

# Basaltos alcalinos en el Triásico de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión, provincias de La Rioja y San Juan

S. PAGE, C.O. LIMARINO y A. CASELLI

*Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, 1428 Buenos Aires*

**ABSTRACT.** *Triassic alkaline basalts of the Ischigualasto-Villa Unión basin, La Rioja and San Juan provinces. The Ischigualasto-Villa Unión basin developed as a consequence of processes taking place at the transition between Sierras Pampeanas and Precordillera, together with the Gondwana extension and ultimate break-up since the Upper Palaeozoic-Triassic (Lower Jurassic ?). In the Ischigualasto region the basin is characterized by accumulations of continental sediments and contemporaneous mafic magmatic rocks. This paper presents data on the basalts and trachytes, which are alkaline rocks of the basalt-trachybasalt-trachyte series. Petrology indicates high pressure and temperature involving the fractionation of olivine, magnetite (Ti-magnetite), ilmenite, cpx, Ca feldspar and apatite. Flows were extruded through fracture-related vents and/or monogenetic volcanoes constructed of piles of thick and viscous lavas. These rocks seem to correspond and are interpreted as being the product of fast magmatic ascent and subsequent intrusion or flow. Temporary storage in smaller chambers at intermediate depth could have been the mechanism for the differentiation process.*

## Introducción

Previo a su ruptura en el Cretácico el continente del Gondwana fue afectado desde el Pérmico tardío por procesos extensivos. Los mismos fueron responsables de la formación de numerosas cuencas en el borde occidental del continente (Rolleri y Criado Roque 1968; Criado Roque *et al.* 1981; Uliana y Biddle 1988; Ramos 1988; Uliana *et al.* 1989; Baraldo *et al.* 1990; Ramos y Kay 1991). Por ser portadoras de hidrocarburos, aunque efímeras, muchas de ellas han sido estudiadas en forma exhaustiva. La Cuenca de Ischigualasto - Villa Unión en particular es una de las regiones clásicas de ambientes de depositación continental y basaltos intercalados. Recientemente esta cuenca fue descrita por Milana y Alcober (1994) como un hemigraben desarrollado sobre una corteza altamente estructurada.

Los basaltos objeto de estudio están ubicados en el borde de la Sierras Pampeanas occidentales, aproximadamente entre los 68° - 67°15' long. O y 29° 30' - 30° 30' lat. S (Fig. 1), en la región comprendida entre éstas y la Precordillera, en la provincia de La Rioja. El área se caracteriza por el desarrollo de una importante sedimentación continental (principalmente fluvio-lacustre) y la existencia de rocas eruptivas

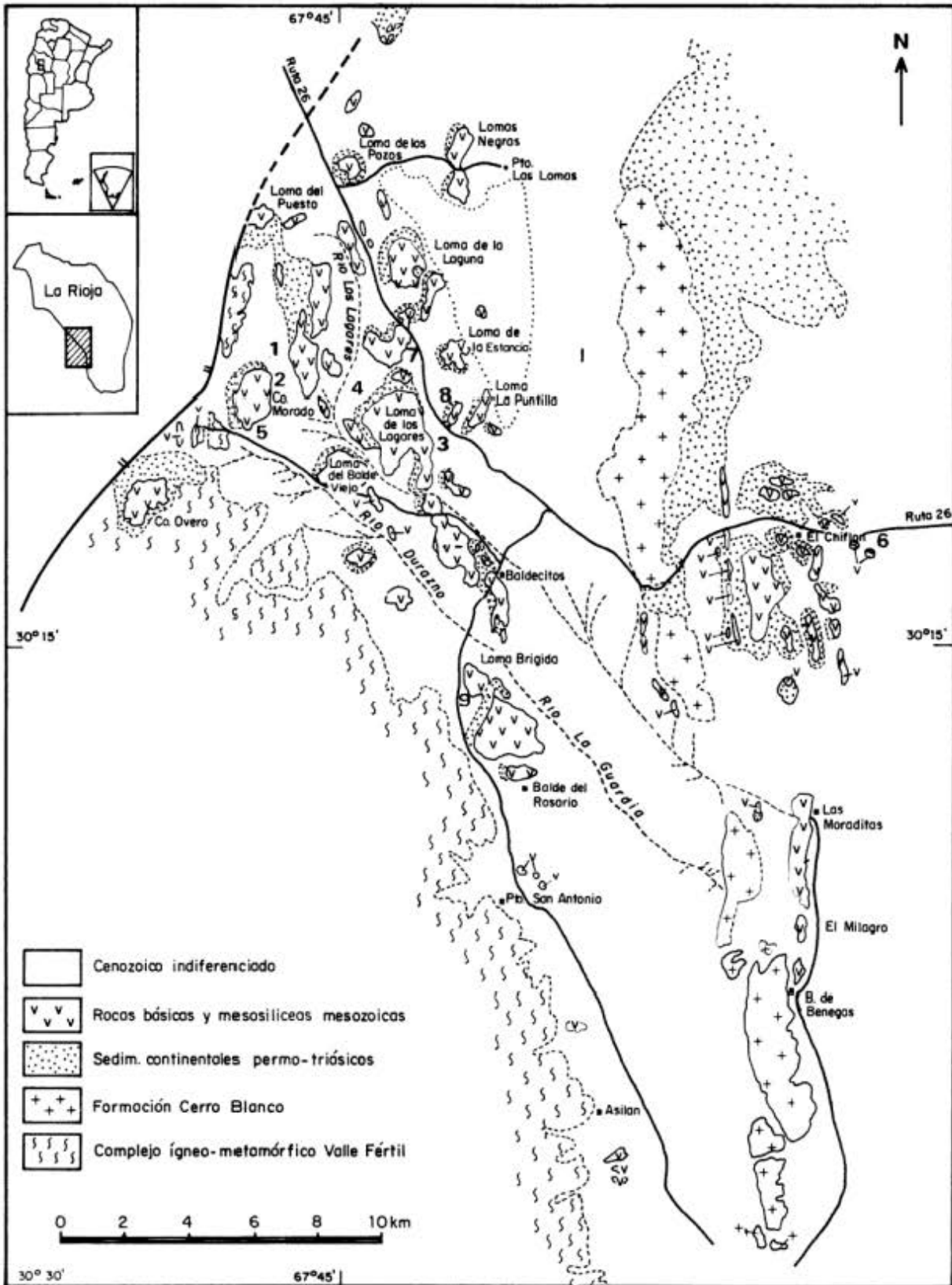
asociadas. Las rocas volcánicas cubren y están intercaladas en los sedimentos de edad triásica y si bien las exposiciones son buenas el área se encuentra muy erosionada.

Las estructuras dominantes resultan de una reactivación durante el período extensional de viejos lineamientos paleozoicos (Uliana *et al.* 1989; Ramos y Kay 1991; Ramos 1993). El área corresponde a un dominio de intraplaca continental, sometida a esfuerzos transtensivos que habrían producido lineamientos NO-SE y sus conjugados NE-SO con la consiguiente formación de cuencas de sedimentación. Aparentemente el conjunto indica que el ambiente extensional desarrollado durante este período no se prolongó más allá del Jurásico ya que no hay registros más jóvenes.

El objetivo de esta contribución es la de caracterizar el volcanismo generado en este ambiente a través de la petrología y geoquímica del mismo.

## Geología regional

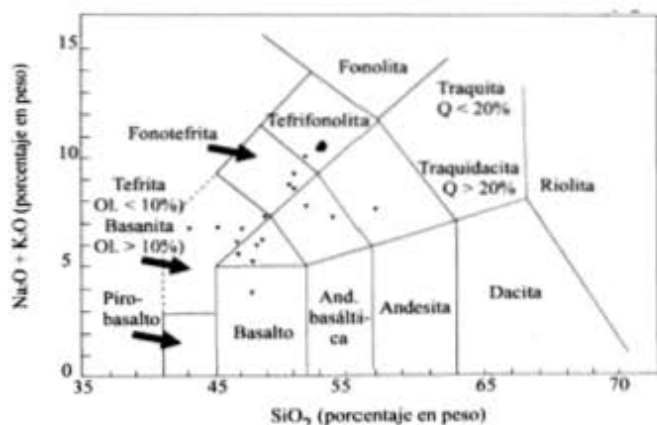
En la Figura 1 se esquematiza la geología de la región. El basamento local está constituido por las



**Figura 1:** Mapa geológico simplificado del área estudiada mostrando los principales afloramientos de volcanitas. Referencias de los sitios de muestreo; 1, cerro Morado (colada); 2, noreste cerro Morado (colada); 3, cerro Lagares (colada); 4, cerro Lagares (dique); 5, cerro Morado (colada); 6, El Chiflón (dique); 7, loma de la Laguna (colada, muestra 205 en las figuras 4 y 5); 8, loma de La Puntilla (flujo, muestra 206 en las figuras 4 y 5) y 9, loma Brigida (flujo muestra 208 en figuras 4 y 5).

rocas pertenecientes al Complejo Igneo Metamórfico Valle Fértil (Bossi 1971) asignable al Precámbrico y los granitoides que conforman los extensos afloramientos de la Formación Cerro Blanco (Bossi y Herbst 1968) asignada al Devónico inferior-medio. Sobre granitos erosionados de la Formación Cerro Blanco se apoya la Formación Talampaya (Romer y Jensen 1966). En el área estudiada esta unidad se inicia con conglomerados gruesos y brechas, correspondientes a facies de abanicos aluviales, seguida por sedimentitas más finas, principalmente areniscas y pelitas correspondientes a flujos efímeros y barreales. La secuencia culmina con la depositación de areniscas conglomerádicas pertenecientes a sistemas fluviales entrelazados (Caselli *et al.* 1995). En discordancia erosiva se apoya la Formación Tarjados, compuesta por areniscas (desde gruesas a finas), conglomerados, tobas arenosas y tobas (Caselli *et al.* 1995). Sobre esta entidad sobreyace en discordancia erosiva la Formación Lomas Blancas (Bossi y Herbst 1968), en la región de La Torre, y la Formación Chañares (Romer y Jensen 1966) en el sector cercano a la Hoyada de Ischigualasto. La primera se compone fundamentalmente de areniscas y pelitas correspondientes a depósitos fluviales en la base, que gradan a facies lacustres y deltaicas (Guirín *et al.* 1994). La segunda está formada por conglomerados, arenas finas limosas, tobas y chonitas. Probablemente durante el Triásico temprano se iniciaron los derrames e intrusiones someras de las volcanitas alcalinas objeto de este trabajo, prolongándose la actividad ígnea con toda seguridad hasta fines del triásico medio.

Según Milana y Alcober (1994), la cuenca Ischigualasto-Villa Unión se comportó como un hemigraben con su falla principal localizada en coincidencia con el lineamiento de Valle Fértil. Estos autores reconocieron cuatro tecto-secuencias principales, las que representan dos etapas de rifting y dos



**Figura 2:** Ubicación de las volcanitas de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión en el diagrama de clasificación de rocas volcánicas (TAS), Le Maitre con recomendaciones de IUGS (1989).

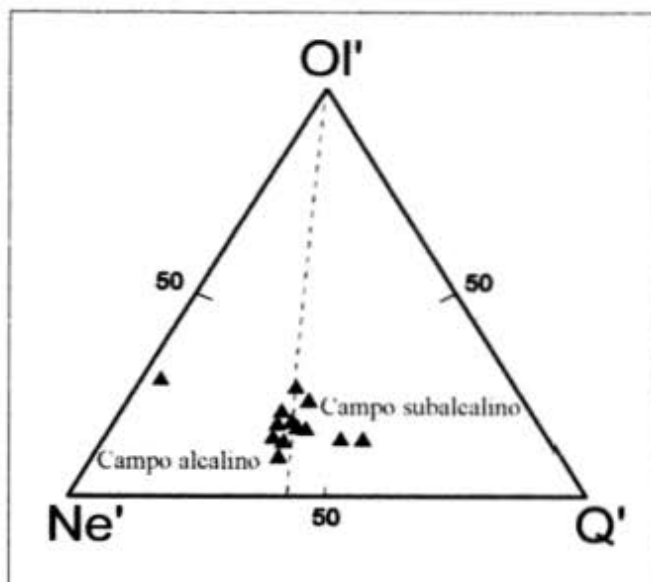
correspondientes a etapas de posrift. La primer secuencia de sinrift está materializada en las Formaciones Talampaya y Tarjados, mientras que la segunda secuencia comprende al conjunto de las Formaciones Ischichuca y Chañares.

### La serie eruptiva

Desde un punto de vista descriptivo y de acuerdo a las formas en que se presentan, las rocas analizadas en este trabajo constituyen tres grupos:

1. Los productos de derrames lávicos que parecen haberse producido a través de fisuras, actualmente marcados por cicatrices de material lávico y a través de volcanes monogénicos construidos con flujos espesos y viscosos. Los remanentes preservados permiten inferir que hubo derrames del tipo *flood plain* de gran extensión areal y poco espesor. Se caracterizan por sus texturas de tamaño de grano muy fino, son comunes las vesículas y las amigdalas con alvéolos rellenos por calcita y menos comúnmente sílice, ceolitas o cloritas. Estas rocas se asocian a brechas muy oxidadas formadas por la misma lava, extremadamente viscosa al fluir. Los clastos que componen estas brechas son del mismo material lávico. En algunos lugares se observan efectos térmicos en la base de la colada, o bien depósitos característicos en el techo de la misma. Es frecuente que se encuentran vinculadas a una actividad deutérica y/o hidrotermal importante enriquecida en  $\text{CO}_2$ , que reemplaza total o parcialmente los minerales primarios.

2. El segundo grupo corresponde a las rocas



**Figura 3:** Ubicación de las muestras estudiadas en la proyección del tetraedro basáltico en el diagrama ternario Ol-Ne-Qz, de acuerdo a Irvine y Baragar (1971).

emplazadas como filones capa o cuerpos tabulares concordantes, a veces interestratificados con las rocas sedimentarias que los alojan. Texturalmente son granosas finas a medias, en las cuales se pueden identificar cristales de minerales. Predominan las texturas ofíticas y subofíticas características de emplazamientos someros.

3. El tercer grupo corresponde a diques verticales, los que presentan tanto texturas finas como gruesas, interpretados como los canales de alimentación de los derrames o de los filones.

Todas las rocas mencionadas poseen composiciones básicas o intermedias; muchas de ellas se presentan frescas pero otras tantas se encuentran con distintos grados de alteración. Los productos más comunes son carbonatos (calcita) y en menor proporción ceolitas, cloritas, arcillas y ópalo, calcedonia o cuarzo. La abundancia de carbonatos en estas rocas está asociada a una fase tardía o post-magmática que constituye una confirmación de la abundancia y disponibilidad de  $\text{CO}_2$  en el magma.

#### Mineralogía y texturas de los basaltos y cuerpos intrusivos

Se trata de rocas con variaciones texturales que indican diferentes condiciones de cristalización. Están formadas por fenocristales de olivina, mineral que fue observado en todas las rocas. Se encuentra fresca o reemplazada total o parcialmente por asociaciones pseudomorfas de arcillas y cloritas a veces con iddingsita. El piroxeno es un clinopiroxeno rico en calcio, predomina la augita-augita titanada; en muchas rocas este mineral es un constituyente frecuente como fenocristal y en la pasta (cristales zonales y a veces cribados), en otras rocas se lo encuentra únicamente como constituyente de la pasta y en muy escasa proporción. El feldespato más común es labradorita o una variedad algo más sódica; se observa en cristales tabulares maclados, en unas pocas rocas se identifican núcleos más cálcicos relictivos a partir de los cuales se generó un nuevo feldespato. Unas pocas rocas no tienen plagioclasa, éstas poseen en cambio una mesostasis de feldespatoide muy difícil de clasificar. Unas pocas rocas tienen anfíbol, corresponde a una variedad muy coloreada y pleocroica en tonos pardo rojizos (kaersutita?). Hay abundante magnetita como granos anhedrales o bien pequeños cristales de forma cuadrada en ocasiones reemplazados por hematita. En todas las rocas hay apatita, magnetita e ilmenita en proporciones variables, en cantidades menores hay feldespato alcalino como accesorio.

En general las lavas con texturas muy finas son las rocas con mayor grado de alteración, caracterizada por la formación de carbonatos y óxidos de hierro (hematita) y en menor proporción ceolitas.

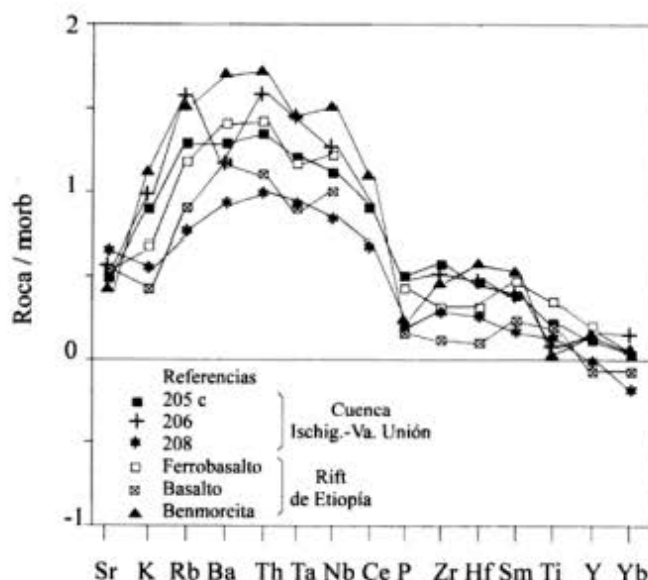
**Traquibasaltos y traquitas:** Corresponden a derrames caracterizados por plagioclasa de composición intermedia y feldespato alcalino, ambos minerales constituyen la especie dominante en ellas. En algunas variedades se observan diminutos cristales de olivina fresca o reemplazada por pseudomorfos. El clinopiroxeno (augita, egrina-augita) puede encontrarse como pequeños fenocristales, como diminutos granos en la pasta o bien estar ausente en la roca. Los accesorios comunes son apatita, magnetita e ilmenita.

#### Geoquímica

Se ha analizado el contenido en elementos mayores, trazas y tierras raras de muestras, seleccionadas por su representatividad y mayor frescura relativa. Los análisis químicos fueron realizados en los laboratorios de Activation Lab de Canadá.

Estas rocas presentan contenidos de sílice que varían entre 43 y 57%, con altos valores relativos de  $\text{FeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{TiO}_2$ ; enriquecimientos en Cs, Rb, Ba, Nb, Zr, U, Th y las REE con excepción de Yb e Y, que se muestran empobrecidas en relación a composiciones MORB o condriticas.

Se trata de una asociación alcalina con un amplio rango composicional (Fig. 2). De esta forma incluye traquibasaltos, tefritas, fonotefritas, traquiandesitas basálticas y en menor medida basaltos, traquiandesitas y tefrifonolitas. Los gráficos de variación en función de minerales normativos  $\text{Ne}'$ ,  $\text{Ol}'$  y  $\text{Q}'$  (Fig. 3) muestran una disposición preferente en el campo de



**Figura 4:** Diagrama de elementos traza normalizados a MORB para tres muestras seleccionadas de volcanitas triásicas de la Cuenca Ischigualasto-Villa Unión. Se proyectan, a modo de comparación, un ferrobasalto, un basalto y una benmoreita provenientes del rift de Etiopía (Africa).

las rocas alcalinas y unos pocos valores en el campo de las rocas subalcalinas. Como la línea central mostrada en la Figura 3 en realidad constituye una barrera térmica y no es posible atravesarla en el curso de la cristalización de un fundido, la única posibilidad de explicar esta configuración es la de tener al menos dos fundidos de aspecto similar y diferente comportamiento termodinámico (Mc Birney 1984). Muchas de estas rocas se encuentran muy oxidadas, por ello los valores de  $Fe_2O_3$  son anormalmente altos y si bien fueron utilizados previa corrección de este óxido según Irvine y Baragar (1971), permanecen lo suficientemente altos como para enmascarar la presencia y/o la cantidad de Ne normativa y distorsionar el diagrama Ne', Ol' y Q'. Sin embargo se considera que hay suficientes elementos aportados por la petrografía y la química como para sustentar con validez al menos dos fundidos basálticos. Estos fundidos de origen común representan diferentes grados de fusión en el manto, lo que les confiere características distintivas y la posibilidad de evolucionar en forma independiente.

El diagrama de elementos traza normalizados a MORB (Fig. 4), permite observar que los elementos más compatibles como Y e Yb no muestran enriquecimiento en relación al MORB pero en cambio los incompatibles como Ba, Th, Ta y Nb se muestran muy enriquecidos. Este enriquecimiento está directamente relacionado a la naturaleza de la litósfera involucrada y a procesos en el manto litosférico, como actividad de fluidos asociados, por ejemplo  $CO_2$ . Este diseño es característico de ambientes de extensión, continental o marino (Pearce 1983). En la Figura 4 se han indicado, a modo de comparación, tres rocas representativas de ambiente de rift continental (Rift de Etiopía).

El diagrama de REE (Fig. 5), asociado al bajo n° de Mg, abundancia de elementos incompatibles como Na y los trazas, nos estaría indicando un bajo grado de fusión. En esta configuración el granate permaneció en la fuente como fase estable es decir no colaboró en la formación del fundido.

Las concentraciones de Ba (158-330) reflejan un probable enriquecimiento. Las relaciones Ba/La (10.72-8.06), Nb/Zr (0.13-0.21) y Rb/Zr (0.06-0.25) muestran variaciones que estarían indicando cierto grado de enriquecimiento en la generación de estas rocas, diferentes fuentes magmáticas, o ambas; otras relaciones como Ce/Zr (0.23-0.25), La/Zr (0.11) se mantienen constantes, incluso en rocas con distintos grados de diferenciación, lo que señalaría una evolución controlada por fraccionamiento y un origen común. Las variaciones en las concentraciones de elementos incompatibles puede interpretarse como variaciones en los porcentajes de fusión del manto.

La relación entre los óxidos de los elementos con  $SiO_2$  muestran una gran variabilidad; esto podría indicar

contaminación cortical, fracciones de fundido originadas a distintas presiones ó distintos grados o fuentes de fusión parcial, o uno o más de estos procesos combinados.

De lo expuesto a través de la información química se interpreta que estas rocas se originaron a partir de una fuente común, que generó porciones de fundidos con distintos grados de fusión. La variabilidad de ciertos elementos observada en algunas rocas es la expresión de cierto grado de variación en la composición global, lo que determinó una segunda serie con características particulares hipersteno normativa. En algunas localidades las rocas muestran evidencias de cristalización fraccionada.

El grado de fusión debió irse incrementando con el tiempo en forma simultánea al mayor volumen de material producido por lo que debe haber una relación en función del mismo: rocas más jóvenes menos alcalinas, por lo tanto más evolucionadas; todavía y sin un estrecho control cronológico esta afirmación no es posible de confirmar con la información disponible. Sin embargo es posible notar que las rocas aflorantes en los sectores más alejados de la cuenca o pertenecientes a los niveles inferiores de la secuencia son las menos evolucionadas y por lo tanto más fuertemente alcalinas, como las expuestas al norte del área estudiada en el paraje de La Represita (Azcuy y Morelli 1979).

En estas rocas es común la presencia de  $CO_2$ , en la forma de carbonatos, característica de una etapa postmagmática o tardío-magmática. Este es un constituyente estable e importante del manto por el grado de actividad y la posibilidad de combinarse con elementos litófilos. La solubilidad aumenta con la temperatura y la presión, por lo tanto se deduce una relativamente alta proporción de este gas en el fundido así como de fósforo y baja proporción de  $H_2O$ .

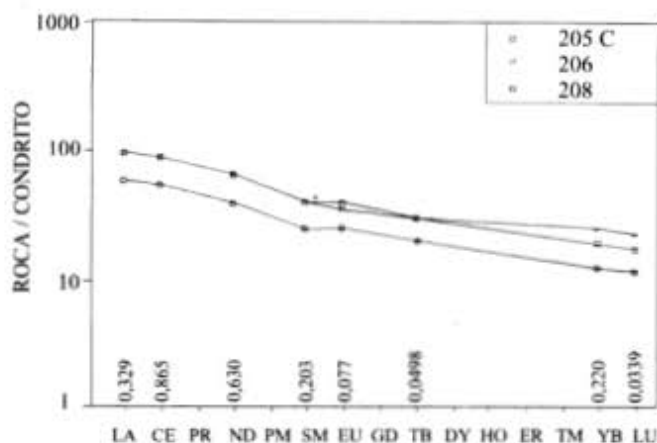


Figura 5: Diagrama de REE normalizados a condrito para las mismas muestras de la Figura 4. Los valores de normalización se indican en la figura.

## Discusión

La petrología indica que la serie se originó en condiciones de alta temperatura y alta presión involucrando la formación de olivina, magnetita (Ti-magnetita), ilmenita, clinopiroxeno, plagioclasa, feldespato alcalino y apatita.

A través de la información petrológica y química se sabe que están presentes al menos dos asociaciones magmáticas diferentes, ambas con un origen común pero producto de diferentes grados de fusión. Evolucionaron independientemente debido además a cierto grado de cristalización fraccionada. Las dos series se distinguen:

- La primera por su naturaleza pobre en Mg y Cr con abundante Fe y litófilos, lo que sugiere una fuente rica en clinopiroxeno. Son primitivos y representan un muy bajo grado de fusión.

- Los valores altos de Mg y Cr caracterizan la segunda serie. Está enriquecida además en litófilos. Si bien son de naturaleza primitiva el grado de fusión ha sido bajo.

Ambos grupos evidencian cierto grado de cristalización fraccionada.

De acuerdo con esto: los basaltos expuestos en La Torre, Salina de Bustos, en la ruta a Villa Unión entre otras, son de tipo alcalino nefelino normativas y las rocas expuestas en Loma Brígida, Los Baldecitos, entre otras son subalcalinas hipersteno normativas. Si bien ambas tienen un origen común y son petrográficamente alcalinas las segundas han evolucionado en forma independiente.

Los derrames e intrusiones más voluminosas se producen durante los períodos de mayor actividad tectónica, hay escasos registros previos y emisiones tardías no datadas aún. Las rocas aquí descritas se derramaron o intruyeron sobre fanglomerados y facies fluviales de alto régimen, areniscas con importante participación de material volcánico ácido, material que esta presente aún en las facies menos energéticas con una cuenca parcialmente colmatada. Corresponden con la primera etapas extensivas del rift.

Es factible que el estacionamiento de material basáltico en la corteza haya contribuido a la formación de cámaras diferenciadas, responsables de la generación de variedades de composiciones intermedias.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Susan Kay por la revisión crítica del manuscrito. Este trabajo fue financiado parcialmente por el Subsidio Ex: 69 de la Universidad de Buenos Aires.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Azcuy, C.L. y Morelli, J.R., 1979. Descripción Geológica de la Hoja 18e, Paganzo. Servicio Geológico Nacional, 91 páginas. Buenos Aires. (Inédito).
- Baraldo, J., Monetta A. y Soechting W., 1990. Triásico de San Juan. Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan. Actas 11° Congreso Geológico Argentino: 124-139. San Juan.
- Bossi, G.E., 1971. Análisis de la Cuenca de Ischigualasto-Ischichuca. Actas 1° Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, 2, 1: 611-626. Madrid-Lisboa.
- Bossi, G.E. y Herbst, R., 1968. Noticias sobre la geología de la zona de La Torre, provincia de La Rioja, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 23 (1): 45-55.
- Caselli, A., Guarino, M.M., Genovesi, L. y Limarino, C.O., 1995. Caracterización petrológica del relleno inicial de la cuenca Ischigualasto-Villa Unión en los alrededores de La Torre, Provincia de La Rioja. Actas Evolución tectosedimentaria de Cuencas de Antepaís, Resúmenes: 4. San Juan.
- Criado Roque, P., Momburá, C.A. y Ramos, V., 1981. Estructura e Interpretación Tectónica. Relatorio 8° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Luis: 155-192, San Luis.
- González, R.P. y Toselli, A., 1971. La Efusividad del Mesozoico Argentino y su Relación con Areas Sudamericanas. Anais do 25° Cong. Brasileiro de Geologia, 259-272. Brasil.
- Guirín, R.A., Limarino, C.O., Caselli, A.T., Net L. y Page S., 1994. Sedimentología de las facies lacustres de la Formación Lomas Blancas (Triásico medio, Cuenca Ischigualasto, Villa Unión). Actas 5° Reunión Argentina de Sedimentología, 307-312. S.M. Tucumán.
- Irvine, T.N. y Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal Earth Science, 8: 523-548.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. y Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- Mc Birney, A.R., 1984. Igneous Petrology. Freeman, Cooper & Company, 504 pp. San Francisco.
- Milana, J.P. y Alcober, O., 1994. Modelo Tectosedimentario de la Cuenca Triásica de Ischigualasto (San Juan, Argentina). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 49: 217-235.
- Monetta, A., Baraldo, J.A., Lanzilotta, M. y Cisneros, H., 1993. Los basaltos del borde oriental de la cuenca de Ischigualasto y su posición geográfica. Actas 12° Congreso Geológico Argentino, y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. 2: 71-77.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. En: Hawkesworth, C.J. y Norry, M.J. (Eds.): Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva Geology Series, 272 pp.
- Ramos, V.A., 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America—a collisional history. Episodes, 11: 168-174.
- Ramos, V.A., 1993. El Magmatismo Triásico-Jurásico de Intraplaca. Relatorio 12° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 1: 79-86.
- Ramos, V.A. y Kay, S.M., 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo Basin, Central Argentina. En: Harmon, R.S. y Rapela, C.W. (Eds.): Andean magmatism and its tectonic setting. Geological Society of America, Special Paper, 265: 79-92, Boulder, Colorado.

- Rolleri, E.O. y Criado Roque, P., 1968. La Cuenca Triásica del Norte de Mendoza. *Actas Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*, 5: 1-76, Buenos Aires.
- Romer, A.S. y Jensen, A., 1966. The Chañares (Argentina) Triassic Reptiles Fauna II. *Sketch of the Geology of the Rio Chañares. Rio Gualo Region. Breviora*, 252 pp. Cambridge.
- Uliana, M.A. y Biddle, K.T., 1988. Mesozoic-Cenozoic extension and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociencias*, 18: 172-190.
- Uliana, M.A., Biddle K.T. y Cerdan, J., 1989. Mesozoic Extension and the Formation of Argentine Sedimentary Basins. In: Tankard, A.J. y Balkwill, H.R. (Ed.): *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margins. American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 46: 599-614.

**Recibido:** 16 de agosto, 1996

**Aceptado:** 10 de junio, 1997