

MAGMATISMO HIPABISAL BÁSICO GONDWÁNICO: UN NUEVO APORTE AL RECONOCIMIENTO DE TERRENOS TECTONO-ESTRATIGRÁFICOS EN URUGUAY

BASIC HYPABISSAL GONDWANIC MAGMATISM: A NEW CONTRIBUTION FOR TECTONO-STRATIGRAPHIC TERRANES RECOGNITION IN URUGUAY

Bossi, J.

Facultad de Agronomía. Garzón 780, Montevideo.

jbossi@fagro.edu.uy

RESUMEN

La posibilidad de disponer de suficientes datos estructurales, geocronológicos y geoquímicos sobre los diques y sills de la Formación Cuaró y el haz de filones Corral de Piedra permitió sugerir la naturaleza de la fuente mantélica y el proceso de inyección de cada uno de los conjuntos filonianos. Se reconocieron 3 unidades inyectadas en el zócalo del continente Gondwana: la Fm. Cuaró no aflorante, en el Terreno Piedra Alta; la Fm. Cuaró aflorante en el Terreno Nico Pérez y el haz de filones Corral de Piedra, en el Terreno Cuchilla Dionisio. Se encontraron comportamientos diferentes de cada uno de ellos en varios parámetros importantes: fuente mantélica, porcentaje de fusión, contaminación crustal. Se concluye que tanto la naturaleza de los mantos como los espesores de corteza son diferentes y ello apoya la idea de que el zócalo fue construido por la aglomeración de bloques diferentes sugiriendo proveniencia alóctona. Al dificultarse la pérdida de calor por la consolidación del mega-continente los fragmentos de manto y de corteza actuaron de forma distinta. Esto representa un argumento muy sólido a favor de la aloctonía del Terreno Cuchilla Dionisio adosado hacia 525 Ma como indicaban los relevamientos geológicos regionales.

Palabras claves: Petrología, Geoquímica, Filones básicos, Gondwana, Uruguay.

ABSTRACT

The possibility of having sufficient structural, geochronologic and geochemical data about the dykes and sills of Cuaró formation and the Corral de Piedra dyke swarm allowed to suggest the nature of the Mantle source and the injection process of each filonian set. Three units injected in the Gondwana continent were recognized: not outcropping Cuaró formation, at Piedra Alta Terrane; outcropping Cuaró Fm. in the Nico Pérez Terrane and the Corral de Piedra dyke swarm in the Cuchilla Dionisio terrane. It was found different behavior in several important parameters in each one of them: mantelic source, melting percentage and crustal contamination. It may be concluded that Mantle nature and crust thickness and composition are different in each block, what supports the idea that continental socle was constructed by amalgamation of different units of allocton provenience. When heat loss became difficult by the mega-continent consolidation, each fragment acted of different way. This represents a very strong argument favoring terrane Cuchilla Dionisio alloctony leaned to 525 Ma as regional geological mapping indicated.

Keywords: petrology, geochemistry, basic dykes, Gondwana, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

En el área ocupada por Uruguay en el zócalo cristalino del mega continente de Gondwana se han reconocido filones básicos de 3 tipos netamente diferenciables: 1) haz de diques de gabro de Corral de Piedra descritos por Bossi y Navarro (1991), Girardi et al (1996), Bossi y Schipilov (1998); 2) filones subverticales del miembro Bañado de Medina y *sills* del miembro Paso de los Novillos de la Formación Cuaró, descritos por Bossi y Navarro (1991) Montaña (1994) Bossi y Schipilov (en prensa); 3) *sills* irremediamente asociados a filones subverticales de la Formación Cuaró desarrollados en profundidad y reconocidos solamente por perforaciones profundas en los departamentos de Artigas y Salto.(Figura N°1).

El estudio cartográfico, petrográfico, geo-químico y geocronológico ha sugerido que el comportamiento de cada uno de los 3 grupos de filones es diferente y ello mereció un análisis detallado de cada parámetro para tratar de definir la naturaleza del Manto donde se generaron, el porcentaje de fusión, el contexto geológico que permitió su desarrollo, la eventual contaminación cortical, la edad de emplazamiento y la distribución espacial. Con ello, se pretende contribuir a un tema fundamental en la concepción geotectónica de la construcción del zócalo cristalino de Uruguay: controversia Cinturón Dom Feliciano vs

Terreno Cuchilla Dionisio.

El concepto Cinturón Dom Feliciano (Fragoso-César et al. 1980), implica que aún se conservan en la porción oriental de Uruguay los metamorfitos generados en el Ciclo Brasileño (500-700 Ma) mientras que Terreno Cuchilla Dionisio reconoce el aporte de un bloque alóctono adosado hace 525 Ma a lo largo de la transcurrente sinistral de Sierra Ballena (Bossi et al. 1998).

En diferentes oportunidades se han presentado pruebas de la existencia de un terreno alóctono Bossi et al (1998), Basei et al. (2001), Bossi (2002), Bossi & Navarro (2003) Bossi & Gaucher (2004), Frimmel & Basei, (2006) pero la controversia se mantiene con los trabajos de Masquelín (1990) Sánchez (1998) Sánchez & Ramos (1999) Basei et al. (2000), Chemale (2000) Masquelín (2001) Oyhançabal et al. (2001) Masquelín (2002) Sánchez (2003) Sánchez (2004) Peçoits (2004) Basei et al. (2005), Oyhançabal et al. (2006) Masquelín (2006).

Por ese motivo, se ha entendido conveniente acercar argumentos desde el ángulo de la geoquímica considerando la posible naturaleza del manto generador y el grado de contaminación crustal de la serie de filones básicos hipabisales inyectados en el continente Gondwana cuando éste ya estaba estructurado.

Este aporte encara una aproximación al tema

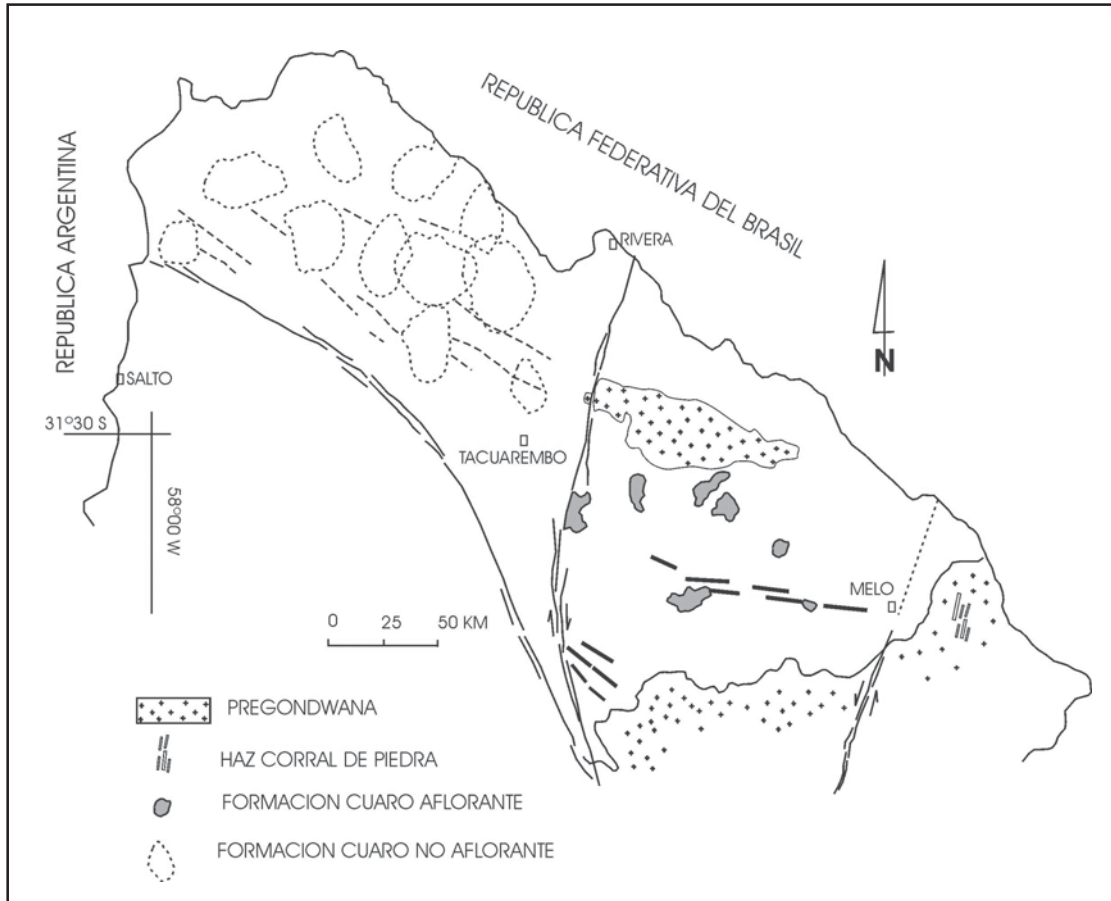


FIGURA N° 1. Distribución de los 3 conjuntos de filones básicos que recortan el zócalo del continente Gondwana en Uruguay.

FIGURE 1. Filonian set distribution crossing Gondwana continent in Uruguay.

Magmatismo hipabisal básico gondwánico: un nuevo aporte al reconocimiento de terrenos...

desde un ángulo diferente y representa por lo tanto un enfoque que merece exponerse. La idea surgió a partir de los datos de Turner et al. (1999), cuya reinterpretación para adaptarlos al contexto geológico identificaba la Formación Cuaró con diferente composición (alto y bajo TiO_2) a ambos lados de la megacizalla "lineamiento Sarandí del Yí-Piriápolis" (LSYP) *sensu* Bossi y Campal (1992).

El magmatismo básico hipabisal resulta de interés porque da la posibilidad de definir la naturaleza del Manto donde se generó, la contaminación cortical más menos intensa experimentada y el contexto geológico que permitió su desarrollo. Para tratar el tema se analizó primero la Formación Cuaró y el haz de diques Corral de Piedra; a continuación se compararon los datos disponibles, su discusión y las conclusiones sugeridas.

FORMACIÓN CUARÓ

La Formación Cuaró, es una unidad estratigráfica definida por Bossi y Navarro (1991), integrada por diabasas y gabros en potentes diques polikilométricos y *sills*. Existen datos cartográficos (Montaña, 1994), abundantes datos petrográficos expuestos por Bossi & Schipilov (en prensa), y suficientes datos geoquímicos y geocronológicos de Feraud et al. (1999), como para intentar su aprovechamiento en análisis petrológicos con repercusiones sobre la naturaleza del Manto donde se generaron.

Desarrollo espacial

Esta formación aflora como extensos *sills* en el

departamento de Tacuarembó y en potentes filones kilométricos en el resto del área. En la Figura N° 1 se señalaron los dos miembros propuestos por Bossi y Schipilov (en prensa): Paso de los Novillos integrado por *sills* que en la localidad tipo alcanzan 100 mts. de espesor (Montaña, 1994) y Bañado de Medina integrado por diques decamétricos de rumbo WNW alimentadores de los referidos *sills*. También se indica la zona de desarrollo de los filones-capa del miembro Paso de los Novillos a profundidades variables desde 400 a 1400 m, donde la información es menos precisa pues proviene de perforaciones con escasos estudios petrográficos, geoquímicos y geocronológicos.

Este magmatismo hipabisal se ha desarrollado solamente al NE de la gran falla normal de rumbo regional NW entre Belén (Salto) y La Paloma (Durazno), coincidiendo con la Fm. Mangrullo *sensu* De Santana et al. (2006), unidad caracterizada por un elevado contenido de materia orgánica cuya combustión podría haber generado los espacios para la instalación de los potentes filones-capa.

Otro dato cartográfico fundamental es que la Fm. Cuaró aflora solamente entre el LSYP y la zona de cizalla de Sierra Ballena (ZCSB), megatranscurrentes que limitan el Terreno Nico Pérez *sensu* Bossi & Campal (1992), Gómez Rifas (1995), Campal et al. (1995).

Al W del LSYP se desarrolla sólo a grandes profundidades como lo muestra un corte geológico NS desde la ciudad de Mercedes a la de Bella Unión (Figura N° 2).

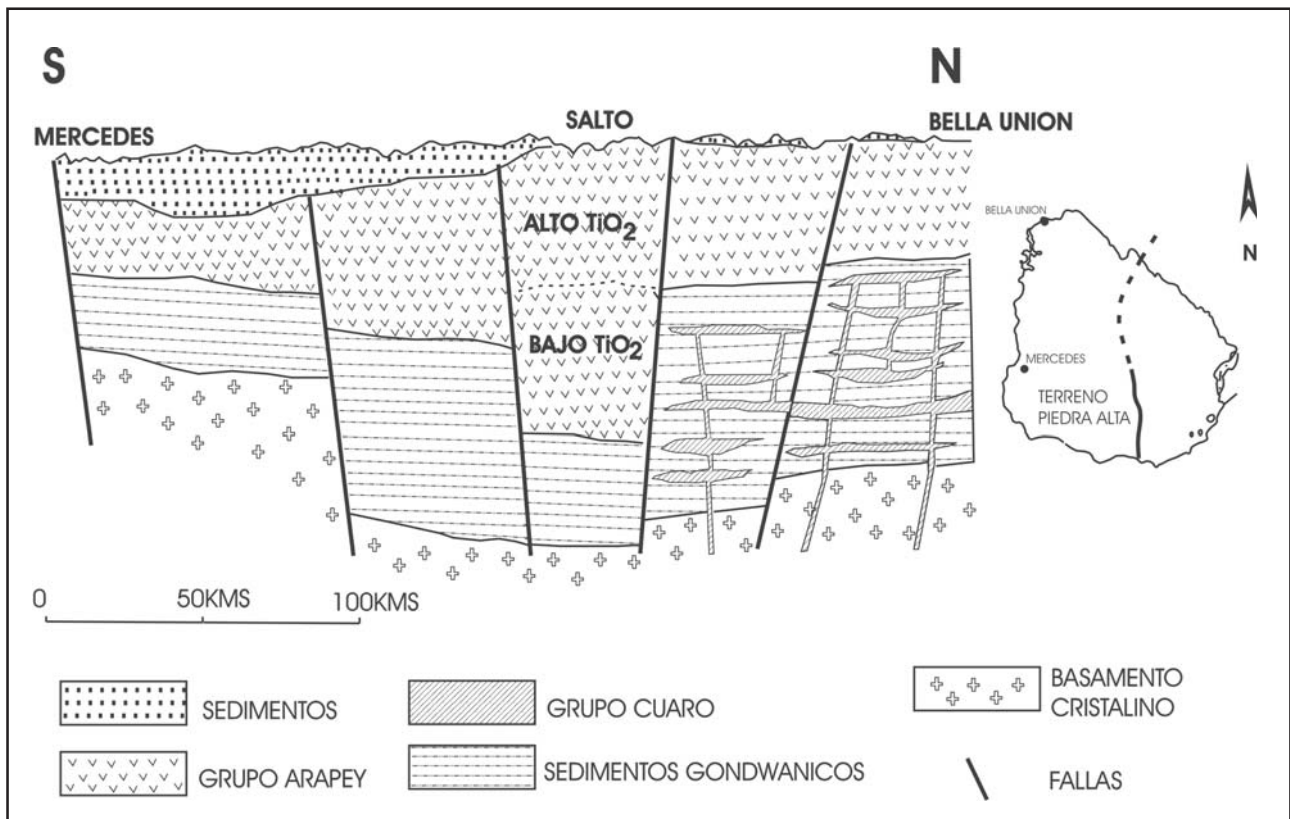


FIGURA N° 2. Corte geológico SN para mostrar el desarrollo de la Fm. Cuaró en el norte del terreno Piedra Alta.
FIGURE 2. NS geologic cross section showing Cuaró formation development in northern Piedra Alta terrane.

Un detalle de la ubicación y perfiles de los sondeos que atraviesan la Fm. Cuaró se muestra en la Figura Nº 3 obtenida de datos gentilmente cedidos por el Ing. Ucha y el Dr. de Santa Ana, de ANCAP.

Petrografía

Para el tratamiento de la Fm. Cuaró es necesario considerar por separado los miembros aflorantes (diques y sills) de los sills de grandes profundidades.

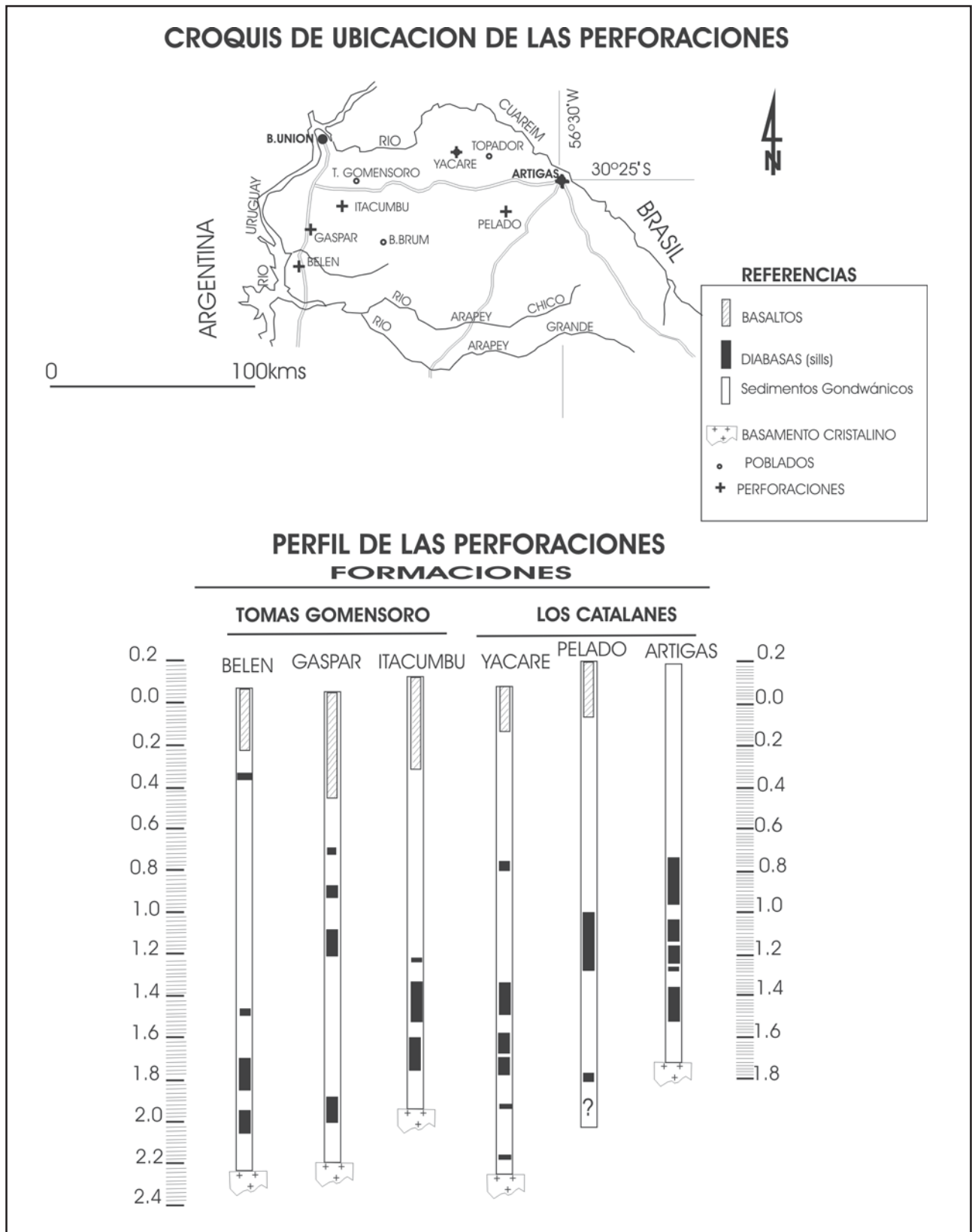


FIGURA Nº 3. Ubicación de las perforaciones y sus perfiles para mostrar la distribución de sills en profundidad. (Datos cedidos por el Ing. Ucha y el Dr. De Santa Ana)

FIGURE 3. Drills distribution and their logs showing depth of each sill (Ucha and de Santa Ana, com.pers.).

Magmatismo hipabisal básico gondwánico: un nuevo aporte al reconocimiento de terrenos...

Los diques del Miembro Bañado de Medina están constituidos por diabasas con vidrio en la matriz y composición de toleítas olivínicas. La matriz varía de afanítica a microcristalina con tamaño de plagioclasas entre 0.03 y 0.6 mm.

La textura es siempre porfírica con fenocristales de plagioclasas, olivina y piroxeno en ese orden de abundancia. El análisis modal promedio es 40% de plagioclasa, 35% de piroxeno, 3% de opacos, 2% de olivina, 20% de vidrio.

La plagioclasa es una andesina An_{34-43} en la matriz, mientras que los fenocristales son de labrador An_{50-55} . El piroxeno aparece en dos especies: augita netamente dominante y pigeonita solamente en el núcleo de algunos fenocristales.

Los filones-capa del miembro **Paso de los Novillos** son también diabasas, pero con textura dolerítica porfírica sin vidrio y con micropegmatita.

El tamaño de grano varía entre 0.1 y 0.5 mm de longitud de las varillas de plagioclasa. La composición modal media indica, 45% de plagioclasas, 25% de piroxeno 16% de micropegmatita (ortosa-cuarzo), 6% de olivina, 5% de opacos, 3% de vidrio. La plagioclasa es andesina (An_{35-50}) con una relación Pg/Px=2 en la matriz. Los fenocristales son zoneados con labrador-bytownita en el corazón.

Los piroxenos se presentan en dos especies por reconocimiento microposcópico convencional: augita en la matriz y pigeonita como relicto en el núcleo de los fenocristales.

La micropegmatita ocupa la misma posición textural que el vidrio lo hacía en los filones verticales.

La olivina es más importante que en los diques integrando en promedio el 6% de la roca; aparece principalmente como fenocristales serpentizados con pequeños núcleos no alterados.

Los *sills* profundos fueron estudiados por encargo de ANCAP y los datos cedidos por el Dr. De Santana son el resultado del trabajo de A.M.P. Mizusaki y A. Thomaz Filho en 1986 sobre la muestra N° 22 de 1964 mts. de profundidad, en el sondeo N° 7 -Px en Artigas. La roca es una diabasa con textura subofítica (plagioclasas entre 0,5 y 1 mm) sin cantidades importantes de vidrio. Las plagioclasas están inalteradas, zoneadas y con maclas polisintéticas con composición media de labrador (An_{50-60}). Los minerales máficos son augita y escasa olivina. También se identificaron intercrecimientos micropegma-títicos y minerales opacos. Esta descripción petrográfica, -aunque somera- permite identificar la roca con los *sills* del Miembro Paso de los Novillos.

Geocronología

La Formación Cuaró fue datada en su porción aflorante por Feraud et al. (1999), utilizando el método $^{39}Ar-^{40}Ar$ con valores de 132.1 ± 1 Ma para Paso de los Novillos y $131,6 \pm 1.3$ Ma para el Miembro Bañado de Medina. El filón capa a una profundidad de 1964m fue datado por método K-Ar en la USP, obteniendo

valores de $131,8 \pm 6,4$ Ma. Resulta entonces que todo el magmatismo hipabisal es de la misma edad.

El magmatismo Mesozoico continental (intracratónico) evolucionó según datos geocronológicos confiables, de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Los primeros 12-14 derrames del Grupo Arapey que afloran en la zona oriental, (Bossi & Schipilov, 1998), poseen edad Ar-Ar de 133 ± 0.2 Ma., según Feraud et al. (1999); con bajo Ti, Nb y Ta, así como alta relación $(^{87}Sr/^{86}Sr)_o$ indicando fuerte contaminación crustal.
- La Fm. Itapebí *sensu* Bossi & Schipilov (1998) es la única que posee 27 derrames y el más joven tiene una edad Ar-Ar de 131 ± 1 Ma. según Feraud et al. (1999); los 14 derrames superiores son de alto Ti ($TiO_2 > 2\%$), Nb y Ta, indicando poca contaminación crustal.
- La Formación Cuaró, aflorante en el Terreno Nico Pérez y desarrollada en profundidad debajo de las lavas basálticas de las formaciones Los Catalanes y Curtinas en el Terreno Piedra Alta, posee edades Ar-Ar de alrededor de 132 Ma, siendo entonces posterior al episodio principal de derrames basálticos.

Geoquímica

Se dispone de 11 análisis de la porción aflorante publicados por Feraud et al. (1999) y 4 análisis de elementos mayores y traza para el sondeo N° 410 en la ciudad de Artigas a profundidades de 326, 377, 665 y 718 mts desde el piso de la Formación Los Catalanes del Grupo Arapey, publicados por Turner et al. (1999). Los datos disponibles se exponen en la Tabla N° I para los elementos mayores y en la Tabla N° II para los restantes.

Los valores más útiles se refieren a la diferencia de comportamiento del magmatismo aflorante respecto de los filones capa profundos, ubicados a cada lado de la falla Sarandí del Yí-Piriápolis. El primer parámetro netamente diferencial es la relación Ti/Y que es muy significativo en los magmatismos continentales.

En la Cuenca del Paraná, los basaltos de alto TiO_2 presentan relaciones $Ti/Y > 300$ y se asocian a un proceso de ascenso con baja o nula contaminación crustal con $(^{87}Sr/^{86}Sr)_o < 0.706$, (Cordani et al. 1988; Corval et al. 2006; Marques et al. 2006; Teixeira et al. 2006; Dutra et al. 2006; Vargas et al. 2006).

A la inversa, los basaltos de bajo TiO_2 presentan valores $Ti/Y < 300$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_o > 0.708$ y alto % de incompatibles.

Los valores obtenidos en el área de los miembros aflorantes indican una relación $Ti/Y < 300$ con tenores de $Ti/O_2 < 2.05\%$, mientras que los filones capa profundos del sondeo 410 dan valores $Ti/Y > 300$ y $TiO_2\% > 2$.

También fue posible analizar las relaciones TiO_2-MgO que caen en campos netamente diferentes (Figura N° 4).

	Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	H ₂ O	Total
D I Q U E S	UR-46	52.80	15.05	14.29	2.81	8.53	2.60	1.50	2.02	0.26	0.14	2.13	102.11
	UR-50	53.20	14.38	13.07	4.14	8.83	2.49	1.41	2.02	0.26	0.19	0.72	100.71
	UR-54	53.82	14.36	10.06	4.59	8.58	2.47	1.49	1.26	0.20	0.17	0.90	100.90
	UR-58	51.87	16.05	9.63	6.00	11.13	2.49	1.38	1.16	0.14	0.17	0.28	100.30
	UR-59	52.67	15.74	9.52	5.98	10.96	2.54	1.13	1.14	0.14	0.17	0.13	100.12
	UR-60	53.81	13.64	13.02	4.76	8.78	2.50	0.98	2.05	0.24	0.23	0.66	100.67
S I L L S	UR-48	53.95	14.90	12.73	4.03	8.87	2.21	0.93	1.94	0.25	0.19	0.53	100.53
	UR-55	53.00	15.13	12.60	4.16	9.08	2.60	1.12	1.89	0.24	0.19	0.48	100.59
	UR-61	52.21	15.00	9.71	7.61	11.47	1.98	0.79	0.95	0.10	0.17	0.34	100.33
	UR-62	55.92	13.67	11.76	4.90	8.95	1.93	0.92	1.56	0.19	0.20	0.76	100.76
	UR-63	53.98	14.63	10.46	6.43	10.54	1.85	0.71	1.13	0.12	0.17	0.74	100.76
S O N D E O S	410-326	50.82	13.11	15.30	4.75	9.38	2.57	0.99	2.34	0.27	0.21	0.41	100.15
	410-377	50.20	13.28	15.11	5.25	9.51	2.57	0.93	2.24	0.26	0.20	0.05	99.60
	410-665	51.18	13.13	15.32	5.13	9.43	2.47	1.09	2.30	0.27	0.22	0.06	100.60
	410-718	50.55	14.13	13.15	6.70	10.43	2.42	0.80	1.71	0.20	0.19	0.01	100.29

TABLA Nº I. Análisis químicos FRX de los elementos mayores (% en peso) de la Fm. Cuaró, (tomados de Feraud et al., 1999) para las muestras de diques y *sills*; y para la perforación IGU Nº410 a las profundidades señaladas (Turner et al., 1999).

TABLE I. RFX analysis of major elements (weight %) of Cuaro Fm. For dykes and sills after Feraud et al. (1999). For deep sills of 410 IGU hole, after Turner et al. (1999).

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	H ₂ O	Total
UR-46	52.80	15.05	14.29	2.81	8.53	2.60	1.50	2.02	0.26	0.14	2.13	102.11
UR-50	53.20	14.38	13.07	4.14	8.83	2.49	1.41	2.02	0.26	0.19	0.72	100.71
UR-54	53.82	14.36	10.06	4.59	8.58	2.47	1.49	1.26	0.20	0.17	0.90	100.90
UR-58	51.87	16.05	9.63	6.00	11.13	2.49	1.38	1.16	0.14	0.17	0.28	100.30
UR-59	52.67	15.74	9.52	5.98	10.96	2.54	1.13	1.14	0.14	0.17	0.13	100.12
UR-60	53.81	13.64	13.02	4.76	8.78	2.50	0.98	2.05	0.24	0.23	0.66	100.67
UR-48	53.95	14.90	12.73	4.03	8.87	2.21	0.93	1.94	0.25	0.19	0.53	100.53
UR-55	53.00	15.13	12.60	4.16	9.08	2.60	1.12	1.89	0.24	0.19	0.48	100.59
UR-61	52.21	15.00	9.71	7.61	11.47	1.98	0.79	0.95	0.10	0.17	0.34	100.33
UR-62	55.92	13.67	11.76	4.90	8.95	1.93	0.92	1.56	0.19	0.20	0.76	100.76
UR-63	53.98	14.63	10.46	6.43	10.54	1.85	0.71	1.13	0.12	0.17	0.74	100.76
410-326	50.82	13.11	15.30	4.75	9.38	2.57	0.99	2.34	0.27	0.21	0.41	100.15
410-377	50.20	13.28	15.11	5.25	9.51	2.57	0.93	2.24	0.26	0.20	0.05	99.60
410-665	51.18	13.13	15.32	5.13	9.43	2.47	1.09	2.30	0.27	0.22	0.06	100.60
410-718	50.55	14.13	13.15	6.70	10.43	2.42	0.80	1.71	0.20	0.19	0.01	100.29

TABLA Nº II. Análisis químicos (FRX) de los elementos menores y traza (ppm) de la Fm. Cuaró, tomados de Feraud et al. (1999) para las muestras de diques y *sills*; y de Turner et al. (1999) para la perforación IGU Nº410 a las profundidades señaladas.

TABLE II. Trace elements RFX analysis (ppm) of Cuaro formation after Feraud et al. (1999) for dykes and sills and after Turner (1999) for underground samples of Nº 410 IGU hole.

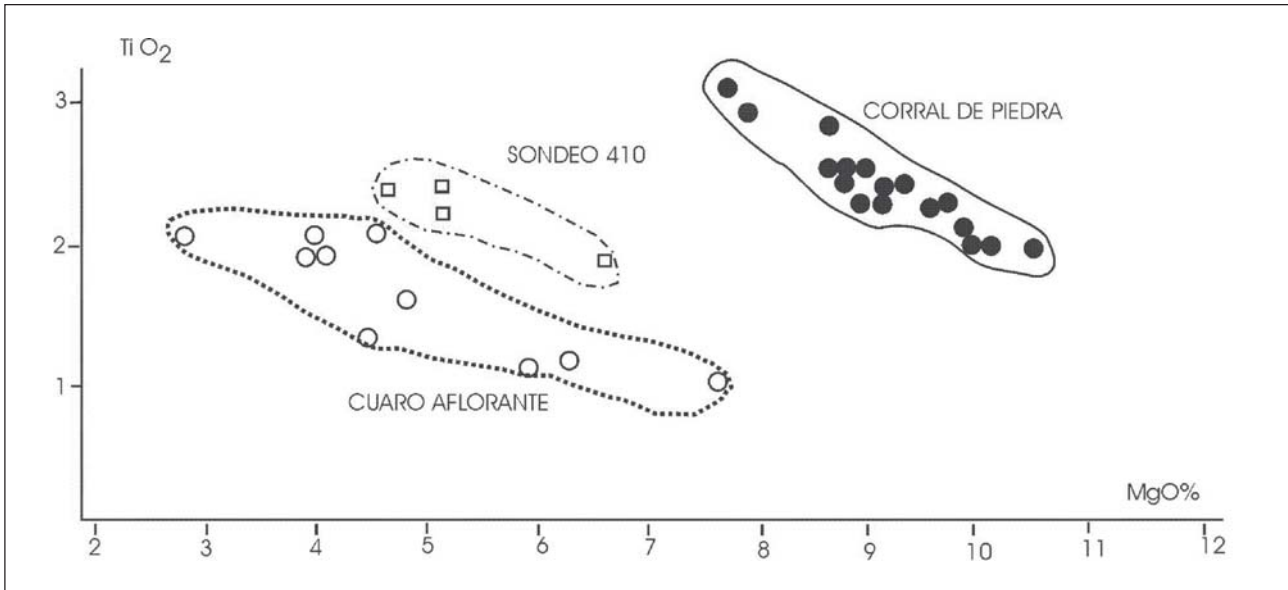


FIGURA Nº 4. Diagrama de relación TiO_2 vs. $MgO\%$ para los distintos conjuntos de filones básicos.
 FIGURE 4. TiO_2 versus $MgO\%$ diagram for each basic dykes system.

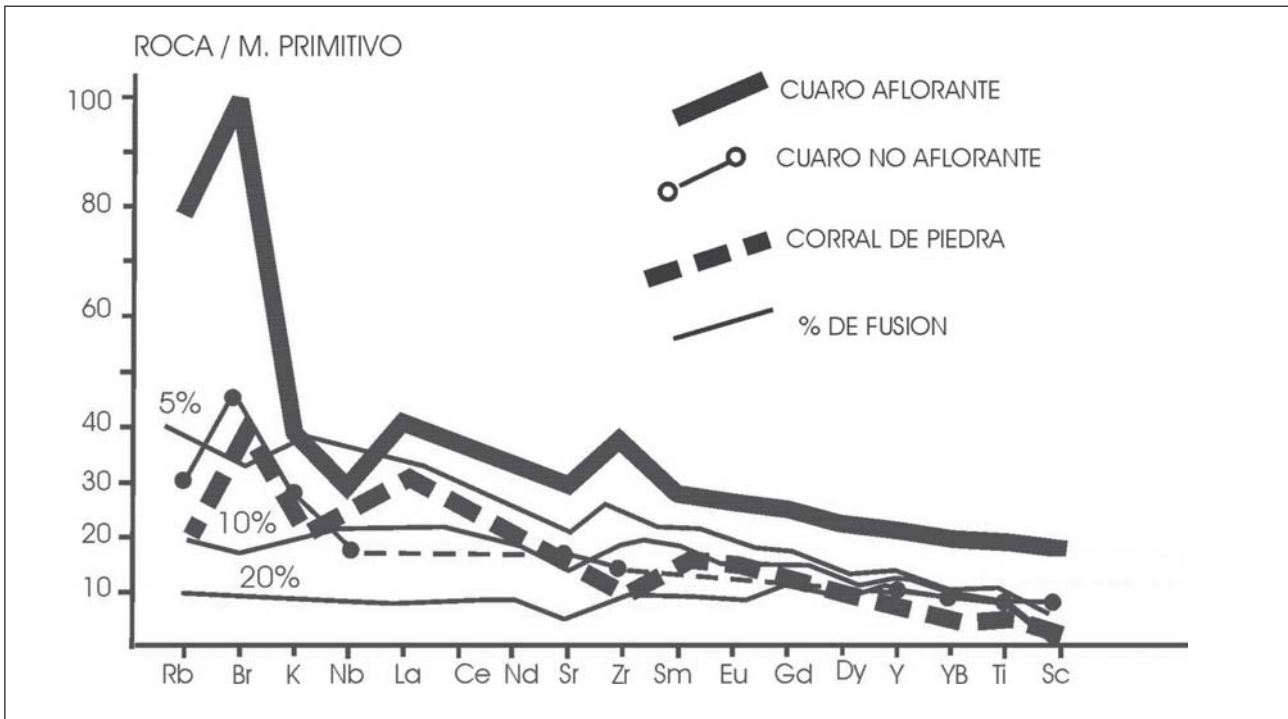


FIGURA Nº 5. Elementos incompatibles normalizados a Manto Primitivo de cada unidad filoniana y % de fusión de Manto, Hoffmann (1988).
 FIGURE 5. Primitive Mantle normalized incompatible elements of each basic dyke unit and Mantle melting percentage, Hoffmann (1988).

Utilizando los datos geoquímicos disponibles también pudo demostrarse que la Fm. Cuaró (aflorante) había experimentado una mayor contaminación crustal por enriquecimiento en elementos incompatibles y fuerte anomalía negativa de Nb y Sr, normalizados a manto primitivo como se muestra en la Figura Nº 5.

Estas cifras muestran un comportamiento diferencial, pero pareció interesante aprovechar los datos de Sr_0 de Feraud et al. (1999), para confirmar la existencia de importante contaminación crustal en

los filones de la Fm. Cuaró aflorante como se expone en la Figura Nº 6.

HAZ DE DIQUES CORRAL DE PIEDRA

Este haz de diques básicos descubierto por H. Belbey en 1986, contiene varios cientos de filones subparalelos de rumbo N10E, a 30 km al E de la ciudad de Melo. La longitud individual varía entre 200 y 1000m con potencias comprendidas entre 5 y 8 m (Figura Nº 7).

Ha sido detalladamente estudiado por Girardi et

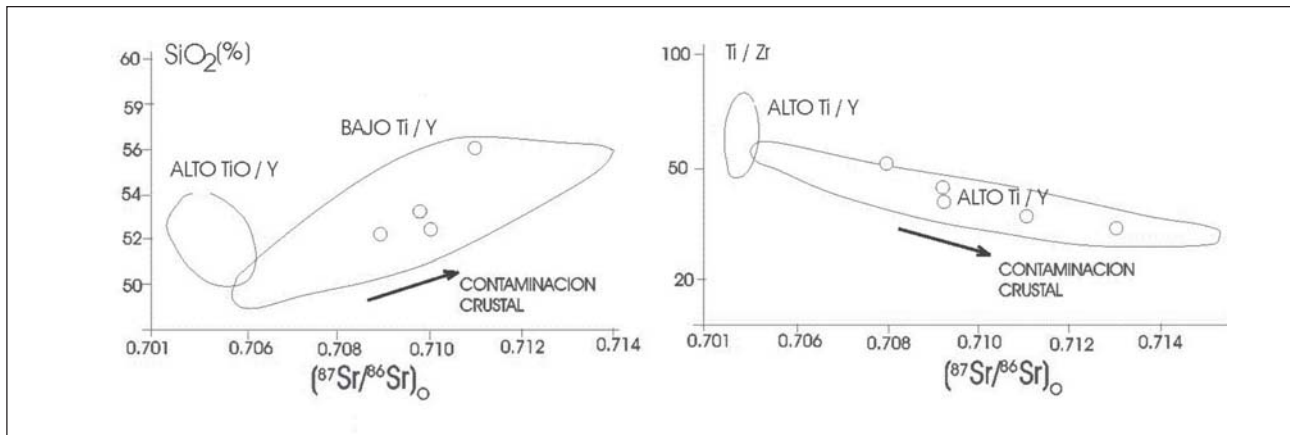


FIGURA N° 6. Diagramas de Sr vs. SiO_2 y Ti/Zr para mostrar contaminación crustal de la Formación Cuaró aflorante. Fuente: Feraud et al. (1991).

FIGURE 6. Sr versus SiO_2 and Ti/Zr diagrams to show crustal contamination of outcropping Cuaró Formation, Feraud et al. (1999).

al. (1996), de modo que aquí se expondrán sólo los rasgos más promitentes de interés para la tipificación de la naturaleza del Manto y eventuales procesos de contaminación crustal. Estos filones intruyen rocas graníticas de 580 ± 20 Ma. y su edad K/Ar en roca total realizada en la USP (Brasil) dio valores de 265 ± 33 Ma (K. Kawashita, com. pers. 1991).

Este valor radimétrico tiene significación geocronológica porque coincide con los criterios estratigráficos convencionales: recorta filones de 572 ± 11 Ma. de la Fm. Sierra de Ríos, (Bossi et al. 1993), es recortado por una dolerita de ca 130 Ma., y L. Ferrando (com. pers.) encontró importantes fenómenos tectónicos durante la sedimentación glacial de la Fm. San Gregorio en el Permo-Carbonífero.

Las rocas de los filones son gabros de textura ofítica a subofítica con plagioclasa cálcica (An_{50-75}) clinopiroxenos (Wo_{45}), olivina serpentinizada e ilmenita como minerales esenciales.

Girardi et al. (1996) analizaron 17 muestras que caen en el campo de los basaltos olivínicos o alcalinos con una composición promedio de $47 \pm 1\%$ SiO_2 , $16 \pm 1\%$ Al_2O_3 , $11 \pm 1\%$ FeO, $10 \pm 1\%$ MgO, $9 \pm 1\%$ CaO, $3 \pm 1\%$ Na_2O , $>2\%$ TiO_2 , $9,5\%$ FeO, $\text{mg} = 0,63 \pm 0,05 = \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO})$ molares.

Los valores varían entre 0.57 y 0.67 lo que es muy próximo a Manto no diferenciado.

Los restantes datos geoquímicos disponibles se exponen en la Tabla N° III.

Los datos de MgO % vs. TiO_2 % que se muestran en la Figura N° 4 dan cuenta de la naturaleza radicalmente diferente respecto de la Fm. Cuaró. Los valores $(^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr})_0 = 0.704$ y $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_0 = 0.5117$ muestran un débil enriquecimiento con respecto a la composición global de la Tierra, dando $\hat{a}_{\text{Nd}} = +7$ y $\hat{a}_{\text{Sr}} = +20/ +40$. Estos valores son consistentes con una contaminación crustal de magmas derivados de fuentes tipo MORB. Sin embargo, la contaminación con corteza superior implicaría una alta relación Rb/Sr, que es muy baja, (alrededor de 0.02) y una notoria anomalía negativa de Eu, que no se manifiesta.

A modo de resumen, estos filones de gabro muestran muchos rasgos de basaltos continentales: altas LILE y LREE y anomalía negativa de Nb. Sin embargo, los bajos valores Rb/Sr, Rb/K y Sr_0 no sugieren contaminación crustal sino más bien aspectos dependientes de la naturaleza de la fuente. Los datos sugieren fusión de manto próximo a la base de la corteza en un área continental de grandes dimensiones para impedir eliminación de calor.

Girardi et al. (1996) concluyen que como la variación de Sr_0 va acompañada de la variación Rb/Sr, prueba de que el Manto estaba enriquecido en episodios anteriores. Como la errocrona Sm/Nd da una edad de 1943 ± 400 Ma., suponen que a esa edad debió contaminarse el Manto.

DISCUSIÓN

El contexto geológico permite definir que los 3 grupos de filones analizados fueron inyectados en el zócalo cristalino del megacontinente Gondwana ya estructurado como una enorme masa continental.

Verificada esa situación toma sentido el estudio geoquímico y petrológico de cada uno de ellos para inferir si el Manto era homogéneo o no en el momento de la fusión y generación de los respectivos magmas.

La recopilación de los datos petrográficos., geoquímicos e isotópicos disponibles permiten notar diferencias muy significativas.

En la Tabla N° IV se exponen los valores utilizados para el enfoque del problema y la identificación de las diferencias arriba referidas.

Una primera gran diferencia se detecta en la edad de inyección, mientras los filones de la Fm. Cuaró se ubican alrededor de 132 Ma., el haz de Corral de Piedra presenta una edad K-Ar de 265 ± 33 Ma. Esta diferencia de edad de inyección se asocia a otras diferencias significativas tanto petrográficas como geoquímicas.

Los filones de la Fm. Cuaró, son toleíticos con 52% de SiO_2 y 5% de MgO en peso y los diques del haz de Corral de Piedra son basaltos olivínicos con 47% de SiO_2 y 10% de MgO.

Existe también una notable diferencia de los

Magmatismo hipabisal básico gondwánico: un nuevo aporte al reconocimiento de terrenos...

valores del coeficiente “mg”, acercándose el haz de Corral de Piedra a un Manto no diferenciado.

Los restantes datos geoquímicos disponibles se exponen en la Tabla N° III.

Los datos de MgO % vs. TiO₂ % que se muestran en la Figura N° 4 dan cuenta de la naturaleza radicalmente diferente respecto de la Fm. Cuaró. Los

valores (⁸⁶Sr/⁸⁷Sr)₀=0.704 y (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)₀=0.5117 muestran un débil enriquecimiento con respecto a la composición global de la Tierra, dando $\hat{a}_{Nd} = +7$ y $\hat{a}_{Sr} = +20/+40$. Estos valores son consistentes con una contaminación crustal de magmas derivados de fuentes tipo MORB. Sin embargo, la contaminación con corteza superior implicaría una alta relación Rb/

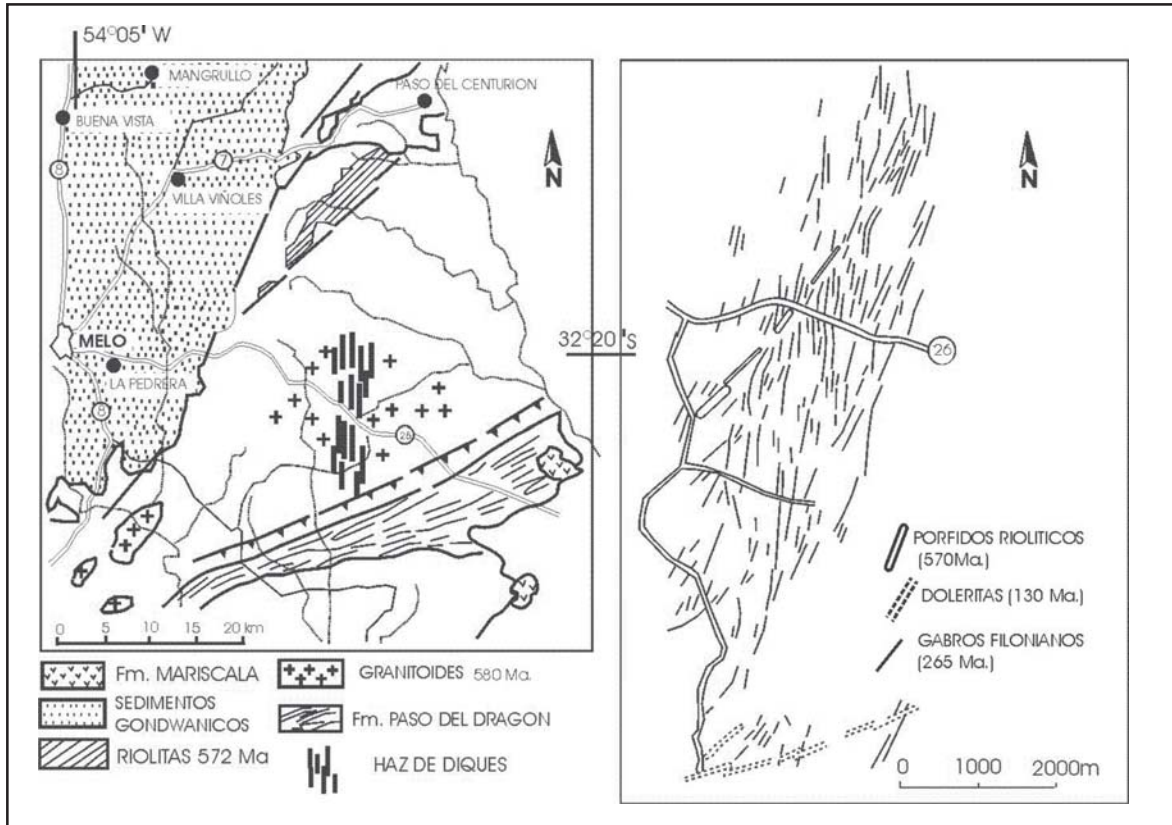


FIGURA N° 7. Geología del haz de diques Corral de Piedra según datos de R. Navarro.(com. pers.).

FIGURE N° 7. Corral de Piedra dyke swarm geology after R.Navarro.(com. pers.).

Muestras	U 125	U 127	U136	U140	U125	U127	U136	U140	U125	U127	U136	U140		
SiO ₂	46.48	47.13	46.83	46.86	Sc	27	38	35	33	La	29.51	9.59	21.40	20.89
TiO ₂	2.44	1.78	2.03	2.17	Rb	6	14	13	14	Ce	48.18	24.11	50.74	29.24
Al ₂ O ₃	17.37	16.56	15.36	16.97	Nb	14	8	22	13	Nd	26.31	14.78	26.83	16.30
FeO t	11.43	10.25	15.36	16.97	Zr	220	190	230	195	Sm	6.98	4.24	7.07	4.68
MnO	0.19	0.16	0.16	0.14	Y	26	27	33	28	Eu	2.19	1.38	2.29	1.51
MgO	8.81	10.49	7.90	8.99	Sr	740	550	605	670	Gd	6.22	4.43	6.37	4.58
CaO	8.93	10.47	9.78	9.77	Ba	365	220	322	167	Dy	5.50	4.49	6.02	4.17
Na ₂ O	3.24	2.32	3.43	2.77						Er	2.54	2.27	2.76	2.14
K ₂ O	0.60	0.58	0.74	0.75						Yb	1.71	1.65	1.75	1.73
P ₂ O ₅	0.51	0.25	0.68	0.39										
FeO	10.07	9.03	10.65	9.84										
mg (mol)	0.61	0.67	0.57	0.62										

TABLA N° III. Datos geoquímicos del haz de diques de Corral de Piedra tomados de Girardi et al (1996) solamente para las muestras analizadas en su totalidad. Elementos mayores (% peso), los elementos menores (XRF ppm) y tierras raras (ICP ppm) en columnas independientes.

TABLE III. Geochemical data of Corral de Piedra dike swarm after Girardi et al. (1996). Major elements (%), trace elements (XRF ppm) and rare earth (ICP ppm).

	Edad (Ma)	R ₀	MgO%	mg	% oliv.	Plag. (An%)	% vidr.	Ti/Y	e _{Nd}	e _{Sr}	Rb/Sr	(La/Yb) _n	(Sm/Y) _n	(Zr/Sc) _n
Cuaró W	132±6	---	5	0.35	6	50-60	1	>300	--	--	0.05	---	--	--
Cuaró E	132±0.2	>0.708	5	0.45	1	50-55	20	<300	-7	+	0.20	2.6	1.8	2
C.dePiedra	265±33	0.704	10	0.62	8	50-75	0	420	+7	+	0.08	4.3	3.5	11.5

TABLA Nº IV. Principales datos geoquímicos y petrográficos de los filones básicos inyectados en el zócalo del megacontinente de Gondwana, en el Norte de Uruguay.

TABLE IV. Main geochemical and petrographic data of basic dikes intruded in Gondwana megacontinent of northern Uruguay.

Sr, que es muy baja, (alrededor de 0.02) y una notoria anomalía negativa de Eu, que no se manifiesta.

A modo de resumen, estos filones de gabro muestran muchos rasgos de basaltos continentales: altas LILE y LREE y anomalía negativa de Nb. Sin embargo, los bajos valores Rb/Sr, Rb/K y Sr₀ no sugieren contaminación crustal sino más bien aspectos dependientes de la naturaleza de la fuente. Los datos sugieren fusión de manto próximo a la base de la corteza en un área continental de grandes dimensiones para impedir eliminación de calor.

Girardi et al. (1996) concluyen que como la variación de Sr₀ va acompañada de la variación Rb/Sr, prueba de que el Manto estaba enriquecido en episodios anteriores. Como la errocrona Sm/Nd da una edad de 1943 ± 400 Ma., suponen que a esa edad debió contaminarse el Manto.

DISCUSIÓN

El contexto geológico permite definir que los 3 grupos de filones analizados fueron inyectados en el zócalo cristalino del megacontinente Gondwana ya estructurado como una enorme masa continental.

Verificada esa situación toma sentido el estudio geoquímico y petrológico de cada uno de ellos para inferir si el Manto era homogéneo o no en el momento de la fusión y generación de los respectivos magmas.

La recopilación de los datos petrográficos., geoquímicos e isotópicos disponibles permiten notar diferencias muy significativas.

En la Tabla Nº IV se exponen los valores utilizados para el enfoque del problema y la identificación de las diferencias arriba referidas.

Una primera gran diferencia se detecta en la edad de inyección, mientras los filones de la Fm. Cuaró se ubican alrededor de 132 Ma., el haz de Corral de Piedra presenta una edad K-Ar de 265±33Ma. Esta diferencia de edad de inyección se asocia a otras diferencias significativas tanto petrográficas como geoquímicas.

Los filones de la Fm. Cuaró, son toleíticos con 52% de SiO₂ y 5% de MgO en peso y los diques del haz de Corral de Piedra son basaltos olivínicos con 47% de SiO₂ y 10% de MgO.

Existe también una notable diferencia de los valores del coeficiente "mg", acercándose el haz de Corral de Piedra a un Manto no diferenciado.

La Fm. Cuaró no aflorante (Cuaró W) que se desarrolla en el Terreno Piedra Alta y se encuentra poco elevada respecto a su lugar de emplazamiento, está constituida por filones toleíticos con alta relación TiO₂/Zr (>300) y escasa contaminación crustal con relación Rb/Sr=0,05.

La corteza atravesada contiene abundantes rocas básicas según Bossi y Piñeyro (2004), incluyendo anfibolitas, hornblenditas, gabros y un haz de filones de microgabro que ocupa el 3% del volumen cortical.

En el diagrama de distribución de elementos incompatibles normalizados a Manto Primitivo (PM) se puede deducir un porcentaje de fusión del 5% aplicando el criterio de Hoffmann (1988) como se ve en la Figura Nº 5. Normalizados a condrita, muestran un débil aumento en elementos incompatibles apoyando la idea de una contaminación crustal reducida (Figura Nº 8).

La Fm. Cuaró aflorante (Cuaró E) que se desarrolla exclusivamente en el Terreno Nico Pérez, tiene también composición toleítica pero son rocas de bajo TiO₂/Zr (TiO₂<300) y presentan una intensa contaminación crustal con una relación Rb/Sr =0,20 y (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) >0,708.

En el diagrama Zr/Nb vs Ba/Nb de la Figura Nº 9 se observa la contribución cortical, lo mismo que en la Figura Nº 6 donde se mostraron las relaciones R₀ vs SiO₂ y R₀ vs Ti/Zr. Este conjunto de filones presenta una rúbrica geoquímica rica en elementos incompatibles y alta relación inicial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr así como bajos tenores de Ti y Nb por provenir de un Manto enriquecido, atravesar un corteza diferente o ambas cosas a la vez.

En la normalización a condrita presenta valores próximos a los de Manto Litosférico Sub Continental según cifras propuestas por Thompson (1982), para el magmatismo de las Islas Británicas y usado para el Gondwana por Dutra et al. (2006). El haz de diques de gabro olivínico Corral de Piedra se diferencia de los anteriores por su contenido en SiO₂ y MgO lo que se expresó gráficamente en la Figura Nº 4. El coeficiente mg=0.62 ± 0.05 sugiere Manto no diferenciado y el diagrama de distribución de elementos incompatibles normalizados a Manto Primitivo que se expone en la Figura Nº 5 sugiere un 15 % de fusión mantélica, así como escasa a nula contaminación crustal.

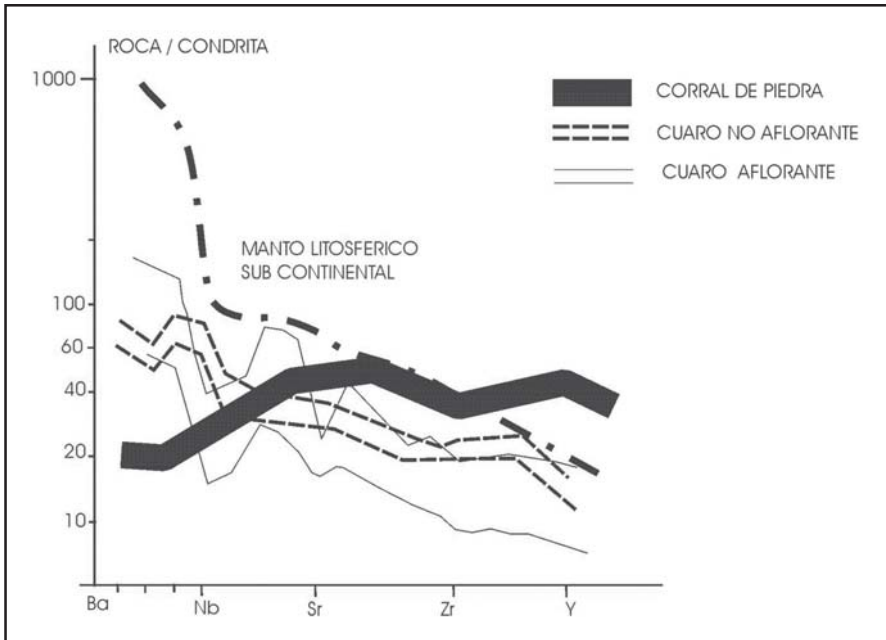


FIGURA Nº 8. Elementos incompatibles normalizados a condrita para relacionarlos con Manto litosférico sub-continental según cifras propuestas por Thompson (1982).

FIGURE 8. Chondrite normalized incompatible elements to relate them to proposed sub-continental lithospheric mantle. After Thompson (1982).

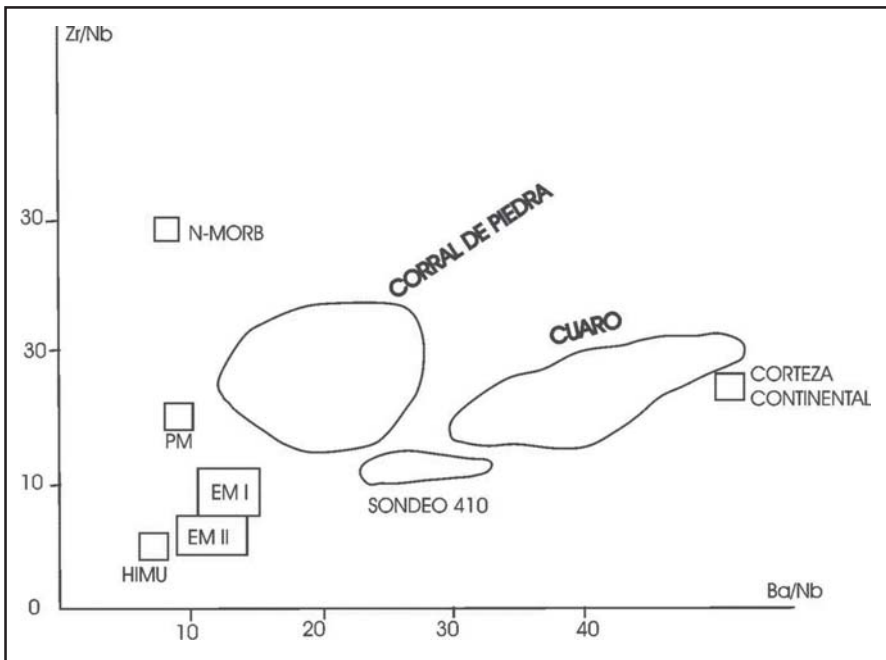


FIGURA Nº 9. Diagrama Zr/Nb vs. Ba/Nb mostrando las relaciones de los diques básicos con los materiales mantélicos y crustales.

FIGURE 9. Zr/Nb versus Ba/Nb diagram to show the relationships of basic dykes with different mantles and continental crust.

Los valores de δ_{Nd} y δ_{Sr} débilmente positivos indicarían, sin embargo una importante contaminación, pero el bajísimo cociente $Rb/Sr=0.02$ y la ausencia de una fuerte anomalía negativa de Eu sugieren, según Girardi et al. (1996), un enriquecimiento mantélico previo a la fusión. La errocrona Sm/Nd, con un valor de 1943 ± 462 Ma, sería la edad más probable a la cual este Manto recibió adición crustal.

Normalizados los elementos a condrita como se

expone en la Figura Nº 9, el haz de Corral de Piedra presenta una rúbrica opuesta a la de Manto litosférico y sugiere contribuciones astenosféricas apoyado por el bajo porcentaje de sílice y muy alto de MgO. Esta recopilación de datos de diverso origen, conduce a sugerir netas diferencias en la fuente mantélica y grado de contaminación crustal de cada uno de los 3 conjuntos de filones básicos de la porción uruguaya del continente de Gondwana.

La coincidencia de cada conjunto de filones con uno de los terrenos tectono-stratigráficos propuestos por Bossi et al. (1998), constituye un fuerte argumento a favor de la aglomeración de fragmentos de placas generadas en forma independiente en lugares posiblemente muy distantes entre sí y de la posición actual. Se apoyaría así la aloctonía de las placas adosadas a ambos lados de megacizallas subverticales mereciendo la denominación geotectónica de terrenos.

En la Figura Nº 10, se exponen las características evolutivas más destacadas de cada uno de los 3 terrenos según la descripción de Bossi y Ferrando(2001).

CONCLUSIONES

El estudio sobre las condiciones de formación y emplazamiento de 3 grupos de filones hipabisales en el continente de Gondwana antes de y durante su desmembramiento, hizo posible extraer ciertas conclusiones que aportan criterios para dilucidar el

mecanismo de aglutinación del megacontinente.

Una primera gran diferencia es que los filones de la Fm. Cuaró son toleíticos mientras los del E son olivínicos. Ello resulta de Manto de diferente composición, diferentes grados de fusión y de contaminación cortical.

Los diques de la Fm. Cuaró no aflorante, son rocas toleíticas, de alto TiO_2 que resultan de una fusión de Manto no enriquecido del orden del 10%, sin contaminación crustal significativa ($Rb/Sr=0.05$)

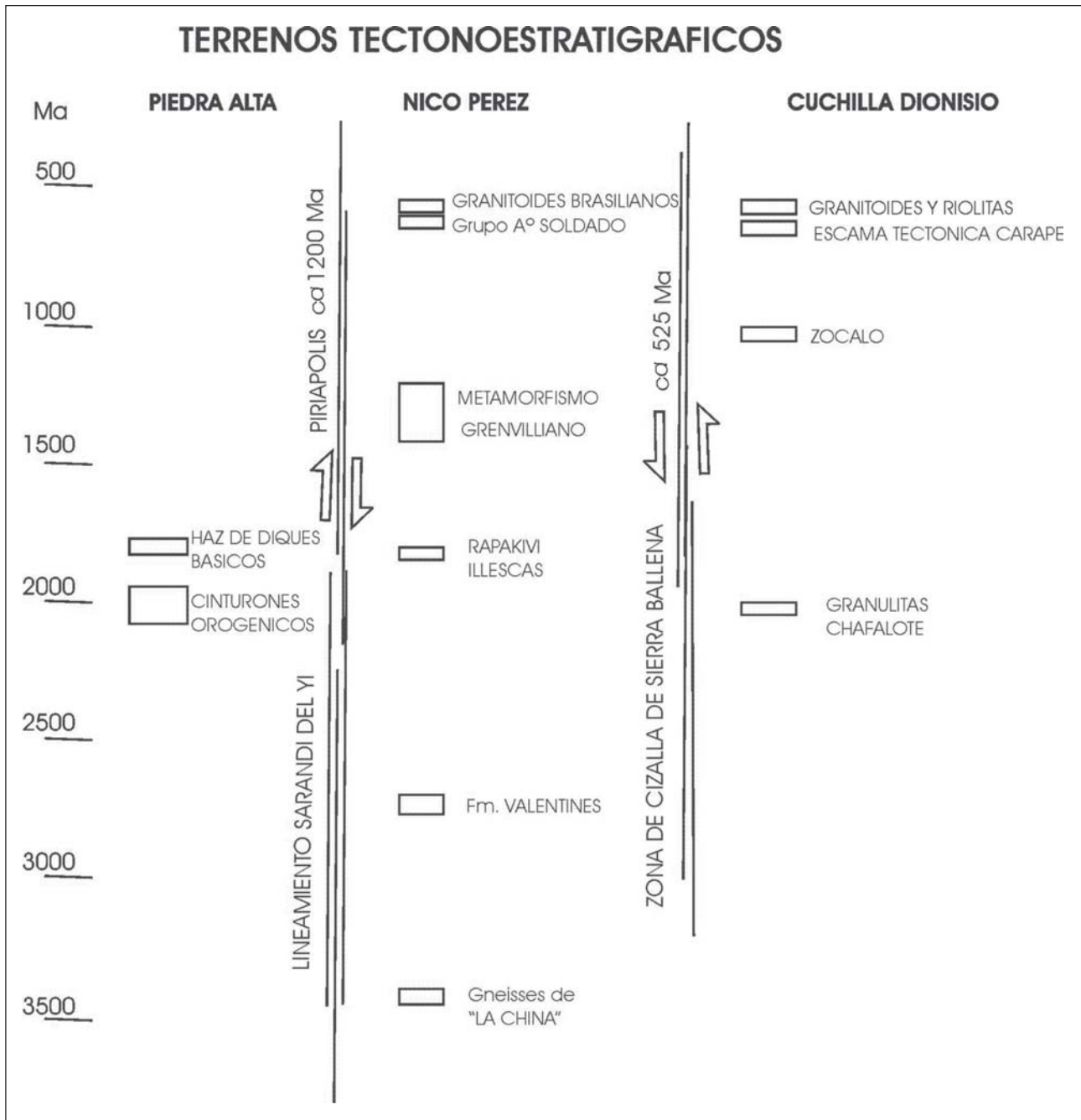


FIGURA N° 10. Estratigrafía de las características evolutivas más destacadas de los terrenos principales, (Bossi & Ferrando, 2001).
FIGURE 10. Main Uruguayan terranes evolutionary features. After Bossi & Ferrando (2001).

debido a la existencia de una corteza continental con elevado porcentaje de rocas básicas (terreno Piedra Alta).

La Fm. Cuaró aflorante, desarrollada en el Terreno Nico Pérez se forma con 5% de fusión de Manto y fuerte contaminación crustal ($Sr_o > 0.708$) y $Rb/Sr = 0.2$. La pronunciada anomalía negativa de Nb normalizado a Manto Primitivo sugiere un manto enriquecido antes de la fusión y ello debe atribuirse a subducción de placas durante el Ciclo Brasileño (500-700 Ma) como máxima probabilidad.

El haz de filones de gabros olivínicos de Corral de Piedra proviene de un manto con 15% de fusión y escasa a nula contaminación cortical ($Rb/Sr = 0.08$). Los valores de δ_{Sr} y δ_{Nd} débilmente positivos sugieren

un Manto previamente enriquecido. Como la errocrona Sm-Nd dio valores de 1943 ± 462 Ma Girardi et al. (1996), proponen esa edad para el enriquecimiento del Manto.

El comportamiento diferencial de los 3 grupos de filones apoya la idea de terrenos aloctonos adosados por megacizallas subverticales. Estas megacizallas han actuado posteriormente como planos de deslizamiento vertical de bloques para lograr equilibrio isostático lo cual representa una prueba adicional de aloctonía: el espesor de litósfera es diferente en cada bloque. Esto ha determinado que la Fm. Cuaró no aflorante se encuentre prácticamente en las condiciones de emplazamiento, con filones capa de diabasa a 500-1500 metros de profundidad. La Fm.

Cuaró aflorante presenta los mismos filones-capa en superficie lo que implica un levantamiento isostático de 1500 metros en 130 Ma (11 micras/año). El haz de diques de Corral de Piedra son gabros de grano más grueso que las diabasas de la Fm. Cuaró y el área tiene poco espesor de sedimentos gondwánicos, por lo cual puede inferirse un mayor levantamiento relativo.

Agradecimientos

Este trabajo utiliza datos del programa ECOS con las Universidades de Lyon y Niza (Francia) y del Convenio con la Universidad de Sao Paulo (Brasil). Nuestro agradecimiento a los Profs. Hervé Bertrand y Vicente Girardi. Los borradores fueron transformados en material ofrecido a publicar por Ay. Téc. Carmen Olveira. Parte de la información utilizada proviene de discusiones con el Lic. Alejandro Schipilov. La Lic. Rosa Navarro intervino en el estudio de los filones Corral de Piedra.

BIBLIOGRAFÍA

- BASEI, M., SIGA, Jr. O., MASQUELIN, H.; HARARA O.M.; REIS NETO, J.M.; PRECIOZZI, F. The Dom Feliciano Belt (Brazil-Uruguay) and its foreland (Rio de la Plata Craton): Framework, Tectonic Evolution and Correlations with similar terranes of Southwestern Africa. *In*: CORDANI, U., THOMAZ, F. & MILANI, E. (Eds.) *Precambrian Evolution of South America*. Rio de Janeiro: IUGS, 2000.
- BASEI, M.A.S.; FRIMMEL, H.E.; NUTMAN, A.P.; PRECIOZZI, F.; JACOB, J. 2005. A connection between the Neo-proterozoic Dom Feliciano (Brazil-Uruguay) and Gariep (Namibia-South Africa) orogenic belts-evidence from a reconnaissance provenance study. *Precambrian Research*, 139: 195-221.
- BOSSI, J. & NAVARRO, R. 1991. *Geología del Uruguay*. Universidad de la Republica. Colección Reencuentro. 2 vol. 839 p.
- BOSSI, J. & CAMPAL, N. 1992. Magmatismo y tectónica transcurrente durante el Paleozoico Inferior en Uruguay. *In*: GUTIERREZ MARCO, J. C.; J. SAAVEDRA & I. RABANO (Eds). *Paleozoico Inferior de Iberoamérica*. Universidad de Extremadura. España.
- BOSSI, J.; CAMPAL, N.; CIVETTA, L.; DEMARCHI, G.; GIRARDI, V.A.; MAZZUCHELLI, M.; NEGRINI, L.; RIVALENTI, G.; FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; SINOGOI, S.; TEIXEIRA, W.; PICCIRILLO, E.M.; MOLESINI, M. 1993. Early Proterozoic dyke swarms from western Uruguay: geochemistry, Sr-Nd isotopes and petrogenesis. *Chemical Geology*, 106: 263-277.
- BOSSI, J.; PRECIOZZI, F. & CAMPAL, N.: 1993. *Predevoniano del Uruguay Parte I: Terreno Piedra Alta*; Ed. Dirección Nacional de Minería y Geología. Montevideo. Uruguay.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. 1998. *Rocas Igneas Básicas del Uruguay*. Volumen I. Ed. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 1-245.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L. A.; MONTAÑA, J.; MORALES, H.; CAMPAL, N.; GANCIO, F.; PIÑEYRO, D.; SCHIPILOV, A.; SPRECHMANN, P.: 1998. *Carta Geológica del Uruguay*, escala 1/500.000. Ed. Geoditores. Montevideo. Uruguay. CD-ROM.
- BOSSI, J. & FERRANDO, L. 2001. *Carta Geológica del Uruguay* a escala 1/500.000; Ed. Facultad de Agronomía. CD-ROM
- BOSSI, J.: 2002. Neoproterozoico-Cámbrico en el Uruguay: Cinturón Dom Feliciano vs. Terreno Cuchilla Dionisio; *Revista Sociedad Uruguaya de Geología*, (9): 3-27.
- 2003. Estratigrafía del Precámbrico de Uruguay: terrenos tectono estratigráficos y geocronología; II Taller de Estratigrafía del Precámbrico de Uruguay. *Revista Sociedad Uruguaya de Geología*, Publicación Especial (1): 1 – 17.
- BOSSI, J. & GAUCHER, C. 2004. The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay; an allocthonous block accreted in the Cambrian to SW Gondwana; *Gondwana Research*, 7 (3): 661 – 674.
- BOSSI, J. & PIÑEYRO, D. 2004. Hornblenditas porfiroblásticas: guía litológica de plutonismo de raíz de arco en el Terreno Piedra Alta (Paleoproterozoico, Uruguay): *Revista Sociedad Uruguaya de Geología*, (12): 28-45.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. 2005. *Rocas Igneas básicas del Uruguay* Ed. Facultad de Agronomía. 321p.(en prensa)
- CAMPAL, N.; SCHIPILOV, A.; GAUCHER, C.; BOSSI, J.. El Uruaçuano en el Uruguay: evidencias geológicas, paleontológicas y radimétricas. SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGÍA. VI, 1995, Porto Alegre. *Actas*, 97-100.
- CORDANI, U.; CIVETTA, L.; MANTOVANI, M.S.M.; PETRINI, R.; KAWASHITA, M.; HAWKES-WORTH, C.S.; TAYLER, P.; LONGINELLI, G.; PICCIRILO, E.M. Isotope geochemistry of flood basalts from the Paraa Basim (Brasil). *In*: E.M. PICCIRILLO & A.J. MELFI (eds). *The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects*. Sao Paulo: IAG-USP, 1988. 157-178.
- CORVAL, A.; VALENTE, S.; DUTRA, T.; DUARTE, B.P.; HEILBRON, M.; P. SZATMAR. AFC Modelling (Sr-Nd-O and trace elements) for

- the high TiO_2 suite of the Serra do Mar dyke swarm, Rio Janeiro. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 2006, Punta del Este, Uruguay. *Actas*, 342-344.
- DE SANTAANA, H. VEROSLAVSKY, G.; FULFARO, V.; ROSELLO, R. 2006. *Cuenca norte: evolución tectónica y sedimentaria del Carbonífero – Pérmico; in Cuencas Sedimentarias del Uruguay, Paleozoico* Veroslavsky, G.; Ubilla, M.; Martinez, S. (Eds) Dirac, :209-256. Montevideo, Uruguay.
- DUTRA, T.; VALENTE, S.; CORVAL, A.; DUARTE, B.P.; HEIBRON, M.; SZATIMARI, P. Geochemical modelling for the low- TiO_2 basalts (the Costa Azul suite in the eastern portion of the Serra do Mar dyke swarm, Rio de Janeiro: evidence for the contribution of a depleted mantle source. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 2006, Punta del Este, Uruguay. *Actas*, 355-357.
- FERAUD, G.; BERTRAND, J.; MARTÍNEZ, M.; URES, C.; SCHIPILOV, A.; BOSSI, J. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and geochemistry of the southern extension of Parana traps in Uruguay. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. II, 1999, Córdoba, Argentina. *Actas*, 95-97.
- FRAGOSO-CÉSAR, R. O craton do Rio de la plata e o Conturão Dom Feliciano no escudo uruguaio-sul-riograndense. CONGRESO BRASILEIRO DE GEOLOGÍA. XXXI, 1980. *Actas*, 2879-2892.
- FRIMMEL, H.E. & BASEI, M.A.S. Racking down the Neoproterozoic connection between southern Africa and South America: a revised geodynamic model for SW-Gondwana amalgamation. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 2006, Punta del Este, Uruguay. *Abstracts*, 94-97.
- GIRARDI, V.A., V.; MAZZUCHELLI, M.; CIVETTA, L.; PETRINI, R.; BOSSI, J.; CAMPAL, N.; TEIXEIRA, W.; CORREIA C.T. 1995. Petrology and geochemistry of the Treinta y Tres region, Northeast Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences*, 9 (3/4): 243-249.
- HOFMANN, A.W. 1988. *Chemical differentiation of the Earth : the relationship between mantle; continental crust and oceanic crust; Earth Planetary Science Letters*, 90: 297-314.
- GOMEZ RIFAS, C. A zona de cizallamiento siniestral "Sierra Ballena" no Uruguay. 1995. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo.
- MARQUES, L.S.; ROSSET, A.; DEMIN, A.; BABINS, M.; RUIZ, I.R.; PICCIRILLO, E. Lead isotope constraints on Mantle source involved in the genesis of Mesozoic high-Ti tholeiitic dykes (Urubici type9 from Sao Francisco craton (Southern Espinhazo); SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 2006, Punta del Este, Uruguay. *Actas*, 399-402.
- MASQUELÍN, H. 1990. Análisis estructural de las zonas de cizalla en las migmatitas de Punta del Este, Uruguay. *Acta Geológica Leopoldensia*, 13 (30): 139-158.
- MASQUELIN, H.; SILVA, A.O.M.; PORCHER, C.C.; FERNANDES, L.A.D.; MORALES, E. 2001. Geología y geotermobarometría de la Suite metamórfica Chafalote, basamento pre-brasiliano, Sudeste de Uruguay; *Actas (CD) XI CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA*. Nº191.
- MASQUELÍN, H & MORALES, E. 2002. Reconocimiento preliminar de campo para la prospección de rocas ornamentales migmatíticas ejemplo del complejo Cº Olivo (SE de Uruguay). *Revista Uruguaya de Geología, Montevideo, Uruguay*.
- 2006. El escudo uruguayo. In: VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M. & S. MARTINEZ (Eds.). *Cuencas Sedimentarias del Uruguay: Paleozoico*. Montevideo: DIRAC-FCIENCIAS, 2006. 37-106.
- MONTAÑA, J. R. 1994.. *Carta Geológica del Uruguay a escala 1/100.000, Hoja H-13 Los Novillos*. Convenio Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias, Dirección Nacional de Minería y Geología. Montevideo, Uruguay.
- OYHANTÇABAL, P., SPOTURNO, J., GOSO, E., HEIMANN, A. & BERGALLI, L. Asociaciones litológicas en las supracrustales del grupo Lavalleja y sus intrusiones asociadas en la hoja Fuente del Puma (Sur de Minas). CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA Y CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA. III y XI, 2001, Montevideo, Uruguay. *Abstracts CD*, 246.
- OYHANTÇABAL, P.; SANCHEZ, L.; AUBET, N.; PEEL, E.; PRECIOZZI, F.; BASEI, M.A.S. Nueva propuesta estrato-gráfica para las metacrustales del Cinturón Dom Feliciano (proterozoico, Uruguay). CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA. XII, 2005, Quito, Ecuador. *Actas*, CD.
- OYHANTÇABAL, P.; SIEGESMUND, S.; WEMMER, K.; NAUMANN, R. Age and geochemical signature of post – collisional plutons of the southern extreme of the Dom Feliciano belt (Uruguay). SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 2006, Punta del Este, Uruguay. *Actas*, 230.
- PEÇOITS, E.; AUBET, N.; OYANTÇABAL, P.; SANCHEZ, L. 2004. Estratigrafía de sucesiones sedimentarias y volcano sedimentarias neoproterozoicas del Uruguay; *Revista Sociedad Uruguaya de Geología*, 1.18-27.

Magmatismo hipabisal básico gondwánico: un nuevo aporte al reconocimiento de terrenos...

- SANCHEZ, L. Evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano en la región de Minas - Piriápolis, Uruguay. 1998. *Tesis*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 234 p.
- SÁNCHEZ, L, & RAMOS, V. 1999. Aspectos geológicos de las rocas metavolcánicas y metasedimentarias del grupo Lavalleja, SE de Uruguay; *Revista Brasileira de Geociências*, 29: 557-570.
- SÁNCHEZ, L.; OYHANTÇABAL, P.; PAGE, S.; RAMOS, V. 2003 Petrography and geochemistry of the Carapé Complex (Southeastern Uruguay); *Gondwana Research*, 6 (1): 89-105.
- SÁNCHEZ, L.; OYHANTÇABAL, P.; PECOITS, E.; AUBET, N.; PEEL, E.; PRECIOZZI, F.; BASEI, M. Estratigrafía de las sucesiones supracrustales del Cinturón Dom Feliciano (Proterozoico, Uruguay). CONGRESO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGÍA. XII, 2004, Quito, Ecuador. *Actas*.
- TEIXEIRA, W.; BETTENCOURT, J.S.; RIZOTTO, G.J.; GIRARDI, V.; ONOE, A.; SATO, K. 2006. Mantle isotopic characteristics below the SW Amazonian craton: U-Pb, ^{40}Ar - ^{39}Ar and Nd-Sr evidence from mesoproterozoic mafic-felsic plutonic rocks, *Actas V SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA* : 204-206 Punta del Este, Uruguay.
- THOMPSON, R.N. 1982. Magmatism of the British Tertiary Volcanic province Scotland. *Geology*, 18 : 49-107.
- TURNER, SP.; PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C J.; MANTOVANI, M. 1999. Chemical stratigraphy of the Paraná basalt sucesion in weatern Uruguay: further evidence for diachronous nature of the Paraná magma types. *Journal of Geodynamics*, 28 (4/5): 333-348.
- VARGAS, T.; SICHEL, S.; MOTOKI, A; ARAUJO, A.L. Evidence for a multimantle source for the basalts of the Rio do Rastro Scarp, Paraná province, based on Os and Sr isotops and trace elements. SIMPOSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGÍA ISOTÓPICA. V, 1999, Punta del Este, Uruguay. *Actas*, 427-428.

Recibido: 15 de Julio de 2006

Aceptado: 12 de febrero de 2007