el método U/Pb convencional en monacitas (Bález, 2006).

**GRANITO ASHA.** Constituye el flanco oriental del extremo norte de la sierra de Velasco (*Figura 1*). Es un sieno a monzogranito esencialmente porfírico, que forma parte de la roca de caja del granito San Blas. La mineralogía está representada por fenocristales de microclino en una matriz de grano medio a grueso compuesta por microclino, cuarzo, plagioclasa, biotita y menores proporciones de muscovita, circón, apatita y magnetita > ilmenita. Presenta un índice de saturación en alúmina promedio de 1,13.

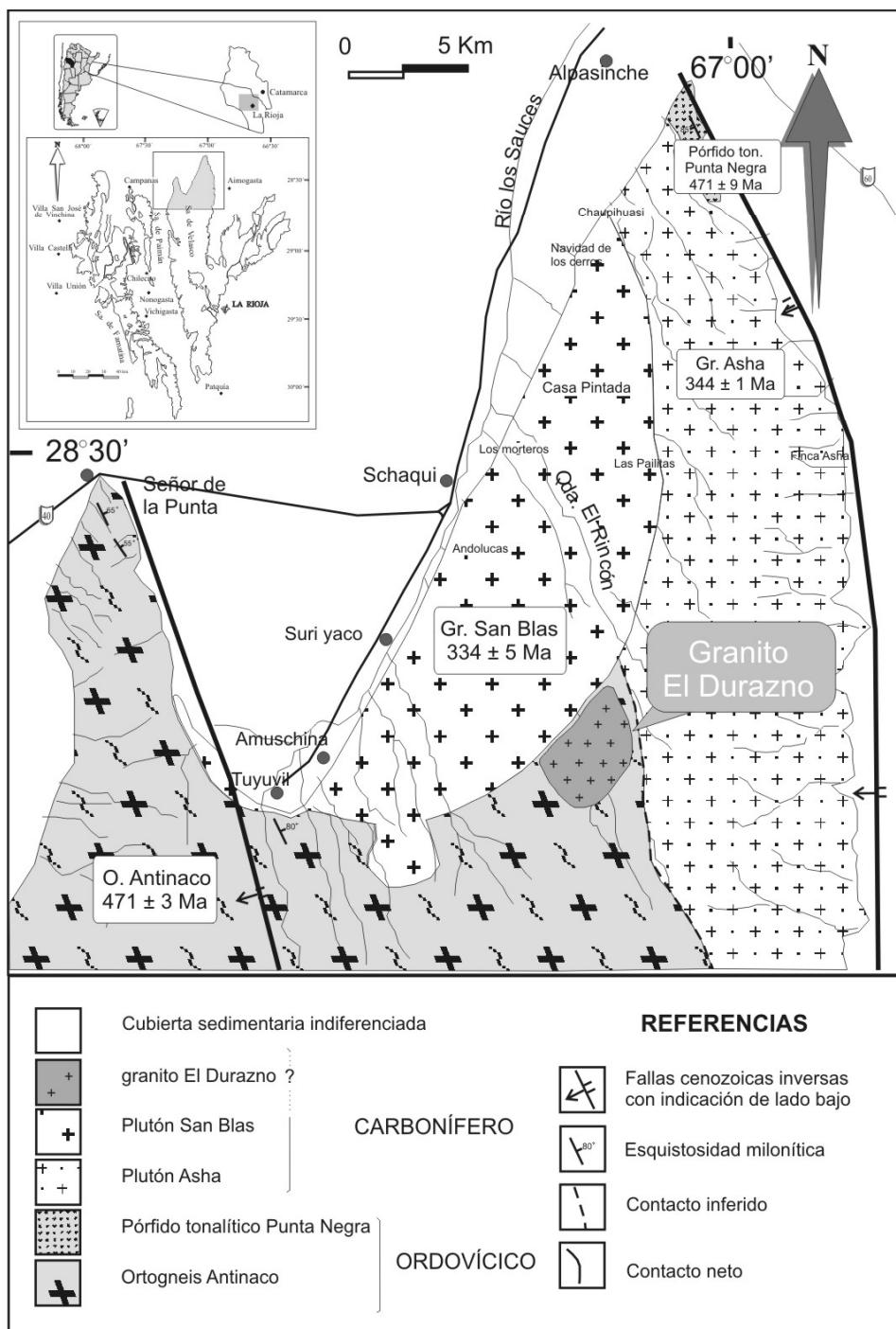


Figura 1. Mapa geológico del norte de la Sierra de Velasco.

Dataciones realizadas por McBride *et al.* (1976) determinaron por el método K/Ar sobre biotitas una edad de  $330 \pm 10$  Ma, y Bález *et al.* (2004) obtuvieron por el método U/Pb sobre monacitas una edad de cristalización de  $344 \pm 1$  Ma.

**GRANITO SAN BLAS.** Es un notable afloramiento de forma semielipsoidal, en el extremo norte de la sierra de Velasco, con una superficie aproximada de  $190 \text{ km}^2$  (*Figura 1*). Está compuesto principalmente por monzo y sienogranitos porfiroides de dos micas. Los minerales principales son cuarzo, microclino y oligoclase; como accesorios, biotita predomina sobre muscovita, apatito, fluorita, círcón y opacos, y minerales secundarios como sericitita y caolinita. El granito San Blas presenta una zonación interna debido a variaciones texturales, reconociéndose una zona central con facies porfíricas a equigranulares y aplíticas, y una zona de borde constituida por pórfitos graníticos. Se trata de un cuerpo postorogénico emplazado en un ambiente somero, que ha sido datado por el método U/Pb convencional en circones, dando una edad de  $334 \pm 5$  Ma (Bález *et al.*, 2004).

**Mineralización asociada:** En la zona de Casa Pintada, donde aflora la facies central del granito San Blas, Cravero (1983) describe casiterita aluvial y venas compuestas por cuarzo-muscovita-turmalina con 6% de Sn. En la misma área afloran vetas de cuarzo-turmalina de rumbo N-S e inclinación subvertical con cristales de hematita y casiterita diseminados.

**GRANITO EL DURAZNO.** Se trata de un cuerpo subredondeado de aproximadamente  $8 \text{ km}^2$  de superficie, ubicado al sudeste del granito San Blas (*Figura 1*). Es un sieno a monzogranito de textura equigranular de grano fino, de color blanco compuesto por cuarzo, feldespato potásico, plagioclase, biotita, apatito y círcón. Presenta agregados de color negro de hasta 4 cm compuestos por biotita y minerales opacos (*Figura 2B*). El granito El Durazno no está deformado e intruye al ortogneis Antinaco (*Figura 2A*). Hasta el presente no contamos con una edad absoluta de este cuerpo granítico.

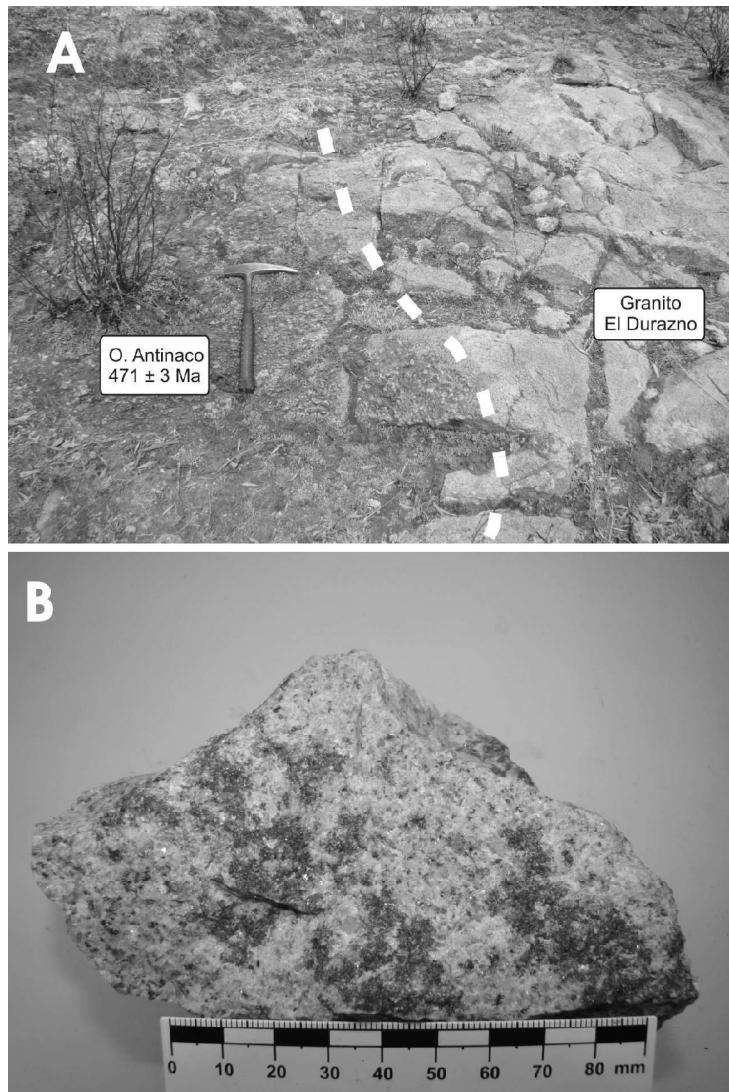
**Mineralización asociada:** En el borde norte del granito El Durazno existen antiguas labores que se utilizaron para la extracción de wolframio durante la década del 40. Dichas labores fueron realizadas siguiendo vetas de cuarzo en el ortogneis Antinaco. Las vetas tienen rumbo aproximado N-S, un espesor que no supera los 0,25 m y una corrida irregular (*Figura 3 A y B*). La mineralización consiste en wolframita y hematita. En las salbandas de las vetas se observan finas bandas de muscovita. Las muestras del granito próximo a las labores presentan contenidos de wolframio de 42 ppm (Fogliata *et al.*, 2012).

## Geoquímica del granito El Durazno

Las muestras del granito El Durazno fueron analizadas en el laboratorio Acme de Vancouver (Canadá). Los elementos mayores fueron determinados por el método ICP-AES y los elementos trazas con el método ICP-MS.

Los datos sobre elementos mayores, menores y trazas se presentan en la Tabla 1. El contenido de  $\text{SiO}_2$  varía entre 73,49-75,88 % con un valor promedio de 74,41 %;  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  se encuentran en concentraciones menores que 1%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{total}}$  varía entre 0,59-0,82% con un valor promedio de 0,72%;  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ , con valores promedio de  $\text{K}_2\text{O}$  de 3,73% y de  $\text{Na}_2\text{O}$  de 4,50%. El valor promedio de  $\text{P}_2\text{O}_5$  es de 0,30%. El índice de saturación en alúmina (ASI) varía entre 1,15 y 1,35 (*Figura 4*).

Comparando los contenidos de elementos trazas con los contenidos promedio de un granito normal propuesto por Levinson (1974) (*Figura 5*), el granito El Durazno presenta valores bajos en Ba (23 ppm en promedio), Sr (42 ppm), Y (3 ppm), Zr (96 ppm) y Ce (2,98



**Figura 2.** A: contacto entre el granito El Durazno y el ortogneis Antinaco. B: textura del granito El Durazno.

ppm), y altos en Rb (729 ppm), Cs (13,5 ppm), Nb (45,3 ppm), Ta (14,8 ppm), Sn y W. Los contenidos de Th varían entre 5,4 y 9,0 ppm y los de U entre 2,1 y 9,6 ppm.

Los contenidos de Rb-Ba-Sr representados en el diagrama triangular propuesto por El Bouseily y El Sokkary (1975) se proyectan en el campo de los granitos fuertemente diferenciados (*Figura 6*).

En los diagramas Ba vs. Rb y Sr vs. Rb las muestras del granito El Durazno se proyectan en el campo de los granitos fértiles (*Figura 7*). La relación K/Rb en todos los casos es <100, con valores entre 37 y 52, lo cual es característico de granitos mineralizados (Tischendorf, 1977; Olade, 1980).

Usando elementos trazas como discriminadores, Srivastava y Sinha (1997) propusieron el índice de caracterización geoquímica (GCI) para diferenciar los granitos asociados a

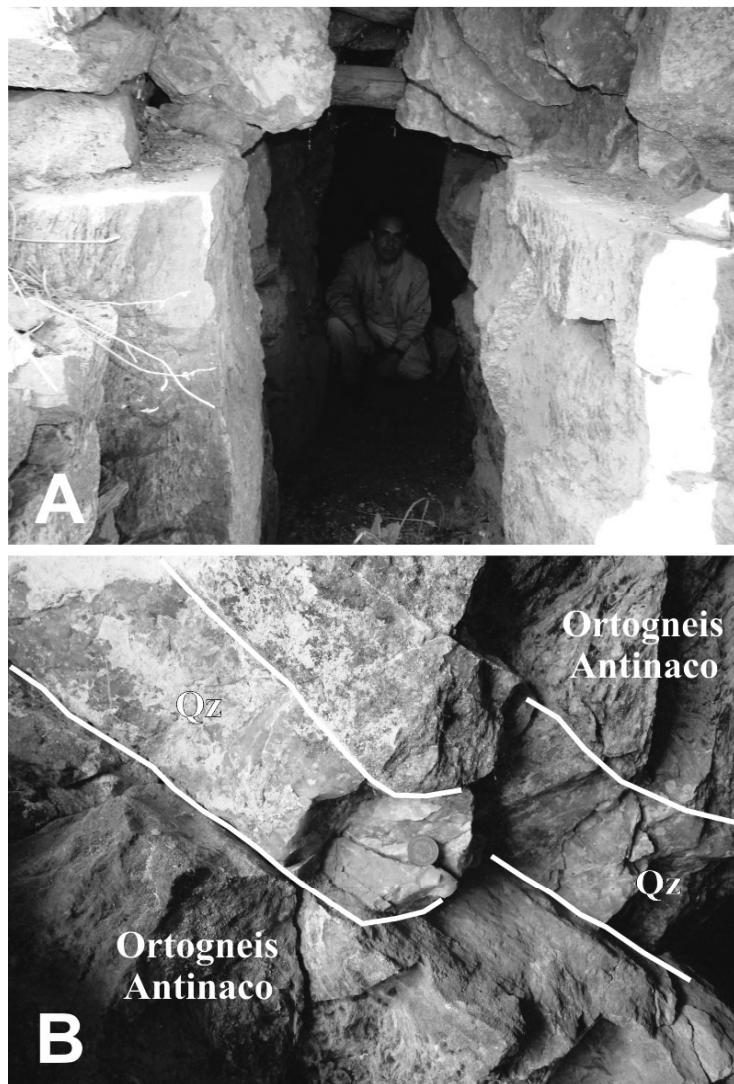


Figura 3. A: antigua labor Mina El Durazno. B: veta de cuarzo mineralizada en el ortogneis Antinaco.

mineralizaciones de W de los granitos estériles. Los granitos fértiles dan valores del GCI positivos, mientras que los granitos estériles presentan valores negativos, los que son calculados a través de la siguiente fórmula:

$$GCI = \log_{10} [(Rb^3 \cdot Li \cdot 10^4) / (Mg \cdot K \cdot Ba \cdot Sr)]$$

Las muestras del área de estudio, dan un valor de GCI positivo, entre 5 y 6,6, dentro del campo de los granitos asociados a mineralizaciones de W.

Los contenidos de tierras raras totales en las muestras estudiadas son bajos y varían entre 5,33 y 15,33 ppm. La normalización de los contenidos de tierras raras se realizó según el condrito C1 de Anders y Grevesse (1989) con el fin de comparar los resultados con otros trabajos de granitos asociados a mineralizaciones donde se utiliza dicho condrito. Las relaciones  $La_N/Lu_N$  normalizadas presentan valores entre 1,61 y 2,67. Las anomalías del Eu, calculadas a través de la expresión  $Eu/Eu' = Eu_N / (Sm_N \times Gd_N)^{1/2}$ , en todos los casos son

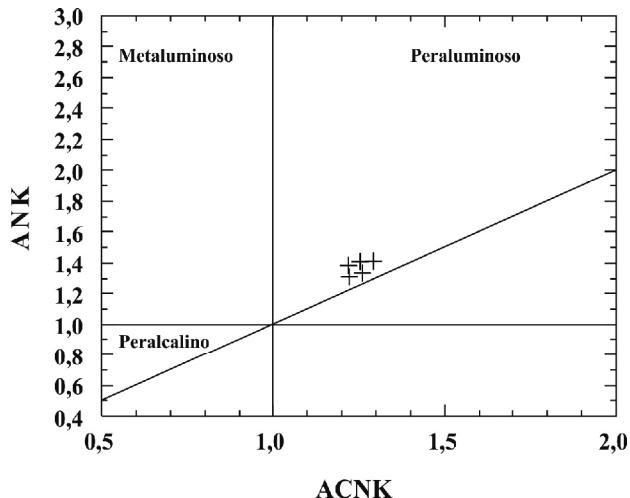


Figura 4. Diagrama ANK vs. ACNK de Maniar y Piccoli (1989). ANK= $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ; ACNK= $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (proporciones moleculares).

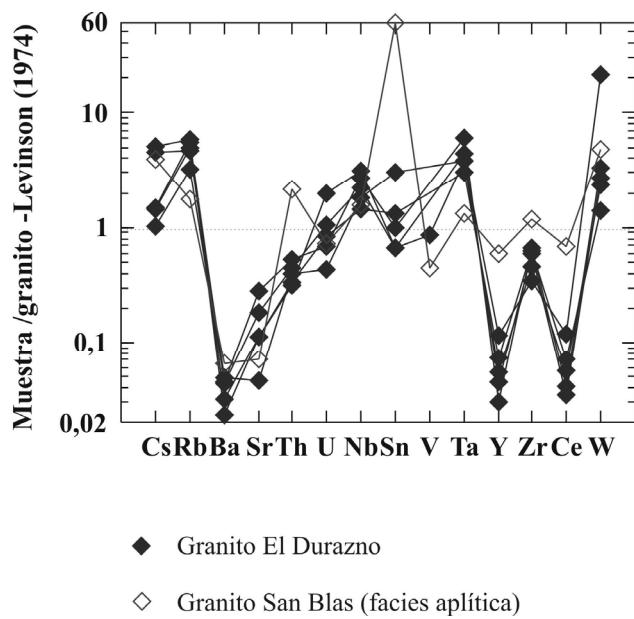


Figura 5. Diagrama de multielementos normalizado al granito de Levinson (1974) del granito El Durazno y el promedio de la facies aplítica del granito San Blas (Báez, 2006).

negativas, con valores entre 0,29 y 0,78. En el diagrama de la *Figura 8*, se observa una mayor proporción de tierras raras livianas respecto de las pesadas. En general presentan el mismo patrón de variación a excepción de algunas muestras con muy bajos contenidos en Ce, Gd, Dy e Yb. Así mismo, algunas muestras (Tabla 1) presentan un efecto tetrada, particularmente en la tercera tetrada (Gd, Tb, Dy, Ho), que fue calculado por el método de Monecke *et al.* (2002).

Muestra	ED5	ED6	ED7	ED9	ED10	Levinson
<b>SiO<sub>2</sub></b>	75,88	73,49	74,16	73,95	74,58	-
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	13,92	15,45	14,79	15,19	14,85	-
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,76	0,82	0,66	0,76	0,59	-
<b>FeO</b>	0,48	0,52	0,25	0,57	0,29	-
<b>MgO</b>	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	-
<b>CaO</b>	0,33	0,50	0,32	0,42	0,43	-
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,54	5,47	4,75	4,30	4,46	-
<b>K<sub>2</sub>O</b>	4,45	2,51	3,73	4,09	3,86	-
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02	-
<b>MnO</b>	0,13	0,16	0,23	0,08	0,11	-
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,27	0,35	0,26	0,33	0,31	-
<b>LOI</b>	0,63	0,44	0,49	0,40	0,52	-
<b>TOTAL</b>	100,50	99,75	99,67	100,12	100,03	-
<b>Ba</b>	30	28	29	16	10	600
<b>Cr</b>	3	12	7	8	3	4
<b>Cs</b>	19	bdl	4	21	6	5
<b>Ga</b>	23	20	22	22	26	18
<b>Ge</b>	3	7	5	6	4	2
<b>Li</b>	124	277	483	421	240	30
<b>Nb</b>	35	51	41	27	29	20
<b>Pb</b>	13	13	10	10	12	20
<b>Rb</b>	636	468	782	831	790	150
<b>Sn</b>	9	5	4	5	3,2	3
<b>Sr</b>	9	77	49	31	23	285
<b>Th</b>	5	8	5	5	2	17
<b>Tl</b>	3	3	4	5	4	0,75
<b>U</b>	2	3	5	3	6	4,8
<b>V</b>	6	6	15	6	6	20
<b>Y</b>	7	4	6	7	5	40
<b>Zn</b>	38	91	56	39	60	40
<b>Zr</b>	17	16	18	12	14	180
<b>Au</b>	0,5	1,4	1,6	1,9	0,5	0,004
<b>W</b>	42,4	6,6	4,7	2,8	5,4	2
<b>La</b>	2,80	1,20	1,80	1,70	1,50	
<b>Ce</b>	5,50	1,90	2,60	3,30	1,60	
<b>Pr</b>	0,72	0,26	0,44	0,40	0,26	
<b>Nd</b>	2,70	0,80	1,70	1,40	0,90	
<b>Sm</b>	0,58	0,16	0,34	0,36	0,19	
<b>Eu</b>	0,06	0,04	0,08	0,03	0,03	
<b>Gd</b>	0,46	0,15	0,32	0,28	0,19	
<b>Tb</b>	0,10	0,05	0,08	0,06	0,04	
<b>Dy</b>	0,68	0,16	0,31	0,35	0,22	
<b>Ho</b>	0,13	0,06	0,09	0,09	0,06	
<b>Er</b>	0,46	0,14	0,21	0,25	0,17	
<b>Tm</b>	0,10	0,05	0,07	0,06	0,04	
<b>Yb</b>	0,89	0,28	0,39	0,49	0,31	
<b>Lu</b>	0,15	0,08	0,09	0,08	0,06	
<b>ΣREE</b>	15,33	5,33	8,52	8,85	5,57	
<b>La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub></b>	2,0	1,6	2,1	2,3	2,7	
<b>Eu/Eu<sup>*</sup></b>	0,4	0,8	0,7	0,3	0,5	
<b>t1</b>	0,03	0,12	0,2	0,04	0,27	
<b>t3</b>	0,18	0,49	0,3	0,1	0,13	
<b>t4</b>	0,12	0,38	0,38	0,2	0,11	

**Tabla 1.** Contenido de elementos mayores (% en peso) y trazas (ppm). Eu/Eu<sup>\*</sup> = anomalía de Europio; t1, t3 y t4 = valores de tetradas.

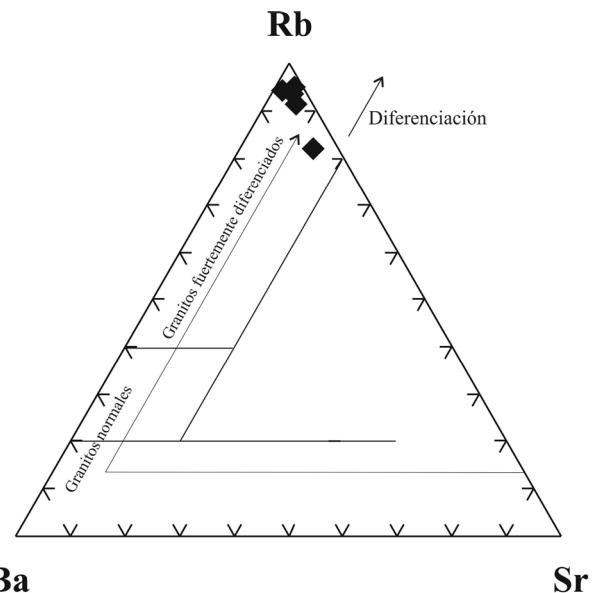


Figura 6. Diagrama Rb-Ba-Sr de El Bouseily y El Sokkary (1975).

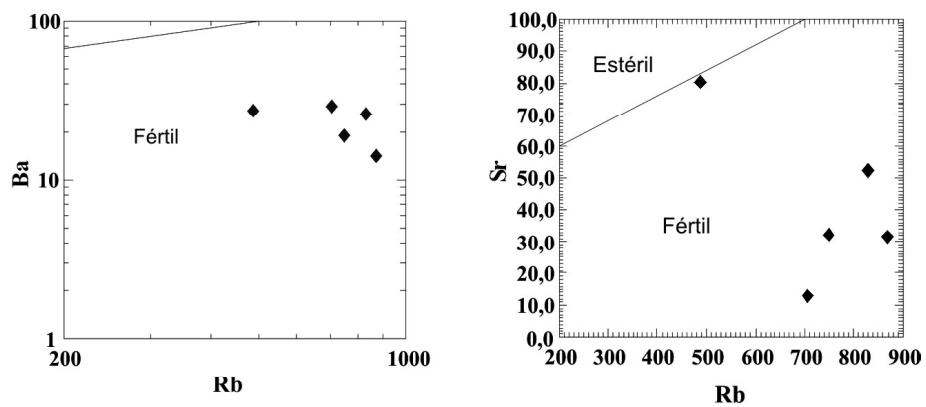


Figura 7. Diagramas Ba-Rb y Sr-Rb de Olade (1980).

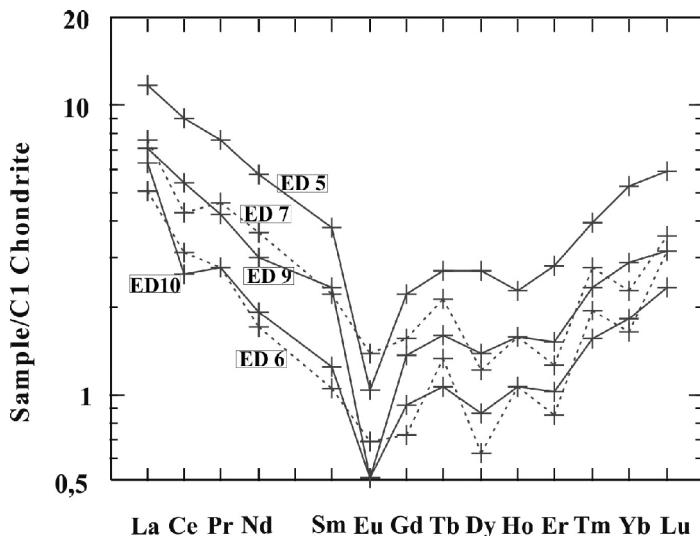


Figura 8. Contenidos de tierras raras normalizados al condrito C1 de Anders y Grevesse (1989).

## Discusión y Conclusiones

La ausencia de evidencias de deformación y la relación con la roca de caja confieren al granito El Durazno un carácter posdeformacional, al igual que el resto de los granitos de edad carbonífera del área de estudio. Cabe aclarar que el contacto con el ortogneis Antinaco es neto y no se han encontrado enclaves de éste en el granito. Esto marca una diferencia con el granito San Blas, el cual incorpora fragmentos subangulosos de la roca de caja.

Las características geoquímicas indican que se trata de un cuerpo granítico evolucionado. Son rocas peraluminosas con altos valores en  $\text{SiO}_2$  y contenidos de  $\text{Na}_2\text{O}$  mayores que  $\text{K}_2\text{O}$ . La relación entre  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  es similar a lo observado en la facies aplítica del granito San Blas.

Los elementos traza utilizados por Olade (1980) y Srivastava y Sinha (1997), entre otros, como indicadores para distinguir entre granitos asociados a mineralización y granitos estériles permiten clasificar al granito El Durazno como un granito con potencial mineralizador asociado a wolframio. Esto marcaría una diferencia con la facies aplítica del granito San Blas, la que está asociada únicamente a estaño.

Los bajos contenidos totales de tierras raras (<100 ppm) presentes en las rocas estudiadas son característicos de granitos evolucionados (Clarke, 2009; Fogliata *et al.*, 2012). El diseño de las tierras raras permite observar el desarrollo de un efecto tetradra característico de los cuerpos graníticos asociados a mineralizaciones de Sn y W.

Para el cálculo del efecto tetradra se optó por el método propuesto por Monecke *et al.* (2002) en el cual el valor significativo es mayor que 0,2. Este método se usa especialmente en cuerpos graníticos asociados a mineralizaciones.

Respecto a la edad de cristalización del granito El Durazno, si bien hasta el presente no contamos con una edad absoluta, las relaciones de campo y las edades absolutas de los granitos San Blas, Asha y del ortogneis Antinaco indicarían que podría formar parte del evento magmático carbonífero manifestado en el norte de la sierra de Velasco.

Por último, concluimos que el granito El Durazno es un intrusivo muy diferenciado asociado a mineralización de W.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Centre for Exploration Targeting (University of Western Australia), a la Fundación Miguel Lillo y al Proyecto 26/G439 del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Universidad Nacional de Tucumán por el apoyo para poder llevar a cabo este trabajo. Así mismo, a los revisores por sus sugerencias y correcciones.

## Bibliografía

- Anders, E. y Grevesse, N. 1989. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53: 197-214.
- Báez, M. 2006. *[Geología, petrólogía y geoquímica del basamento ígneo metamórfico del sector norte de la sierra de Velasco, Provincia de La Rioja]*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, 207 pp [Inédito].
- Báez, M., Basei, M.A., Toselli, A.J. y Rossi, J.N. 2004. Geocronología de granitos de la sierra de Velasco (Argentina): reinterpretación de la secuencia magmática. *Simpósio Quarenta Anos de Geocronologia no Brasil*, Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) del Instituto de Geociências Universidade de São Paulo (USP), São Paulo Brasil, Actas 1: 85.
- Báez, M., Fogliata, A. y Sardi, F.G. 2008. Distribución de tierras raras y elementos traza como indicadores de evolución y potencial mineralizador en los granitos La Quebrada (sierra de Mazán), San Blas y Huaco (sierra de Velasco), La Rioja, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 21: 21-33.
- Bellón, L., Grosse P., Ruiz A., Rossi J.N. y Toselli A.J. 2002. Petrografía y geoquímica de granitoides del flanco sudoccidental de la sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino*, El Calafate, Actas 2: 81-86.
- Clarke, G. 2009. Element partitioning in the formation of a microgranite sill with associated Mo +/- W deposits in the Herberton District, North-east Queensland, Australia. *Tenth Biennial SGA Meeting*, Townsville, V1 A3:14-16.
- Cravero, O. 1983. *[Manifestación estannífera "Casa Pintada"]*. Dirección Nacional de Geología y Minería, Plan La Rioja. Informe N° 182, 3 pp [Inédito].
- El Bouseily, A.M. y El Sokkary, A.A. 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geology*, 16: 207-219.
- Fogliata, A., Báez, M., Hagemann, S., Santos, O. y Sardi, F. 2012. Post-orogenic, Carboniferous granite-hosted Sn-W mineralization in the Sierras Pampeanas Orogen, Northwestern Argentina. *Ore Geology Review*. Special Issue Primary Geochemical Characteristics of Mineral Deposits: Implications for Exploration, 45: 16-32.
- González Bonorino, F. 1951. Una nueva Formación Precámbrica en el Noroeste Argentino. *Comunicaciones Científicas del Museo de la Plata*, 5: 4-6.
- Levinson, A.A. 1974. Introduction to exploration geochemistry. *Applied Publishing*, Calgary, 612 pp.
- Maniar, P. y Piccoli, P. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Bulletin of the Geological Society of America*, 101: 635-643.
- McBride, S., Caelles, J.C., Clark, A.H. y Farrar, E. 1976. Paleozoic radiometric age provinces in the Andean Basement, latitudes 25°-30° S. *Earth Planetary Science Letters*, 29: 373-383.
- Monecke, T., Kempe U., Monecke J., Sala, M. y Wolf, D. 2002. Tetrad effect in rare earth element distribution patterns: A method of quantification with application to rock and mineral samples from granite-related rare metal deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66: 1185-1196.
- Olade, M.A. 1980. Geochemical characteristics of tin bearing and tin-barren granites, Northern Nigeria. *Economic Geology*, 75: 71-82.
- Ramos, V. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, Anales 29: 41-96.
- Rossi, J.N., Toselli, A.J. y Báez, M.A. 2005. Evolución termobárica del ortogneis peraluminoso del NO de la Sierra de Velasco, La Rioja, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60: 278-289.

- Rossi, J.N., Toselli, A.J., Basei, M.A., Sial, A.N. y Báez, M.A. 2011. Geochemical indicators of metalliferous fertility in the Carboniferous San Blas pluton, Sierra de Velasco, Argentina. En: Sial, A.N., Bettencourt, J.S., De Campos, C.P. y Ferreira, V.P. (Eds), *Granite-Related Ore Deposits*. Geological Society, London, Special Publication 350: 175-186.
- Srivastava, P.K. y Sinha, A.K. 1997. Geochemical characterization of tungsten-bearing granites from Rajasthan, India. *Journal of Geochemical Exploration*, 60: 173-184.
- Tischendorf, G. 1977. Geological and petrographic characteristics of silicic magmatic rocks with rare element mineralization. En: Stempok, M., Burnol, L. y Tischendorf, G. (Eds.), *Metallization associated with acid magmatism*. Geological Survey, Prague, 2: 41-96.
- Verdecchia, S., Baldo, E., Benedetto, J. y Borghi, P. 2007. The first shelly fauna from metamorphic rocks of the Sierras Pampeanas (La Cébila Formation, Sierra de Ambato, Argentina): age and paleogeographic implications. *Ameghiniana*, 44: 493-498.

**Recibido:** 30 de noviembre de 2011

**Aceptado:** 16 de febrero de 2012