

Basalto alcalino portador de xenolitos ultramáficos en Tierra del Fuego

Rogelio D. ACEVEDO¹ y Bernabé J. QUARTINO²

¹Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-Conicet). B. Houssay 200. V9410BFD, Ushuaia, Tierra del Fuego. E-mail: rogelio.acevedo@cadicush.org.ar
²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), Buenos Aires.

RESUMEN. En el extremo sur de Tierra del Fuego han sido descubiertas rocas basáltico alcalinas con enclaves ultramáficos. Los pequeños cuerpos de basalto alcalino hasta aquí conocidos son escasos y las rocas circundantes están constituidas por pizarras pertenecientes a depósitos mesozoicos. La petrografía, textura y composición de los basaltos y xenolitos fue investigada con microscopio petrográfico y microsonda electrónica. Xenocristales de anfíbol y feldespato alcalino, olivina, espinelos, flogopita y minerales de Fe-Ti (10%) y una diversidad de xenolitos (15%), principalmente lherzolíticos, piroxeníticos y wehrlíticos, pero también provenientes de rocas metamórficas, se encuentran inmersos en el basalto, cuya pasta está formada por tablillas y agujas de plagioclasa, piroxeno, minerales opacos, apatita y vidrio, con texturas intersertal, hialopilitica y pilotáxica. Hay amígdalas rellenas por analcita, ceolitas, sodalita y calcita. La clasificación normativa de esta roca, basada en su contenido nefelínico, es la de un basalto alcalino. La clasificación química, considerando la relación Zr/TiO₂ frente a Nb/Y indica también un basalto alcalino y en el diagrama TAS los puntos caen en los campos de las foiditas (ricas en Na o nefelinitas) y basanitas. Los diagramas de tierras raras muestran un alto grado de fraccionamiento (La/Yb~30). La datación isotópica de K-Ar sobre macrocristales da edades de 146±5 Ma (anfíbol) y 127±4 Ma (feldespato alcalino) y sobre roca total, 8,3±0,3 Ma. Sin embargo, las muestras fértiles denotan rasgos geoquímicos típicos de materiales de profundidad, lo que indicaría, basado en su posición tectónica actual, que el basalto es más antiguo que la edad isotópica obtenida.

Palabras clave: *Basalto alcalino, Xenolitos ultramáficos, Petrografía, Microanálisis*

ABSTRACT. *Alkaline basalt with ultramafic xenoliths in Tierra del Fuego.* At the southern extreme of Tierra del Fuego, alkali basaltic rocks with ultramafic enclaves have been discovered. Alkali basalt plugs or pipes hitherto identified are scarce, and host rocks consist of slates of Mesozoic deposition. The petrography, texture and composition of the basalt and xenoliths were investigated by petrographic microscope and electron microprobe analysis. Xenocrysts of amphibole and alkali feldspar, olivine, spinel, flogopite and Fe-Ti minerals (10%) and a diversity of xenoliths, mainly lherzolitic, pyroxenite and wehrlitic (15%), but also of metamorphic provenance, are contained in the basalt groundmass (75%), of laths or needles of plagioclase, pyroxene, opaque minerals, apatite and glass, with intersertal, hyalopilitic and pilotaxitic textures. Former amygdules are filled with analcite, zeolites, sodalite and calcite. The normative classification, based on nepheline content, show this rock to be an alkali basalt. The chemical classification, considering immobile elements as Zr/TiO₂ versus Nb/Y, also indicate an alkali basalt composition; plots over the TAS diagram fall in the foidite (Na-rich or nephelinite) and basanite fields. The REE patterns are fractionated (La/Yb primitive mantle normalized is approximately 30). K-Ar isotopic dating of individual macrocrysts gave ages of 146 ± 5 Ma (amphibole) and 127 ± 4 Ma (alkali feldspar); whereas K-Ar whole rock data gave 8.3 ± 0.3 Ma. Nevertheless, fertile samples show geochemical features typical of deep-derived material and thus, given its actual tectonic setting, indicate that the basalt is older than its isotopic age.

Key words: *Alkali basalt, Ultramafic xenoliths, Petrography, Microanalysis*

Introducción

El espeso bosque subantártico andino de Tierra del Fuego había ocultado, hasta un reciente hallazgo, unos magros asomos de rocas oscuras de aspecto basáltico brechoso irregular y amigdaloide, portadoras de olivina, piroxeno, anfíbol, feldespato y fragmentos líticos diversos, particularmente nódulos ultramáficos. Estas rocas, con sus inclusiones y nódulos, aparecen diseminadas en las estribaciones del monte Susana, inmediatamente al oeste de Ushuaia y son las primeras de este tipo mencio-

nadas en la isla Grande de Tierra del Fuego. Se detectaron asimismo algunos bloques glaciares, constituidos por rocas de iguales características, dispersos sobre la costa en Península Ushuaia.

Descripción de los afloramientos

La mejor exposición de la roca estudiada puede observarse al pie del faldeo sudoeste del monte Susana, sobre las costas del Canal Beagle frente a la isla Estorbo, próxi-

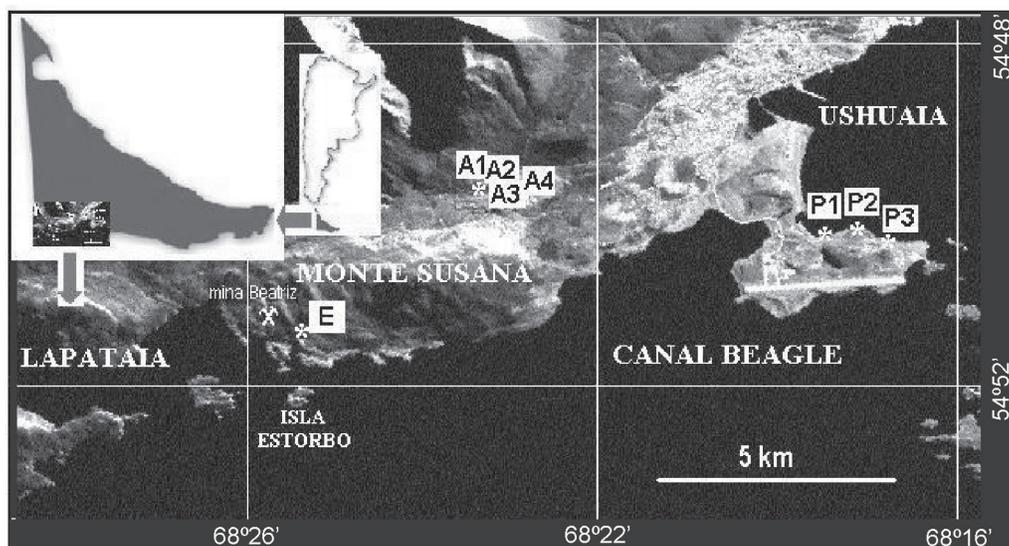


Figura 1: Mapa de ubicación de los basaltos alcalinos muestreados.

ma a la mina Beatriz, un filón de cuarzo con sulfuros conocido de antaño (Fig.1). Se trata de *plugs* de un basalto amigdaloido, en media docena de afloramientos de escasa magnitud que oscilan entre 4 y 16 metros cuadrados, a modo de reventones (muestras E), dispersos en un área reducida ($54^{\circ}51'15''S$; $68^{\circ}27'O$). El basalto tiene pequeñas y variadas inclusiones y se encuentra alojado en una caja de rocas pizarreñas, bandeadas, grises, de rumbo $N75^{\circ}E$ y $50/60^{\circ}$ de inclinación SE, atribuibles a la Formación Yahgán, considerada jurásica superior-cretácica inferior. La geología local puede verse en el trabajo de Olivero *et al.* (1997). Una segunda localidad, cercana a la primera y contigua al autódromo municipal, ofrece breves asomos del mismo basalto (muestras A1 y A4), aislado, sin relaciones visibles de contacto con roca alguna, con la particularidad distinguible del mayor tamaño de inclusiones y macrocristales de anfíbol (muestra A2) y feldespato (muestra A3).

El resto de las muestras obtenidas proviene de algunos bloques erráticos desperdigados por las costas de la península Ushuaia (muestras P). Luego se verá como estas últimas rocas pueden compararse con las que se encuentran aflorando *in situ*.

Se deduce de lo anterior que estos basaltos alcalinos ocupaban un área apreciable, reducida por la erosión glaciaria a punto de quedar solamente los mencionados afloramientos aislados. Asimismo, los bloques erráticos son testigos de la mayor extensión original de la roca y alientan de algún modo a la búsqueda en pro de nuevos hallazgos.

Petrografía

La roca basáltica consiste de una matriz afanítica gris oscuro compuesta por vidrio básico, olivina (Fe_{82-87}), clinopiroxeno (augita), feldespato alcalino ($Ab_{79-86}An_{2-6}$

Or_{12-15}), apatita y mineral opaco, con microtexturas que van de intersertal a hialopilitica ó pilotácica. Hay amígdalas rellenas por analcima, natrolita y sodalita asociada a calcita, esta última frecuentemente con estructura globular.

Asimismo, dicho basalto es portador de xenocristales y xenolitos. Los primeros tienen formas redondeadas (debido a la inestabilidad en el fundido magmático) y presentan variados aspecto y tamaño. Entre ellos hay ejemplares de anfíbol (kaersutita) y feldespato alcalino sódico-potásico que son de tamaño marcadamente mayor que el resto. También se han identificado clino ($En_{53}Fs_{11}Wo_{36}$) y ortopiroxeno (En_{87-92}) escaso. Otros individuos son espinelos (con coronas de reacción de magnetita o ilmenita), magnetita-ulvoespinelo, flogopita en folias encastilladas y cristales de olivina (Fo_{81-91}), a veces agrupados.

De los numerosos y variados enclaves, además de fragmentos líticos sedimentarios y metamórficos (pizarras, cuarcitas y gneises), muchos pertenecen a rocas ultramáficas, peridotitas y piroxenitas (clinopiroxenitas y websteritas), algunos a lherzolitas, wehrilitas y también gabros. Todos se encuentran en un estado bastante avanzado de deformación y/o recristalización. Particularmente un nódulo ultrabásico contiene granate (piropo), clinopiroxeno titanífero y bytownita ($An_{85}Ab_{15}$).

Geoquímica

La clasificación normativa, basada en el contenido nefelínico ($ab+an+or+ne+di+ol$), presenta a esta roca como un basalto alcalino (sub-alcalino para la muestra E1). La clasificación química, considerando la relación Zr/TiO_2 frente a Nb/Y en rocas alteradas (Winchester y Floyd 1977), también indica un basalto alcalino (incluso para la muestra E1), y su proyección en el diagrama TAS

Cuadro 1: Análisis químicos de elementos mayoritarios y trazas y normas CIPW.*

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | Cr ₂ O ₃ |
|----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------|--------------------------------|
| E1 | 43,63 | 13,53 | 13,04 | 4,83 | 8,27 | 3,32 | 1,05 | 2,8 | 1,36 | 0,24 | 0,023 |
| A1 | 40,25 | 12,91 | 12,91 | 7,42 | 10,09 | 2,86 | 1,94 | 2,7 | 1,35 | 0,23 | 0,023 |
| A4 | 41 | 12,21 | 12,93 | 11,05 | 9,89 | 4,32 | 2,26 | 2,77 | 1,51 | 0,23 | 0,05 |
| P1 | 37,15 | 11,52 | 13,07 | 9,02 | 12,02 | 2,84 | 2,05 | 2,39 | 2,53 | 0,29 | 0,031 |
| P2 | 38,95 | 11,75 | 12,76 | 9,79 | 11,51 | 3,21 | 1,42 | 2,51 | 2,01 | 0,25 | 0,045 |
| P3 | 43,9 | 13,19 | 12,46 | 6,27 | 8,96 | 4,03 | 2,27 | 2,61 | 1,36 | 0,23 | 0,018 |

| | Ba | Ni | Zr | Sc | C/Tot | S/Tot | SUM | PPI | SUMtot | #Mg |
|----|------|-----|-----|----|-------|-------|-------|-----|--------|------|
| E1 | 723 | 75 | 233 | 12 | 0,07 | 0,04 | 92,41 | 7,4 | 99,81 | 0,24 |
| A1 | 571 | 110 | 214 | 12 | 0,05 | 0,08 | 92,98 | 7 | 99,98 | 0,33 |
| A4 | 648 | 208 | 179 | 16 | 0,07 | 0,08 | 98,52 | 1,4 | 99,92 | 0,42 |
| P1 | 1087 | 139 | 219 | 11 | 0,07 | 0,02 | 93,36 | 6,6 | 99,96 | 0,37 |
| P2 | 600 | 181 | 183 | 13 | 0,12 | 0,08 | 94,54 | 5,4 | 99,94 | 0,4 |
| P3 | 703 | 66 | 215 | 13 | 0,06 | 0,17 | 95,63 | 3,8 | 99,43 | 0,3 |

| | Q | ab | an | or | ne | di | en | ol |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| E1 | 2 | 28 | 19 | 6 | 0 | 4 | 10 | 0 |
| A1 | 0 | 20 | 17 | 11 | 2 | 13 | 0 | 9 |
| A4 | 0 | 11 | 7 | 13 | 14 | 19 | 0 | 13 |
| P1 | 0 | 7 | 11 | 12 | 11 | 20 | 0 | 9 |
| P2 | 0 | 14 | 13 | 8 | 7 | 18 | 0 | 11 |
| P3 | 0 | 27 | 11 | 13 | 4 | 13 | 0 | 7 |

*ICP (método de fusión con LiBO₂) realizados en ACME Labs, Canadá. Muestras E1 (monte Susana), A1 y A4 (autódromo), P1, P2 y P3 (península Ushuaia). PPI: pérdida por ignición.

lo muestra como una foidita (rica en sodio o nefelinita) ó una basanita, dependiendo del contenido en sílice, de por sí muy deficitario, aunque a veces dicho empobrecimiento (indicador de ultrabasicidad) aparece como exagerado debido a su grado de alteración, contenido de volátiles y las consecuentes pérdidas por ignición en el tratamiento analítico, como puede verse en los análisis acompañantes (Cuadro 1). En tal sentido, la muestra E1 (Ab₆₁An₃₈) puede ser considerada como una hawaíta.

Además de los análisis químicos normales de elementos mayoritarios y algunos oligoelementos, se efectuaron determinaciones de tierras raras (Cuadro 2). El propósito de estos análisis fue el de establecer un adicional término de comparación entre las distintas muestras, particularmente respecto de aquellas obtenidas de los bloques erráticos. El resultado fue una exacta correspondencia muy notable de los datos, normalizados a valores de manto primitivo, que puede verse en la figura 2. Las curvas muestran un alto contenido de las rocas en tierras raras livianas y valores deprimidos en tierras raras pesadas, denotando su alto grado de fraccionamiento (La/Yb~30) y subsaturación.

Edad y discusión

Se efectuaron tres dataciones isotópicas por el método de K/Ar, uno de ellos sobre roca total y los otros dos so-

bre sendos macrocristales de anfíbol y de feldespato alcalino, mostrados en el Cuadro 3. El propósito de los mismos fue poder establecer de una manera por lo menos aproximada una posible diferencia cronológica entre los cristales y la masa pura de la roca. Además debido a la deficiencia de la información de campo se procuró apreciar la edad del fenómeno eruptivo.

Al considerarse las edades halladas para los xenocristales, los resultados son buenos y coherentes entre sí. La mayor edad obtenida para el anfíbol (AK-4133) se explica por su mayor retentividad de Argón con respecto al feldespato alcalino analizado (AK-4134). Más aun, el feldespato tiene un contenido de K de 2,54%, lo que revela la presencia de un feldespato ácido, que a su vez abre la posibilidad, por su tipo de estructura, de una posible pérdida de argón. En síntesis, las edades de 147 y 126 Ma para los xenocristales pueden ser consideradas como reales, siendo la más antigua la más segura por lo antes apuntado. En cambio, la extracción en la muestra de basalto (AK-4137) no habría sido tan buena como lo requerido. Y aunque su alto contenido de ⁴⁰Ar_{atm} (91,1%) estaría indicando que pertenece a una roca joven, la edad absoluta obtenida puede ser real, o no (Linares, com. personal).

Lamentablemente la aportación de los datos de las determinaciones de edad isotópica no son concluyentes. Es evidente que los xenocristales son antiguos, aproxima-

Cuadro 2: Análisis de elementos del grupo de tierras raras *.

| | Y | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho |
|----|------|------|------|-------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|
| E1 | 42,3 | 73 | 149 | 19,2 | 60 | 14,22 | 4,39 | 14,35 | 2,21 | 10,59 | 1,33 |
| A1 | 35,3 | 70 | 133 | 17,94 | 56 | 13,21 | 4,15 | 12,65 | 1,96 | 9,28 | 1,12 |
| A4 | 36,3 | 77 | 143 | 19,08 | 59 | 13,3 | 4,17 | 12,5 | 1,96 | 9,34 | 1,14 |
| P1 | 49,8 | 120 | 222 | 29,1 | 86 | 19,8 | 6,15 | 16,64 | 2,74 | 12,44 | 1,61 |
| P2 | 40,9 | 88 | 169 | 21,97 | 66 | 15,42 | 4,8 | 14,54 | 2,25 | 10,26 | 1,28 |
| P3 | 37,3 | 67 | 129 | 17,2 | 54 | 13,02 | 4,11 | 11,29 | 1,93 | 9,06 | 1,17 |
| | Er | Tm | Yb | Lu | Hf | Rb | Sr | Ta | Th | U | Nb |
| E1 | 4,58 | 0,41 | 3,12 | 0,33 | 7,1 | 46,6 | 1643 | 7,4 | 7,5 | 2,6 | 89,4 |
| A1 | 3,87 | 0,35 | 2,57 | 0,28 | 6 | 48,2 | 1547 | 6,6 | 7,4 | 2,4 | 87,8 |
| A4 | 3,96 | 0,36 | 2,62 | 0,29 | 5,5 | 33,2 | 1484 | 6,4 | 7,2 | 2,2 | 83,8 |
| P1 | 5,16 | 0,48 | 3,4 | 0,39 | 6 | 33,3 | 2157 | 8,2 | 10,8 | 3,1 | 98,6 |
| P2 | 4,31 | 0,39 | 2,92 | 0,31 | 5,3 | 29,2 | 1831 | 6,9 | 8,5 | 2,6 | 83,5 |
| P3 | 3,94 | 0,37 | 2,71 | 0,31 | 6,3 | 43,1 | 1755 | 7,5 | 7,7 | 2,6 | 87,3 |

*ICP/MS (método de fusión con LiBO₂) realizados en ACME Labs, Canadá. Muestras como en el cuadro anterior.

damente del Cretácico inferior, de lo cual resulta una gran diferencia temporal con la edad sugerida por la datación isotópica de la roca, lo que implica una cuestión difícil de resolver. La edad del basalto es clave, pudiendo corresponder teóricamente, por razones de geología regional, a los tiempos mesozoicos ya que en Tierra del Fuego se han hallado basaltos, aunque no alcalinos, en las formaciones mesozoicas, cuyo aspecto resulta empero francamente diferente (Acevedo 1988, Olivero *et al.* 1997, Martinioni *et al.* 1999). Más alejados, los basaltos pliocuaternarios de Pali-Aike en la provincia de Santa Cruz (Stern *et al.* 1985, Kempton *et al.* 1999 a,b) sí son alcalinos.

Como se dijo, el basalto aquí estudiado da una edad isotópica, determinada por el método K/Ar sobre roca total, que corresponde al Mioceno superior, no excluyéndose incluso una edad más joven (Linares, com. personal), pero aun haciendo abstracción de estos datos la vinculación con el basalto olivínico patagónico mantendría su valor areal (Kilian *et al.* 1998). En tal caso sería un ejemplo más de derivación del volcanismo básico olivínico propio de la Patagonia (Laurora *et al.* 2001). Singularmente el magma basáltico olivínico, es decir ascendido en tiempos de distensión en el antepaís, es conocido de antiguo como típico de la Patagonia extraandina, en sus dos aspectos, la extensión regional y su capacidad para dar lugar a derivados alcalinos, siendo la localidad clásica, referible en este caso, la sierra de San Bernardo en Chubut (Mórtola 1923, Quartino 1958, Teruggi 1963, Viviers 1968, 1970). Tal condición se extiende a otros sectores patagónicos y, en relación directa con este trabajo, al sur de Santa Cruz frente a las costas fueguinas.

El contenido de inclusiones ultramáficas habla de su origen profundo, en conexión con el manto. La procedencia mantélica se halla avalada por la presencia de nódulos con composición y texturas típicas del manto superior, los

Cuadro 3: Dataciones isotópicas realizadas por el método de K/Ar *

Muestra AK n°: 4133 (A2) sobre anfíbol (autódromo)

$$K = 1,75 \% \quad K = 5,224 \times 10^{-8} \text{ mol/g}$$

$${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} = 4,617 \times 10^{-10} \text{ mol/g} \quad {}^{40}\text{Ar}_{\text{atm}} = 79,10 \%$$

$$\text{Edad} = 146 \pm 5,0 \text{ Ma} \quad \text{Error analítico} = 3,40 \%$$

Muestra AK n°: 4134 (A3) sobre feldespato alcalino (autódromo)

$$K = 2,54 \% \quad K = 7,582 \times 10^{-8} \text{ mol/g}$$

$${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} = 5,818 \times 10^{-10} \text{ mol/g} \quad {}^{40}\text{Ar}_{\text{atm}} = 70,80 \%$$

$$\text{Edad} = 127 \pm 4,0 \text{ Ma} \quad \text{Error analítico} = 3,50 \%$$

Muestra AK n°: 4137 (A4) sobre roca total (autódromo)

$$K = 2,04 \% \quad K = 6,089 \times 10^{-8} \text{ mol/g}$$

$${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} = 0,296 \times 10^{-10} \text{ mol/g} \quad {}^{40}\text{Ar}_{\text{atm}} = 91,10 \%$$

$$\text{Edad} = 8,30 \pm 0,30 \text{ Ma} \quad \text{Error analítico} = 2,90 \%$$

*Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) de Buenos Aires.

cuales han sido incorporados en profundidad al magma en movimiento, que finalmente se mostró en los afloramientos del basalto alcalino. Dichos xenolitos ultramáficos reflejan una proveniencia subcontinental ya que son muy fértiles y revelan que no pueden proceder de una zona de suprasubducción (Nelson 1996) puesto que en ese caso hubieran mostrado refractarios. Esto mismo sería una evidencia indirecta para descartar que los basaltos alcalinos de Tierra del Fuego pertenezcan a un evento eruptivo reciente.

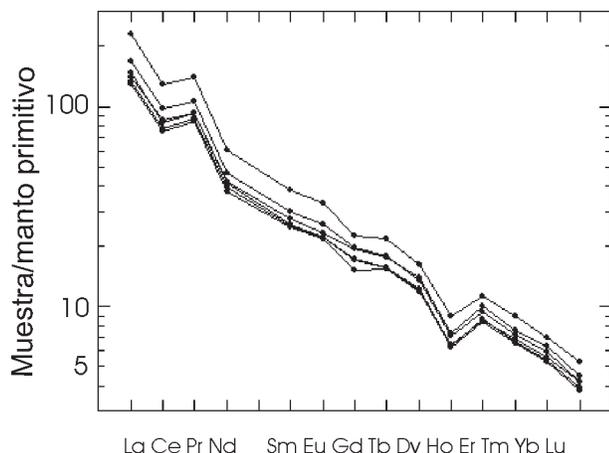


Figura 2: Diagrama de contenidos de elementos del grupo de tierras raras normalizados a valores de manto primitivo para muestras de basalto alcalino del monte Susana (E1), autódromo (A1 y A4) y bloques erráticos en la península Ushuaia (P1, P2, P3).

Agradecimientos

El hallazgo de las primeras muestras de basalto alcalino llegó a la mesa de trabajo por intermedio de quien en vida fuera el idóneo Carlos Fermani, del Museo del Fin del Mundo. Se agradece a Fernando Gervilla y a Juan Manuel Fernández-Soler por las certeras apuntaciones sobre los xenolitos y el basalto respectivamente, así como también a los árbitros de la Revista, quienes sin duda han contribuido al mejoramiento de la calidad del trabajo. Los microanálisis químicos de los minerales fueron realizados por el primer autor en la microsonda electrónica de la Universidad de Oviedo. Este trabajo es una contribución correspondiente al PEI-Conicet 0009/97.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Acevedo, R.D., 1988. Estudios geológicos areales y petroestructurales en el Complejo Deformado de los Andes Fueguinos. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Biblioteca Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 247 p. Buenos Aires.

Kempton, P.D., Lopez-Escobar, L., Hawkesworth, C.J., Pearson, G., Wright, D.W. y Ware, A.J., 1999a. Spinel \pm garnet lherzolite xenoliths from Pali-Aike, Part 1: Petrography, mineral chemistry and geothermobarometry. En: Gurney, J.J., Gurney, J.L., Pascoe, M.D. and Richardson, S.H. (eds.), VIIth International Kimberlite Conference. Cape Town 1998, (Dawson volume), Red Roof Design, 403-414.

Kempton, P.D., Hawkesworth, C.J., Lopez-Escobar, L. y Ware, A.J., 1999b. Spinel \pm garnet lherzolite xenoliths from Pali-Aike, Part 2: Trace element and isotopic evidence bearing on the evolution of lithospheric mantle beneath Southern Patagonia. En: Gurney, J.J., Gurney, J.L., Pascoe, M.D. and Richardson, S.H. (eds.), VIIth International Kimberlite Conference. Cape Town 1998, (Dawson volume), Red Roof Design, 415-424.

Kilian, R., Franzen, C. y Koch, M., 1998. The metasomatism of the mantle wedge below the southern Andes: Constraints from laser ablation microprobe ICP-MS trace element analysis of clinopyroxenes, orthopyroxenes and fluid inclusions of mantle xenoliths. Latin-American Conference on Geosciences, Terra Nostra 98(5): 81-82.

Laurora, A., Mazzucchelli, M., Rivalenti, G., Vannucci, R., Zanetti, A., Barbieri, M.A. y Cingolani, C.A., 2001. Metasomatism and Melting in Carbonated Peridotite Xenoliths from the Mantle Wedge: The Gobernador Gregores Case (Southern Patagonia). Journal of Petrology 42(1): 69-87.

Martinioni, D.R., Linares, E. y Acevedo, R.D., 1999. Significado de la edad isotópica de diques básicos intruidos en la Formación Beauvoir (Cretácico Temprano), Tierra del Fuego. Revista Asociación Geológica Argentina. 54(1): 88-91.

Mórtola, E., 1923. Rocas alcalinas básicas del Sur de Chubut. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Boletín 34, Serie B, Geología. Buenos Aires. 55 p.

Nelson, E., 1996. Suprasubduction Mineralization: Metallo-tectonic Terranes of the Southernmost Andes. In: Subduction: Top to Bottom, American Geophysical Union, Geophysical Monograph 96: 315-329.

Olivero, E.B., Acevedo, R.D. y Martinioni, D.R., 1997. Geología y estructura del Mesozoico de Bahía Ensenada, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 52(2): 169-179.

Quartino, B.J., 1958. El basalto olivínico del Cerro El Pedrero, Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 12(4): 233-264.

Stern, Ch., Futa, K., Saul, S. y Skewes, A., 1985. Ultramafic xenoliths found in the Pali-Aike alkali basalts: their implications for the nature of the mantle below southern South America. IV^o Congreso Geológico Chileno. Actas III(4-39): 531-548.

Teruggi, M., 1963. Diferenciación de sienitas nefelínicas y zeolíticas del flanco oriental de la Sierra de San Bernardo, Chubut. II^{as} Jornadas Geológicas Argentinas. Resumen: 38. Salta.

Viviers, M.C., 1968. Estudios geológicos de los Cerros Pastel y Puricelli, Departamento Sarmiento, Provincia de Chubut. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Biblioteca Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 80 p. Buenos Aires.

Viviers, M.C., 1970. Rocas básicas de los Cerros Pastel y Puricelli, Provincia de Chubut, República Argentina, y los fenómenos de diferenciación. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 25(3): 329-346.

Winchester, J.H. y Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology. 20: 325-343.

Recibido: 13 de septiembre, 2002

Aceptado: 7 de julio, 2004