

GEOLOGÍA DE LA SIERRA DE LOS AJOS (CUENCA LAGUNA MERIN, ROCHA, URUGUAY)

GEOLOGY OF THE SIERRA DE LOS AJOS (LAGUNA MERIN BASIN, ROCHA, URUGUAY)

¹ Morales, E.; ¹ Muzio, R.; ¹ Veroslavsky, G.; & ² Conti, B.

¹ Departamento de Evolución de Cuencas, Facultad de Ciencias.
Iguá 4225, CP 11400, Montevideo.

² Uruguay Mineral Exploration.
ethel@fcien.edu.uy

RESUMEN

La región de estudio se localiza entre la ciudad de Lascano y la Sierra de los Ajos (departamento de Rocha, E de Uruguay). La misma está constituida por depósitos volcánicos correspondientes a las Formaciones Puerto Gómez y Arequita que conforman sierras y remanentes preservados en áreas de cobertura sedimentaria cenozoica y bañados actuales. La cartografía detallada permitió identificar y caracterizar, desde el punto de vista descriptivo ocho facies volcánicas: cinco facies coherentes y tres facies volcanoclásticas. Desde el punto de vista estructural, fueron identificados varios lineamientos ubicados en una posición constrictiva, de acuerdo al sistema transcurrente dextral representado por la porción noreste del corredor tectónico Santa Lucía – Aiguá – Merín (SaLAM), Estos lineamientos (Bella Vista, India Muerta y Los Ajos) condicionan la compartimentación tecto-magmática en ese sector del SaLAM, determinando diferencias petrográficas y estructurales dentro del área. En particular, al Este del Lineamiento India Muerta de dirección general N 20 predominan las lavas ácidas conformando la Sierra de los Ajos y depósitos volcanoclásticos ubicados en los valles. Al Oeste del mismo y conformando la Cuchilla de las Averías, de dirección general N-S, ocurren lavas básicas y ácidas, no habiéndose identificado depósitos volcanoclásticos.

Palabras claves: petrografía – facies volcánicas – Mesozoico – Uruguay.

ABSTRACT

The studied area is located between Lascano city and Sierra de los Ajos hills (department of Rocha, East Uruguay). It is represented by volcanic deposits correspondent to Puerto Gómez and Arequita Formations which are exposed as remarkable and preserved hills in areas recovered by Cenozoic sediments and wetlands. Detailed geological mapping allowed the descriptive characterization of eight volcanic facies: five coherent facies and three volcanoclastic facies. Several structural lineaments located in a constrictive framework, according to the transcurrent system represented by the northeastern portion of the Santa Lucía – Aiguá – Merín tectonic corridor (SaLAM), were identified. These lineaments (Bella Vista, India Muerta and Los Ajos) controlled the tecto-magmatic arrange in this portion of the basin, determining petrographic and structural differences in the area. Particularly, to the East of the India Muerta with structural trend N°20 felsic lavas correspondent to the Sierra de los Ajos and related volcanoclastic deposits are present. On the other hand to the West, intermediate to felsic lavas occurred and no volcanoclastic deposits have been yet identified.

Key-words: petrography – volcanic facies – Mesozoic – Uruguay.

INTRODUCCIÓN

El magmatismo mesozoico asociado a la apertura del océano Atlántico está ampliamente representado, en el continente Sudamericano, en la región sureste de Brasil, noroeste y sureste de Uruguay, este de Paraguay, noroeste de Argentina y en el continente africano (suroeste de Namibia).

Estos remanentes de rocas volcánicas en ambos continentes constituyen una gran provincia magmática denominada Provincia Paraná-Etendeka (PPE), siendo ésta una de las más extensas a escala continental, con volúmenes preservados en el entorno de un millón de kilómetros cúbicos (Peate, 1997).

En particular, el magmatismo de naturaleza intermedia a ácida correspondiente en parte a las etapas póstumas de este evento magmático, está representado fundamentalmente en la región sur de Brasil a través de las unidades litológicas Chapecó y Palmas, en los Estados de Río Grande del Sur y Paraná (Melfi et al. 1988), y en la región sur y sureste de Uruguay por la Formación Arequita (Bossi, 1966). De acuerdo a los antecedentes geológicos disponibles, estas manifestaciones volcánicas, de composición dominante riodacítica y riolítica, presentes en Uruguay exhiben no solo características petrográficas y químicas distintas a las demás unidades presentes en la PPE (Kirstein et al. 2000; Umann et al. 2001; Kirstein et al. 2001); sino que además ocurren en un contexto geotectónico diferente, asociado al corredor tectónico Santa Lucía – Aiguá - Merín (Rossello et al. 2000).

El objetivo de este trabajo es presentar nueva información geológica-estructural de la región conocida como Sierra de los Ajos (depto. de Rocha, Uruguay), producto de recientes trabajos cartográficos a escala de semi-detalle (Morales, 2006) y, particularmente, discutir el marco estructural de la misma.

La región Sierra de los Ajos – Lascano comprende una parte del conjunto de derrames volcánicos predominantemente ácidos, con flujos piroclásticos asociados, reunidos en la Formación Arequita. Esta unidad geológica fue inicialmente descrita por Walther (1927) como “Serie de Aiguá” y posteriormente denominada como “Serie de Lascano” por Caorsi & Goñi (1958). Bossi (1966) finalmente eleva al rango de formación geológica a las litologías correspondientes al magmatismo mesozoico ácido e intermedio de la región sur y sureste del Uruguay agrupadas bajo esta designación (Figura N° 1).

Las áreas geográficas típicas de ocurrencia de la Formación Arequita están representadas por los cerros de Arequita (localidad y área tipo de la formación geológica), Los Cuervos, Marmarajá, cerro Minuano, cerro Barboza, Salamanca, en los departamentos de Lavalleja y Maldonado; alrededores de Lascano (Sierra de las Averías), Sierra de los Ajos y de San Miguel, en el departamento de Rocha (Muzio, 2003).

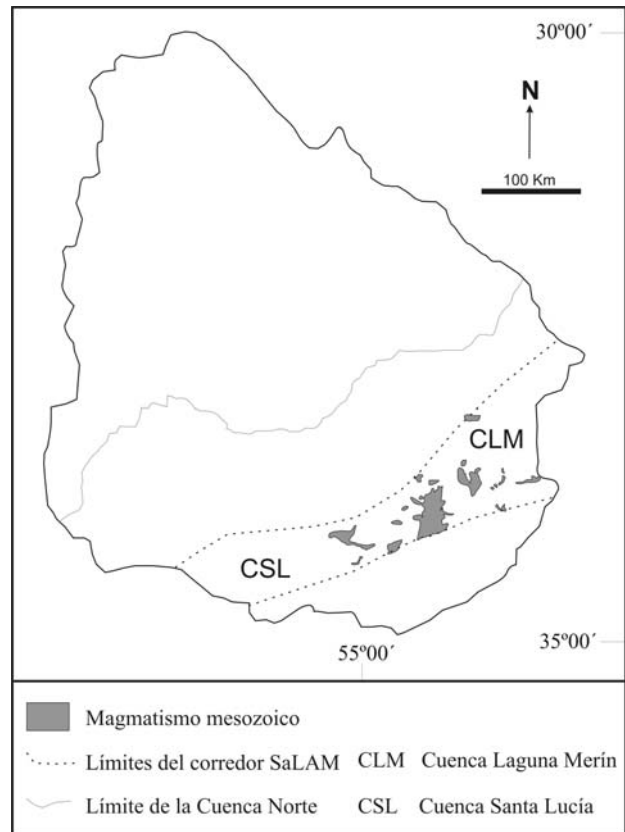


FIGURA N° 1 – Mapa simplificado de las áreas de afloramiento del magmatismo mesozoico de la región meridional del Uruguay.

FIGURE N° 1 - Simplified map showing the outcrop areas of Mesozoic magmatism in the southern portion of Uruguay.

Los principales antecedentes cartográficos son de carácter regional, a diferentes escalas de trabajo en los cuales se delimitan las áreas de afloramiento de la Formación Arequita. En los mismos se cuenta con descripciones petrográficas y estructurales generales de esta unidad, siendo entre otros los trabajos de Bossi et al. (1966); Bossi et al. (1975); Preciozzi et al. (1985) y Bossi & Ferrando (2001). Bossi & Navarro (1991) integran a la Formación Arequita en el denominado Grupo Lascano, el cual agrupa al conjunto de manifestaciones magmáticas pericratónicas asociadas a las fosas tectónicas resultantes de la apertura del océano Atlántico Sur durante el Mesozoico (Almeida 1983).

Los datos geoquímicos disponibles para estas litologías son escasos, contándose entre ellos los 7 análisis de Piccirillo et al. (1996) *apud* Bossi & Schipilov (1998), 5 análisis realizados por Gómez & Masquelin (1996) y más recientemente los realizados por Kirstein et al. (2000); Muzio (2000) y Muzio et al. (2003). En particular, Kirstein et al. (2000) dividen a estas rocas félsicas del sureste de Uruguay en dos series, en función de sus rasgos geoquímico-isotópicos: (i) la *Serie Lavalleja* química e isotópicamente similar a las riolitas de bajo TiO₂ de la Provincia Paraná – Etendeka y que estaría relacionada con las lavas básicas de la Formación Puerto Gómez a través de procesos de cristalización

Geología de la Sierra de los Ajos (Cuenca Laguna Merín, Rocha, Uruguay)

fraccionada y asimilación crustal; y (ii) la *Serie Aiguá*, de baja relación isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e interpretada por los autores mencionados como producto de la fusión de corteza básica inferior preexistente y una posterior cristalización fraccionada. Asimismo Kirstein et al. (2001), reconocen texturas ignimbríticas dentro de la *Serie Lavalleja*.

Los primeros trabajos geocronológicos con el método K/Ar realizados para la Formación Arequita, por Umpierre (1965) *apud* Bossi (1966) le asignan una edad Cretácico, la cual ya había sido sugerida por Bossi & Fernández (1963) a partir de varios trabajos realizados principalmente en la zona sur del país. Los datos geocronológicos son relativamente abundantes en relación con otras unidades geológicas, contándose con edades obtenidas a partir del método K/Ar en roca total (Umpierre, 1965 *apud* Bossi, 1966; Bossi & Umpierre, 1975; Muzio, 2000), en el entorno de los 127 Ma y datos por métodos más precisos obtenidos a partir del método $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{39}$ con edades en el entorno de 131 Ma (Stewart et al. 1996; Féraud et al. 1999).

GEOLOGÍA DEL ÁREA

La Formación Arequita como unidad litoestratigráfica agrupa un conjunto litológico heterogéneo y con relaciones espaciales complejas, incluyendo depósitos volcánicos representados por lavas ácidas a intermedias y depósitos volcanoclásticos de diferente granulometría, grado de soldamiento y diferentes procesos de formación de clastos, transporte y depositación.

En particular en el área de trabajo, ubicada al sureste de la ciudad de Lascano (Figura Nº 2), la Formación Arequita está representada por lavas ácidas y depósitos fragmentados de tamaño de grano variable y cuyos mecanismos de transporte y deposición difieren entre sí, habiendo sido caracterizados entre los mismos depósitos de flujo piroclástico y de oleada piroclástica (Morales et al. 2006).

Como resultado del mapeo faciológico realizado en la región (Figura Nº 3), se identificaron ocho facies volcánicas; cinco de ellas correspondientes a facies coherentes y tres a facies volcanoclásticas. Litoestratigráficamente, una de las facies coherentes, de composición básica, es asignada a la Formación

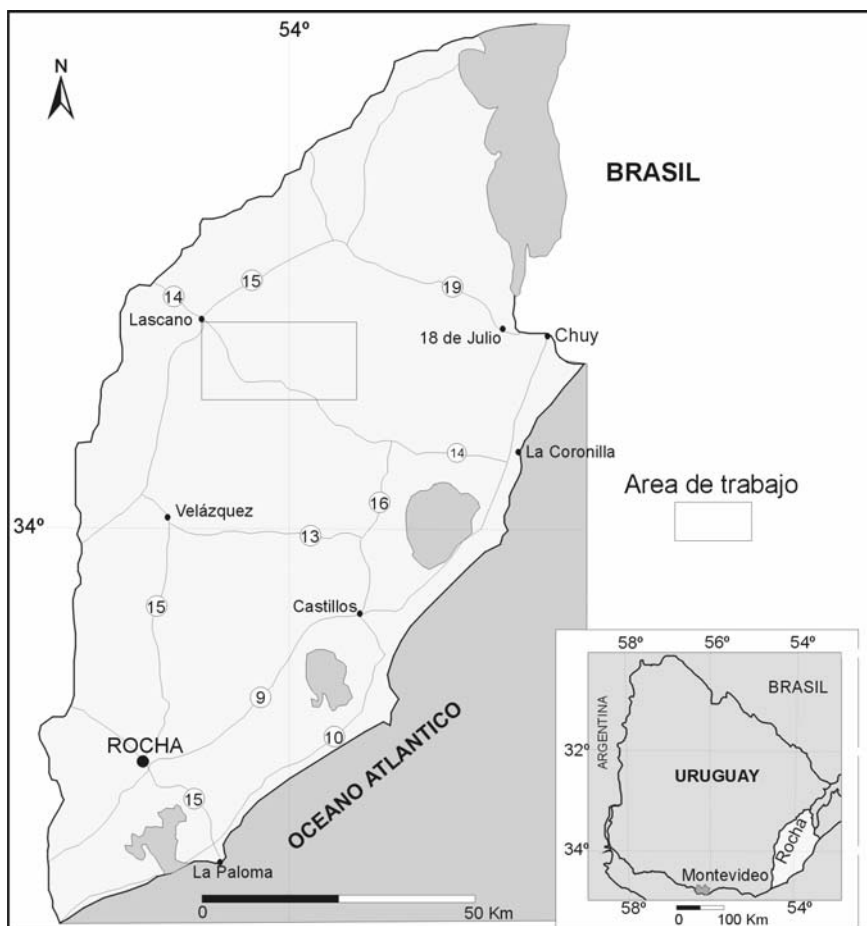


FIGURA Nº 2. Ubicación geográfica del área de estudio.

FIGURE 2. Geographical location of the studied area.

Puerto Gómez (Bossi, 1966), mientras que el resto de las facies coherentes, de composición ácida y las facies volcanoclásticas son asignadas a la Formación Arequita (Morales 2006).

Asimismo, de acuerdo a criterios petrográficos -estructurales y para su mejor análisis, el área de trabajo fue dividida en dos sectores, E y W, con respecto al Lineamiento India Muerta (Figura Nº 3). Este lineamiento, de dirección general $\text{N } 20^\circ$, constituye una de las estructuras más importantes del área de estudio, habiendo jugado un rol fundamental en el control de la red de drenaje y el desarrollo de los bañados y al que se asocian un conjunto de lineamientos secundarios paralelos, ubicados a ambos lados del mismo (Figura Nº 4).

En el sector E, se encuentra la Sierra de los Ajos con geometría levemente curvada y estructura en coladas, las que presentan un basculamiento variable entre 3° y 30° hacia el NW. En este sector predominan las lavas más ricas en sílice, con abundantes fenocristales de cuarzo y estructura fluidal a las que se asocian espacialmente diversos depósitos fragmentados. Las lavas presentan textura porfirítica con fenocristales de cuarzo, plagioclasa (oligoclasa) y/o feldespato alcalino (sanidina). La matriz félsica es microcristalina y está compuesta por cuarzo y feldespato alcalino, presentando frecuentemente fenómenos de desvitrificación de alta temperatura tales como textura micropoiquilítica y microsferulitas.

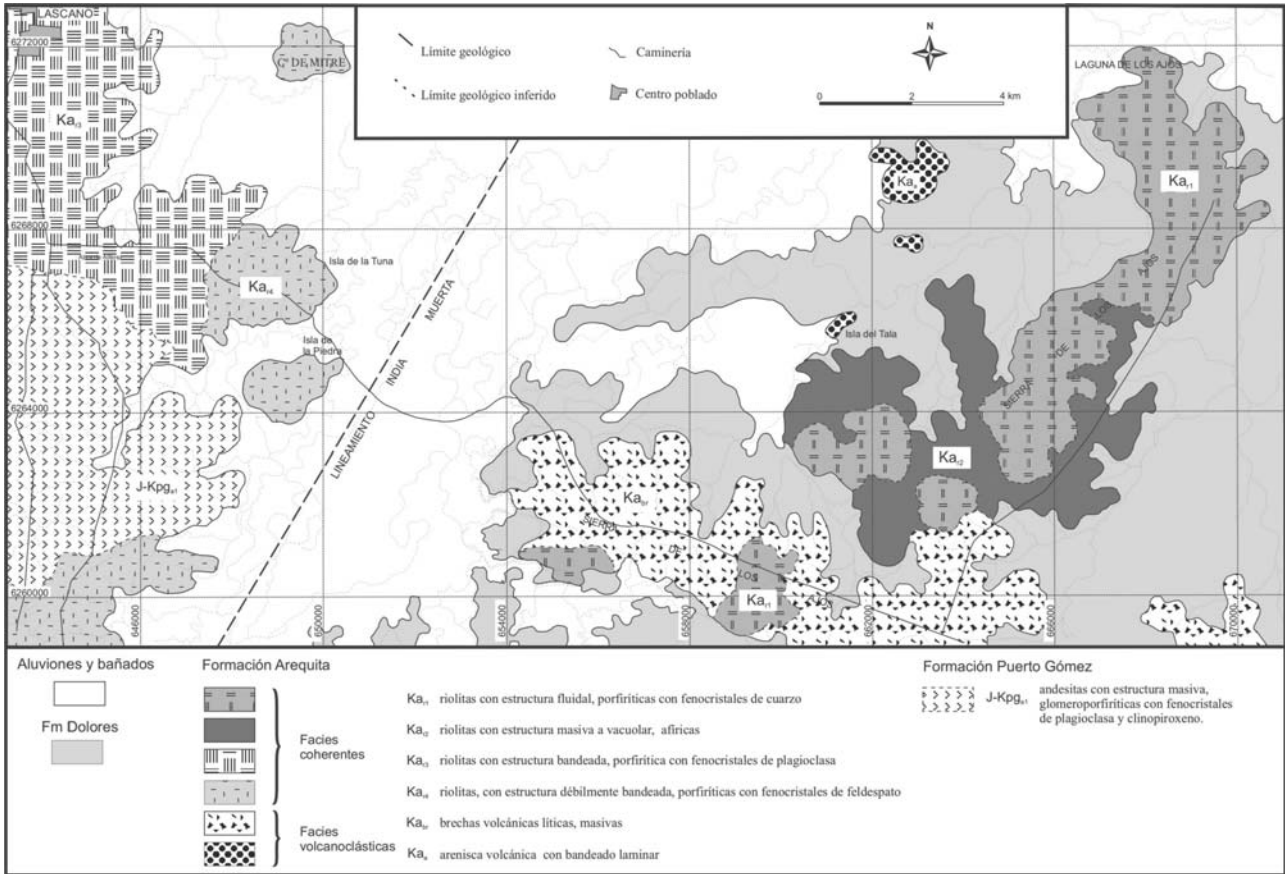


FIGURA N° 3. Mapa geológico de la región Sierra de los Ajos – Lascano.

FIGURE 3. Geologic map of the Sierra de los Ajos – Lascano region.

Es frecuente observar vacuolas rellenas de cuarzo y/o ceolitas de tamaño variable entre algunos milímetros hasta 10 centímetros. Subordinadamente ocurren riolitas con textura africa y vacuolar, con matriz microcristalina felsítica.

Los depósitos volcanoclásticos (de acuerdo a los criterios descriptivos de McPhie et al. 1993), están representados por areniscas volcánicas bandeadas y brechas volcánicas masivas y bandeadas. Las areniscas volcánicas están constituidos por un set de capas muy delgadas de granulometría fina (fundamentalmente fragmentos de cristales y vitroclastos), siendo su atributo más destacable el desarrollo de un bandeado laminar, paralelo y suavemente ondulado, siendo posible además, apreciar en lámina delgada microestratificación cruzada en forma subordinada (Morales et al. 2006).

Las brechas volcánicas masivas son la litología volcanoclástica más extendida en el área de trabajo. Están constituidas básicamente por fragmentos piroclásticos juveniles (cristales, fragmentos de cristales y shards) y fragmentos líticos. En forma subordinada y asociadas a las brechas anteriormente mencionadas y a las lavas más diferenciadas es frecuente encontrar brechas volcánicas con un fuerte bandeado, constituidas fundamentalmente por cristales, fragmentos de cristales y fragmentos líticos. Estos fragmentos líticos de tamaño de grano arena a bloque, en general son menores a 4 cm y están inmersos en una matriz bandeada, muy rica en vidrio,

con abundantes shards y muy oxidada térmicamente, lo que indica deposición primaria en condiciones de alta temperatura (McPhie et al. 1993).

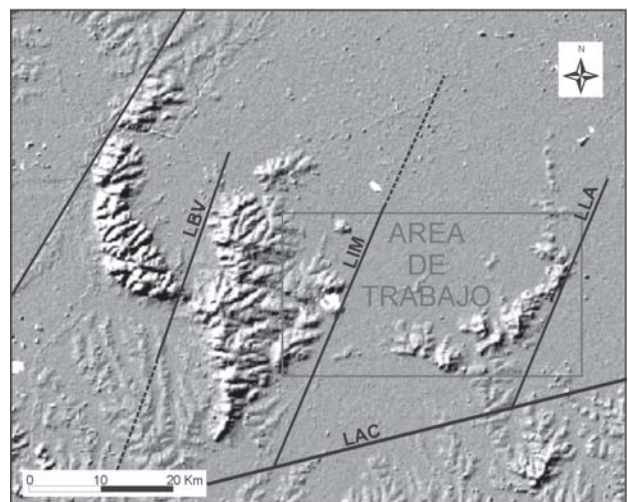


FIGURA N° 4. Imagen Radar SRTM90 3D de las Sierras de los Ajos y de las Averías, con ubicación del área de trabajo y de los principales lineamientos estructurales. LAC: Lineamiento Aiguá-Chuy; LBV: Lineamiento Bella Vista; LIM: Lineamiento India Muerta; LLA: Lineamiento Los Ajos

FIGURE 4. SRTM90 3D Radar image of the Sierra de los Ajos and Sierra de las Averías with location of the studied area and its main structural lineaments. LAC: Aiguá-Chuy Lineament; LBV: Bella Vista Lineament; LIM: India Muerta Lineament; LLA: Los Ajos Lineament

Geología de la Sierra de los Ajos (Cuenca Laguna Merín, Rocha, Uruguay)

En el sector W del área de trabajo se ubica el aquí denominado Bloque Lascano, el cual está limitado por dos lineamientos paralelos de dirección general N 20° denominados Lineamiento India Muerta y Bella Vista, al Este y Oeste respectivamente. Ambos lineamientos presentan continuidad en las estructuras del basamento precámbrico que aflora al Sur. En este sector es de destacar que fueron identificados depósitos volcánicos pertenecientes a la Formación Puerto Gómez (Bossi, 1966), constituidos por lavas de composición andesítica, con estructura en coladas, suavemente basculadas al NE sobre las que se ubican facies coherentes ácidas de composición riolítica (Formación Arequita). Las andesitas presentan textura glomeroporfírica con fenocristales de plagioclasa (andesina), clinopiroxeno (augita) y minerales opacos y matriz predominantemente vítrea con microcristalitos y fracturas perlíticas, remarcadas por la presencia de clorita (Morales et al. 2006). Las litologías ácidas corresponden a riolitas porfíricas con fenocristales de plagioclasa (oligoclasa) y/o feldespato alcalino y matriz félsica con abundante contenido de vidrio. Estas riolitas, desde el punto de vista estructural, presentan un bandeo frecuente muy marcado y que se presenta alabeado, con buzamientos variables desde la sub-horizontal a la sub-vertical.

En este sector es de destacar que fueron identificados depósitos volcánicos pertenecientes a la Formación Puerto Gómez (Bossi, 1966), constituidos por lavas de composición andesítica, con estructura en coladas, suavemente basculadas al NE sobre las que se ubican facies coherentes ácidas de composición riolítica (Formación Arequita). Las andesitas presentan textura glomeroporfírica con fenocristales de plagioclasa (andesina), clinopiroxeno (augita) y minerales opacos y matriz predominantemente vítrea con microcristalitos y fracturas perlíticas, remarcadas por la presencia de clorita (Morales et al. 2006). Las litologías ácidas corresponden a riolitas porfíricas con fenocristales de plagioclasa (oligoclasa) y/o feldespato alcalino y matriz félsica con abundante contenido de vidrio. Estas riolitas, desde el punto de vista estructural, presentan un bandeo frecuente muy marcado y que se presenta alabeado, con buzamientos variables desde la sub-horizontal a la sub-vertical.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los lineamientos Cebollatí – Merín y Aiguá – Chuy, de dirección general N 70° son los controles estructurales más importantes a escala regional, condicionando la generación de las cuencas y el magmatismo asociado. Ambos lineamientos constituyen el borde N y S del SaLAM, respectivamente (Rossello et al. 2000; Veroslavsky et al. 2003). El lineamiento India Muerta, está ubicado en una posición constrictiva con relación a esta estructura regional y forma parte de un sistema de lineamientos paralelos, desempeñando un rol fundamental en el actual arreglo tectónico del área (Figura Nº 5). Este lineamiento constituye una falla y permite explicar las diferencias petrográficas y estructurales entre los sectores W y E con relación al mismo, ubicando además en un mismo nivel topográfico rocas originadas en diferentes niveles estratigráficos.

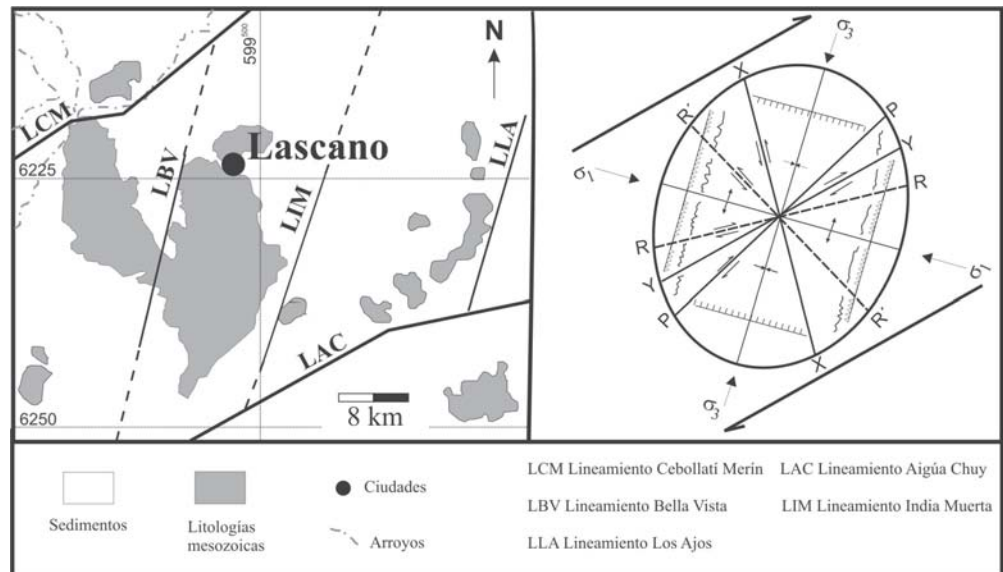


FIGURA Nº 5. Modelo estructural propuesto para el área estudiada. (modificado de Veroslavsky et al. 2003).

FIGURE 5. Structural framework proposed for the studied area. (modified from Veroslavsky et al. 2003)

El denominado Bloque Lascano, constituye un alto en relación a las áreas adyacentes, estando limitado al E por el lineamiento India Muerta y, al W, por el lineamiento Bella Vista. Este conjunto de lineamientos paralelos presentan continuidad en el basamento cristalino ubicado al sur del área estudiada, donde se corresponden con zonas altamente deformadas, donde ocurre además la intrusión de granitos con geometría alargada. El lineamiento Los Ajos presenta correspondencia estructural con la zona de cizalla que separa el Grupo Rocha del Complejo Cerro Olivo y el lineamiento Bella Vista con la zona de cizalla que separa el área granítica del Complejo Cerro Olivo en el Terreno Punta del Este (Masquelin 2002).

Con relación a las actitudes de las coladas, también son observables diferencias a ambos lados del lineamiento India Muerta. Hacia el sector E del mismo, las lavas presentan un arreglo coherente con direcciones generales NE y basculamientos de entre 3° y 30° hacia el NW, mientras que en el sector W las coladas básicas presentan direcciones casi E-W y suaves basculamientos hacia el N y las coladas ácidas direcciones entre NW – NS y basculamientos entre 18° hacia el NE y la vertical. Además, se observan diferencias en el arreglo estructural de lineamientos en ambos sectores evidenciadas por el diseño de la red de drenaje, la cual en el sector Oeste presenta direcciones dominantes NE y EW y en el sector Este direcciones principales generales NS. Esto sugiere diferencias importantes en las características estructurales del basamento a ambos lados del lineamiento mencionado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La complejidad y variabilidad que presentan los terrenos volcánicos se pone de manifiesto en los registros del sureste de Uruguay, en particular en los

correspondientes a la Formación Arequita la cual reúne, de acuerdo a los antecedentes, litologías con características muy variadas y relaciones espaciales complejas (Bossi et al. 1966; Bossi & Schipilov 1998; Kirstein et al 2000; Muzio 2003). Frente a esta complejidad, el uso de unidades litoestratigráficas presenta, por su naturaleza, severas limitaciones en cuanto a la posibilidad de reconocimiento de aspectos que permitan la caracterización, determinación de la distribución espacial y relaciones entre los diferentes depósitos y por tanto, la dilucidación de su génesis.

De este modo, el mapeo faciológico sistemático a escala de semi-detalle y el análisis de facies en áreas volcánicas se constituye en la herramienta apropiada para identificar características distintivas que permitan la interpretación de sus orígenes, los procesos depositacionales y ambientes de depositación (Cas & Wright, 1987). A estos trabajos debe sumársele el análisis estructural que permite completar el cuadro metodológico para este tipo de terrenos, en particular, para definir aspectos esenciales tales como la ubicación de los centros de emisión magmática, las direcciones de flujos y los controles estructurales operantes durante el magmatismo y los procesos geológicos.

Durante el trabajo de cartografía fueron identificadas cinco facies coherentes, y tres volcanoclásticas. Una de las facies volcanoclásticas se interpreta como autobrechas generadas por la fragmentación de flujos de lava durante su emplazamiento. Estas se asocian en forma sistemática a lavas riolíticas porfiríticas con fenocristales de cuarzo y están constituidas por fragmentos riolíticos y cristales de cuarzo fracturados *in situ*, inmersos en escasa matriz de igual composición. Corresponden entonces a depósitos generados por mecanismos de erupción efusivos de

fragmentación *in situ*, no explosiva. Las facies coherentes del área estudiada, presentes a ambos lados del lineamiento India Muerta, corresponden a depósitos volcánicos cuyo mecanismo de erupción es de tipo efusivo.

En el sector W hasta el momento no fueron identificadas por los autores litologías fragmentadas, aunque su posible presencia no se descarta, debido básicamente a que el mismo constituye un bloque levantado en relación a sus adyacentes y a que el lineamiento Bella Vista puede cambiar el arreglo faciológico hacia este sector.

Los depósitos volcanoclásticos (areniscas y brechas volcánicas) descritos permiten caracterizar en el área de trabajo un magmatismo cuyo mecanismo de erupción es explosivo, aunque en esta primera etapa de trabajo no fue posible la identificación del(los) conducto(s) en el campo. En este sentido y en una etapa preliminar, son sugestivos algunos datos levantados en el campo a escala regional (y local), como el desarrollo de estructuras subcirculares, topografías dómicas asociadas e intersecciones entre importantes lineamientos de direcciones generales N 70° y N 20°-30°, factores todos estos que sumados pueden sugerir la proximidad y control a posibles centros de emisión.

Los lineamientos observados en el área de estudio son interpretados en el marco de un sistema Riedel transcurrente dextral y presentan correspondencia con las estructuras teóricas modeladas.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la CSIC – Universidad de la República – por el apoyo financiero al Proyecto I+D “Magmatismo mesozoico del Sureste de Uruguay”, 2004 – 2006 y al Dr. R. Varela por sus sugerencias en la revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma sul-americana. *Revista Brasileira de Geociências*, 13 (3): 139 – 158.
- BOSSI, J. *Geología del Uruguay*. Montevideo. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, 1966. 460 p.
- BOSSI, J. & FERNÁNDEZ, A. 1963. Evidencias de diferenciación magmática hacia el final del Gondwana uruguayo. *Boletín da Universidade de Paraná, série Geología*, 9: 1 – 20.
- BOSSI, J. & FERRANDO, L. *Carta geológica del Uruguay a escala 1/500.000*. Montevideo. Ed. Geoeditores S.R.L. 2001 Versión CD.
- BOSSI, J. & NAVARRO, R. *Geología del Uruguay*. Montevideo. Ed. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, 1991. 970 p.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. *Rocas ígneas básicas del Uruguay*, Vol. I., Montevideo. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, 1998. 245 p.
- BOSSI, J.; FERNÁNDEZ, A.; ELIZALDE, G.; ALBANELL, H.; TECHERA, A.; FERRANDO, L.; EUGUI, W.; ARMSTRONG, E. & OLIVERA, T. *Informe geológico de la misión Aiguá – Lascano*. Montevideo. Ministerio de Agricultura y Pesca – ANCAP – Facultad de Agronomía, 1966. 100 p.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L.; FERNÁNDEZ, A.; ELIZALDE, G.; MORALES, H.; LEDESMA, J.; CARBALLO, E.; MEDINA, E.; FORD, I. & MONTAÑA, J. *Carta geológica del Uruguay (1/1.000.000)*. Montevideo. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca, 1975. 25 p.
- BOSSI, J. & UMPIERRE, M. Magmatismo mesozoico del Uruguay y Rio Grande del Sur: sus recursos minerales asociados y potenciales. CONGRESO IBEROAMERICANO DE GEOLOGÍA

Geología de la Sierra de los Ajos (Cuenca Laguna Merín, Rocha, Uruguay)

- ECONÓMICA, 1975, Buenos Aires. *Anales*, Vol. II, 119 – 142.
- CAORSI, J. & GOÑI, J. 1958. *Geología uruguaya*. Montevideo, Boletín del Instituto Geológico N° 37. 72 p.
- FÉRAUD, G.; BERTRAND, H.; URES, M.; SCHIPILOV, A. & BOSSI, J. $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ age and geochemistry of the southern extension of Paraná traps in Uruguay. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA, II, Carlos Paz, 1999. *Actas*, 57 – 59.
- GÓMEZ, C. & MASQUELIN, H. Petrología y geoquímica de las rocas volcánicas cretácicas del Uruguay. CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, XIII, Buenos Aires, 1996. *Actas*, Vol. III, 635 – 652.
- KIRSTEIN, L.A.; PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J.; TURNER, S.P.; HARRIS, C. & MANTOVANI, M.S.M. 2000. Early Cretaceous basaltic and rhyolitic magmatism in southern Uruguay associated with the opening of the South Atlantic. *Journal of Petrology*, 41: 1413 – 1438.
- KIRSTEIN, L.A.; HAWKESWORTH, C.J. & GARLAND, F.G. 2001. Felsic lavas or rheomorphic ignimbrites: is there a chemical distinction?. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142: 300 – 322.
- MASQUELIN, H. Evolução estrutural e metamórfica do Complexo Gnáissico Cerro Olivo, sudeste do Uruguay. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 227 p.
- M^c PHIE, J.; DOYLE, M. & ALLEN, R. *Volcanic textures. A guide to the interpretation of textures of volcanic rocks*. Tasmania, Australia. Centre for ore deposits and exploration studies, University of Tasmania, 1993. 198 p.
- MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. & NARDY, A.J. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds): *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin, petrogenetic and geophysical aspects*. São Paulo. EDUSP- IAG, 1988. 1 – 14.
- MORALES, E. Caracterización faciológica de los depósitos volcánicos mesozoicos asociados a la Formación Arequita (Ki), Uruguay. 2006. *Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias*, Montevideo. 64 p.
- MORALES, E.; MUZIO, R.; VEROSLAVSKY, G. & CONTI, B. 2006. Volcanic facies related to Mesozoic magmatism from East Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences, en arbitraje*
- MUZIO, R. Evolução petrológica e geocronologia do Maciço Alcalino Valle Chico (Ki), Uruguai. 2000. *Tese (Doutorado em Geologia Regional)* - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo. 171 p.
- MUZIO, R. El magmatismo mesozoico de Uruguay y sus recursos minerales. In: VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M. & MARTÍNEZ, S. (Eds): *Cuencas sedimentarias del Uruguay: geología, paleontología y recursos naturales. Mesozoico*. Montevideo. DIRAC – Facultad de Ciencias, 2003. 75 – 100.
- PEATE, D.W. The Paraná–Etendeka province, pp. 217-245. In: MAHONEY, J.J. & COFFIN, M.F. (Eds.): *Large igneous provinces: continental, oceanic and planetary flood volcanism*. Geophysical Monograph 100, 1997. 217 – 245.
- PRECIOZZI, F.; SPOTURNO, J.; HEINZEN, W. & ROSSI, P. *Memoria Explicativa de la Carta Geológica a escala 1/500.000*. Montevideo, Dirección Nacional de Minería y Geología, 1985. 72 p.
- ROSSELLO, E.; DE SANTA ANA, H. & VEROSLAVSKY, G. 2000. El lineamiento Santa Lucía – Aiguá – Merín (Uruguay): un corredor extensivo y transcurrente dextral precursor de la apertura Atlántica. *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (4): 749 – 756.
- STEWART, K.; TURNER, S.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; KIRSTEIN, L. & MANTOVANI, M. 1996. 3-D $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology in the Paraná continental flood basalt province. *Earth and Planetary Science Letters*, 143: 95 – 109.
- UMANN, L.V.; DE LIMA, E.F.; SOMMER, C.A. & DE LIZ, J.D. 2001. Vulcanismo ácido da região de Cambará do Sul – RS: Litoquímica e discussão sobre a origem dos depósitos. *Revista Brasileira de Geociências*, 31 (3): 357 – 364.
- VEROSLAVSKY, G.; DE SANTA ANA, H. & ROSSELLO, E. Depósitos del Jurásico y Cretácico Temprano de la región meridional de Uruguay. El lineamiento Santa Lucía – Aiguá – Merín. In: VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M. & MARTÍNEZ, S. (Eds): *Cuencas sedimentarias del Uruguay: geología, paleontología y recursos naturales. Mesozoico*. Montevideo. DIRAC – Facultad de Ciencias, 2003. 115 – 140.
- WALTHER, K. 1927. Contribución al conocimiento de las rocas basálticas de la formación de Gondwana en la Sud-América. *Boletín del Instituto de Geología y Perforaciones* N° 9. 43 p.

Recibido: 26 de julio de 2006.

Aceptado: 12 de febrero de 2007.