



ESTUDIOS GEOQUÍMICOS DE TIERRAS RARAS E ITRIO EN ROCAS DE LA FORMACIÓN EL CORTIJO, SIERRAS SEPTENTRIONALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

María F. LAJOINIE^{1, 2}, Mabel E. LANFRANCHINI^{1, 3}, Ricardo O. ETCHEVERRY^{1, 2},
Manuela E. BENÍTEZ^{1, 3}, Hernán G. DE LA CAL⁴

¹Instituto de Recursos Minerales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
Teléfono 54-221-4225648. Calle 64 y esq. 120, (1900) La Plata.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina. Godoy Cruz 2290 (C1425FQB) CABA.

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Calle 526 e/10 y 11, (1900) La Plata.

⁴ROCH S.A. Av. Madero 1020. Piso 21 (C1106ACX). CABA.

florencialajo@hotmail.com, lanfranchini@yahoo.com, retcheve@fenym.unlp.edu.ar, hdelacal@roch.com.ar

ABSTRACT

Geochemical studies of Rare Earth Elements and Yttrium in rocks of the El Cortijo Formation, Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. El Cortijo Formation (NO Tandil city) has contrasting mineralogical, structural and metamorphic features with those of the rest the Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires basement. It comprises mylonitized low grade metamorphic rocks preliminarily classified, in former time, as metacherts, metabasalts and metawakes. Detailed analysis of rare earth elements (REE) in gray-whitish (GB) and gray-green-bluish (GVA) chert samples allowed a certain classification of these rocks. The obtained multielement diagram, normalized to Post-Archean Australian Shale (PAAS), shows a flat distribution in light rare earth element (LREE) and depleted contents of heavy rare earth element (HREE) for GVA. The GB presents a different design, similar to that of a Greenstone Belt chert of 3.71-3.81 Ga, characterized by very positive anomalies in La (1.29), Eu (3.87) and Y (Y/Ho 68.66), and LREE/HREE and MREE/HREE relationships of 0.89 and 1.14, respectively. These characteristics indicate that GB chert corresponds to C-Chert sensu-stricto, while GVA chert is comparable with S-Chert due to Y/Ho ratios ~ 31, and Eu anomalous contents between 1.2 and 1.4.

This new geochemical evidence allows confirming the presence of cherts in the El Cortijo Formation that have been formed in an ocean basin before to the collision of Tandilia with the Río de la Plata Craton.

Keywords: Tandilia System, Paleoproterozoic, geochemistry, cherts.

Palabras clave: Sistema de Tandilia, Paleoproterozoico, geoquímica, cherts.

INTRODUCCIÓN

La Formación El Cortijo reúne litologías con características mineralógicas, estructurales y metamórficas muy contrastantes con el resto de las rocas pertenecientes al basamento ígneo-metamórfico de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires (Complejo Buenos Aires, Marchese y Di Paola 1975). Esta unidad aflora a lo largo de una delgada faja de 3 kilómetros de longitud con rumbo este-oeste en las cercanías de la Ruta Nacional 226, al NO de la ciudad de Tandil. Comprende una serie de rocas deformadas (milonitizadas) clasificadas preliminarmente como metacherts, metabasaltos y metawakes (Teruggi *et al.* 1988). Todo este conjunto de ro-

cas presenta un metamorfismo de bajo grado, entre facies ceolitas (sub-esquistos verdes) y esquistos verdes (Leguizamón *et al.* 1990) y se encuentra intercalado entre rocas de alto grado metamórfico como gneises y migmatitas; estas últimas también están afectadas por procesos de milonitización. Las primeras interpretaciones tectónicas, realizadas por Teruggi *et al.* (1988) y Ramos *et al.* (1990), sugieren que dicha asociación de rocas presenta un origen oceánico correspondiente a un arco de islas y que se habría emplazado por obducción durante los estadios previos a la acreción del Terreno de Tandilia con el Cratón del Río de la Plata (~1800 Ma). Recientemente Chernicoff *et al.* (2014) señalan, a partir de estudios geofísicos, la presencia de una sutura de edad Rhya-

ciana asociada a la orogenia Transamazoniana a la cual denominaron “zona de sutura El Cortijo”.

En la presente contribución se realiza un análisis detallado del contenido de elementos de tierras raras (REE) e itrio de las rocas clasificadas sobre la base de estudios petrográficos y geoquímicos de elementos mayoritarios, como cherts (Teruggi *et al.* 1988). De esta forma se espera obtener una clasificación más certera y precisa de estas rocas ya que los REE junto con el itrio representan los indicadores de procedencia más confiables dado que se transfieren en los sedimentos de manera infraccionada, reflejando la composición promedio de estos elementos en el material de aporte (Taylor y McLennan 1985). La determinación del origen de las rocas de la Formación El Cortijo tiene importantes connotaciones genéticas para el basamento de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires.

En afloramiento se reconocieron un chert gris-blancuquecino (GB) y otro chert gris-verdoso-azulado (GVA), cuya diferencia de tonalidad no se evidencia en estudios petrográficos. Para análisis geoquímicos mediante ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente) se seleccionaron una muestra de GB y tres de GVA. Los resultados de REE + Y fueron normalizados a PAAS (Post Archaean Australian shale, Taylor y McLennan 1985). Además, se incorporó una muestra de chert de un BIF de 3,71 - 3,81 Ga, proveniente de la localidad de Isua, Greenstone Belt (Myers 2001, Bolhar *et al.* 2004), con fines comparativos.

El diagrama multielementos obtenido muestra por un lado patrones similares para las tres muestras de GVA, con contenidos de tierras raras livianas (LREE) similares al patrón PAAS y con leves pendientes negativas que indican un empobrecimiento de tierras raras pesadas (HREE). Por otro lado, la muestra del GB presenta un diseño diferente al de los anteriores pero muy similar al de la muestra de chert proveniente de Greenstone Belt. Ambas presentan anomalías muy marcadas y positivas en La, Eu e Y, y un leve empobrecimiento en LREE respecto a HREE. Dichas anomalías fueron calculadas para la muestra del GB siguiendo la metodología propuesta por Bolhar *et al.* (2004): La/La* 1,29, Eu/Eu* 3,87, Y/Ho 68,66 y las relaciones LREE/HREE y MREE/HREE 0,89 y 1,14 respectivamente. Las coincidencias de los patrones REE del GB y del chert de Greenstone Belt pueden ser explicadas en términos de la geoquímica del agua de los océanos que controla las propiedades químicas de los sedimentos marinos sobre todo de aquellos que han precipitado directamente a partir del agua (chert). De acuerdo a Zhang y Nozaki (1996) la abundancia del La responde a su alta solubilidad (respecto de otros LREE) generada por ausencia de electrones 4f internos. Por otro lado, el Eu es un elemento en abundancia para el agua de los océanos durante el período Arqueano-Paleoproterozoico debido al gran aporte de flui-

dos hidrotermales (Michard y Albaréde 1986). Tanto el Y como el Ho suelen tener un comportamiento similar en los sistemas acuáticos naturales por su idéntico radio iónico y su mismo estado de oxidación, sin embargo los estudios indican que la relación Y/Ho disminuye con la profundidad de las aguas (Høgdaahl *et al.* 1968). Esto puede deberse a diversos mecanismos que podrían modificar el comportamiento de ambos REE (Bau *et al.* 1995) y explicar el alto contenido de Y en relación al Ho. Entre estos mecanismos se destacan el fraccionamiento diferencial durante la meteorización de materiales, los distintos comportamientos de la solución y/o de la complejación superficial, y la mayor solubilidad que poseen por ejemplo los fosfatos con Y a diferencia de aquellos que contienen Ho. El ligero empobrecimiento de LREE respecto a HREE es una consecuencia de la llamada contracción lantánida que controla el comportamiento de complejación de los REE, siendo los más ligeros más afines a formar complejos que los más pesados (Lee y Byrne 1999). Como consecuencia de lo anterior los LREE y MREE son preferentemente adsorbidos mientras que los HREE son retenidos en solución llevando al agotamiento de los primeros en relación a los últimos en el agua de mar (Lee y Byrne 1999). De esta forma podemos afirmar que los cherts GB son efectivamente C-Cherts (Bolhar *et al.* 2004, Van den Boor *et al.* 2007) sensu-stricto. Por otra parte, el chert GVA si bien no reúne estas características, posee relaciones Y/Ho en torno a 31 y anomalía de Eu entre 1,2 y 1,4 que permitirían compararlo con los S-Chert, definidos por Van den Boorn *et al.* (2007).

Esta nueva evidencia geoquímica sumada a los trabajos realizados por otros autores permite afirmar la presencia de cherts en la Formación El Cortijo que se habrían formado en una cuenca oceánica previa a la colisión de Tandilla con el Cratón del Río de la Plata. En este sentido, la diferenciación entre S-chert y C-chert (Van den Boorn *et al.* 2007) que se realiza en este trabajo será complementada con datos de $\delta^{30}\text{Si}$ y de geocronología (actualmente en proceso de análisis) con el objetivo de avanzar sobre el estudio y entendimiento de los procesos que generaron a los mencionados cherts.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bau, M., Dulski, P. y Moller, P. 1995. Yttrium and holmium in South Pacific seawater: vertical distribution and possible fractionation behaviour. *Chemie der Erde* 55: 1-15.
- Bolhar, R., Kamber, B.A., Moorbath, S., Fedo, C.M. y Whitehouse, M.J. 2004. Characterization of early Archaean chemical sediments by trace element signatures. *Earth and Planetary Science Letters* 222: 43-60.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O. y Peroni, J., 2014. The Rhyacian El Cortijo suture zone: aeromagnetic signature and insights for the geodynamic evolution of the southwestern Rio de la Plata craton, Argentina. *Geoscience Frontiers* 5: 43-52.



- Högdahl, O.T., Bowen, B.T. y Melson, S. 1968. Neutron activation analysis of lanthanide elements in seawater. *Advanced Chemistry Series* 73: 308-325.
- Marchese, H.G. y Di Paola, E. 1975. Miogeosinclinal Tandil. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30: 161-179.
- Michard, A. y Albarède, F. 1986. The REE content of some hydrothermal fluids. *Chemical Geology* 55: 51-60.
- Myers, J.S. 2001. Protoliths of the 3.8-3.7 Ga Isua Greenstone Belt, West Greenland. *Precambrian Research* 105: 129-141.
- Lee, J.H. y Byrne, L.H. 1999. Complexation of trivalent rare earth elements (Ce, Eu, Gd, Tb, Yb) by carbonate ions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57: 295-302.
- Leguizamón, M.A., D'Angiola, M. y Vinciguerra, P. 1990. Polimetamorfismo en el basamento precámbrico de la región central de Tandilia, Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, San Juan.
- Ramos, V.A., Leguizamón, A., Kay, S.M. y Teruggi, M. 1990. Evolución tectónica de las Sierras de Tandil (provincia de Buenos Aires). *Actas del 10° Congreso Geológico Argentino* 2: 357-360, San Juan.
- Taylor, S.R y McLennan, S.M. 1985. *The Continental Crust: its Composition and its Evolution*. Blackwell, 312 p., Oxford.
- Teruggi, M.E., Leguizamón, M.A. y Ramos, V. 1988. Metamorfitas de bajo grado con afinidades oceánicas en el basamento de Tandil: sus implicaciones geotectónicas, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43: 366-374.
- Van den Boorn, S.H.J.M., Vam Bergen, M.J., Nijman, W. y Vroon, P.Z. 2007. Dual role of seawater and hydrothermal fluids in Early Archaean chert formation: evidence from silicon isotopes. *Geology* 35: 939-942.
- Zhang, J. y Nozaki, Y. 1996. Rare earth elements and yttrium in seawater: ICP-MS determination in the East Caroline, Coral Sea, and South Fiji basins of the western South Pacific Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60: 4631-4644.