

PETROLOGÍA

LOS BASALTOS ALCALINOS EOCENOS DE PIEDRA PARADA, CHUBUT

ARAGÓN, E.* , CASTRO, A.** , OTAMENDI, J.*** , CAVAROZZI, C.**** , AGUILERA, E.***** , RIBOT, A.*****

* UNLP-CONICET. e-mail: earagon@cig.museo.unlp.edu.ar

** Universidad de Huelva, España. e-mail: dorado@uhu.es

*** CONICET-UNRC. e-mail: jotamendi@exa.unrc.edu.ar

**** UNLP. e-mail: cavarozzi@cig.museo.unlp.edu.ar

***** UNLP-DAIS. e-mail: aguilera@dais.mosp.gba.gov.ar

***** UNLP.-LEMIT. e-mail: aribot@fcnym.unlp.edu.ar

ABSTRACT

In the extra-Andean Northern Patagonia area of Piedra Parada, Chubut Province, new Eocene alkali basalts interbedded with calc-alkaline andesites and rhyolites of the Volcanic-Pyroclastic Río Chubut Medio Complex are described. The basalts are hawaiites and mugearites. The chemical signatures of these basalts have strong OIB like chemical affinities ($La/Ba > 0,05$ and $Ba/Nb < 31$) and relatively depleted isotopically signatures ($\epsilon Nd = +1,32$ y $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,70417$).

Palabras clave: Basaltos patagónicos – Eoceno – isótopos – elementos traza

Keywords: Patagonia basalts – Eocene – isotope – trace elements

INTRODUCCIÓN

La región de Piedra Parada en la provincia de Chubut, registra una profusa actividad volcánica de edad Paleógena. Dado el carácter esencialmente calcoalcalino de este magmatismo y su ubicación tan distante de la fosa de Chile y del eje del arco actual, dicho vulcanismo ha sido interpretado como la manifestación de la migración del arco magmático hacia el este (Rapela *et al.*, 1985, 1987), suponiendo un bajo ángulo de subducción que estaría relacionado al bajo ángulo de convergencia entre las placas de Farallón y Sudamericana señalado por Cande y Leslie (1986) para el Paleógeno entre la latitud 37°S y 44°S. Trabajos regionales y de detalle de esta región (Petersen, 1946, Volkheimer y Lage, 1981, Aragón y Mazzoni, 1997) han permitido mapear y establecer entre Gualjaina y Paso del Sapo, el Complejo Volcánico Piroclástico del río Chubut medio (CVPRCHM, Aragón y Mazzoni, 1997), de edad Paleoceno superior al Eoceno Medio, y que pertenecen a los diferentes estadios del desarrollo de una caldera de 25 kilómetros de diámetro. Dentro de este complejo se han reconocido al menos 12 unidades

volcánicas, subvolcánicas y piroclásticas. Este vulcanismo fue descrito como bimodal, con el desarrollo de series subalcalinas en todas sus etapas de desarrollo, con predominio de las Series Calcoalcalinas que conforman el desarrollo de la caldera, el plateau ignimbrítico y los domos de intracaldera (Aragón y Mazzoni, 1987; Aragón *et al.*, 2001, 2004b), y basaltos toleíticos muy subordinados (Aragón *et al.*, 2004a), describiendo tan sólo en los estadios finales de las Andesitas Huancache (Eoceno medio) una tendencia hacia términos de afinidad alcalina.

En trabajos recientes (Aragón *et al.*, 2005), se detectó una secuencia basáltica alcalina intercalada en los sedimentos volcánoclasticos del relleno de la caldera. Dichos afloramientos cubren unos 4 km², y se ubican en el sector oeste del interior de la caldera.

La presente contribución tiene por objetivo describir el hallazgo de nuevos términos basálticos alcalinos de edad Eocena, que forman parte de las etapas tardías del CVPRCHM, con una distribución regional que excede los 40 km de recorrido y que cubren unos 150 km² de superficie, poniendo de manifiesto así, que la participación de la serie alcalina es un elemento

nuevo e importante a considerar en la evolución del CVPRCHM.

RELACIONES GEOLÓGICAS DE LOS BASALTOS ALCALINOS

En el ámbito de intracaldera del CVPRCHM, Aragón *et al.* (2001 y 2004a) describen dos unidades con composición andesítico-basáltica, el Etmolito Florentina y las Andesitas Estrechura. El Etmolito Florentina es de naturaleza calcoalcalina y está vinculado en carácter comagmático con los Vitrófiros Buitrera (domos vitrofíricos) (Aragón *et al.*, 2004b). En tanto que, las Andesitas Estrechura son de naturaleza toleítica transicional (Aragón *et al.*, 2004a), tienen una edad mínima K/Ar Eocena temprana de $47,2 \pm 1,7$ Ma (Mazzoni *et al.*, 1991), y se disponen por encima de los domos vitrofíricos mediante una discordancia erosiva. Por otra parte, Aragón *et al.* (2005) señalan que frente a las Andesitas Estrechura, sobre la margen norte del río Chubut aflora una secuencia de coladas basálticas alcalinas (de unos 4 km² de afloramiento) que están por debajo de la Riolita Zeballos cuya edad mínima K/Ar es de $50,9 \pm 1,6$ Ma (Mazzoni *et al.*, 1991). Todo este conjunto de unidades están intercaladas en las Tufolitas Laguna del Hunco.

Fuera del ámbito de la caldera, sobre su margen este, se ha realizado el hallazgo de nuevos afloramientos de basaltos alcalinos. Estos basaltos alcalinos se extienden en dirección sur-este por unos 40 kilómetros desde las proximidades de la Laguna Fría, observándose distintas relaciones estratigráficas en su recorrido. En el área de Laguna Fría, las coladas basálticas alcalinas rellenan paleocausas labrados en el plateau ignimbrítico de la Ignimbrita Barda Colorada. En su recorrido hacia el sur-este, aparece sobreyaciendo mediante discordancia erosiva sobre las limonitas de la Formación Lefipan del Daniano-Maastrichtiano y luego sobre las areniscas de la Formación Paso del Sapo del Cretácico superior. Dado el carácter friable de las fangolitas de la Formación Lefipan, y la tenacidad de los basaltos, se produce una inversión de relieve. Una datación ⁴⁰Ar/³⁹Ar de estos basaltos alcalinos en la localidad de Laguna Fría da $47,89 \pm 1,21$ Ma (Gosses *et al.*, 2006), lo que permite correlacionar a estos basaltos alcalinos con los basaltos alcalinos Eocenos descritos por Aragón *et al.* (2005) en el ámbito de intracaldera,

y poder mantener así a estos basaltos alcalinos como una unidad más del CVPRCHM.

El marco tectónico que acompaña el magmatismo del CVPRCHM, es extensional durante el Paleógeno, registrándose la inversión tectónica recién en el Mioceno medio a superior (Giacosa y Marquez, 1999), pero que contrariamente a lo esperado va acompañado de un fuerte levantamiento regional, que queda evidenciado en el área de estudio por la yacencia del CVPRCHM sobre depósitos marinos de edad Daniana (Fm Lefipan) con arrecifes coralinos (Kiesling *et al.*, 2005) y depósitos transicionales de la Fm Paso del Sapo del Cretácico superior, mediante una discordancia erosiva regional.

COMPOSICIÓN DE LOS BASALTOS ALCALINOS

Los estudios geoquímicos se llevaron a cabo sobre muestras seleccionadas por su escasa alteración. Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios Alex Stewart Argentina por el método ICP-MA para elementos mayoritarios y trazas. Los análisis Isotópicos se realizaron en los laboratorios de la Universidad de Granada, España.

La composición de estos basaltos alcalinos de edad Eocena es de traquibasaltos y traquiandesitas basálticas con nefelina normativas (Fig. 2 A), con una relación $\text{Na}_2\text{O} - 2 > \text{K}_2\text{O}$ (Fig. 2 B), lo que permite clasificarlos como hawaitas y mugeritas de naturaleza débilmente alcalina para los basaltos del C° Zeballos (con 0,3 a 6 % de nefelina normativa), a fuertemente alcalina para los basaltos de Laguna Fría (con 2 a 7 % de nefelina normativa) que se intercalan con escasos basaltos transicionales que llegan a tener hasta 2,5 % de hipersteno normativo junto a la olivina normativa.

Por su parte, los elementos traza como el Ba y Nb (Fig. 3 A) muestran una gran afinidad con relaciones de tipo OIB, tales como relaciones $\text{La/Ba} > 0,05$ cuando las relaciones de Arco son $\text{La/Ba} < 0,05$. También esto se puede observar en la relación $\text{Ba/Nb} < 31$ de los basaltos, dado que los basaltos de Arco tienen valores $\text{Ba/Nb} > 31$, en tanto que las relaciones isotópicas iniciales $\epsilon\text{Nd} = +1,32$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70417$ (Tabla 1, Fig. 3 B), reflejan una fuente mantélica primitiva, y muestran mejor correspondencia con las relaciones isotópicas más evolucionadas del

Plateau de Somuncura, que con los basaltos de plateau de Posadas.

CONSIDERACIONES FINALES

Los basaltos alcalinos aquí descriptos fueron mapeados como Andedesita Estrechura por Aragón y Mazzoni (1997), debido a que en gran medida estos basaltos de escaso microporfirismo se encuentran intercalados con las vulcanitas calcoalcalinas del CVPRCHM. Debido a su escaso porfirismo, la única manera de reconocer su carácter alcalino es mediante el análisis químico y cálculo de los componentes normativos que revelan la presencia de nefelina Normativa.

Por otra parte, ya en el trabajo de Kay y Rapela (1987) se señaló que los basaltos del vulcanismo Paleógeno del cinturón volcánico de Pilcaniyeu, mostraban cierta afinidad con los basaltos de tipo OIB. En forma más clara, para el Oligoceno se consolida en toda la región desde el cinturón magmático de la costa en Chile, hasta la meseta de Somuncura en el extremo este de Argentina, un vulcanismo extensional con afinidades composicionales tanto de tipo OIB como de Arco (Muñoz et al, 2000, Kay *et al.*, 2004), al que interpretan como la incorporación de fuentes magmáticas astenosféricas a los magmas litosféricos generados por procesos de Arco previos a la extensión, o a una pluma respectivamente.

De lo expuesto, estos nuevos datos de basaltos alcalinos de afinidad OIB, intercalados en la secuencia calcoalcalina del cinturón Eoceno de Pilcaniyeu, sugieren que el proceso de aporte astenosférico sobre un área previamente sometida a subducción, pudo haberse iniciado ya en el Eoceno inferior, en las secuencias que se daban hasta ahora como de Arco.

Agradecimientos: este trabajo se realizó dentro del subsidio PIP 5080 del CONICET, y del proyecto CGL2007-63237/BTE del Ministerio de Ciencia e Innovación Español.

BIBLIOGRAFÍA

Aragón E., y M.M. Mazzoni. 1987, Caracterización Geoquímica de la Ignimbrita Barda Colorada en el río Chubut Medio, Argentina. En: X Congreso Geológico

Argentino, International Symposium on Andean Volcanism, Acta IV, pgs 171-173.

Aragón E., y Mazzoni M., 1997. Geología y estratigrafía del complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio, Chubut, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (3): 243-256.

Aragón E., Aguilera Y., González, P.D., Gómez Peral L., Cavarozzi C., y Ribot A., 2001. El intrusivo Florentina del Complejo Volcánico Piroclástico del Río Chubut medio: un ejemplo de Etmolito o embudo. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 56 (2) 161-172.

Aragón E., Aguilera Y., Consoli, V., Cavarozzi C.E., y Ribot A., 2004a. Las Andesitas Estrechura del Complejo Volcánico Piroclástico del Río Chubut medio (Paleoceno-Eoceno medio). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (4) 619-633.

Aragón E., González, P.D., Aguilera Y., Marquetti, C., Cavarozzi C.E., y Ribot A., 2004b. El domo vitrofórico Escuela Piedra Parada del Complejo volcánico piroclástico del río Chubut Medio. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (4) 634-642.

Aragón, E., Cavarozzi, C.E., Aguilera, Y.E. y Ribot A. 2005. Basaltos Alcalinos en el Complejo Volcánico-Piroclástico del Río Chubut medio. Actas XVI Congreso Geológico Argentino. Tomo 1: 485-486.

Cande S.C., y Leslie R.B., 1986. Late Cenozoic tectonics o the Southern Chile trench. Journal of Geophysical Research 91: B1 p 471-496

Fitton, G., Dodie, J., and Leeman, W.P., 1991. Basic Magmatism Associated with late Cenozoic Extension in the Western United States: Compositional variations in space and time. Journal of Geophysical Research, 96 N° B8: 13,693-13,711.

Giacosa R.E, y Márquez, M.J., 1999. Jurásico y Cretácico de la Cordillera Patagónica Septentrional y Precordillera Patagónica. Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina., Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires. Anales 29, 444-459.

Gosses, J., Carroll, A., Aragón, E., and Singer, B., 2006. The Laguna del Huco Formation: Lacustrine and sub-aerial caldera fill, Chubut Province, Argentina – GSA Abstract: October meeting.

Irvine, T. y Baragar, W., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8: 523-548.

Kay, S.M., y Rapela, C.W., 1987. El volcanismo del Terciario inferior y medio en los Andes Norpatagónicos (40°-42° 30'S): Origen de los magmas y su relación con variaciones en la oblicuidad de la zona de subducción. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas, 4: 192-194.

Kay, S.M., Gorrington, M., Ramos, V., 2004. Magmatic sources, setting and causes of Eocene to recent Patagonian plateau magmatism (36°S to 52°S latitude). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4):556-568.

Kiessling Wolfgang, Eugenio Aragón, Roberto Scasso, Martín Aberhan, Jürgen Kriwet, Francisco Medina, Diego Fracchia., 2005. Massive corals in Paleocene siliciclastic sediments of Chubut (Patagonia, Argentina). *En: Facies* 51: 233-241.

Le Maitre, R., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A. Schmid, J., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., and Zanettin. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Eds. Blackwell Scientific Publications, London.

Mazzoni, M., Kawashita, K., Harrison S. y Aragón E., 1991. Edades radiométricas eocenas en el borde occidental del Macizo Norpatagónico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 46 (1-2):150-158.

Muñoz, J., Troncoso, R., Duhart, P., Crignola, P., Farmer, L., and Stern, C.R., 2000. The Mid-Tertiary coastal magmatic belt in south-central Chile (36°-43°S): its relation to crustal extension, mantle upwelling, and the late Oligocene increase in the rate of oceanic plate subduction beneath South America, *Revista Geológica de Chile* 27(2): 177-203.

Petersen, C.S., 1946. Estudios geológicos en el río Chubut medio. *Boletín de la Dirección General de Minería y Geología*, 59:1-137, Buenos Aires.

Rapela, C.W., L.J. Spalletti, J.C. Merodio. Y E. Aragón. 1985, The Paleogene Cordilleran Series of the Patagonian Volcanic Province. *En: Comunicaciones*, N 35, pgs. 197-199, Universidad de Chile.

Rapela, C.W., L. Spalletti, J.C. Merodio, y E. Aragón. 1987, Temporal evolution and spatial

variation of the lower tertiary andean volcanism (40-42 30'S). *En: Symposium on Magmatism and evolution of the Andes. Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 1 pgs 1-14.

Volkheimer, W., y Lage, J., 1981. Descripción geológica de la Hoja 42c Cerro Mirador, Provincia el Chubut. *Boletín Servicio Geológico Nacional*, 181: 1-71, Buenos Aires

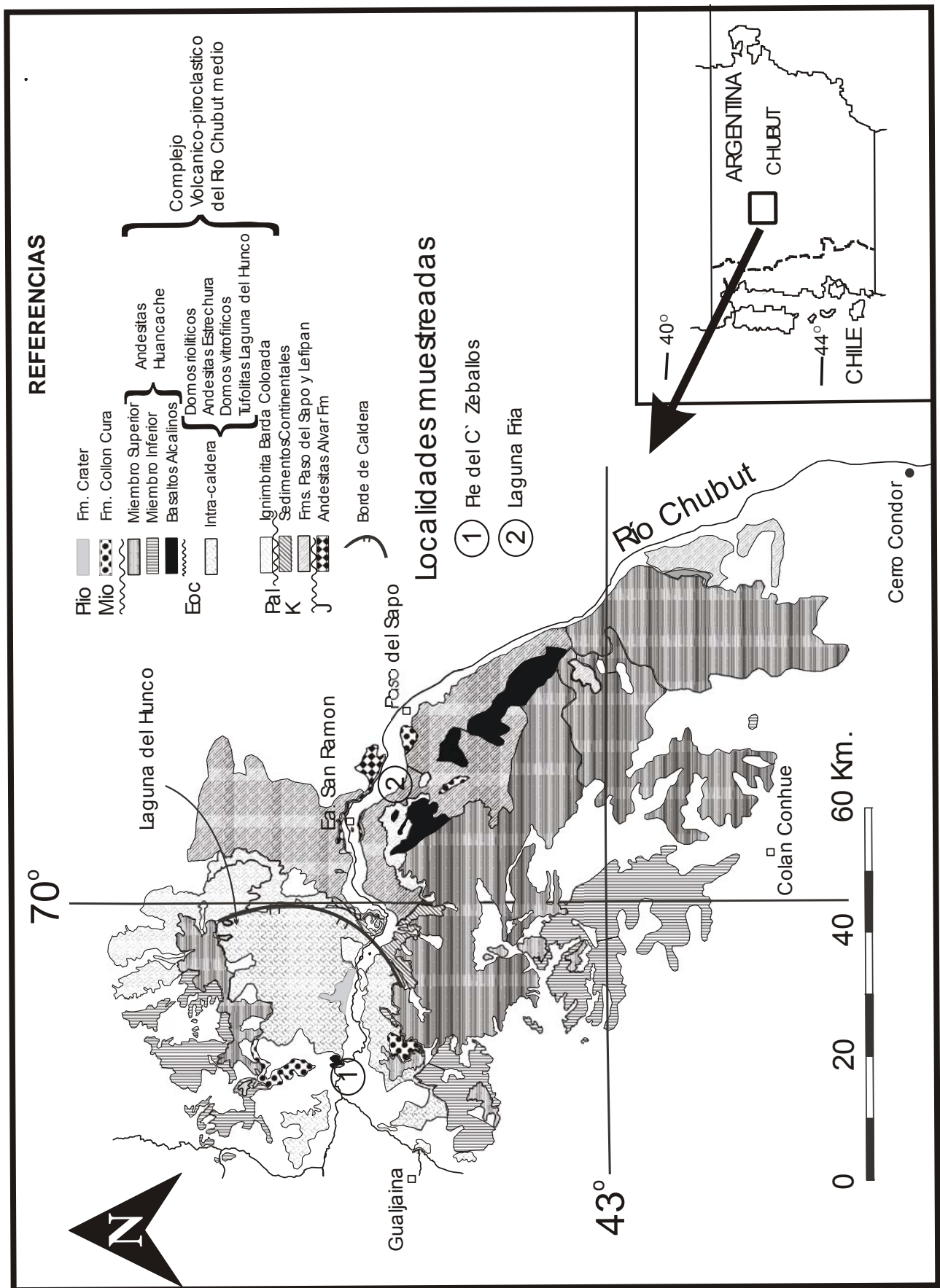


Figura 1.- Plano de ubicación y geológico de los basaltos alcalinos Eocenos del Complejo Volcánico-Piroclástico del Río Chubut Medio.

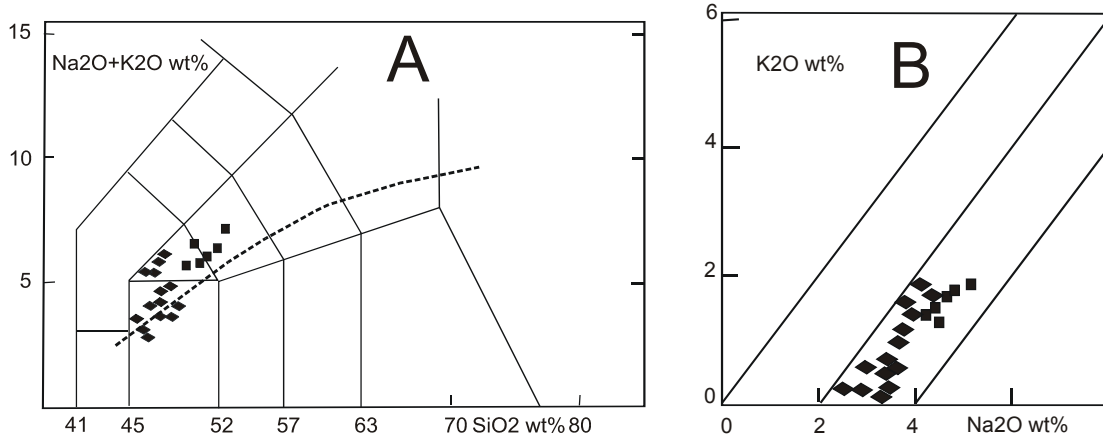


Figura 2.- A) Diagrama de clasificación TAS (conforme Le Maitre 1989), óxidos en base anhidra. La línea cortada señala el límite entre los campos alcalino y subalcalino conforme Irvine y Baragar (1971) B) Relaciones entre álcalis. Cuadrados rellenos pertenecen a la base del C° Zeballos, Rombos rellenos pertenecen al perfil de Laguna Fría, conforme Aragón *et al.* 2005.

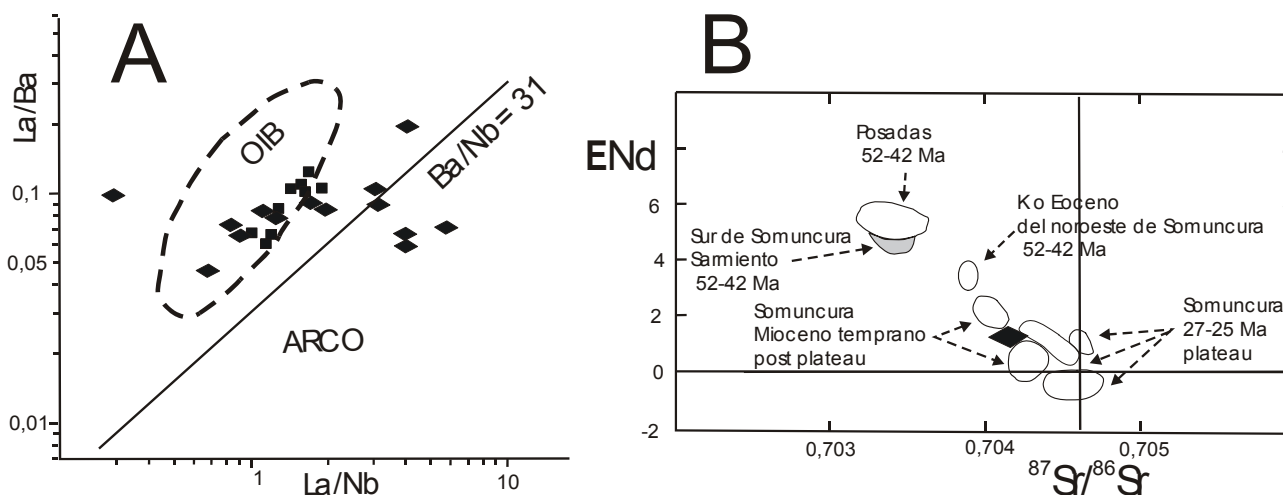


Figura 3.- A) Diagrama discriminatorio La/Ba versus La/Nb conforme Fitton *et al.* (1991) que separa rocas con afinidad OIB de rocas con afinidad de Arco. B) Diagrama ϵNd versus ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, en el que se compara una muestra de los basaltos alcalinos Eocenos de Piedra Parada con otros basaltos Eocenos de Chubut y con los basaltos Oligocenos-Miocenos de la meseta de Somuncura conforme el trabajo de Kay *et al.* 2004 y los trabajos allí citados. Las referencias son iguales que las de la Fig.2.

Muestra	Edad	Rb	Sr	Rb/Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (0)	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (t)
CV1-1	48	19,59	316	0,061904	0,179	0,704292	0,70417

Muestra	Edad	Sm	Nd	Sm/Nd	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(0)	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(t)	E(Nd)(t)
CV1-1	48	2,24	6,83	0,327390	0,197089	0,512706	0,512644	1,32

Tabla 1: Relaciones Isotópicas de los basaltos alcalinos Eocenos de Piedra Parada