



## CORDÓN DEL PORTILLO, CORDILLERA FRONTAL, MENDOZA: CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS METAMORFITAS

Graciela I. Vujovich<sup>1</sup> y Daniel Gregori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONICET, Lab. Tectónica Andina, FCEyN, UBA. graciela@gl.fcen.uba.ar

<sup>2</sup> CONICET, Cátedra Geología Argentina, Univ. Nac. del Sur. usgregor@criba.edu.ar

**Keywords:** Cordillera Frontal, Cordón del Portillo, metamorfitas, geoquímica, petrología.

### INTRODUCCIÓN

Una de las áreas clave para entender la evolución geológica del Gondwana sudoccidental durante el Proterozoico – Paleozoico inferior es el basamento metamórfico de la Cordillera Frontal, de allí la importancia de caracterizar las diferentes unidades que lo constituyen. Tratar de reconstruir la tectónica de placas imperante para esos tiempos se torna imprescindible, aunque en áreas metamórficas, donde los ambientes tectónicos han sido obliterados por los procesos geológicos, se torna más dificultosa.

Es por lo anterior que sobre la base de las relaciones de campo, petrología y geoquímica se intenta caracterizar las diferentes unidades petrotectónicas aflorantes en el área. En éste trabajo se presentan resultados preliminares obtenidos a partir del estudio geoquímico y petrográfico de muestras representativas del basamento metamórfico aflorante en la quebrada del Arroyo Grande, Cordón del Portillo, provincia de Mendoza.

### GEOLOGÍA

El basamento metamórfico de la Cordillera Frontal puede dividirse a grandes rasgos en tres áreas. Los afloramientos del Cordón del Plata, constituido por metasedimentos con algunas intercalaciones diabásicas en facies de bajo grado metamórfico (Caminos, 1965; Page y Vujovich de Elbaum, 1997). Un sector intermedio, al sur del río de Las Tunas, donde los metasedimentos presentan una mayor variación litológica y se asocian con rocas máficas y ultramáficas, con metamorfismo de grado bajo a medio. (Ruviños y Gregori, 1996; López *et al.*, 1999) y, el sector del Cordón del Portillo, con una secuencia metasedimentaria bastante monótona, escasas rocas ortoderivadas y ausencia de ultramáficas. Para mayor detalle se remite a Caminos (1993), Ramos *et al.* (1999) y referencias citadas en los mismos. Tanto el basamento metamórfico como los sedimentos marinos carboníferos, depositados en discordancia sobre el mismo, fueron intruidos durante el Paleozoico superior por una serie de cuerpos tonalíticos a graníticos. Las aureolas de contacto asociadas muestran distinto grado de desarrollo en las diferentes unidades afectadas. (Polanski, 1964; Caminos, 1965; Gregori *et al.*, 1996)

### METAMORFITAS DEL CORDÓN DEL PORTILLO

El sector estudiado comprende los afloramientos de basamento a lo largo de la Quebrada del Arroyo Grande, desde sus nacientes en el Portillo Argentino (Fig. 1). Se han reconocido esquistos y gneises orto y paraderivados. El pasaje entre ambas unidades no ha sido observado con claridad en el campo debido a la complejidad tectónica y la presencia de los intrusivos paleozoicos.

*Secuencia metasedimentaria:* Aflora en el sector medio de la quebrada del Arroyo Grande, con buenas exposiciones en el Refugio Gral. Lemos. Esquistos similares fueron descritos hacia el norte (González Díaz, 1957; Villar, 1969; Bjerg *et al.*, 1990; Vujovich, 1998; Ramos *et al.*, 1999; López *et al.*, 1999). Es una alternancia de esquistos cuarzosos y micáceos; los primeros alcanzan un metro de espesor, mientras que los micáceos 0,5 metros. La variación litológica está dada por la mayor o menor abundancia relativa de muscovita+biotita con respecto al cuarzo y feldespatos (feldespato alcalino y plagioclasa).

En algunos casos presentan epidoto así como granate; abundante grafito en algunos esquistos micáceos. Accesorios: apatita, circón, turmalina y opacos.

Las venas de cuarzo, de 0,2 a 30 cm de espesor, son comunes, dispuestas en forma paralela a la foliación, aunque pueden cortarla y estar replegadas. Las asociaciones minerales indican un metamorfismo regional en facies de esquistos verdes alta a anfibolita.

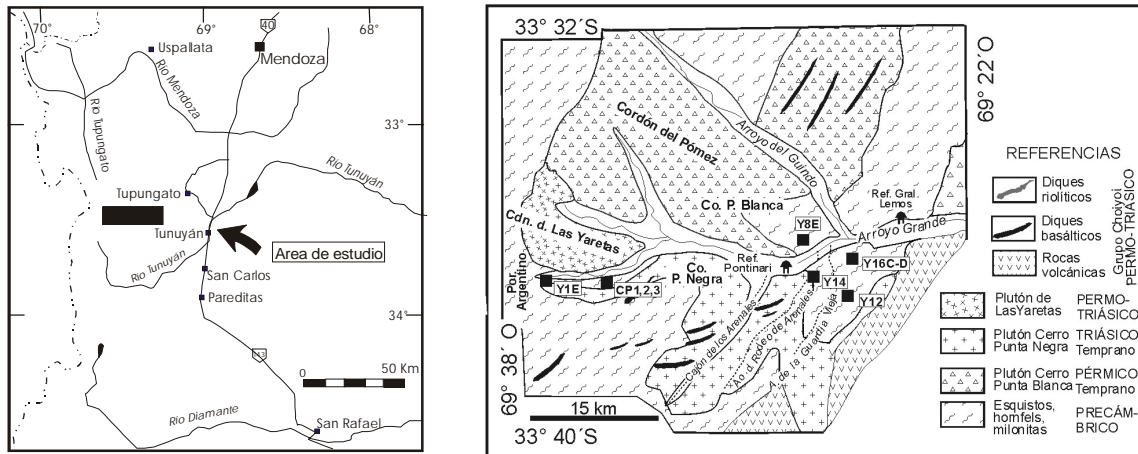


Figura 1: Mapas de ubicación y geológico del sector estudiado (modificado parcialmente de Polanski, 1964)

Estructuralmente se observa una foliación principal S1 (E-O/43°N), correspondiente a un bandeo fino debido a la alternancia de filosilicatos con minerales félsicos y bandas cuarzosas. S1 está plegado por S2: clivaje de crenulación (65°E/50°SE), el que varía entre gradacional a discreto. El primero es un plegamiento asimétrico suave, mientras que cuando es discreto los dominios de microlitones y clivaje están bien definidos. En algunas áreas la secuencia está afectada por zonas de cizalla discreta y los esquistos pasan a milonitas. En ellos la foliación cataclástica está definida por cintas de cuarzo, ojos de feldespatos y de agregados de cuarzo recristalizados, así como peces de muscovita.

**Metamorfitas ortoderivadas:** En el Paso del Portillo Argentino se encuentra un pequeño afloramiento de un gneis tonalítico, blanco verdoso. La relación con los metasedimentos no es clara debido a la presencia de una importante zona de alteración asociada a los intrusivos paleozoicos. Muestra un bandeo composicional, con alternancia de capas feldespáticas y anfibólicas, cortadas por delgadas venillas de cuarzo. En sectores presenta foliación milonítica N20°/32°SE, más o menos paralela al bandeamiento. La hornblenda muestra pasaje a clorita y la plagioclasa a un agregado arcilloso – sericítico; el cuarzo es escaso, al igual que el epidoto. Algunos granos de circón y abundante titanita.

Por otro lado, en el Real de Las Yaretas, gneises de composición granodiorítica son mencionados por Ramos y Basei (1997). Clastos similares se encontraron en el material de acarreo del cerro Punta Negra. Los afloramientos no son muy accesibles y se confunden en parte con los gneises paraderivados. Están formados por biotita marrón rojiza, plagioclasa – algunas con restos de macla sin deformar según albita y Carlsbald y feldespato alcalino, todos estos minerales con algún grado de alteración, además de cuarzo en cintas. Accesorios apatita y circón.

## RELACIÓN CON LOS INTRUSIVOS PALEOZOICOS

El basamento metamórfico está intruido por varios granitoides, entre ellos Punta Blanca, en el refugio Pontinari (276 Ma, Gregori, 2000), y Punta Negra en el Arroyo del Rodeo de los Arenales. En el primer caso la roca de caja es un esquisto de grano fino, bastante homogéneo y de importante extensión areal, mientras que en el segundo se observa desarrollo de hornfels de grano fino, hasta aproximadamente un metro del contacto, con relictos de la foliación primaria metamórfica. El cuerpo intrusivo no presenta evidencia de



foliación en la zona de contacto y en sus inmediaciones presenta xenolitos del basamento. Estos tienen dimensiones variables, hasta un metro, formas irregulares, angulosas, y contactos netos con el granito. La roca de caja está formada por biotita, en cristales aislados y agregados, andalusita y estauroilita en una base de feldespatos alterados y cuarzo.

### CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS

Debido a que las rocas presentan metamorfismo en facies de esquistos verdes alta a anfibolita, al que suma el metamorfismo de contacto en alguna de ellas. Para caracterizarlas geoquímicamente se seleccionaron aquellos elementos que presentan un comportamiento relativamente inmóvil. Dentro de ellos los del grupo del Ti (Ti, Zr, Hf), las tierras raras (incluyendo el Sc y el Y), además del Th y Nb (véase Taylor y McLennan, 1985 y Rollinson, 1993). En la Figura 2 se presentan los resultados analíticos.

Muestra	Gneis tonalítico	Esquistos cuarzo - micáceos			Esquistos micáceos				
	Y1E	Y12	Y16D	Y16C	CP1	CP3	Y8E	Y14	CP2
Ba	1194	609	500	887	992	724	660	803	383
Rb	125	136	124	177	237	170	191	213	109
Sr	326	122	105	66	119	126	92	121	162
Cs	3.8	2.4	11.3	7.2	8.3	9.5	11.3	14.0	8.8
Ga	14	13	16	26	48	37	28	30	15
Ta	1.4	1.4	1.2	1.4	1.4	1.9	1.5	1.5	1.6
Nb	18.3	20.0	20.6	26.4	25.0	22.0	26.8	29.7	18.0
Hf	5.5	8.0	7.9	7.1	6.2	6.6	5.3	6.4	10.6
Zr	244	373	374	333	269	299	228	273	441
Y	29	45	34	42	50	48	35	41	37
Th	8.7	8.2	9.9	12.7	22.1	22.5	12.0	11.9	10.6
U	3.0	3.0	2.0	9.0	4.8	4.3	3.0	1.0	2.2
Co	0	0	0	0	30	33	0	0	53
Sc	9	12	14	16	24	24	21	28	14
Ti	3777	4376	5156	5575	7614	8393	7194	7674	6714
La	33.9	29.8	34.2	46.0	77.9	75.1	44.3	49.0	41.0
Ce	68.1	64.8	74.1	93.5	150.0	150.0	88.3	101.9	89.0
Pr	8.37	7.75	9.02	11.80	0	0	10.83	12.58	0
Nd	32.558	31.234	35.939	47.585	65	65	43.014	49.532	45
Sm	6.97	7.32	7.11	9.43	12.30	11.80	9.31	10.66	8.07
Eu	1.36	1.58	1.47	1.68	2.16	2.29	1.92	2.15	1.75
Gd	6.09	7.12	6.49	8.39	0.00	0.00	8.01	9.06	0.00
Tb	0.953	1.23	1.015	1.274	0	0	1.272	1.458	0
Dy	5.85	8.20	6.53	8.04	0.00	0.00	7.76	7.76	0.00
Ho	1.08	1.61	1.36	1.66	0.00	0.00	1.41	1.41	0.00
Er	3.15	5.10	3.91	5.03	0.00	0.00	4.00	4.00	0.00
Tm	0.455	0.828	0.587	0.773	0	0	0.567	0.567	0
Yb	2.95	6.239	3.89	5.242	4.16	4.35	3.617	3.617	4.66
Lu	0.48	1.149	0.561	0.723	0.56	0.61	0.568	0.568	0.7
Th/Sc	1.0	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.6	0.4	0.8
La/Ta	24.7	22.0	28.3	34.0	55.6	39.5	30.2	32.0	25.6
La/Yb	11.5	4.8	8.8	8.8	18.7	17.3	12.3	13.5	8.8
Ti/Zr	15.5	11.7	13.8	16.7	28.3	28.1	31.5	28.1	15.2
Eu/Eu*	0.6	0.7	0.6	0.6	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0

Figura 2: Análisis químicos de metamorfitas del Cordón del Portillo. CP1, CP2 y CP3: realizados en Actlab, Canadá, por XRF e INNA. El resto de las muestras fueron analizadas en la Memorial University of Newfoundland por XRF e ICP/MS. Relación Eu/Eu\*: valor teórico normalizado al condrito (Bathia, 1985)  $(Eu/0,087)/\{[(Sm/0,231)+(Gd/0,306)]/2\}$

Metamorfitas ortoderivadas: La muestra Y1E corresponde al gneis tonalítico del Paso del Portillo. Esta roca se caracteriza por presentar alto contenido en Ba (1194 ppm) y relativamente alto contenido en Sr los que se relacionarían con la plagioclasa, al igual que la anomalía de Eu (Eu/Eu\*: 0,63).

La relación La/Ta es consistente con un ambiente de arco magmático (24,7), y la relación La/Yb (11,5) muestra que no hay demasiado enriquecimiento de las tierras raras pesadas con respecto a las livianas. Esto último, junto con la presencia de plagioclasa estaría señalando que los magmas no se generaron a demasiada profundidad, posiblemente asociado a una corteza no engrosada.

Metasedimentos: Se pueden diferenciar esquistos cuarzo-feldespático-micáceos (Y12, Y16C) y esquistos micáceos (Y16C, CP1, CP3) Las muestras Y8E, Y14 y CP2 son las que presentan mayores efectos de recristalización y formación de nuevos minerales producto del metamorfismo de contacto sobreimpuesto.

Desde el punto de vista de la geoquímica el origen sedimentario estaría señalado por los bajos contenidos en Sr (66 - 162) y Na<sub>2</sub>O (0,97 - 2,25), con contenidos en Th relativamente elevados (8,2 - 22,5). El diseño bastante plano de las tierras raras pesadas y ligero enriquecimiento en las tierras raras livianas (relación La/Yb: 4,8 - 18,7), junto con las anomalías positivas de Eu (Eu/Eu\*: 0,57 - 0,65) serían compatibles con este origen (Fig.3).

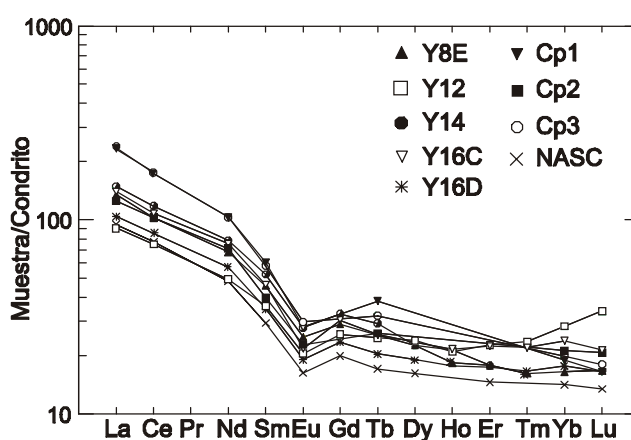


Figura 3: Normalización al condrito (Sun, 1982) de las metasedimentitas del Cordón del Portillo. Las mismas presentan un comportamiento similar al NASC (Gromet et al., 1984) el cual ha sido representado para su comparación.

La determinación del ambiente petrotectónico en metasedimentos no es simple, debido a las múltiples variables en juego, aunque elementos como el La, Th, Nb, Y, Sc, Co y Ti son útiles para discriminar las grauvacas de diferentes ambientes tectónicos (Bathia y Crook, 1986).

El diagrama La-Th-Sc es útil para separar las grauvacas depositadas en cuencas asociadas a arcos islándicos oceánicos y continentales, aunque se superponen los campos de las cuencas de márgenes continentales activos y pasivos. De cualquier modo, las muestras analizadas en el presente trabajo quedan reflejadas en el campo de los arcos de isla continentales, o sea aquellos desarrollados sobre una corteza no engrosada (Fig. 4).

Las relaciones Th-Sc-Zr/10 permiten discriminar bien las grauvacas depositadas en las cuencas de márgenes activos de aquellas de márgenes pasivos, así como las de arcos islándicos oceánicos o continentales, éstos últimos desarrollados sobre una corteza continental no engrosada. Como se observa en la Figura 4 las muestras del Cordón del Portillo se ubican en el campo de las grauvacas asociadas a arcos islándicos continentales.

Por otro lado, la relación La/Ta (22 - 55,6) presenta valores similares a los de las rocas de arcos magmáticos. El contenido en Th también es consistente para arcos islándicos continentales e inclusive en algunas muestras (CP1 y CP3: 22,1 - 22,5 ppm) se acerca más a los valores para las grauvacas de cuencas relacionadas con márgenes continentales activos (18 ppm, Bathia y Crook, 1986).

La relación Th/Sc (0,6 - 0,9) es marcadamente similar a las que presentan las grauvacas de arcos continentales (0,85). La excepción está marcada por CP2, con valores menores, similares a los observados en sedimentos de arcos islándicos oceánicos. El contenido en Ti con relación al Zr (Ti/Zr) es variable (ver Fig. 2), algunas muestras presentan

valores similares a las rocas de arcos continentales mientras que otras se aproximan a los valores observados en márgenes continentales activos.

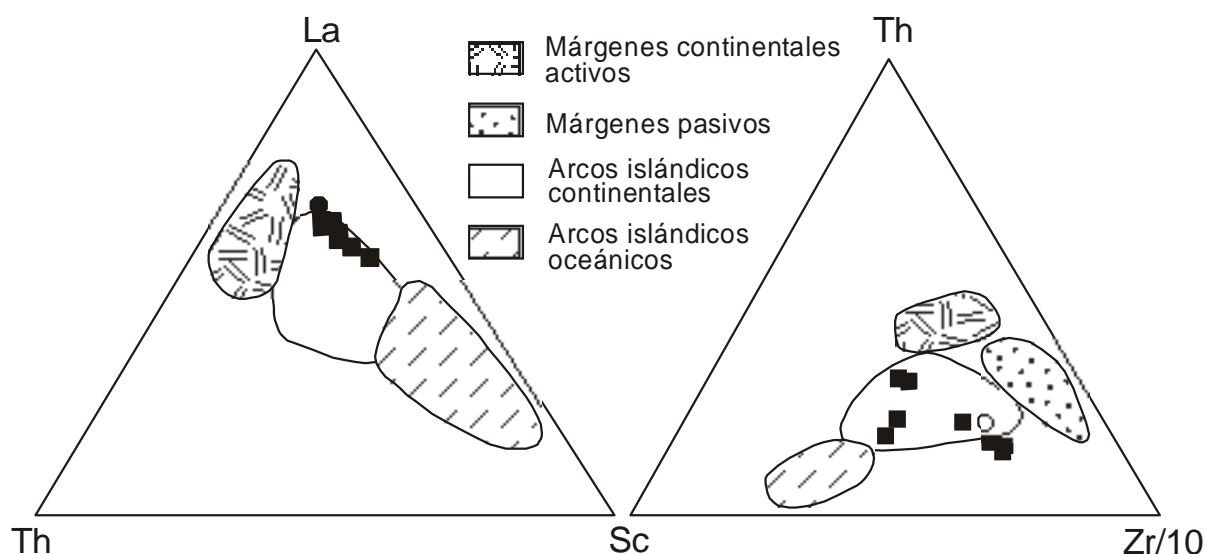


Figura 4: Diagramas discriminantes de ambientes petroestructurales para grauvacas (Bathia y Crook, 1986).

## CONCLUSIONES

La secuencia metamórfica del Cordón del Portillo está constituida principalmente por sedimentos grauvácicos, representados por bancos de esquistos cuarzo-feldespático-micáceos y esquistos micáceos; en escasos sectores se encuentran variedades granatíferas. El metamorfismo sería en facies de esquistos verdes alta – anfibolita. En las áreas cercanas a los intrusivos paleozoicos se observan los efectos de la temperatura sobre estos esquistos, con recristalización y neoformación mineral; a pesar de ello la mayoría de las rocas preserva la foliación metamórfica previa.

Desde el punto de vista geoquímico, las relaciones La-Th-Sc y Sc-Th-Zr/10, junto con otras relaciones entre elementos traza y tierras raras, muestra que los metasedimentos presentan similitudes con las grauvacas depositadas en cuencas asociadas a arcos continentales, o sea aquellos desarrollados sobre una corteza continental relativamente delgada. Las relaciones La/Ta, La/Yb, y el diseño de tierras raras y elementos traza, también sugieren un ambiente de arco magmático.

La identificación de algunas rocas ortoderivadas abre nuevas alternativas al conocimiento de la evolución del área. Por el momento la información existente es escasa, tanto a nivel de afloramientos como de composición. Es por ello que se deberán intensificar los estudios a este nivel a los efectos de lograr un reconocimiento de campo apropiado para mejorar posteriormente la caracterización petrológica y geoquímica.

De cualquier modo, la presencia de rocas ígneas de composición intermedia, y cuyas características geoquímicas sugieren un ambiente de arco magmático apoyan la propuesta de Ramos y Basei (1997) quienes obtuvieron edades grenvillianas, interpretadas como de cristalización, sobre gneises aflorantes aguas arriba del Real de Las Yaretas.

Si bien los sedimentos serían producto de la erosión de rocas ígneas, posiblemente proterozoicas, surge la incógnita acerca de la edad de los depósitos. Dado que el último evento de deformación y metamorfismo regional que afectó a estas secuencias acaeció durante el Devónico medio a tardío (véase Ramos *et al.*, 1999 y otros allí citados), la depositación de las mismas debió ser previa a esta etapa.



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con los proyectos PICT 6729, PID 4162/96 y TW 87. A V. Ramos y M. Manassero por sus sugerencias, las que contribuyeron a mejorar la calidad del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Bathia, M. R., 1985. Rare Earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks: provenance and tectonic control. *Sedimentary Geology*: 45: 97-113.
- Bathia, M. R. y Crook, K. A. W., 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic discrimination of sedimentary basins. *Contrib. Mineral. Petrology*, 92, 181-193.
- Bjerg, E.A.; Gregori, D.A.; Losada Calderón y Labudía, C.H., 1990. Las metamorfitas del faldeo oriental de la Cuchilla de Gualguaraz, Cordillera Frontal, provincia de Mendoza. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, XLV, (3-4): 234-245.
- Basei, M., Ramos, V. A., Vujovich, G. I. y Poma, S., 1998. El basamento metamórfico de la Cordillera Frontal de Mendoza: Nuevos datos geocronológicos e isotópicos. *Actas X Cong. Latinoamericano Geología y VI Cong. Nac. Geología Económica*, II: 412-417.
- Caminos, R., 1965. Geología de la vertiente oriental del Cordon del Plata, Cordillera Frontal de Mendoza. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 20 (3), 351-392.
- Caminos, R., 1993. El basamento metamórfico Proterozoico-Paleozoico inferior. En V. A: Ramos (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 1 (2)*: 11-19.
- González Díaz, E. F., 1957. Estructuras del basamento y del neopaleozoico en los contrafuertes nordorientales del Cordón del Portillo, Provincia de Mendoza. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 12, (2), 98-133.
- Gregori, D.A., Fernandez-Turiel, J.L, Lopez-Soler, A.y Petford, N., 1996. Geochemistry of Upper-Palaeozoic-Lower Triassic granitoids of Central Frontal Cordillera, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 9(1-2): 141-151.
- Gregori, D. A., 2000. Permo-Triassic volcanic-arc granites in the Mendoza Frontal Cordillera, Argentina. *Profil*, Band 18: 47. Stuttgart. Alemania.
- Gromet, L.P., R.F. Dymek, Haskin, L.A. y R.L. Korotev, 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 2469-2482.
- López, V. L., Gregori, D. A., Migueles, N. A. y Dimartino, C., 1999. Nuevas facies en el basamento metamórfico de la Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina. *14° Congreso Geológico Argentino, Salta*. 141-144.
- Page, S. y G.I. Vujovich de Elbaum, 1997. El basamento metamórfico de la Cordillera Frontal en el valle de Santa Clara, Mendoza, Argentina. *8° Cong. Geológico Chileno, Actas 2*: 1434-1438.
- Polanski, J., 1964. Descripción Geológica de la Hoja 25a, Volcán San Jose, (Provincia de Mendoza). *Boletín 98. Direc. Nac. Geología y Minería, Sec. Estado de Minería*, 94 p.
- Ramos, V. A. y Basei, M., 1997. The Basement of Chilenia: An exotic continental Terrane to Gondwana during the Early Paleozoic. *Conference abstracts, 140-143, Terrane Dynamics-97, Christchurch. Nueva Zelanda*.
- Ramos, V.A., Aguirre-Urreta, B., Alvarez, P., Coluccia, A., Giambiagi, L., Pérez, D.J., Tunik, M. y Vujovich, G.I., 1999. Hoja Geológica Cerro Tupungato, Provincia de Mendoza. *Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero Argentino*, 222 pgs, Buenos Aires (aceptado para su publicación).
- Rollinson, H. R., 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. 352 p. *Logman Scientific & Technical*. England.
- Ruviños, M. A. y Gregori, D. A., 1996. Nature of the Frontal Cordillera metamorphic rocks in the Río de las Tunas area, Mendoza province, Argentina. *3rd International Simposium on Andean Geodynamics. St Malo, France*. 795-798.
- Sun, S., 1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46: 179-192.
- Taylor, S. R. y McLennan, S. M., 1985. The continental crust: its composition and evolution. 312 p. *Blackwell Scientific, Oxford*.
- Villar, L. M., 1969. El Complejo ultrabásico de Novillo Muerto, Cordillera Frontal, provincia de Mendoza, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 24 (3), 23-238.
- Vujovich, G.I., 1998. Las metamorfitas del Cordón del Portillo, Cordillera Frontal, Argentina. *Actas X Cong. Latinoamericano Geología y VI Cong. Nac. Geología Económica*, II: 411.