

Basamento ígneo-metamórfico de la Sierra de Ancasti, Catamarca. II. Revisión y síntesis de datos geoquímicos y geocronológicos

Fernando G. SARDI¹, Clara E. CISTERNA², Matías IRIARTE¹, María L. SANTILLÁN¹, Miguel A. BÁEZ¹, Ana Acosta NAGLE¹, Tomás G. FUENTES³, Pablo E. MACHUCA ARIAS¹, Silvana MARANGONE¹

Abstract: *IGNEOUS-METAMORPHIC BASEMENT OF THE SIERRA DE ANCASTI, CATAMARCA. II. OVERVIEW AND SUMMARY OF GEOCHEMICAL AND GEOCHRONOLOGICAL DATA.* The igneous-metamorphic basement of the Sierra de Ancasti is composed of metamorphites and plutonic bodies. The first ones have different regional metamorphism grades and the second ones mostly have granitic lithological composition and they are scattered throughout the mountain-range. In these basement rocks, ages of the Pampean (Neoproterozoic-Middle Cambrian), Famatinian (Lower-Middle Ordovician) and Achaian-Early Gondwanan (Middle Devonian-Lower Carboniferous) geological cycles are recognized. The protolith of the metamorphic rocks is essentially a psamitic and pelitic sequence of marine origin deposited during the Pampean cycle. The geochemical composition of the metapsamite rocks rich in SiO₂ and metapelites enriched in Al₂O₃ and K₂O is clearly related to the predominance of their main mineral phases, being mostly quartz-bearing in the former and rich in phyllosilicate minerals in the latter. In turn, the original material of the metapsamites would have consisted of greywackes and subgreywackes, while that of the metapelites would have been shales. Granite bodies are generally calc-alkaline, rich in K, and of a ferrous, and also magnesium, character. They are mostly peraluminous granites and very few metaluminous. Geochemical relationships between trace elements, textural features, and isotopic data indicate supracrustal magma origins for much of the Famatinian and Achaian-Early Gondwanan granites. The Famatinian bodies have an affinity with S-type and I-type granites developed in a tectonic framework of magmatic arc located further west of the mountain-range. Achaian-Early Gondwanan granites are post-orogenic generated in an intraplate distensive regime. These are more felsic and more geochemically evolved than the Famatinian ones. Unlike these, the Achaian-Early Gondwanan plutons have an affinity for A-type granites with a ratio (Ga/Al)*10000 > 2.6. Geothermometry with zircon saturation temperature methodology indicates the highest crystallization temperatures for Famatinian granites in the order of 900 and 1100 °C, a lower temperature (950-750 °C) was recorded for Achaian-Early Gondwanan granites, while intragranitic dikes of the Ordovician Villismán granite registered, according to this methodology, the lowest temperatures of around 706 °C.

Resumen: El basamento ígneo-metamórfico de la sierra de Ancasti se compone de metamorfitas de diferentes grados de metamorfismo regional y de cuerpos plutónicos, mayormente de composición litológica granítica dispersos a lo largo de la sierra. En estas rocas del basamento se reconocen edades del ciclo Pampeano (Neoproterozoico-Cámbrico medio), Famatiniano (Ordovícico inferior-medio) y Achaiano-Gondwánico temprano (Devónico medio-Carbonífero inferior). El protolito de las rocas metamórficas es esencialmente una secuencia psamítica y pelítica de origen marino depositados durante el ciclo Pampeano.

¹ INSUGEO (Instituto Superior de Correlación Geológica). CONICET/UNT. Av. Presidente Perón s/n. (4107) Horco Molle-Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

² Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. E-mail: mpiccinetti@csnat.unt.edu.ar

³ Centro de Investigaciones Geológicas (CIG), CONICET - UNLP, Diagonal 113 N° 275, B1904DPK La Plata, Argentina.

La composición geoquímica de las rocas metapsamitas ricas en SiO_2 y metapelitas enriquecidas en Al_2O_3 y K_2O se vincula claramente a la predominancia de sus principales fases minerales, siendo mayormente más cuarzosas en las primeras y ricas en minerales filosilicáticos en las segundas. A su vez, el material original de las metapsamitas habría consistido en grauvacas y subgrauvacas, mientras que el de las metapelitas, se trataría de lutitas. Los cuerpos graníticos son en general calco-alcalinos, ricos en K, y de carácter ferroso y también magnesianos. Son granitos peraluminosos en su mayoría y muy pocos metaaluminosos. Relaciones geoquímicas entre elementos trazas, características texturales y datos isotópicos indican orígenes supracorticales del magma para gran parte de los granitos Famatinianos y Achalianos-Gondwánicos tempranos. Los cuerpos Famatinianos tienen afinidad con granitos tipo-S y tipo-I desarrollados en un marco tectónico de arco magmático ubicado más al oeste de la sierra. Los granitos Achalianos-Gondwánicos tempranos son de carácter post-orogénicos generados en un régimen distensivo de intraplaca. Estos son más félsicos y más evolucionados geoquímicamente que los Famatinianos. A diferencia de éstos, los plutones Achalianos-Gondwánicos tempranos tienen afinidad con granitos tipo-A con una relación $(\text{Ga}/\text{Al}) \cdot 10000 > 2,6$. La geotermometría con metodología de temperatura de saturación en circón indican las mayores temperaturas de cristalización para los granitos Famatinianos en el orden de los 900 y 1100 °C, en menor temperatura (950-750°C) se registraron para los granitos Achalianos-Gondwánicos tempranos, mientras diques intragraníticos del granito Ordovícico Villismán registró, de acuerdo a esta metodología, las menores temperaturas de alrededor de 706 °C.

Key words: Granites. Metamorphites. Pampean cycle. Famatinian cycle. Achalian-Early Gondwanan cycle. Sierra de Ancasti. Sierras Pampeanas.

Palabras clave: Granitos. Metamorfitas. Ciclo Pampeano. Ciclo Famatiniano. Ciclo Achaliano-Gondwánico temprano. Sierra de Ancasti. Sierras Pampeanas.

Introducción

La sierra de Ancasti forma parte de la unidad morfoestructural de Sierras Pampeanas. Se ubica en el extremo sureste de la provincia de Catamarca, Argentina. Similarmente a varias unidades orográficas que conforman Sierras Pampeanas, en la sierra de Ancasti afloran rocas de un basamento ígneo-metamórfico compuesto de metamorfitas con diferentes grados de metamorfismo dinamo-térmico, y cuerpos ígneos con composiciones variables, pero mayormente graníticos. La evolución de estas rocas es compleja, y las edades y petrogenesis también es diferente, aunque son de edad predominantemente paleozoica.

En las Sierras Pampeanas (por ende, también en la sierra de Ancasti), se han reconocido los siguientes ciclos orogénicos durante el Paleozoico inferior y medio: el ciclo Pampeano (Aceñolaza y Toselli, 1973; 1981) con edades entre 570 y 510 Ma de acuerdo a Rapela et al. (1998) lo que incluye el lapso Neoproterozoico

superior/Cámbrico medio (Casquet *et al.*, 2018). Este ciclo está principalmente caracterizado por la sedimentación marina de sedimentos clásticos en la margen occidental del continente de Gondwana (e.g., Rapela *et al.*, 2001). Le sigue el ciclo Famatiniano (Aceñolaza y Toselli, 1973; 1981) con edades entre 490 y 450 Ma. según Alasino *et al.* (2022) lo cual implica el período esencialmente Ordovícico inferior-medio, cuyo ciclo ha generado en Sierras Pampeanas numerosos cuerpos generalmente de composición granítica, metaluminosos y peraluminosos, con afinidades tipo-I y tipo-S, producto del intenso magmatismo ocurrido en el arco situado al oeste de Gondwana (e.g., Pankhurst *et al.*, 2000; Miller y Söllner, 2005; Alasino *et al.*, 2022). Y, por último, el ciclo Achaliano-Gondwánico temprano (Sims *et al.*, 1998; Dahlquist *et al.*, 2010; Alasino *et al.*, 2022) incluye edades absolutas en el rango general 357-322 Ma, correspondiente al lapso Devónico medio-Carbonífero inferior. Este evento dio origen a plutones y stocks graníticos, muchos de ellos de forma circular y subcircular,

post-orogénicos intruidos en un régimen regional distensivo de intraplaca, con características de granitos de signatura tipo-A (e.g., Grosse *et al.*, 2009; Dahlquist *et al.*, 2006, 2010; Colombo *et al.*, 2011; Toselli y Rossi, 2018).

El marco geológico de la sierra de Ancasti consiste de un basamento cristalino formado predominantemente por rocas metamórficas intruidas por pequeños plutones y stocks, tal como se enunció anteriormente, tienen composición variada y edades diferentes (Toselli *et al.*, 1983, 2011; Cisterna, 2003; Dahlquist *et al.*, 2012). La evolución metamórfica incluye varios episodios de deformación y metamorfismo (y anatexis) (Willner, 1983a y b; Verdecchia *et al.*, 2013). El magmatismo tuvo lugar entre el Cámbrico superior hasta el Carbonífero inferior de acuerdo a dataciones radimétricas según varios autores (e.g., Knüver, 1983; Rapela *et al.*, 2005; Toselli *et al.*, 2011; Dahlquist *et al.*, 2012) aunque tuvo un clímax durante el Ordovícico correspondiente al ciclo Famatiniano. Por otra parte, la sierra de Ancasti contiene numerosas mineralizaciones de diferentes tipologías, paragénesis, edades y características metalogenéticas (Aceñolaza *et al.*, 1983), destacándose pegmatitas de berilo y litio (Lottner, 1983; Galliski, 1994; Sardi *et al.*, 2017).

Las rocas metamórficas del basamento de la sierra de Ancasti habrían tenido como material protolítico a los sedimentos clásticos marinos depositados durante el ciclo Pampeano (Aceñolaza y Toselli, 1981; Rapela *et al.*, 2001). Estas rocas se agrupan en las siguientes unidades formacionales: la formación Ancasti (Aceñolaza y Toselli, 1977), que aflora en la parte central de la sierra, está formada por esquistos bandeados, micacitas y rocas calcosilicáticas; la formación El Portezuelo (Aceñolaza y Toselli, 1977), denominada también como Complejo ígneo-metamórfico El Portezuelo por Larrovere (2009), aflora en el faldeo occidental de la sierra y está constituida esencialmente por gneises y migmatitas, y; el Complejo Sierra Brava (Aceñolaza *et al.*, 1981 y 1983; Miller y Willner, 1981), aflora en el noreste y sur de la sierra, y se

compone de esquistos cuarzo-micáceos, esquistos anfibólicos y mármoles.

Los granitoides que intruyen al basamento metamórfico se componen litológicamente de granodioritas, sienogranitos y monzogranitos, con biotita y muscovita como minerales accesorios principales. La textura es equigranular de grano medio y grueso, aunque algunos cuerpos también presentan texturas porfíricas. Los cuerpos reconocidos, de norte a sur, con denominación de acuerdo a Toselli *et al.* (1983) y abreviación adoptada por Sardi *et al.* (2023a) son (ver mapa figura 4 de la primera parte, Sardi *et al.*, 2023b, en este mismo volumen): La Pampa-Unquillo (LP-U); El Alto (EA); Sauce Guacho y Los Mudaderos (SG y LMu, o Santa Rosa); Villismán (V); Albigasta (Al); Icaño-Casas Viejas-Baviano (Ic-CV-B); El Taco (ET); El Chorro (ECh); Los Divisaderos (LD); Las Cañadas-Ipizca (LC-Ip); Puerta de Allega (PA); La Majada-Ramblones (LMA-R); La Dorada (LD); El Jumeal-Casa de Piedra (EJ-CP).

Una apretada síntesis del resultado de la compilación bibliográfica sobre información geoquímica y geocronológica de las rocas metamórficas y graníticas que conforman el basamento ígneo-metamórfico de la sierra de Ancasti, sumado a otros resultados y observaciones propias, se presenta en este reporte. Esto permite realizar una interpretación de las características geoquímicas y geocronológicas de estas rocas y correlacionar tal información en un contexto regional y local. Este trabajo constituye el complemento (parte II) de uno anterior inicial (parte I) dentro de este mismo volumen (Sardi *et al.*, 2023a).

GEOQUÍMICA

Metamorfitas

Las rocas que forman parte de la formación Ancasti y del Complejo Sierra Brava han sido distinguida por Willner *et al.* (1990) como metapsamitas y metapelitas con evidentes dife-

rencias composicionales entre ambas litologías que reflejan claramente la predominancia de las principales fases minerales constituyentes (cuarzo mayormente en metapsamitas, y minerales arcillosos filosilicáticos en metapelitas). Las rocas metapsamíticas son más ricas en SiO_2 con rangos aproximados de 65 % a 75 % (valor medio ~ 70.5 %) y empobrecidas en Al_2O_3 (rango aproximado de 11.5 % a 15.5 %; promedio de ~ 13 %) en relación a las metapelitas (SiO_2 : 58-68 %, promedio de ~ 63.0 %; Al_2O_3 : 15-19 %, promedio de 16.5 %). Otros componentes tales como Fe_2O_3 , MgO , y los álcalis en especial K_2O marcan también algunas diferencias entre estas rocas, presentando las metapsamitas contenidos más bajos en estos componentes en comparación con las metapelitas. Según los autores mencionados, las metapsamitas y las metapelitas contienen respectivamente entre 4 y 7 % (promedio ~ 5 %) y 6 y 9 % (promedio ~ 7 %) de Fe_2O_3 ; 1.4 – 3 % (promedio ~ 2 %) y 2.5 – 4 % (promedio ~ 3.3 %) de MgO ; 2 – 3.7 % (promedio ~ 3 %) y 3 – 6 % (promedio ~ 4.5 %) de K_2O . Similares datos analíticos están disponibles también en Toselli *et al.* (2017). Estos resultados muestran que, en el conjunto de las metamorfitas, la correlación de sílice con los otros componentes es negativa, es decir, que a medida que aumenta el contenido de SiO_2 , se aprecia claramente una disminución de los componentes Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO y álcalis (principalmente K_2O).

Los datos analíticos de elementos mayoritarios de las rocas metamórficas de la sierra de Ancasti fueron ploteados en diferentes diagramas para clasificación de los sedimentos clásticos y composición del área de proveniencia por parte de algunos autores (e.g., Willner *et al.*, 1983, 1990; Larrovere *et al.*, 2012; Toselli *et al.*, 2017). En uno de estos diagramas, de tipo triangular Al-Si-Fe (% de cationes) de Moore y Dennen (1970), los resultados de Willner *et al.* (1983, 1990) plotean en los definidos campos de ‘lutitas’ para las metapelitas y en los campos grauvacas y subgrauvacas para las metapsamitas, definiendo así claramente el tipo de sedimentos clástico del protolito de estas rocas metamórficas. Las muestras analizadas

por Larrovere *et al.* (2012) y Toselli *et al.* (2017), se grafican en los campos de ‘pelitas’, ‘grauvacas’ y ‘litarenitas’ cuando son incorporados a los diagramas discriminatorios de clasificación de los sedimentos, por ejemplo $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ - $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de Pettijohn *et al.* (1973) modificados por Herron (1988).

Las rocas metamórficas de la sierra de Ancasti habrían provenido esencialmente de sedimentos cuarzosos de acuerdo a diagramas geotectónicos y multielementales con elementos mayores y trazas (entre éstos, principalmente las tierras raras) de acuerdo a Toselli *et al.* (2017). Para Larrovere *et al.* (2012), la composición de las rocas del área fuente serían de naturaleza félsicas a intermedias. A su vez, el ambiente tectónico de depositación del protolito de las metamorfitas de la sierra de Ancasti se relacionarían con un arco magmático (Larrovere *et al.*, 2012). Toselli *et al.* (2017) discrimina este ambiente en arco de islas oceánicas y margen continental activo según diagrama ortogonal $\log(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ - SiO_2 de Roser y Korsch (1986).

Granitos

En este trabajo, se utilizan los datos analíticos de elementos mayores y trazas disponibles en la bibliografía, algunos de los cuales correspondientes a los autores de la presente contribución. En particular, se mencionan la cita de la cual se utilizaron los datos químicos para el correspondiente cuerpo granítico: Granitos La Pampa-Unquillo (LP-U), El Alto (EA), Albigasta (A), El Taco (ET) y La Majada (LMA-R) de Toselli (1992); Granitos Sauce Guacho (SG) y Los Mudaderos (LMU) de Toselli *et al.* (2011) y Ryziuk *et al.* (2014); Granito Villismán (Marangone *et al.*, 2020); Granito El Chorro (ECB) de Dahlquist *et al.* (2011); Granito Las Cañadas-Ipizca (LC-IP) de Dahlquist *et al.* (2012).

Las rocas graníticas de la sierra de Ancasti son de carácter peraluminosas con una saturación en alúmina (índice ASI por siglas en inglés, $\text{mol Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) > 1$ (Shand, 1947), registrándose una sola excepción de una

muestra del granito El Taco (Figura 1a). En el diagrama ortogonal multicatiónico A-B de Debon y Le Fort (1983) de la Figura 1b, las rocas

plotean dispersivamente en los diferentes campos del carácter peraluminoso, desde ‘muy débilmente’ a ‘muy fuertemente peraluminoso’ con la excepción de una muestra del ET que plotea en el campo ‘meta-aluminoso’. Asimismo, las rocas

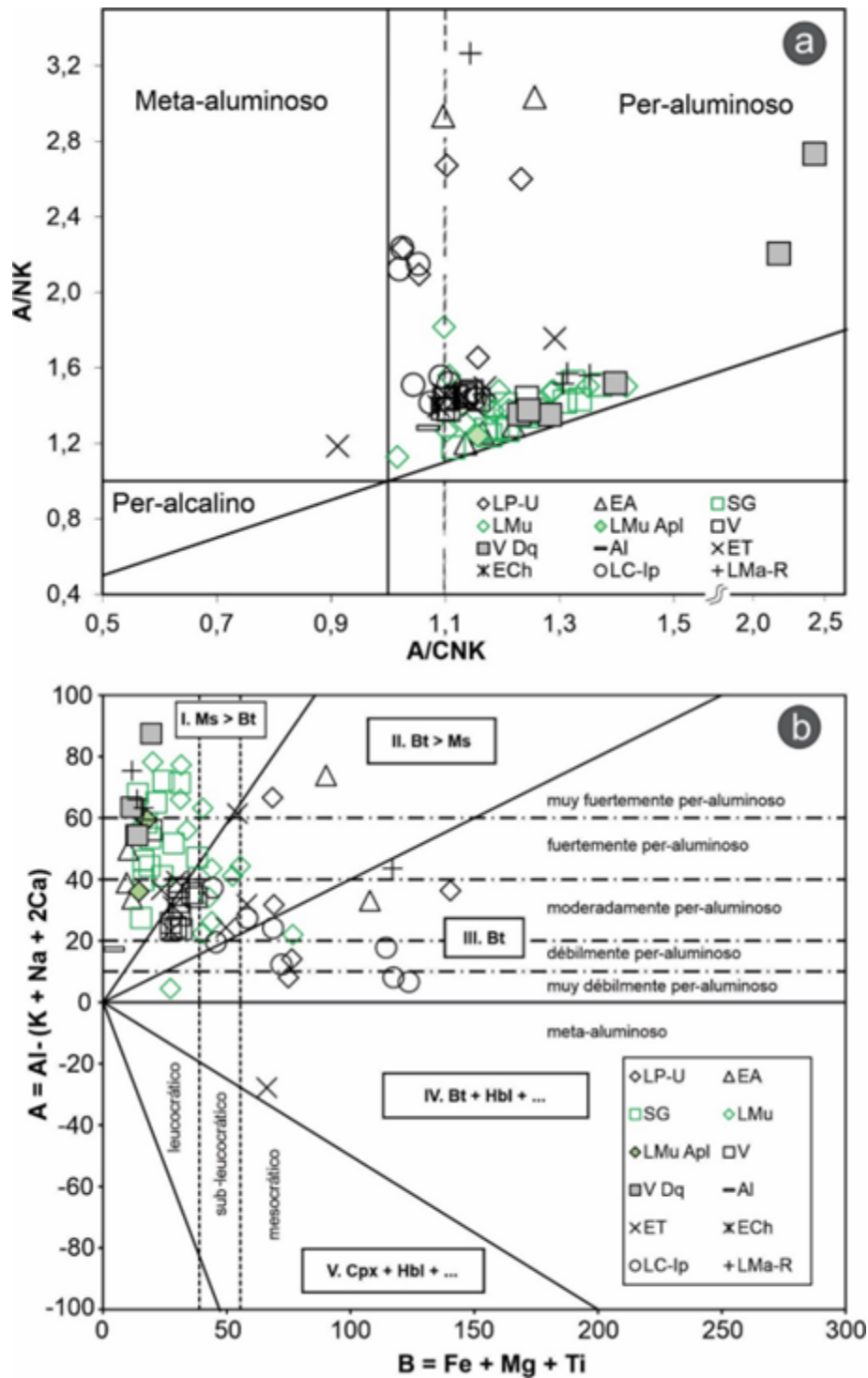


Figura 1. a. Diagrama de aluminosidad de Maniar y Piccoli (1989). La línea de trazos es el límite entre granitos de afinidad S e I de Chappell y White (1974). A: molar Al_2O_3 ; N: molar de Na_2O ; K: molar de K_2O ; C: molar de CaO . **b.** Diagrama ortogonal A-B de Debon y Le Fort (1983). Referencias: Ms, muscovita; Bt, biotita; Hbl, hornblenda; Cpx, clinopyroxeno. / **Figure 1. a.** Diagram of Maniar and Piccoli (1989). The broken line is the limit between S-type and I-type granites after Chappell and White (1974). A: molar Al_2O_3 ; N: molar de Na_2O ; K: molar de K_2O ; C: molar de CaO . **b.** A-B Orthogonal diagram after Debon and Le Fort (1983). References: Ms, muscovite; Bt, biotite; Hbl, hornblende; Cpx, clinopyroxene.

se grafican en los campos leucocrático, sub-leucocrático y mesocrático, y en los campos I y II que se relacionan a la proporción de sus minerales accesorios muscovita > biotita y biotita > muscovita, respectivamente, y en menor medida en el campo III que se corresponde a biotita como mineral accesorio dominante.

Los diagramas de la Figura 2 (a, b y c) muestran que las rocas graníticas, en general, son de carácter sub-alcálico (Figura 2a), en su gran mayoría ‘calco-alcálico’ rico en K y ‘alcálico-cálcico’ (Figuras 2b y 2c).

En diagrama ortogonal de Dall’Agnol y de Oliveira (2007) de la Figura 3, se observan los campos calco-alcálico y tipo-A de los granitos, en el que éste último mayormente plotan las muestras de los granitos Sauce Guacho y Los Mudaderos (SG y LMu, respectivamente).

Toselli *et al.* (2011) han obtenido valores altos de sílice (prom. 74,5% en SG y 71,75% en LMu) y álcalis ($K_2O + Na_2O$: SG_{prom} 7,81% y LMu_{prom} 8,24%), y con la relación $K_2O/Na_2O > 1$ (Ryziuk *et al.*, 2014; Toselli y Rossi, 2018).

La relación FeO^t/FeO^t+MgO es muy variable, con valores en un rango aproximado de 0,65 a 0,95, con muestras que plotan dispersivamente en los campos ‘ferroso’ y ‘magnesiano’ en el diagrama ortogonal de Frost *et al.* (2001) (Figura 4).

En el diagrama multielemental normalizado a corteza según Rudnick y Gao (2014) de la Figura 5, se muestra un comportamiento algo homogéneo en las concentraciones de elementos mayoritarios de los granitos de la sierra de Ancasti, y un poco más disperso en los elementos trazas. Entre los elementos mayoritarios y minoritarios, se destacan picos (mayores concentraciones con respecto al componente normalizante de corteza) para K_2O y P_2O_5 (excepción en este último para el granito Albigasta y algunas muestras del granito Villismán), mientras que contenidos inferiores a corteza normalizante para TiO_2 , FeO^t , MgO , MnO (excepción granitos El Ato y El Chorro) y CaO . Con respecto a elementos trazas, se registran picos para Nb y Rb, y Ga en diques intragraníticos del granito Villismán y La Cañada-Ipizca, Y para los granitos Villismán, El Taco y La Cañada-Ipizca, y Zr para

este último cuerpo. Mientras que valores inferiores a corteza normalizante, se observan para Cr y Sr, y, además, los granitos Sauce Guacho y Los Mudaderos se caracterizan por contener bajos valores con respecto a corteza de Ga, Y y Zr (Figura 5).

GEOTERMOMETRÍA

La temperatura de cristalización de los granitos de la sierra de Ancasti puede ser estimada utilizando concentraciones de Zr, y además, de otros componentes como Na, K, Ca, Al, Si de acuerdo a la siguiente ecuación basado en trabajos experimentales de Watson y Harrison (1983):

$$T_{Zr} = 12900 / [2.95 + 0.85M + (\ln 496000 / Zr)],$$

$$M = [(Na + K + 2Ca) / (Al \times Si)],$$

T en °K, Zr en ppm

Esta metodología ha sido utilizada para granitos achalianos-gondwánicos tempranos de la sierra de Ancasti por Acosta Nagle *et al.* (2017) e Iriarte y Sardi (2019) que han dado temperaturas de saturación en Zr de alrededor de 840°C y menores. En la presente contribución, los resultados muestran que la mayor temperatura de cristalización se ha registrado en el granito LC-Ip alcanzando en algunos casos temperaturas superior a los 1100 °C (Figura 6), aunque para este cuerpo Dahlquist *et al.* (2012) obtienen temperaturas menores utilizando otra metodología. Mientras que los diques intragraníticos del granito Villismán registraron las menores temperaturas de cristalización de 706 °C (Marangone *et al.*, 2020). Los cálculos geotermobarométricos realizados por Dahlquist *et al.* (2011) revelan una temperatura de cristalización de 710-716°C y una presión de $3,8 \pm 0,8$ kbar para el granito ECh, indicando que el magma se emplazó en la corteza media (~ 14 km).

GEOCRONOLOGÍA

Edades Pampeanas y Pre-pampeanas

Tal como se ha señalado en párrafos anteriores, el material protolítico de las rocas

metamórficas de la sierra de Ancasti habría consistido de una secuencia formada principalmente por psamitas y pelitas, con interca-

laciones menores de carbonatos y vulcanitas básicas, depositadas en una cuenca marina del borde oeste del continente de Gondwana

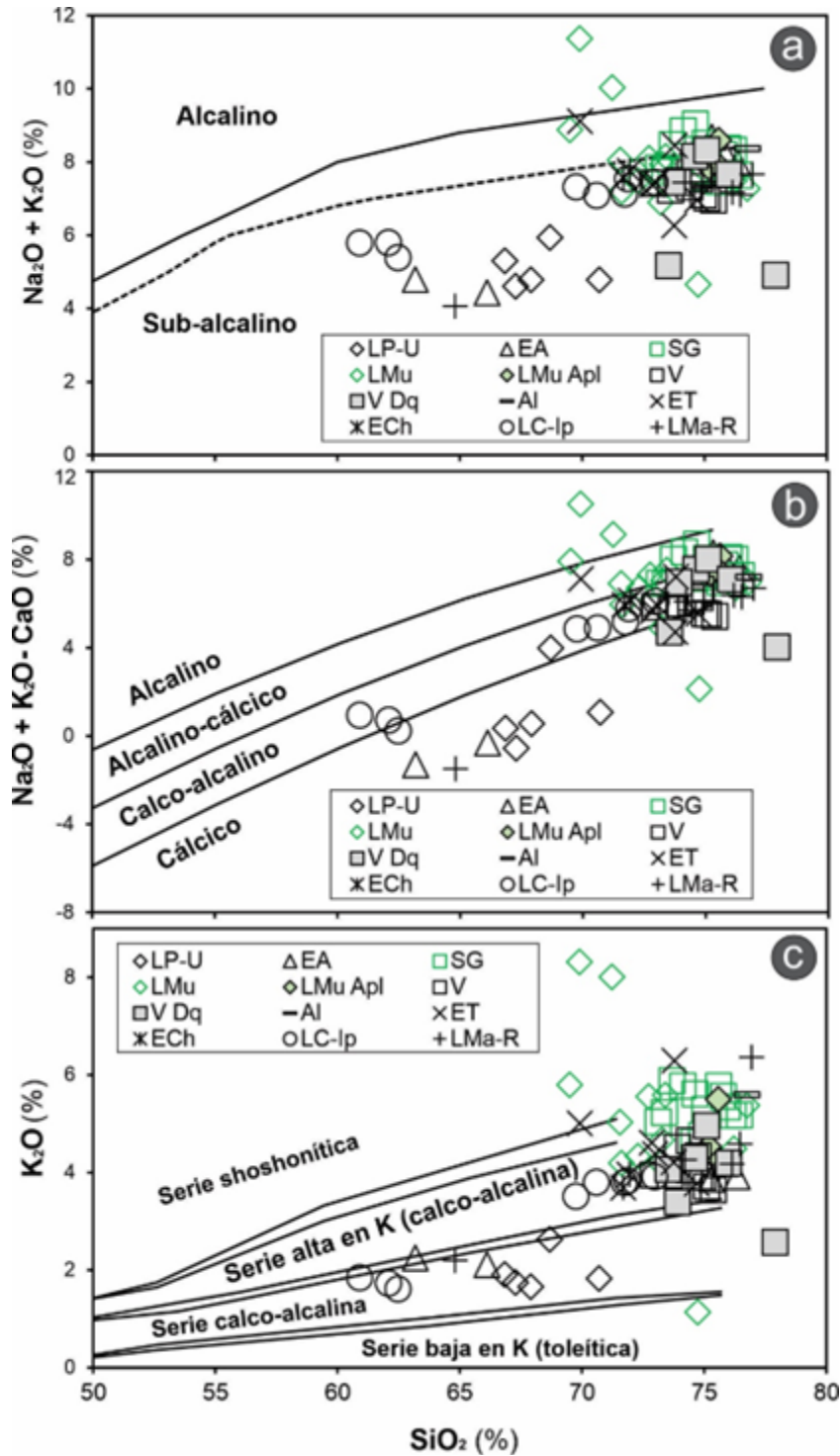


Figura 2. a. Diagrama ortogonal $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 con límites entre campos alcalino y subalcalino (Miyashiro, 1978). b. Diagrama ortogonal $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO})$ vs SiO_2 de Frost *et al.* (2001). c. Diagrama K_2O vs. SiO_2 con límites de campos propuestos por Rickwood (1989). / **Figure 2.** a. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 orthogonal diagram with fields of alkaline and sub-alkaline fields after Miyashiro (1978). b. $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO})$ vs. SiO_2 orthogonal diagram after Frost *et al.* (2001). c. K_2O vs. SiO_2 diagram with fields suggested by Rickwood (1989).

(e.g., Toselli *et al.*, 2017). La sedimentación de este protolito habría ocurrido con anterioridad (llamado aquí como edades ‘pre-pampeana’) y durante el ciclo Pampeano como muestran los resultados dados por varios autores, como por ejemplo Murra *et al.* (2011), quienes sugieren que la depositación del protolito de margas de la Formación de Sierra Brava

del noreste de la sierra de Ancasti habría ocurrido entre los 570 y 590 Ma.

Valores radiométricos en circones detríticos de la Formación Ancasti usando metodología U-Pb SHRIMP realizados por Rapela *et al.* (2005) han dado como resultado diferentes rangos de edades: 545-685 Ma (38% de los granos medidos, con pico prominente en 570 y

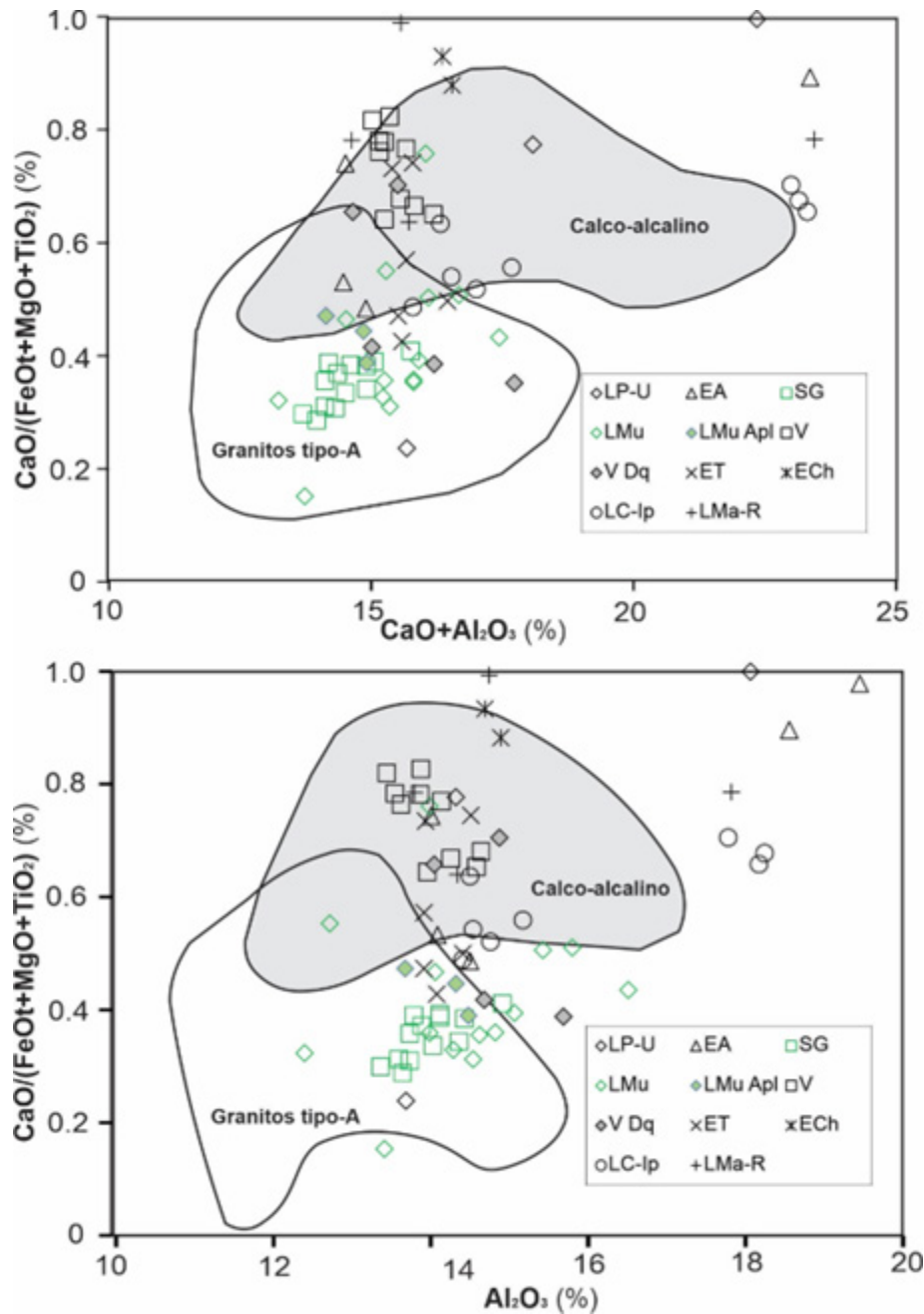


Figura 3. Diagramas ortogonales de Dall’Agnol y de Oliveira (2007). **a.** $\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ vs. $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$, **b.** $\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ vs. Al_2O_3 . / **Figure 3.** Orthogonal diagrams of Dall’Agnol y de Oliveira (2007). **a.** $\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ vs. $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$, **b.** $\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$ vs. Al_2O_3 .

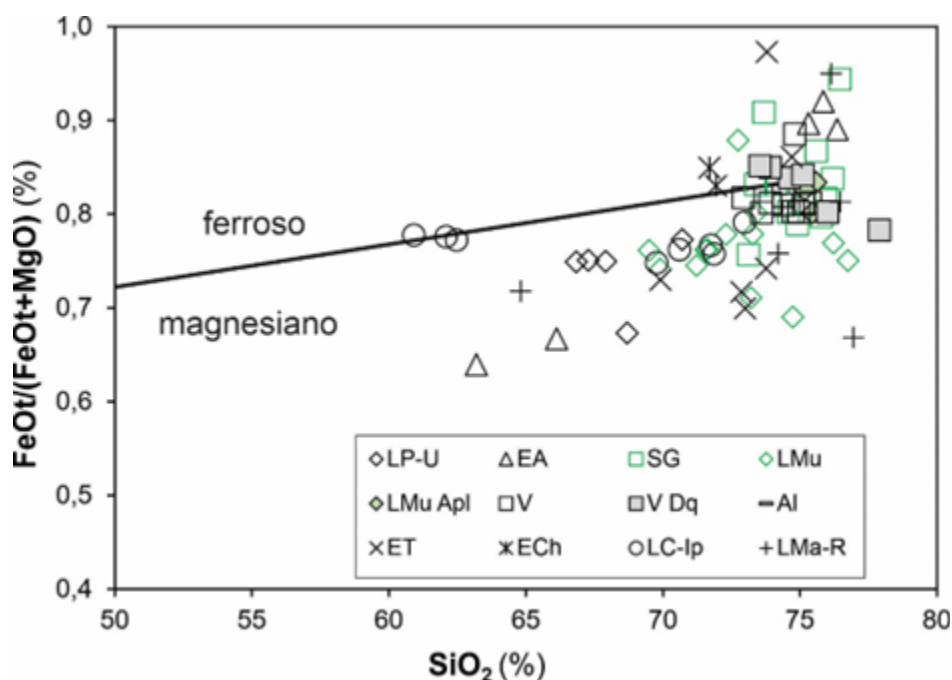


Figura 4. Diagrama ortogonal $FeO^t/(FeO^t + MgO)$ vs. SiO_2 de Frost *et al.* (2001). / **Figure 4.** $FeO^t/(FeO^t + MgO)$ vs. SiO_2 orthogonal diagram of Frost *et al.* (2001).

600 Ma) lo que se encuadra en la época del Neoproterozoico tardío; 900-1100 Ma (42% de los granos, con picos prominentes en 1020 y 960 Ma) correspondiente al Mesoproterozoico; fueron registrados también, pero menos frecuentemente, edades de 700-830 Ma (Neoproterozoico temprano), 1850-2050 Ma (Paleoproterozoico), y 2520 Ma (Arqueano). Con posteridad, otros resultados obtenidos con la misma metodología dieron picos importantes de edad de circones detríticos también proveniente de la Formación Ancasti en los intervalos de 570-680 Ma, 960-1020 Ma y 1850-2040 Ma (Rapela *et al.*, 2007). Un poco más recientemente, Rapela *et al.* (2016) determinaron que más de la mitad de los circones detríticos de las rocas perteneciente a la Formación El Portezuelo es de edad Neoproterozoica con picos de 545 y 615 Ma, y edades más antiguas de 740 Ma. Alrededor del 40 % de los circones son de edad Mesoproterozoica (920-1170 Ma, con picos prominentes en 1025 y 1140 Ma). Estos últimos autores también registraron dos edades para circones de 2670 y 1860 Ma.

Otras edades 'Pampeanas' fueron obtenidas en rocas de la sierra de Ancasti, pero sin embargo con metodología diferente a la de U/

Pb en circones. Una de ellas corresponde a la determinada por Knüver (1983) en rocas metamórficas que incluyen esquistos bandeados y gneises como así también derivados magmáticos anatéticos de migmatitas (formaciones Ancasti y El Portezuelo) dio $523,9 \pm 28$ Ma con metodología isócrona Rb/Sr.

Valores radimétricos de 509-512 Ma han sido registrados por el método K/Ar en anfíboles provenientes de intrusiones de reducidas dimensiones de gabros y rocas ultramáficas metamorfoseadas (metagabros) del flanco oriental de la sierra de Ancasti (Schalamuk *et al.*, 1983).

También corresponde hacer mención dentro de este ciclo pampeano a núcleos heredados de una granodiorita félsica de dos micas de edad famatiniana correspondiente al cuerpo LC-Ip (Rapela *et al.*, 2005).

Edades Famatinianas

Los eventos metamórficos regionales fueron fechados principalmente por Knüver (1983) y Larrovere *et al.* (2011). Dos isócronas Rb/Sr sobre esquistos bandeados de la

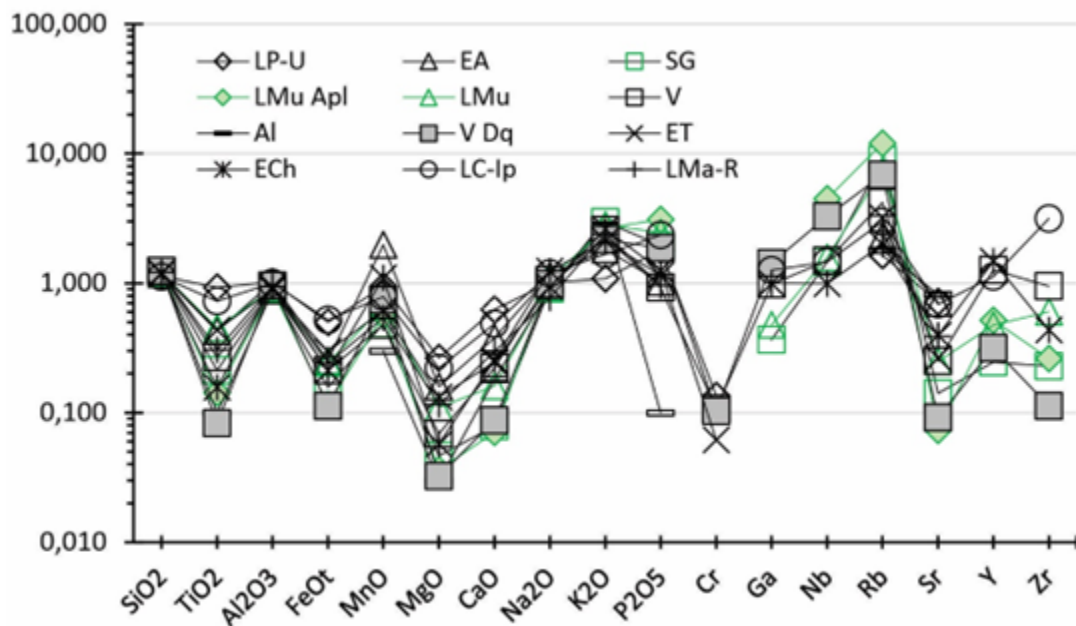


Figura 5. Diagrama multielemental normalizado a corteza según Rudnick y Gao (2014). / **Figure 5.** Cortical-Normalized multielement diagram after Rudnick y Gao (2014).

Formación Ancasti y gneises y rocas magmáticas anatécicas de migmatitas de la Formación El Portezuelo han arrojado 473 ± 90 Ma y $472,1 \pm 26,3$ Ma las cuales se interpretan como edad de metamorfismo (Knüver, 1983). Otras isocronas Rb/Sr sobre muscovita y biotita de los esquistos de la Formación Ancasti y gneises de la Formación El Portezuelo dieron valores entre 452 y 408 (Knüver, 1983). Para leucosomas en migmatitas de la Formación El Portezuelo se han medido edades de $471,5 \pm 12$ y 477 ± 5 Ma (U/Pb en monacita; Larrovere *et al.*, 2011).

En cuanto al magmatismo, este ciclo ha dado origen a la gran mayoría de los cuerpos ígneos de la sierra de Ancasti, generalmente de composición granítica (ver dataciones en tabla 1). En un orden de los valores de edad más antiguos a los más jóvenes, se incluyen los cuerpos de LP-U, EA, LC-Ip, LMa-R, ET, Al y LDo. Otros cuerpos graníticos que no cuentan con datación radiométrica han sido asignados al período Ordovícico dentro del ciclo Famatiniano debido a interrelaciones geológicas, entre ellos, ECh (Dahlquist *et al.*, 2011), V, Ic-CV-B, LDi y EJ- CP (Willner, 1983a y b).

Edades Achalianas

Los cuerpos que se corresponden con este evento magmático son los granitos Sauce Guacho (SG) y Los Mudaderos (LMu) ubicados en el sector noroeste de la sierra. El primero fue datado por Knüver (1983) en $333,9 \pm 10,77$ Ma con metodología isócrona Rb/Sr. Podría considerarse temporalmente coetáneo al vecino muy próximo granito LMu, datado por Dahlquist *et al.* (2018) en 336 ± 8 Ma. usando la metodología U-Pb LA-MC-ICP-MS en circón. Por otra parte, Sardi *et al.* (2023a) determinan recientemente edades de enfriamiento para el granito SG de 346-363 Ma utilizando metodología U-Pb LA-ICP-MS en apatito.

La tabla 1 es un resumen de las edades absolutas en rocas tanto metamórficas como magmáticas de la sierra de Ancasti obtenidas por varios autores, mientras que la Figura 7 representa las edades del magmatismo. Las edades absolutas de las rocas magmáticas recopiladas en la presente comunicación a partir de la bibliografía disponible dan un total de 28. El mayor número de medidas se enmarca dentro de las edades Famatinianas (11 dataciones) y el método más utilizado corresponde a Rb/Sr en roca total y en muscovita y en bioti-

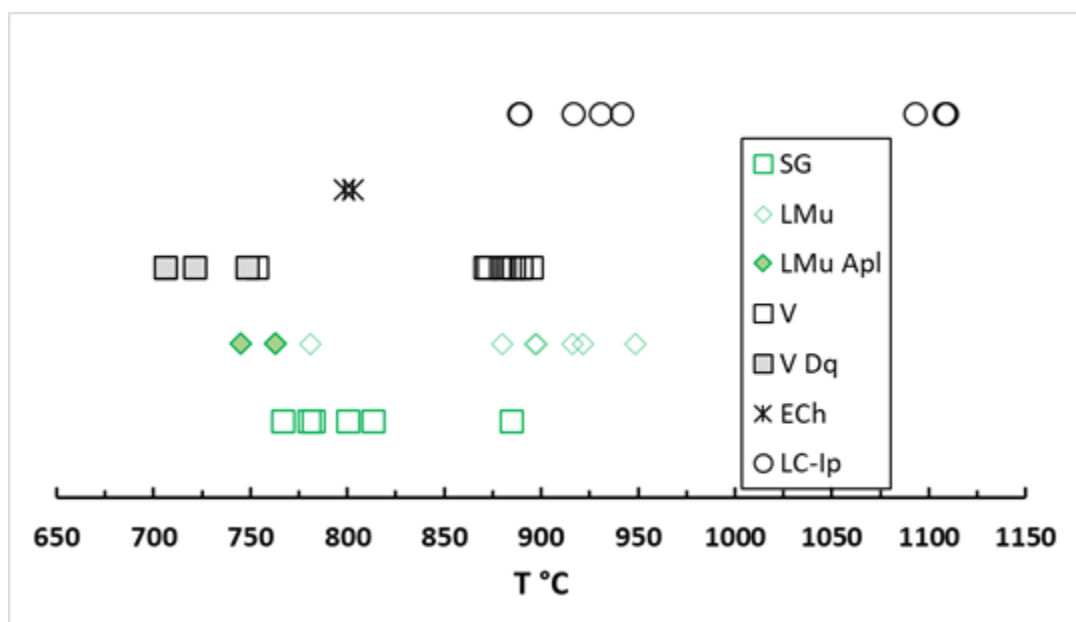


Figura 6. Diagrama de temperatura de cristalización según metodología de Watson and Harrison (1983). / **Figure 6.** Temperature of zircon saturation according to Watson and Harrison (1983).

ta. En otras 12 dataciones se empleó metodología U/Pb en circón y monacita y apatito y se corresponden siempre dentro de los límites dados tanto para las edades Famatinianas como para las Acha-lianas-Gondwánicas tempranas. Con método Rb/Sr y algunos K/Ar (7 casos), se registraron edades entre Famatinianas y Achalianas-Gondwánicas.

CONSIDERACIONES FINALES

Las rocas magmáticas formadas durante el ciclo Famatiniano en la sierra de Ancasti representan uno de los extremos más orientales del magmatismo de arco que ocurrió más al oeste en el límite occidental de Gondwana dentro del ámbito de Sierras Pampeanas (Dahlquist *et al.*, 2012, 2018). Geoquímicamente, los granitoides son calcoalcalinos, peraluminosos, muy pocos metaaluminosos. En general, contienen valores dispares de sílice entre 63 y 71 % (Reissinger, 1983), registrándose valores de hasta 78 % en el granito Villismán (Marangone *et al.*, 2020). En general, los granitos tienen relación Na/K > 1 (Reissinger, 1983), pero para el granito V se ha determinado recientemente que K₂O > Na₂O (Marangone *et al.*, 2020).

Asimismo, la relación La_n/Yb_n en tonalita

y monzogranito de LC-Ip dio valores de 5.22 y 11.48, y la relación Eu/Eu* dio valores de 1.40 y 0.57, respectivamente (Dahlquist *et al.*, 2012). Los valores negativos de εNd (-3.3 y -5.0) obtenidos por Dahlquist *et al.* (2012) también en los granitoides LC-Ip indican orígenes supracorticales del magma. Esto también podría ser válido y extensivo para los otros cuerpos de edad Famatiniana en base a las observaciones de campo mencionadas anteriormente y los valores altos de la relación inicial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr obtenidos por Knüver (1983) (tabla 1).

Por otro lado, según diferentes observaciones geológicas, mineralógicas y geoquímicas, el magmatismo Famatiniano ha originado simultáneamente granitos de tipo S e I (*e.g.*, Rapela *et al.*, 2005; Dahlquist *et al.*, 2011 y 2012; Marangone *et al.*, 2020).

Al igual que los granitos Famatinianos, los granitos Achalianos-Gondwánicos tempranos de la sierra de Ancasti representan las expresiones magmáticas más orientales de las Sierras Pampeanas Nororientales. Los cuerpos que pertenecen a este ciclo son SG y LMu del sector noroeste de la sierra.

En un estudio regional detallado sobre granitos del Devónico-Carbonífero de las Sie-

Unidad	Edad Absoluta (Ma)	Metodología	Ref.	Ciclo
Fm Ancasti	2520 – 545*	U-Pb SHRIMP Zrn	1a	'Pre-Pampeano o/
	2040 - 1850*		1b	
	1020 – 960*			
Fm El Portezuelo	680 – 570*	U-Pb SHRIMP Zrn	1c	
	2670*			
	1860*			
	920 – 1170*			
	740 - 615*			
Fm Sierra Brava	590-570**	Relaciones isotópicas de Sr	2	
Fm El Portezuelo	545*	U-Pb SHRIMP Zrn	1c	
Fm Ancasti and Fm El Portezuelo	523.9 ± 28	Isócrona-rt Rb-Sr ***	3	Pampeano
LC-Ip	560-510****	U-Pb SHRIMP Zrn	1a	
Meta-gabbro	512 - 509	K-Ar Anf	4	
LP-U	490.1 ± 26.3 R _i 0.7067±0.0009	Isócrona-rt Rb-Sr	3	Famatiniano
Fm El Portezuelo	477-470	U-Pb Mnz	5	
Fm Ancasti and Fm El Portezuelo	473 ± 90	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
Fm Ancasti and Fm El Portezuelo	472.1 ± 26.3	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
EA	472.2 ± 9 R _i : 0.705±0.006	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
LC-Ip	471 ± 5	U-Pb SHRIMP Zrn	1a	
	470 ± 6 (monzogranite) 466 ± 6 (tonalite)	U-Pb SHRIMP Zrn LA-ICP-Ms Zrn	5	
	435.5 ± 23.5 R _i 0.7101±0.015	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
Micro-granodiorita flanco NE	468 ± 13	K-Ar Bt	4	
Al	468 ± 80 R _i 0.7052±0.0013	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
	454.4 ± 9.1 R _i 0.7058±0.0005	Isócrona-rt, Bt Rb-Sr	3	
LMa-R	466 ± 5	U-Pb SHRIMP Zrn	1a	
	445.8 ± 34.4 R _i 0.7097±0.0009	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
	416.3 ± 8.5 R _i 0.7099±0.0006	Isócrona-rt, Bt Rb-Sr	3	
Fm Ancasti and Fm El Portezuelo	452 ± 14.6 ¹ 408 ± 8.2 ²	Isócrona-Ms ¹ , Bt ² Rb-Sr	3	
Fm Ancasti and Fm El Portezuelo	447 ± 16.5 ¹ 420.9 ± 17 ²	Isócrona-Ms ¹ , Bt ² Rb-Sr	3	
ET	457 ± 14.2 R _i 0.7121±0.0013	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
Al	454.4 ± 9.1 R _i 0.7058±0.0005	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
LDo	436 ± 33Ma R _i 0.7075±0.0009	Isócrona-rt Rb-Sr	3	
	405.2 ± 8.2 R _i 0.7084±0.0006	Isócrona-rt, Bt Rb-Sr	3	
SG	363.4 ± 5.2 357.4 ± 10.4 357.2 ± 6.2 346.2 ± 6.1	LA-ICP-MS U-Pb Ap	7	Acha-liano
	333.9 ± 10.7 R _i 0.715±0.004	Rb-Sr Isochron rt	3	
	373 ± 10	K-Ar Bt	8	
	369.8 ± 5.3	U-Pb Mnz	9	
LMu	336 ± 8	U-Pb LA-MC-ISP-MS Zrn	10	

* edad circón detrítico

** edad depositación calcárea;

Metamorfismo Regional

Magmatismo

***rt: roca total;

**** edad circón heredado

^a Relación inicial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr.

Abreviación Mineral: Zrn, circón; Ap, apatito; Anf, anfíbol; Mnz, monacita; Ms, Muscovita; Bt, biotita.

Ref., Referencias: 1a- Rapela et al. (2005); 1b- Rapela et al. (2007); 1c. Rapela et al. (2016); 2- Murra et al. (2011); 3- Knüver (1983); 4- Schalamuk et al. (1983); 5- Larrovere et al. (2011); 6- Dahlquist et al. (2012); 7- Sardi et al. (2023a); 8- Linares (1977); 9- Toselli et al. (2011); 10- Dahlquist et al. (2018).

Tabla 1. Edades absolutas de las rocas metamórficas y magmáticas de la sierra de Ancasti de diferentes fuentes disponibles. / **Table 1.** Absolute ages of the metamorphic and magmatic rocks from sierra de Ancasti according different sources.

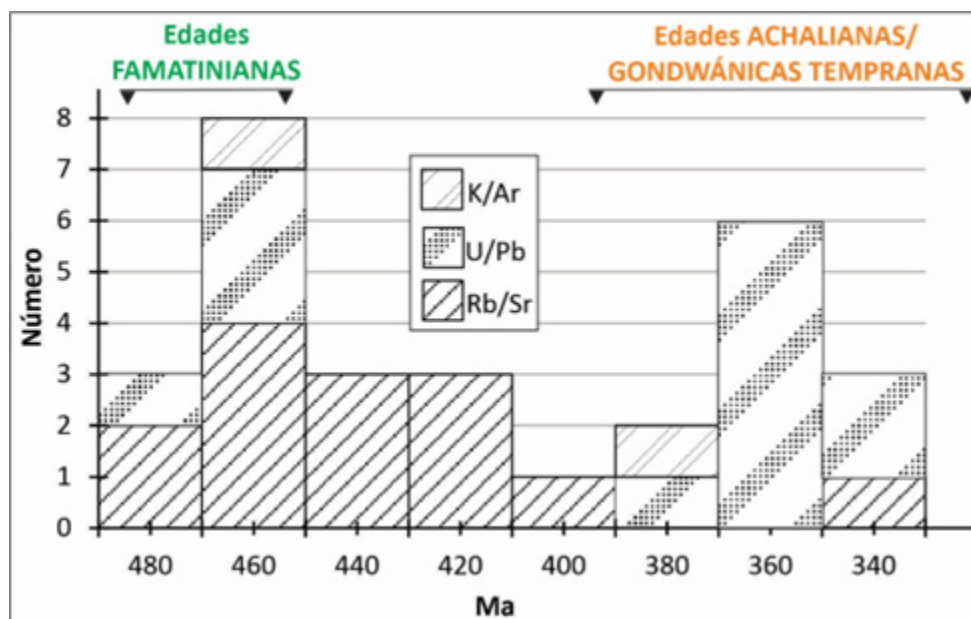


Figura 7. Histograma de las edades del magmatismo Famatiniano y Achaliano-Gondwánico temprano de la sierra de Ancasti. / **Figure 7.** Histogram of the magmatic Famatinian and Achalian-Early Gondwanan ages in the sierra de Ancasti.

rras Pampeanas del noroeste, Toselli y Rossi (2018) circunscriben dichos granitos generados en un entorno de sin- y post-colisión, bajo un régimen de intraplaca post-orogénico. Dahlquist *et al.* (2018) determinan que los granitoides del Devónico medio-Carbonífero inferior de las Sierras Pampeanas nororientales se caracterizan por ser félsicos y evolucionados en composición y con contenidos de SiO₂ que varían dentro de un rango restringido entre 70-76%.

Toselli y Rossi (2018) clasifican a SG como granitos ferroano alcalino-cálcicos; además, tiene un carácter peraluminoso, con bajos contenidos de Fe₂O₃, MgO, CaO.

Según la alta relación Rb/Sr > 5 y el bajo contenido en Ba, Reissinger (1983) conciben a los granitos SG y LMu como muy evolucionados (Fogliata *et al.*, 2012; Rzyziuk *et al.*, 2014; Fogliata y Báez, 2017; Toselli y Rossi, 2018). Además de lo anterior, y sumado al alto contenido en Be y Li, Toselli *et al.* (2011) los identifican como granitos parentales de las pegmatitas de berilo y litio asociadas espacialmente.

Las observaciones de campo, así como las texturas granofíricas determinadas por Rzyziuk *et al.* (2014), una alta relación inicial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr

(Knüver, 1983) y valores negativos de εNd (-5.3 en SG y -5.7 en LMu; Toselli *et al.*, 2011) indicarían un origen y emplazamiento supracortical para estos dos granitos (SG y LMu).

Según Toselli *et al.* (2011), la génesis estaría relacionada con la fusión de corteza metasedimentaria en zonas de cizalla durante una colisión o tectónica transcurrente. Sin embargo, con base en observaciones de campo y datos geoquímicos, Dahlquist *et al.* (2018) sugiere en particular que el granito LMu tendría características de granito peraluminoso tipo A.

Los diagramas propuestos por Whalen *et al.* (1987) disciernen entre granitos A y S (e incluso I y M). A partir de estos diagramas (Figura 8), geoquímicamente se puede sugerir que los granitos Achalianos-Gondwánicos tempranos pertenecen a granito tipo-A, separados claramente de los granitos Famatinianos que plotan en el campo de granito S e I. La relación (Ga/Al)*10000 es mayor a 2,6 en granito tipo-A según este autor, siendo (Ga/Al)*10000_{Granitos Achalianos} > 2,6 > (Ga/Al)*10000_{Granitos Famatinianos}.

Los granitoides formados durante el magmatismo Devónico Tardío-Carbonífero

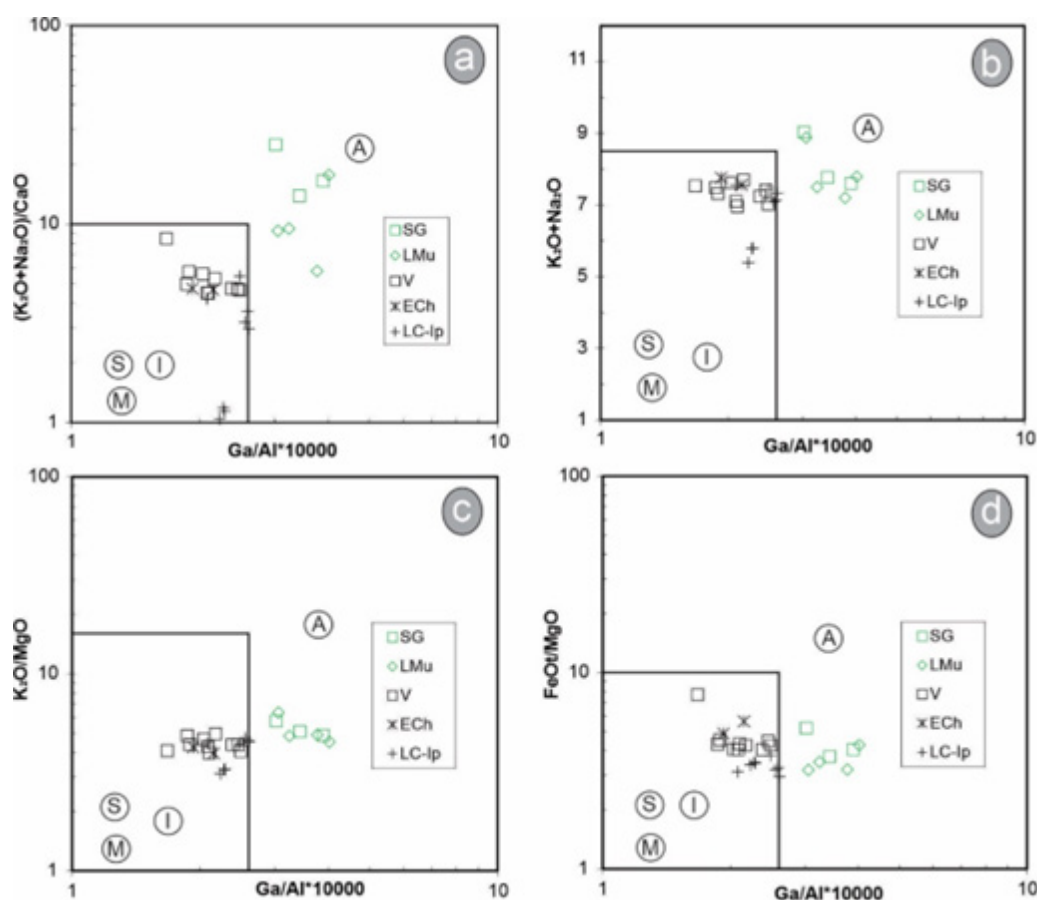


Figura 8. Diagramas ortogonales geoquímicos de Whalen *et al.* (1987). **a.** $(K_2O+Na_2O)/CaO$; **b.** K_2O+Na_2O ; **c.** K_2O/MgO ; **d.** FeO'/MgO , todos vs. $Ga/Al*10000$. / **Figure 8.** Geochemical diagrams of Whalen *et al.* (1987). **a.** $(K_2O+Na_2O)/CaO$; **b.** K_2O+Na_2O ; **c.** K_2O/MgO ; **d.** FeO'/MgO , all vs. $Ga/Al*10000$.

Temprano en el noroeste argentino que incluye las Sierras Pampeanas Nororientales representan una actividad continua en el margen Pre-andino del SO de Gondwana (Dahlquist *et al.*, 2018), con un rango de edades de 322 a 379 Ma. La evolución magmática de estos granitoides habría estado controlada significativamente por fluctuaciones en el ángulo de subducción de la placa oceánica (Dahlquist *et al.*, 2018, 2019) mientras que la génesis implicaría un aporte de material continental y probablemente participación de manto litosférico subcontinental (Dahlquist *et al.*, 2019).

Un resumen de las características generales en sus aspectos petrográficos, geoquímicos y geocronológicos de los cuerpos graníticos de la sierra de Ancasti se representa en el Cuadro 1.

Agradecimientos

Los autores agradecen al INSUGEO (Instituto Superior de Correlación Geológica) por facilitar sus laboratorios para el tratamiento y preparación de muestras de rocas y minerales y para su posterior observación bajo lupas y microscopio, como así también vehículo para viajes de campo. El soporte económico para trabajos de campo y de laboratorio fue provisto mediante fondos de subsidios del CONICET (PIP 642) y del PIUNT (G/630 y G/742).

UNIDAD	MOCL DE CALI	DESCRIPCION DE CARGO	CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS	Litología	Minerales accesorios*	Texturas	Química anal.	ANÁLISIS GEOQUÍMICOS	Nota anal.	EDAD, MÉTODO
SG	1. 1-7 Esquistos bandeados Fin Ancasti.	1. Forma subcircular de 10 Km de largo NE-SO. 1-7. Sin deformación, sin metam. de contacto. 7. emplazamiento somero, post-orogénico.	1. Granitos biotíticos-muscovíticos. 7. Mozos a sienogranitos.	1. Ms, Bt, Ilm, Tur, Ap. Zrn, Mez.	1. Porfírico a equigranular. Mantolitas, Ombelitas. 7. Equigranular de grano fino a medio.	(Anast)	1. ASI: 134.37. SiO ₂ mg 74.8%, K ₂ O+Na ₂ O mg 7.81%, Rb/Sr=5.5 2Ni-5.3. 2Ni-5.5. 7. BaPb (Sr-O), MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ , K ₂ O/Na ₂ O > 1. Rb/Sr=5.5	1. ASI: 134.37. SiO ₂ mg 74.8%, K ₂ O+Na ₂ O mg 7.81%, Rb/Sr=5.5 2Ni-5.3. 2Ni-5.5. 7. BaPb (Sr-O), MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ , K ₂ O/Na ₂ O > 1. Rb/Sr=5.5	1. U/Pb: Mez. 349.445 Ma. 4. R/Ar: Bt. 3734.10Ma. 6. ⁴⁰ Ar/ ³⁹ K: CSP, MS, U/Pb (green). 356.8Ma.	
Los Mandates (o Sanit Roes)	1. Esquistos bandeados Fin Ancasti.	1. Forma similar al anterior de 13 Km de largo NE-SO. Frecuentes xenolitos de roca de caja.	1. Granit anterior.	1. 1-7. Similar al anterior pero Bt más frecuente que Ms.	1. Porfírico a equigranular. 7. Porfírico a acilítico. Texturas granofrías, mantolitas.	(Anast)	1. ASI: 102.135. SiO ₂ mg 71.75%, K ₂ O+Na ₂ O mg 8.24%, Rb/Sr=5.5 2Ni-5.7. 2. BaPb (Sr-O), MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ .	1. U/Pb: Mez. 349.445 Ma. 4. R/Ar: Bt. 3734.10Ma. 6. ⁴⁰ Ar/ ³⁹ K: CSP, MS, U/Pb (green). 356.8Ma.		
El Cerro	6. Esquistos bandeados Fin Ancasti.	6. Stock forma elipsoidal (300x200m). Alto xenolito y fin vesoso.	6. Mozogranito	6. Bt + Ms, Grt (2-8%) ± Yld. Ms.	6. Inequigranular. Fenosa de Grt en matriz equigranular.	6. con microscópico. Quiso. Alm-Spss. Bt y Ms. con dióxidos.	1. ASI: 102.135. SiO ₂ mg 71.75%, K ₂ O+Na ₂ O mg 8.24%, Rb/Sr=5.5 2Ni-5.7. 2. BaPb (Sr-O), MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ .	1. U/Pb: Mez. 349.445 Ma. 4. R/Ar: Bt. 3734.10Ma. 6. ⁴⁰ Ar/ ³⁹ K: CSP, MS, U/Pb (green). 356.8Ma.		
ECh	8. Esquistos bandeados Fin Ancasti.	8. Forma elíptica, NE-SW. Eje mayor 6.15 Km. Frecuentes oclitos. Diques de pegm y ap/pegm.	8. Mozogranito.	8. Bt, Ms.	8. Equigranular grano fino.		1. ASI: 102.135. SiO ₂ mg 71.75%, K ₂ O+Na ₂ O mg 8.24%, Rb/Sr=5.5 2Ni-5.7. 2. BaPb (Sr-O), MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , B ₂ O ₃ .	1. U/Pb: Mez. 349.445 Ma. 4. R/Ar: Bt. 3734.10Ma. 6. ⁴⁰ Ar/ ³⁹ K: CSP, MS, U/Pb (green). 356.8Ma.		
PA	1. Manto El Juncal y mayormente fin Ancasti.	1. Aligned cuerpos forma circular.	1. Granodiorita biotítica.	1. Ms, Ep, Czo.	1. Equigranular. Redondeo fíctico a hipodiorítico.		2. Composición heterogénea.			
Los Brindavos	1. Fin El Percecado.	1. Forma elongada N-S. N.W. SSE.	1. Granito de dos masas.	1. Ms, Bt.	1. Equigranular.		2. Composición heterogénea.			
El Juncal de las Piedras	1. Complejo Sierra Brava.	1. Cuerpo mayor de El Juncal de longitud, otros menores.	1. Tonalitas y granodioritas.	1. Ms, Bt.	1. Canchales, deformación.		2. Composición heterogénea.			
Las Calas de Iraca	1. Manto El Juncal y Fin Ancasti.	1. Stock, tardo-ectónico y pequeños intrusos sinécticos. Granit presente de xenolitos.	1. Granito muscovítico-biotítico. 6. Tonalitas, Mozogranitos (dominante)	1. Ms, Bt. 6. Bt, Bt, Zrn, Ap, Th. Mag, Ilm (en tonalitas). Bt. Zrn, Ap en mozog.	1. Mayormente equigranular. Schlieren de Bt. 6. Equigranular. Dispersione de porfírico en mozog.	6. Aisl. en tonalitas. AnSt=32 en mozog. Oro en mozog.	2. Composición heterogénea. Rb/Sr= 1. 6. Calcicelulino, meta y peraluminoso. Al ₂ O ₃ CaO, FeO, MgO. Voz: La YBn = 3.23. Ba aromáticos (Ba/Eu = 1.40). Voz: La YBn = 1.18. (Ba/Eu = 0.57). 6. Ni-5.3 y 5.8.	3. Rb/Sr: Bt. 433.543 Ma. R: 0.7010.40015. 5. SRMWP: C-26/2m. 6. SRMWP: C-26/2m. 47% óxido. Mozog. 466.6Ma en total.		
LC-CP										
Zona de la Dorsada	1. Complejo Sierra Brava.	1. Faja granítica con forma de cuña con vértice hacia el NW. Cuerpos sinécticos y tardo-ectónicos.	1. Gabros, monzonitos, canchales, tonalitas, granodioritas.	1. Ms, Bt.	1. Mayormente equigranular en menor medida porfírico.		2. Composición heterogénea.			
ABragata			1. Mozogranito a canchales.	1. Bt, cesar. Tr y hoc.						
Al				1. Ms, Bt.						
El Juncal	1. Mayormente fin Ancasti, y en menor medida Fin El Percecado.	1. Es un cuerpo mayor y otros menores. Presenta frecuent de xenolitos.	1. Granito muscovítico-biotítico.	1. Ms, Bt.	1. Equigranular de grano fino a grueso. Trama xenocrítica a biotidiorítica. Canchales. Schlieren de Bt.	1. Porfírico. Recompactamiento de Pl por Ep, Czo y Sst.	2. Composición heterogénea. Rb/Sr= 1.			
ET				1. Ms, Bt. Raramente Tr y Grt.			2. Dispersión centrada de SiO ₂ (63-71%). NiK > 1. Rb/Sr > 1.			
La Virgen del Danholos	1. Manto El Juncal y Fin Ancasti.	1. Intrusos sinécticos.	1. Tonalitas cuarzosas y granodioritas. También vesículas.				2. Composición heterogénea. Rb/Sr= 1. 9. Al ₂ O ₃ (7.278%). Calcicelulino. Peraluminoso. K ₂ O+Na ₂ O granito tipo-S.			
LMs-R	1. 9. Esquistos bandeados Fin Ancasti.	1. Stock de forma subcircular con que mayor NE-SW. 9. subredondeado, diámetro 2.5 Km. Xenolitos.	1. Granito de dos masas. 9. sienogranito.	1. Ms, Bt. 9. Ms, Bt, Tr, Grt, E-Ab. 1. Ms, Grt.	1. Lavamento porfírico. 9. Equig. grano medio a grueso. también tipo porfírico. 1. Texturas canchales.	2. Composición heterogénea. Rb/Sr= 1. 9. Al ₂ O ₃ (7.278%). Calcicelulino. Peraluminoso. K ₂ O+Na ₂ O granito tipo-S. NiK > 1. Rb/Sr > 1.	3. Rb/Sr: Bt. 472.29Ma. R: 0.7055.0068. 5. SRMWP: C-26/2m. 466.5 Ma.			
RA	1. Esquistos y gneis fin Sierra Brava.	1. Frecuentes fragmentos de roca de caja.	1. Granodiorita biotítica granito.	1. Bt, raramente Bt, Tr y Isov.	1. Heterogénea a hipidiorítica. Schlieren de Bt. Mozogranitos aluminosos. Recompactamiento de Pl por Ep, Zrn y Czo.	1. AnSt=43.				
PLP										

Cuadro 1. Características geológicas, petrográficas, geoquímicas y geocronológicas de los granitos de la sierra de Ancasti, Catamarca, Argentina. / **Chart 1.** Geological, petrographic, geochemical and geochronological features of the granites of the sierra de Ancasti, Catamarca, Argentina.

OROGENIA: Famatiniano Achahiano

* Abreviaciones minerales según Whitney y Evans (2010). *: leucoceno; *tr: roca total; *Ri: relación inicial; *: similar resultado de González *et al.* (1971).

Referencias: 1-Toselli *et al.* (1983); 1 - Toselli *et al.* (2011); 2-Reissinger (1983); 3- Knüver (1983); 4- Linares (1977); 5- Rapela *et al.* (2005); 6- Dahlquist *et al.* (2011); 6*. Dahlquist *et al.* (2012); 6*. Dahlquist *et al.* (2018); 7- Ryzniak *et al.* (2014); 8- Sanjilán (2018); 9- Marangone *et al.* (2020); 10- Willner (1983); 11- Sardi *et al.* (2023a).

Bibliografía

- Aceñolaza, F. y Toselli, A. 1973. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. *II Congreso Latinoamericano de Geología*, Actas 2: 755-763. Caracas.
- Aceñolaza, F. G. y Toselli, A. J. 1977. Esquema geológico de la Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 14: 233-259.
- Aceñolaza, F. y Toselli, A. 1981. *Geología del Noroeste Argentino*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Publicación Especial N° 1287, Tucumán. 212 pp.
- Aceñolaza, F. G., Miller, H. y Toselli, A. J. 1981. Geología de la sierra de Ancasti. Nuevos aportes al conocimiento geológico regional y estructural. *VIII Congreso Geológico Argentino*, Actas 3: 75-88. Buenos Aires.
- Aceñolaza, F. G., Miller, H. y Toselli, A. J., 1983. Geología de la Sierra de Ancasti. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 59: 1-372.
- Acosta Nagle, A. E., Fogliata, A. S. y Báez, M.A. 2017. Aplicación del geotermómetro del circón en granitos Devónico-Carboníferos de las Sierras Pampeanas Occidentales, Argentina. *20° Congreso Geológico Argentino*, Sesión Técnica 4: Petrología y geoquímica de rocas ígneas: 1-6, Tucumán.
- Alasino, P., Paterson, S. R., Kirsch, M. y Larrovere, M. 2022. The role of crustal thickness on magma composition in arcs: An example from the pre-Andean, South American Cordillera. *Gondwana Research*, 106: 191-210.
- Casquet, C., Dahlquist, J., Verdecchia, S., Baldo, E., Galindo, C., Rapela, C., Pankhurst, R., Morales, M., Murra, J. and Mark Fanning, C. 2018. Review of the Cambrian Pampean orogeny of Argentina; a displaced orogen formerly attached to the Saldania Belt of South Africa? *Earth-Science Reviews* 177: 209-225.
- Chappell, B. W. y White, A. J. R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology* 8: 173-174.
- Cisterna, C. 2003. Faja intrusiva La Majada, sierra de Ancasti, Catamarca: caracterización petrológica-estructural. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 20-30.
- Cisterna, C., Battich, M. E., Aldonate, D. y Sardi, F. G. 2016. Deformación intracrystalina en cuarzo: pegmatita Don Arturo, Sierra de Ancasti, Catamarca. *Acta Geológica Lilloana*, Volumen 28 (1): 90-92.
- Colombo, F., Lira, R., Simmons, W. y Falster, A. U. 2011. The NYF-type mirolitic-rare earth elements pegmatites of the El Portezuelo Granite, Papachacra (Catamarca, NW Argentina). *Asociación Geológica Argentina, Serie D, Publicación Especial N°14*: 57-59.
- Dahlquist, J. A., Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Casquet, C., Fanning, C. M., Alasino, P. y Báez, M. 2006. The San Blas Pluton: an example of Carboniferous plutonism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 2:341-350.
- Dahlquist, J. A., Alasino, P. H., Eby, G. N., Galindo, C. y Casquet, C. 2010. Fault controlled Carboniferous A-type magmatism in the proto-Andean foreland (Sierras Pampeanas, Argentina): geochemical constraints and petrogenesis. *Lithos* 115:65-81.
- Dahlquist, J., Rapela, C., Baldo, E., Murra, J., Alasino, P. y Colombo, F. 2011. Stock monzogranítico El Chorro (sierra de Ancasti, Catamarca): un ejemplo de magmatismo tipo S con granate ígneo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 68 (2): 195-204.
- Dahlquist, J., Rapela, C., Pankhurst, R., Fanning, M., Vervoort, J., Hart, G., Baldo, E., Murra, J., Alasino, P. y Colombo, F. 2012. Age and magmatic evolution of the Famatinian granitic rocks of Sierra de Ancasti, Sierras Pampeanas, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 34: 10-25.
- Dahlquist, J., Alasino, P., Basei, M., Morales Cámara, M., Macchioli Grande, M. y da Costa Campos Neto, M. 2018. Petrological, geochemical, isotopic, and geochronological constraints for the Late Devonian-Early Carboniferous magmatism in SW Gondwana (27-32°LS): an example of geodynamic switching. *International Journal of Earth Science (Geol Rundsch)*, 107: 2575-2603.
- Dahlquist, J. A., Macchioli Grande, M., Alasino, P., Basei, M., Galindo, C., Moreno, J. and Morales Camera, M. 2019. New geochronological and isotope data for the Las Chacras – Potrerillos and Renca batholiths: A contribution to the Middle-Upper Devonian magmatism in the pre-Andean foreland (Sierras Pampeanas, Argentina), SW Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 93: 348-363.
- Dall'Agnol, R. y de Oliveira, D., 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos* 93, 215-233.
- Debon, F. y Le Fort, P., 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: *Earth Sciences* 73: 135-149.
- Fogliata, A. y Báez, M. 2017. Magmatismo carbonífero en Sierras Pampeanas Occidentales, provincias de Catamarca y La Rioja. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (Eds.), Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. *Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino*. 434-443.
- Fogliata, A., Báez, M., Hagemann, S., Santos, J. y Sardi, F. 2012. Post-orogenic, Carboniferous granite-hosted Sn-W mineralization in the Sierras Pampeanas Orogen, Northwestern Argentina. *Ore Geology Reviews*, 45: 16-32.
- Frost, B., Barnes, C. G., Collins, W., Arculus, R. J., Ellis, D. y Frost, C. D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42:

- 2033–2048.
- Galliski, M. A. 1994. La Provincia Pegmatítica Pampeana. I: Tipología y distribución de sus distritos económicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 49: 113-122.
- Galliski, M. y Linares, E., 1999. New K-Ar muscovite ages from pegmatites of the Pampean Pegmatite Province. *II Simposio de Geología y Geología Isotópica*. Actas: 63-67.
- Grosse, P., Söllner, F., Báez, M., Toselli, A., Rossi, J. y De La Rosa, D. 2009. Lower Carboniferous post-orogenic granites in central-eastern Sierra de Velasco, Sierras Pampeanas, Argentina: U-Pb monazite geochronology, geochemistry and Sr-Nd isotopes. *Inter. J. of Earth Sci.* 98, 1001-1025.
- Herron, M. M. 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core of log data. *Journal of Sedimentary Petrology* 58: 820-829
- Iriarte, M. y Sardi, F. 2019. Análisis petrogenético y geotermometría en el granito Sauce Guacho, sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *XIII Congreso de Mineralogía, Petrología Ígnea y Metamórfica, y Metalogénesis* (XIII MinMet – IV PIMMA). Acta de Resúmenes: 101-102.
- Knüver, M. 1983. Dataciones radiométricas de rocas plutónicas y metamórficas. En: Aceñolaza, F., Millar, H. and Toselli, A. (Eds.). Geología de la Sierra de Ancasti. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 59: 201-218.
- Larrovere, M. 2009. Petrología de la faja migmatítica entre el flanco noroccidental de la Sierra de Ancasti, su continuación en la Sierra de Aconquija y el flanco nororiental de la Sierra de Ambato. Universidad Nacional de Córdoba, PhD, 234 pp.
- Larrovere, M., de Los Hoyos, C., Toselli, A., Rossi, J., Balsei, M. y Belmar, M. 2011. High T/P evolution and metamorphic ages of the migmatitic basement of northern Sierras Pampeanas, Argentina: Characterization of a mid-crustal segment of the Famatinian belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 31: 279-297.
- Larrovere, M., de Los Hoyos, C. y Grosse, P. 2012. Los complejos metamórficos del retro-arco Famatiniano (noroeste de Argentina): caracterización geoquímica e isotópica de sus protolitos e implicancias geotectónicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29 (3): 676-695.
- Linares, E. 1977. Catálogo de edades radiométricas para la República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Serie B 4. Buenos Aires.
- Lottner, U. 1983. Las pegmatitas de la Sierra de Ancasti. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.) Geología de la Sierra de Ancasti. *Münstersche Forschungen zur Geologie Paläontologie*, 59: 137-151.
- Maniar, P. y Piccoli, C. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 101: 635-643.
- Marangone, S., Sardi, F., Altenberger, U., Griffin, K., Cisterna, C. y Schleicher, A. 2020. Geochemistry of the Villismán Granite, associated aplite-pegmatites and surrounding Li-pegmatites, sierra de Ancasti, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 103: n° 102764.
- Miller, H. y Söllner, F. 2005. The Famatina complex (NW-Argentina): back-docking of an island arc or terrane accretion? Early Palaeozoic geodynamics at the western Gondwana margin. In: Vaughan, A.P.M., Leat, P.T., Pankhurst, R.J. (Eds.). *Terrane Processes at the Margins of Gondwana*. *Geological Society of London, Special Publication*, vol. 246: 241-256.
- Miller, H. y Willner, A. 1981. The Sierra de Ancasti (Catamarca Province), an example of polyphase deformation of Lower Paleozoic age in the Pampean Ranges. *Zentralblatt Geologie und Paläontologie*, 1(3/4):272-284.
- Miyashiro, A. 1978. Nature of alkali volcanic rock series. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 66: 91–104.
- Moore, B. y Dennen, W. 1970. A geochemical trend in silicon-aluminium-iron ratios and the classification of clastic sediments. *Journal of sedimentary petrology*, 40: 1147-1152.
- Murra, J., Baldo, E., Galindo, C., Casquet, C., Pankhurst, R., Rapela, R. y Dahlquist, J., 2011. Sr, C and O isotope composition of marbles from the Sierra de Ancasti, Eastern Sierras Pampeanas, Argentina: age and constraints for the Neoproterozoic-lower Paleozoic evolution of the proto-Gondwana margin. *Geologica Acta*, 9: 79-92.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W. y Fanning, C. 2000. Age and origin the Coeval TTG, I and S-Type granites in the Famatina belt of NW de Argentina. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 91: 151-168.
- Pettijohn, F., Potter, P. y Siever, R. 1973. Sand and sandstone. Ed. Springer, Berlín. 618pp.
- Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J. y Galindo, C. 1998. Early evolution of the proto-Andean margin of South America. *Geology* 26: 707-710.
- Rapela, C.W., Casquet, C., Baldo, E., Dahlquist, J., Pankhurst, R.J., Galindo, C. y Saavedra, J. 2001. Las Orogénesis del Paleozoico Inferior en el margen proto-andino de América del Sur, Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Iberian Geology*, 27: 23-41.
- Rapela, C., Fanning, C., Baldo, E., Dahlquist, J., Pankhurst, J. y Murra, J. 2005. Coeval S- and I-type granites in the Sierra de Ancasti, Eastern Sierras Pampeanas, Argentina. *Academia Nacional de Ciencias. Gondwana* 12, Abstracts: 303.
- Rapela, C., Pankhurst, R., Casquet, C., Fanning, C., Baldo, E., González-Casado, J. M., Galindo, C. y Dahlquist, J. 2007. The Río de la Plata craton and the assembly

- of SW Gondwana. *Earth-Science Reviews*, 83: 49–82.
- Rapela, C.W., Verdecchia, S.O., Casquet, C., Pankhurst, R.J., Baldo, E.G., Galindo, C., Murra, J.A., Dahlquist, J.A. y Fanning, C.M., 2016. Identifying Laurentian and SW Gondwana sources in the neoproterozoic to early paleozoic metasedimentary rocks of the Sierras Pampeanas: paleogeographic and tectonic implications. *Gondwana Res.* 32, 193–212.
- Reissinger, M. 1983. Evolución geoquímica de las rocas plutónicas. (Eds.). *Geología de la Sierra de Ancasti*. Münsterche Forschungen zur Geologie und Paläontologie, 59: 101-112.
- Rickwood, P. C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos* 22: 247-263.
- Roser, B. P., y Korsch, R. J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites determined using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal Geology* 94: 635-650.
- Rudnick, R. y Gao, S. 2014. Composition of continental crust. *Treatise on Geochemistry*. 2nd edition.
- Ryziuk, J., Sardi, F., Báez, M., Fogliata, A. y Hagemann, S. 2014. Petrografía y geoquímica de los granitos asociados a manifestaciones de fluorita en la zona de El Alto, sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta geológica lilloana*, 26 (2): 95–110.
- Santillán, M. L. 2018. Reseña Geológica y Petrográfica del Granito Puerta de Allega, Sierras de Ancasti, Catamarca. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. *Trabajo final de Seminario*, 79pp. Inédito.
- Sardi, F. G., de Barrio, R., Colombo, F., Marangone, S., Ramis, A. y Curci, M. 2017. Pegmatitas graníticas de la región noroeste de Argentina. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (Eds.), *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino: 971-1002*. San Miguel de Tucumán.
- Sardi, F., Cisterna, C., Iriarte, M., Santillán, M.L., Báez, M., Acosta Nagle, A., Fuentes, T., Machuca Arias, P. y Marangone, S. 2023a. Basamento ígneo-metamórfico de la sierra de Ancasti. I. Contexto geológico y petrografía. *Serie de Correlación Geológica*. En este mismo volumen.
- Sardi, F., Soares, C., Iriarte, M. and Vignol-Lelarge, M. L. 2023b. Geological and geochronological implications of U-Pb dating in apatite from the Late Devonian/Early Carboniferous Sauce Guacho granite, Sierra de Ancasti, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 131: 104602.
- Schalamuk, I., Dalla Salda, L., Angelelli, V., Fernández, R. y Etcheverry, R. 1983. Rocas máficas y ultramáficas. Petrología y mineralización. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.). *Geología de la Sierra de Ancasti*. *Münstersche Forschungen zur Geologie Paläontologie* 59: 113-136.
- Shand, S. J. 1947. *The Eruptive Rocks*, 3rd edition. *New York: John Wiley*, 444p.
- Sims, J., Ireland, T., Camacho, A. Lyons, P., Pieters, P., Skirrow, R. y Stuart-Smith P. 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. En: Pankhurst, R. y Rapela, C. (Eds.) *The proto-Andean margin of Gondwana. Geological Society of London, Special Publication* 142: 259-281.
- Toselli, A. 1992. El magmatismo del noroeste argentino. Reseña sistemática e interpretación. *Serie de Correlación Geológica* N° 8: 243pp.
- Toselli, A. y Rossi, J. 2018. Granitoides devónico - carboníferos de las sierras pampeanas noroccidentales y sus relaciones con la fuente y el ambiente tardío - a post - orogénico del ciclo famatiniano. *Serie Correlación Geológica*, 35 (2): 37 – 66.
- Toselli, A. J., Reissinger, F., Durand, F. y Bazán, C. 1983. Rocas graníticas. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.). *Geología de la Sierra de Ancasti*. *Münstersche Forschungen zur Geologie Paläontologie* 59: 79-99.
- Toselli, A., Rossi, J. y Aceñolaza, F. 1986. A proposal for the systematization of the Upper-Pre -Cambrian, Lower Paleozoic basement in the Pampean Ranges, Argentina. – *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, I (9-10): 1227-1233.
- Toselli, A. J., Rossi, J. N., Basei, M. A. and Passarelli, C. R. 2011. Petrogenesis of Upper-Paleozoic post-collisional peraluminous leucogranites, Sierra de Ancasti, -northwest Argentina. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 261: 151–164.
- Toselli, A., Aceñolaza, F. G., Miller, H. y Rossi, J. 2017. Áreas de proveniencia de meta-sedimentos e interpretación geoquímica de ambientes tectónicos de deposición de la Formación Puncoviscana: Cordillera Oriental y Sierras Pampeanas, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 29 (2): 67–105.
- Verdecchia, S., Reche, J., Baldo, E., Segovia-Díaz, E. y Martínez, J. 2013. Staurolite porphyroblast controls on local bulk compositional and microstructural changes during decompression of a St-Bt-Grt-Crd-And schist (Ancasti metamorphic complex, Sierras Pampeanas, W Argentina). *Journal of Metamorphic Geology* 31: 131–146.
- Watson, E. B. y Harrison, T. M. 1983. Zircon saturation revisited: Temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth and Planetary Science Letters* 64: 295-304.
- Whalen, J., Currie, K. y Chappell, B. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 95: 407-419.

- Willner, A. 1983a. Evolución metamórfica. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.) Geología de la sierra de Ancasti. Münster. Forsch. Geol. Paläont., 59: 189-200.
- Willner, A. P. 1983b. Evolución tectónica. In: Aceñolaza, F.G., Miller, H., Toselli, A. (Eds.). Geología de la Sierra de Ancasti. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 59: 157-187.
- Willner, A.P., Toselli, A.J., Basán, C. y Vides de Bazán, M.E., 1983. Rocas metamórficas. In: Aceñolaza, F.G., Miller, H., Toselli, A.J. (Eds.), La Geología de la Sierra de Ancasti. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, vol. 59, pp. 31-78. Münster.
- Willner, A. P., Miller, H. y Jezek, P. 1990. Composición geoquímica del basamento sedimentario-metamórfico de los Andes del NW Argentino (Precámbrico superior-Cámbrico inferior). En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.). El Ciclo Pampeano en el noroeste argentino. Serie Correlación Geológica, 4: 161-179.

Recibido : 14 de Agosto del 2023

Aceptado : 20 de Agosto del 2024