



ESTUDIO DE LA FÁBRICA MAGNÉTICA DE ROCAS METASEDIMENTARIAS DE LA FORMACIÓN ARROYO GRANDE Y DEL GRANITO CARPINTERÍA, CINTURÓN ARROYO GRANDE, TERRENO PIEDRA ALTA, CRATÓN DEL RÍO DE LA PLATA, URUGUAY.

F. Arduin Rode^{1,2*}, S. E. Singer³, L. Sánchez Bettucci¹

¹ Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias, UdelaR, Montevideo, Uruguay.

² Dirección Nacional de Minería y Geología, Ministerio de Industria Energía y Minería, Montevideo, Uruguay.

³ Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

*e-mail: farduin@fcien.edu.uy

ABSTRACT

This research is part of a multidisciplinary project that aims to contribute to the knowledge of the paleogeographic and geodynamic evolution of the Río de la Plata Craton during the Paleoproterozoic. The Paleoproterozoic Arroyo Grande Formation (AGF), represents one of the two meta-volcanosedimentary belts of the Piedra Alta Terrane, Río de la Plata Craton. It is composed by a metamorphized supracortical sequence in upper green schist and amphibolite facies, which was intruded by late and postectonic plutons such as Carpintería Granite (CG). Geological surveys and magnetic susceptibility anisotropy (ASM) studies were carried out in the AGF meta-sedimentary rocks and in the contact with CG.

Keywords: Anisotropy of Magnetic Susceptibility; Magnetic Fabric; Río de la Plata Craton; Piedra Alta Terrane; Arroyo Grande Formation; Carpintería Granite

RESUMEN

Este estudio forma parte de un proyecto multidisciplinario que tiene como fin aportar al conocimiento de la evolución paleogeográfica y geodinámica del Cratón del Río de la Plata durante el Paleoproterozoico. La Formación Arroyo Grande (FAG), de edad paleoproterozoica (2.1 Ga), representa uno de los dos cinturones meta-volcanosedimentarios del Terreno Piedra Alta, Cratón del Río de la Plata. Está conformada por una secuencia supracortical metamorfozada en facies esquistos verdes superior y anfíbolita, la cual fue intruída por plutones tardíos a postectónicos como lo es el Granito Carpintería (GC). Fueron realizados reconocimientos geológicos y estudios de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) en las rocas sedimentarias metamorfozadas de la FAG y en el contacto con el GC.

Palabras Clave: Anisotropía de Susceptibilidad Magnética; Fábrica Magnética; Cratón del Río de la Plata; Terreno Piedra Alta; Formación Arroyo Grande; Granito Carpintería.

1. Introducción

El estudio del contacto entre un plutón y su roca de caja ofrece una gran oportunidad para conocer las condiciones cinemáticas durante el emplazamiento, a ambos lados del mismo. En este sentido, el método de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM), ha resultado ser muy exitoso para realizar interpretaciones geológicas a partir del análisis de las fábricas magnéticas de plutones y de sus rocas de caja (ej: Bouillin *et al.*, 1993; Bouchez *et al.*, 1990). La Formación Arroyo Grande representa uno de los dos cinturones meta-volcanosedimentarios principales del Terreno Piedra Alta (Bossi *et al.* 1993), al sureste del Cratón del Río de la Plata (Almeida *et al.* 1973, Oyhançabal *et al.* 2011, 2018) (Fig. 1). El Granito Carpintería es una intrusión tardi-post tectónica del cual no se conocen datos geocronológicos. A escala regional, el contacto entre ambas unidades se expone escasamente, por lo que, su hallazgo supone un gran valor para la investigación geológica. Este trabajo se centra en estudios de ASM en dicho contacto entre la Formación



Arroyo Grande y el Granito Carpintería, con el fin de aportar al conocimiento geológico y a la evolución tectónica del Terreno Piedra Alta.

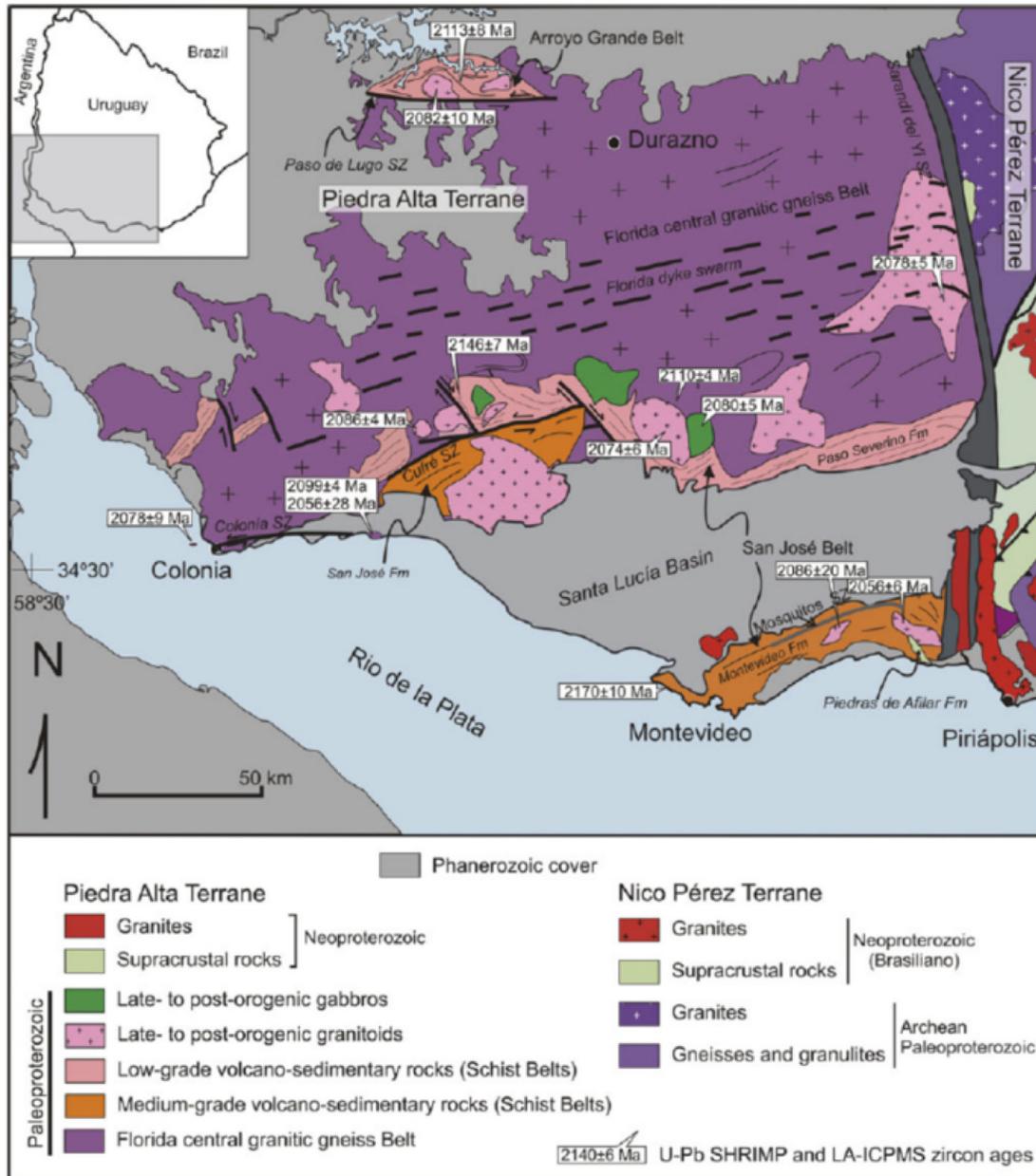


Figura 1: Mapa geológico del Terreno Piedra Alta, Cratón del Rio de la Plata en Uruguay (tomado de Oyhançabal *et al.*, 2018).

2. Geología local

La Formación Arroyo Grande (Ferrando y Fernández, 1971; Fernández y Preciozzi, 1974; Preciozzi *et al.*, 1985; Preciozzi, 1993) se encuentra en el Cinturón Arroyo Grande con rumbo predominantemente E-O y variaciones entre N 70° E y N 70° O. Se trata de una secuencia supracortical meta-volcanosedimentaria donde predominan las rocas detríticas. Estas litologías están afectadas por metamorfismo en facies esquistos verdes a anfibolita inferior. Se ha sugerido que la unidad fue afectada por dos fases de deformación: a) una fase regional, con formación de pliegues isoclinales y estiramiento diferencial de los cantos de algunos



niveles meta-conglomerádicos; b) una segunda fase vinculada a la intrusión de los cuerpos granitoides tardi-postectónicos, que condujo a una variación relativamente importante de la orientación espacial local de las rocas de la formación, y sería la responsable de las variaciones constatadas en la disposición espacial de los elementos tectónicos lineales en las regiones E y O.

En el área de estudio, la Formación Arroyo Grande está representada por metaconglomerados. Afloran en lomadas (zonas altas) y en laderas con poca densidad de afloramientos, como bloques que siguen la orientación de la foliación principal (Fig. 2a). Las mejores exposiciones se observan en donde la roca es más rica en cuarzo. Los metaconglomerados son polimícticos matriz-soportados. Los cantos son fundamentalmente graníticos y de cuarzo, con tamaño entre los 3 y 20 cm de largo, redondeados y con relaciones axiales 3:1. La matriz está compuesta principalmente por cuarzo y biotita con textura granolepidoblástica, y en menor cantidad feldespato, moscovita, granate y opacos (Fig. 2c). En algunas zonas, el porcentaje de matriz es más importante. La roca presenta dos foliaciones, una principal continua, de recta a anastomosada conformada por la biotita y una menos penetrativa conformada por la moscovita. La foliación principal es subvertical y varía su rumbo entre N110° y N120°, en las proximidades del contacto con el GC la misma rota localmente en promedio 80° al E. El contacto con el granito es neto, y presenta intercalación de diques graníticos.

El Granito Carpintería aflora al este de la FAG presentando gran densidad de afloramientos (Fig. 2b). Es de color gris, de grano fino a grueso con textura inequigranular seriada a porfirítica en algunos sectores. Se compone de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, biotita, moscovita, y como accesorios epidoto y opacos (Fig. 2d).

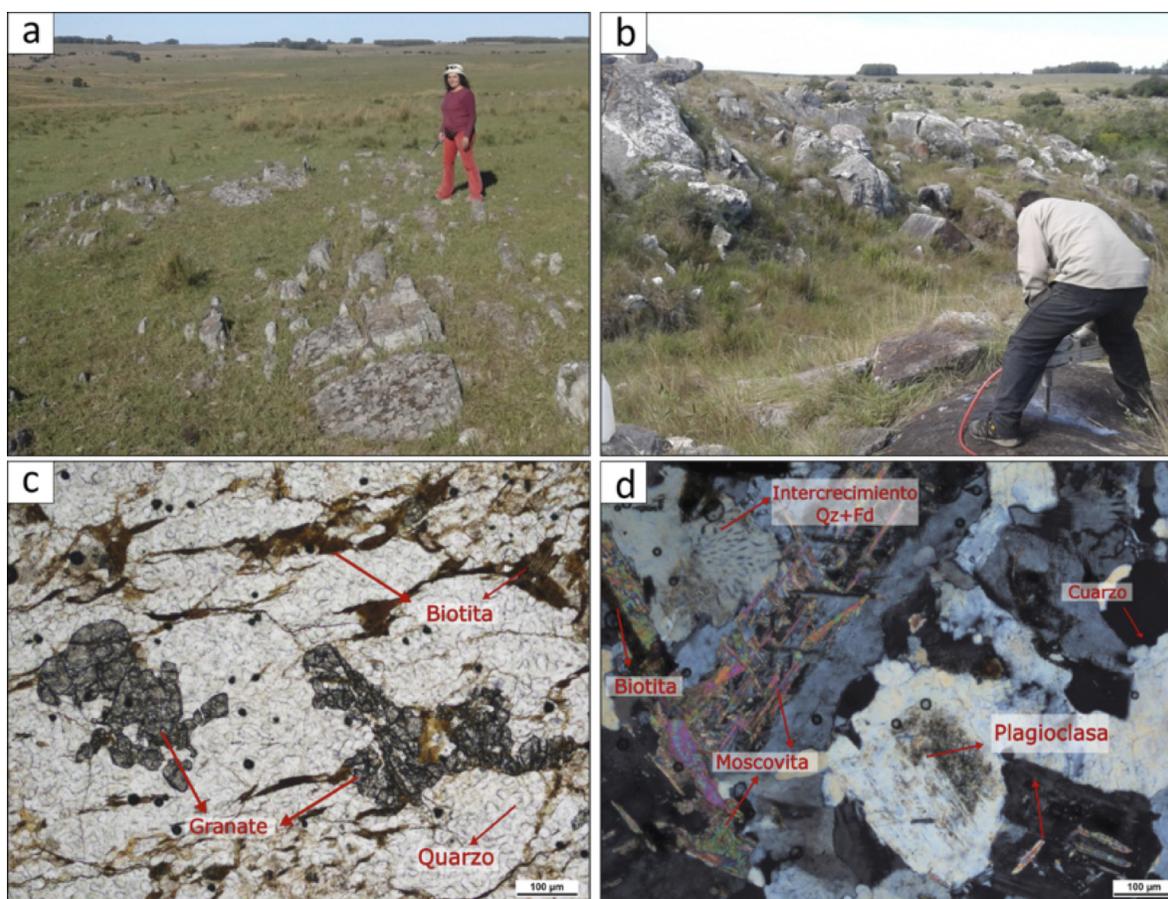


Figura 2: a) Aspecto de afloramiento de la Formación Arroyo Grande; b) Aspecto de afloramiento del Granito Carpintería; c) Vista bajo luz polarizada plana sin nicoles cruzados de la textura general de los metaconglomerados de la FAG; d) Detalle de la textura general del GC bajo luz polarizada plana con nicoles cruzados.



3. Análisis de los resultados de anisotropía de susceptibilidad magnética

Se utilizó el método de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) para estudiar la fábrica magnética de dos sitios: metasedimentitas de la FAG alejadas de la intrusión (sitio AG) y un perfil en el contacto granito – metasedimentitas (sitio AGC). Las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio de Anisotropía de Susceptibilidad Magnética de la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE-MIEM) con un susceptibilímetro KappaBridge MFK1-FA (AGICO S.A.). El procesamiento de datos se realizó con los softwares Anisoft 4.2 y 5.1.03. Los principales resultados ASM obtenidos se expresan en la Tabla 1. Para el análisis del contacto (sitio AGC), se consideraron dos subsitios, el de la roca de caja y el del granito. Los gráficos de susceptibilidad (k) vs. grado de anisotropía (P_j) y grado de anisotropía (P_j) vs. parámetro de forma (T) se muestran en la figura 3a y b, donde cada color representa un sitio o subsitio diferente, mientras que las proyecciones estereográficas de los ejes principales del elipsoide ASM para cada sitio y subsitios se muestran en las figuras 3c, d, e y f. La primera inferencia que se desprende del análisis de los resultados es que estas rocas presentan susceptibilidades magnéticas medias bajas, menores a 300×10^{-6} SI, lo cual es consistente con las observaciones petrográficas descritas previamente.

Tabla 1. Valores de los parámetros ASM para el sitio AG y AGC. N: número de especímenes por sitio. Km: susceptibilidad volumétrica media en unidades SI. L: lineación magnética. F: foliación magnética. P_j : grado de anisotropía corregido. T: parámetro de forma. K_1 , K_2 y K_3 ejes principales máximo, intermedio y mínimo del elipsoide. Dec/Inc: coordenadas esféricas del azimut y del hundimiento de cada eje principal de susceptibilidad. e/z: semi ángulos de los ejes mayor y menor de la elipse de 95% de confianza alrededor de la dirección media correspondiente.

Sitio	N	Km ($\times 10^{-6}$ SI)	Parámetros ASM				Vectores					
			L	F	P_j	T	K_1		K_2		K_3	
							Dec/Inc	e/z	Dec/Inc	e/z	Dec/Inc	e/z
AG	10	266	1.028	1.041	1.071	0.175	32/74	12/3	152/8	14/6	244/13	11/3
AGC	94	97	1.045	1.005	1.056	-0.783	35/37	15/13	154/34	60/14	272/36	60/14
AGC (CAJA)	53	145	1.073	1.005	1.088	-0.864	34/40	11/9	158/32	66/84	272/34	66/11
AGC (GTO)	41	36	1.015	1.004	1.020	-0.558	23/18	33/22	126/34	59/33	270/50	59/20

Sitio AG: La lineación magnética del sitio es del 2.8%, mientras que la foliación magnética (4.1%) se encuentra mejor definida con actitudes $N334^\circ/77^\circ$. P_j es medio, $< 8\%$ y el valor del parámetro de forma T es positivo, correspondiente con un elipsoide oblado. La fábrica magnética es oblada triaxial (Fig. 3c), con buen agrupamiento de los tres ejes principales de susceptibilidad y plano de foliación magnética subvertical.

Sitio AGC: La foliación magnética es débil en ambas unidades, siendo la lineación magnética el elemento de fábrica más fuerte (Tabla 1). Este sitio, independientemente de sus litologías, muestra una fuerte lineación magnética con dirección NNE-SSO con ángulos de buzamiento medios a bajo (Fig.3d). El P_j del subsitio granito es muy bajo, menor a 2% y se diferencia del P_j del subsitio roca de caja, el cual es mayor, (Tabla 1 y Fig. 3a,b). Los parámetros T de las dos subsitios (Tabla 1), son negativos, indicando que sus elipsoides son prolados. A pesar de que la fábrica magnética del plutón muestra mayor dispersión de los ejes principales (Fig. 3f) que la roca caja (Fig. 3e), las dos unidades presentan una fábrica magnética lineal, con elipsoides prolados y eje K_1 bien definidos (Fig. 3d).

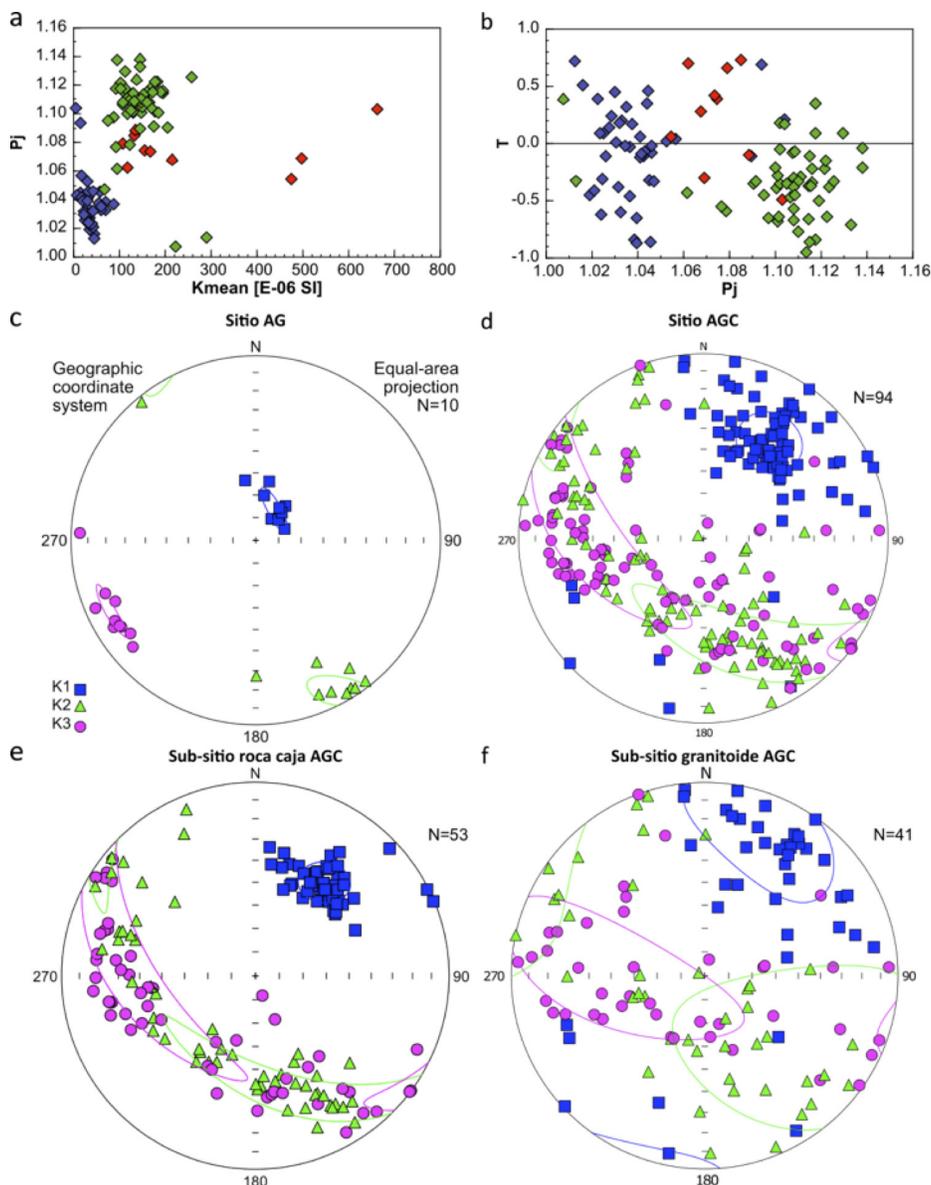


Figura 3: a) Susceptibilidad magnética volumétrica vs. grado de anisotropía. Cuadrados rojos: sitio AG, cuadrados azules: subsitio granitoide en sitio AGC, cuadrados verdes: subsitio metaconglomerados en sitio AGC; b) Grado de anisotropía vs. parámetro de forma para cada muestra en ambos sitios; Proyección estereográfica en el hemisferio inferior de los ejes principales del elipsoide ASM y de sus elipses al 95% de confianza. Software Anisoft. c) sitio AG; d) sitio AGC (subsitio roca caja + subsitio granito); e) subsitio roca caja en sitio AGC; f) subsitio granito en sitio AGC.

4. Conclusiones

La Formación Arroyo Grande y el Granito Carpintería son rocas débilmente magnéticas con susceptibilidades magnéticas bajas, menores a 3×10^{-4} SI, lo que supone que la susceptibilidad y anisotropía estarían controladas por la fracción mineral paramagnética (Tarling y Hrouda, 1993), posiblemente filosilicatos, los cuales son muy abundantes en estas rocas.

En la zona del contacto independientemente de la litología, las rocas muestran una única fábrica magnética lineal con elipsoides prolados y buena concentración de ejes K_1 , principalmente la FAG. Esto sugiere que la fábrica primaria de la roca caja pudo haber sido reseteada durante el emplazamiento del plutón y que las



condiciones cinemáticas a un lado y al otro del contacto fueron las mismas. Por el contrario, lejos del contacto, la fábrica magnética de la roca de caja muestra otras características (elipsoide oblado triaxial con un buen agrupamiento de los tres ejes principales), independientes del emplazamiento del granito.

Las diferencias entre el elipsoide ASM oblado de la Formación Arroyo Grande, y el prolado localizado en el contacto con el granitoide, concuerda con lo planteado por Ferrando y Fernández (1971), Fernández y Preciozzi (1974) y Franceschini *et al.*, (2017) de al menos dos etapas de deformación para esta unidad. La fuerte lineación magnética, paralela a la lineación de estiramiento mineral, es posiblemente el resultado de un evento de extensión local NNE-SSO. Es posible que el Granito Carpintería haya sido emplazado durante este evento de extensión local. Sin embargo, estudios que se llevan a cabo sobre muestras del núcleo del plutón, permitirán proponer un modelo cinemático y de emplazamiento para este intrusivo.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la DINAMIGE-MIEM, a Facultad de Ciencias-UdelaR y al IGBAA-UBA.

Referencias

- Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K., 1973. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. In *The South Atlantic* (pp. 411-446). Springer, Boston, MA.
- Bossi, J., Preciozzi, F., Campal, N., 1993. Predevoniano del Uruguay Parte I: Terreno Piedra Alta. *Montevideo: Dirección Nacional de Minería y Geología*, 50p.
- Bouchez, J. L., Gleizes, G., Djouadi, T., Rochette, P., 1990. Microstructure and magnetic susceptibility applied to emplacement kinematics of granites: the example of the Foix pluton (French Pyrenees). *Tectonophysics*, 184 (2), 157-171.
- Bouillin, J. P., Bouchez, J. L., Lespinasse, P., Pecher, A., 1993. Granite emplacement in an extensional setting: an AMS study of the magmatic structures of Monte Capanne (Elba, Italy). *Earth and Planetary Science Letters*, 118 (1-4), 263-279.
- Fernandez, A. N., y Preciozzi, F., 1974. La formación Arroyo Grande y los granitoides asociados. In *Anales. XXVIII Congreso. Brasileiro de Geologia*, 212-226.
- Ferrando, L., y Fernández, A., 1971. Esquema tectónico cronoestratigráfico del Predevoniano en Uruguay. In *XXV Congreso Brasileiro de Geologia*, v. 1, 199-210.
- Franceschini, P., Rapalini, A., Sánchez Bettucci, L., Martínez Dopoco, C., Milanese, F., 2017. Magnetic fabrics of late to post-tectonic paleoproterozoic intrusive bodies of the Piedra Alta terrane, Río de La Plata craton, Uruguay. 5ta Reunión Bienal Latinmag. Santiago de Queretaro, Mexico.
- Oyhantçabal, P., Siegesmund, S., Wemmer, K., 2011. The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *International Journal of Earth Sciences* 100 (2-3), 201-220.
- Oyhantçabal, P., Cingolani, C. A., Wemmer, K., Siegesmund, S., 2018. The Río de la Plata craton of Argentina and Uruguay. In *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 89-105). Springer, Cham.
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W. y Rossi, P., (1985). Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000. Dirección Nacional de Minería y Geología Montevideo. 92p.
- Preciozzi Porta, F., 1993. Petrography and geochemistry of five granitic plutons from South-central Uruguay: contribution to the knowledge of the Piedra Alta Terrane (Doctoral dissertation, Université du Québec à Chicoutimi).
- Tarling, D. H., y Hrouda, F., 1993. The Magnetic Anisotropy of Rocks. Chapman & Hall, London, 217 p.