

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA

www.geologica.org.ar

Manifestaciones epitermales de baja sulfuración relacionadas a la sección superior del Grupo Choiyoi en el centro-sur de la provincia de La Pampa

Mónica PIRES¹ y Nora RUBINSTEIN²

¹Departamento Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, piresmonica@hotmail.com ²Instituto de Geociencias básicas, aplicadas y ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires-CONICET, narubinstein@gmail.com

Editor: Ricardo A. Astini

Recibido: 01/03/2024 Aceptado: 01/11/2024

RESUMEN

Estudios realizados en tres áreas con alteración hidrotermal en la provincia de La Pampa permitieron establecer texturas y asociaciones minerales características de sistemas epitermales de baja sulfuración. Los estilos de alteración consisten en roca de caja silicificada, brechas, *stockworks* y venas silíceas, con texturas complejas primarias, de reemplazo y de recristalización, además de la presencia de adularia con morfologías rómbica y pseudo-acicular. Estas características permiten establecer que corresponden a la paleozona de ebullición ascendente del sistema. En territorio pampeano es el primer sistema epitermal de baja sulfuración reportado y puede ser relacionado al magmatismo gondwánico por la edad de sus rocas de caja.

Palabras clave: Bloque de Chadileuvú, Magmatismo pérmico-triásico, ebullición.

ABSTRACT

Low-sulfidation epithermal systems related to the upper section of the Choiyoi Group in south-central of La Pampa province. Studies conducted in three hydrothermal alteration zones in La Pampa province have identified textures and mineral assemblages characteristic of low-sulfidation epithermal systems. The alteration styles include pervasive silicification, siliceous breccias, stockworks, and veins, exhibiting complex primary, replacement, and recrystallization textures, along with adularia displaying rhombic and pseudo-acicular morphologies. These features suggest that the system corresponds to an ascending boiling paleozone. This study represents the first reported occurrence of a low-sulfidation epithermal system in La Pampa province, potentially linked to Gondwanan magmatism based on the age of its host rocks.

Keywords: Chadileuvu block, Permian-Triassic magmatism, boiling.

INTRODUCCIÓN

La provincia de La Pampa es una de las áreas cubiertas por el magmatismo de edad pérmico-triásico tardío desarrollado en el borde suroccidental del continente Gondwana (Kay et al. 1989, Llambías et al. 1993, Llambías 1999). Las rocas producto de este evento se conocen como Grupo Choiyoi (Stipanicic 1965) y conforman extensos batolitos y *plateaux* riolíticos y de composiciones intermedias distribuidas desde el Norte de Chile hasta la Patagonia, tanto en el cinturón orogénico como en el antepaís (Maksaev et al. 2014, Sato et al. 2015). Genéticamente vinculados al Grupo Choiyoi se encuentran depósitos tipo pórfiro, yacimientos de Au asociados a intrusivos y epitermales de baja sulfuración tales como el depósito Don Sixto en el Bloque de San Rafael (Rubinstein et al. 2004, Rubinstein y Gargiulo 2005, Mugas Lobos et al.



Figura 1. Mapa de ubicación del área estudiada (flecha) en el contexto del Grupo Choiyoi. Círculos amarillos: depósitos epitermales de baja sulfuración permo-triásicos. Mapa base de Rocher et al. (2015).

2012) así como los depósitos Castaño Nuevo y Casposo en la Cordillera Frontal de San Juan (Cócola et al. 2019, Grignola et al. 2021) (Fig.1).

En La Pampa, las rocas del Grupo Choiyoi se ubican

en los bloques de Chadileuvú (Llambías y Caminos 1987, Llambías et al. 1996) y Las Matras (Sato et al. 1999, 2000) con afloramientos de volcanitas e intrusivos de composición mayoritariamente riolítica-andesítica y de edad Pérmico superior-Triásico (Choiyoi Superior, Kleiman y Japas 2009).. El emplazamiento de los cuerpos ígneos determina un corredor NO-SE que se extiende desde el límite con el Bloque de San Rafael en el NO de la provincia hasta el extremo SE, cercano a la provincia de Río Negro (Fig. 1).

El conocimiento del potencial metalogenético del Choiyoi en La Pampa es muy limitado debido a las características morfológicas del terreno y a la cubierta continua de depósitos cuaternarios. Sólo una manifestación metalífera ha sido explotada hasta la actualidad: el depósito de cobre de Lihué Calel. Este depósito, ubicado a 20 km al suroeste de las sierras de Lihué Calel, cubre un área de 30 km² y tiene como roca de caja riolitas de la Formación Choique Mahuida (Fig. 2). La alteración está constituida por zonas silicificadas en las cimas de las lomas y la mineralización, conformada por vetas de rumbo SO-NE con pirita, calcopirita, hematita, malaquita, azurita y crisocola, se restringe a rellenos de fracturas en una zona de cizalla. Fue explotado hasta 1919 a través de piques y trincheras que actualmente están enterradas o cubiertas de agua. No se conoce el tonelaje real que fue extraído en esa época. Desde 1939 en adelante se realizaron varios trabajos de exploración. Entre los años 1995 y 2001 estudios geofísicos y geoquímicos realizados por MIM Argentina Exploraciones S.A. (2001) reportaron valores máximos de 0.9 % de Cu, 0.3 g/t de Au, 1050 ppm de Mo, 35 ppm de Ag y anomalías de Pb, Zn, Cd, As y Pd. Además, indicaron la presencia de un sistema restringido a estructuras sin proyección en profundidad.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer, a través de descripciones mesoscópicas, petrográficas y químicas, nuevas manifestaciones hidrotermales que se relacionan al ciclo magmático gondwánico de la provincia de La Pampa y presentar indicios de su potencial metalogenético.

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El Bloque de Chadileuvú (Llambías y Caminos 1987, Llambías et al. 1996), está compuesto por un basamento conformado por 3 unidades. La primera unidad correlacionable con las Sierras Pampeanas de San Luis (Linares et al. 1980, Llambías et al. 1996, Tickyj et al. 1999) incluye las metamorfitas de grado medio con pegmatitas asociadas correspondientes al Cratón del Río de la Plata, asignadas al Complejo Metamórfico Las Piedras (Cámbrico superior?-Ordovícico, Tickyj et al. 1999) y las metasedimentitas de muy bajo a bajo grado del centro de La Pampa asignadas a las formaciones Paso del Bote y Valle Daza (Chernicoff y Zappettini 2003). La segunda unidad corresponde al Grupo Pichi Mahuida (Cámbrico Superior Devónico Inferior) que agrupa granodioritas y granitos porfíricos (Tickyj et al. 1999). La tercera unidad corresponde al Complejo granítico-ortognéisico Cerro de los Viejos del Paleozoico superior (Tickyj et al. 1997). Todas estas unidades son consideradas como la extensión austral del Orógeno Famatiniano de las Sierras Pampeanas. También, al Devónico Inferior, corresponden los granitos muscovíticos-biotíticos de la Formación Lonco Vaca (Linares et al. 1980).

Sedimentitas de la Formación La Horqueta y la Formación Carapacha cubren parcialmente en discordancia a las rocas del basamento. La Formación La Horqueta (Dessanti, 1956), está constituida por areniscas y lutitas marinas silúricas-devónicas. La Formación Carapacha (Vilela y Riggi 1953, 1956) está conformada por areniscas y pelitas de ambiente continental de edad pérmica (Melchor 1999). La Formación Carapacha está intruida o cubierta en discordancia por las rocas ígneas del Grupo Choiyoi. Estas rocas de edad permo-triásica comprenden facies predominantemente silíceas, tanto intrusivas (leucogranitos epizonales) como extrusivas formando un *plateaux* riolítico ignimbrítico (Llambías y Leveratto 1975, Sruoga y Llambías 1992, Quenardelle y Llambías 1997, Llambías et al. 2003).

Llambías (1975) definió en la provincia de La Pampa tres formaciones de edades Pérmico superior - Triásico inferior (Linares et al. 1978) para caracterizar las diferentes facies del Grupo Choiyoi: Formación Zúñiga (leucogranitos rosados a grises de textura fina a media), Formación Choique Mahuida (pórfiros y volcanitas riolíticas, riodacíticas y dacíticas e ignimbritas) y Formación El Centinela (volcanitas y brechas andesíticas). Chernicoff et al. (2019), realizaron dataciones y estudios geoquímicos en las sierras de Lihué Calel y en el granito ubicado en la localidad de Chacharramendi que indicaron una edad U-Pb SHRIMP de 239.3 ± 1.5 Ma (Triásico Medio) y características geoquímicas de ambiente de extensión anorogénico para este magmatismo. Basados en estos datos estos autores definieron como Corredor Magmático Intracratónico Pérmico-Triásico de la provincia de La Pampa (CMPT-LP) al conjunto de rocas magmáticas de esta provincia, dándole entidad separada del Grupo Choiyoi. Sin embargo, nuevos estudios petrográficos y geoquímicos realizados en ignimbritas, lavas y pórfiros aflorantes en el centro-sur de La Pampa revelan similitudes geoquímicas con unidades del Grupo Choiyoi de edades Pérmico medio-alto (261.17 ± 0.315 Ma) al Pérmico superior alto (252.5 ± 0.44 Ma) y algunos afloramientos con unidades del Pérmico Inferior (276 ± 11 Ma) (Pires, comunicación personal).

La cubierta sedimentaria posterior está formada por conglomerados plio-pleistocenos de la Formación Tehuelche (Vilela y Riggi 1956), sedimentitas del Pleistoceno superior de la Formación Río Negro (Zavala et al. 2000), o limos, arcillas y rodados de volcanitas del Pleistoceno superior asignados a la Formación Puesto Alí (Espejo y Silva Nieto 1987) y finalmente depósitos aluviales, coluviales, de bajos y lagunas del Holoceno además de costras calcáreas que cubren en parte la superficie (Vogt et al. 1999 y 2010).

GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL ÁREA

Las rocas más antiguas de la zona corresponden a la Formación Lonco Vaca que constituye un pequeño asomo sobre la ruta 152 (Fig. 2). Son granitos rosados y grises de grano mediano a grueso muscovíticos biotíticos. Las sedimentitas (lutitas y areniscas) de la Formación Carapacha ocupan la mayor parte del área y están cubiertas parcialmente por lavas de la Formación Centinela (punto 281, Fig. 2) y Choique Mahuida (Minas de Lihué Calel y otros afloramientos hacia el este de las Lomas de Gould, Fig. 2) ambas formaciones del Pérmico superior - Triásico inferior, según asignaciones realizadas en la Hoja Geológica 3966-II Puelches (Espejo y Silva Nieto 1996). En el presente estudio se reconocen en el área otros sub - afloramientos de traquiandesitas-andesitas de la Formación Centinela (puntos 288 y 292) y granitos de la Formación Zúñiga (Pérmico superior) (puntos 394 a y b, 356 y 379) (Fig. 2 y Fig. 3). El resto del área está conformada por depósitos coluviales indiferenciados y costras calcáreas.

Los rasgos estructurales son difíciles de determinar en superficie por las características del terreno y los escasos afloramientos, aunque se destaca un sistema de bloques delimitados por fallas que originan una topografía plana con sectores ondulados de distintas alturas (Espejo y Silva Nieto 1996) (Fig. 2). A partir de estudios aeromagnéticos de alta resolución, Chernicoff y Zappettini (2003) identificaron en el subsuelo del área, fábricas magnéticas de edad pre-pérmica que corresponden a un megacorrimiento ONO con vergencia NNE (estructura regional de primer orden) que produce el truncamiento de las suturas entre Cuyania y Pampia y entre Pampia y el Cratón del Río de la Plata, y fallas-corrimientos ONO a NNO de carácter subregional que estructuran internamente a los bloques. La conformación actual en bloques es probablemente consecuencia de los levantamientos y la reactivación de líneas de debilidad entre Cuyania-Pampia y Pampia-Cratón del Río de La Plata durante el Mioceno-Pleistoceno (Folguera 2011, Folguera y Zárate 2018).



Figura 2. Mapa geológico del área estudiada. Modificado de Espejo y Silva Nieto (1996).

METODOLOGÍA

Para el estudio petrográfico y mineralógico se analizaron 19 secciones delgadas de roca de caja, brechas y fragmentos de vetas que permitieron identificar las asociaciones de minerales de alteración y de ganga, así como sus texturas. Asimismo, se seleccionaron 12 muestras (2 de roca de caja, 5 de brechas y 5 de fragmentos de vetas) para análisis químicos de elementos metálicos las cuales fueron analizadas en los Laboratorios de Ancaster, http://www.actlabs.com mediante el método de Plasma acoplado por inducción con espectrofotómetro de masa (FUS-MS).

RESULTADOS

Se identificaron tres áreas de alteración ubicadas a unos 25-30 km de la localidad de Puelches y a unos 6 km al sur de las minas de cobre de Lihué Calel (Fig. 2). El estudio petrográfico del cuarzo hidrotermal permitió reconocer diferentes tipos texturales según la clasificación de Dong et al. (1995)



Figura 3. Rocas de caja correspondientes al Grupo Choiyoi: a, b y c) Fotomicrografías de andesitas - traquiandesitas en los puntos 281, 288 y 292 respectivamente (Fig. 2), a: cristales subhedrales de plagioclasa (PI) y feldespato potásico (Fk) alterados a sericita y/o calcita con pasta granofírica compuesta por cuarzo y feldespato alterado a caolinita, b: cristales euhedrales de feldespatos y biotita (Bt) en una pasta vítrea parcialmente desvitrificada a esferulitas, c: cuarzo redondeado con senos de corrosión y pasta granofírica con sericita; d, e, f y g) Muestras de mano de granitos subaflorantes en puntos 394 a y b, 356 y 379 respectivamente (Fig. 2); h, i, j) Fotomicrografías de granitos en puntos 394 a y b: textura mirmequítica (flecha); k) Fotomicrografía de granito en punto 379: textura micrográfica (flecha).

que incluyen texturas de crecimiento primario (cuarzo criptocristalino, cristales con zonación, bandeamientos y en peine), de recristalización (en mosaico, plumosa) y de reemplazo pseudomórfico según calcita (en enrejado, paralela y fantasma). Asociada a la silicificación, se ha identificado adularia de morfología rómbica y pseudoacicular según la clasificación de Dong y Morrison (1995).

La zona "A" ubicada en el establecimiento Peñas Verdes abarca un área aproximadamente de 25 km² (Fig. 2) donde se reconocen brechas silicificadas (puntos 295 y 385), fragmentos de vetas diseminadas en el terreno (puntos 295 b, 566, 566 b, 385 b) y un sector de roca de caja silicificada (punto 317). Las brechas están conformadas por fragmentos angulosos de pelitas o areniscas reemplazados parcialmente por mosaicos de cuarzo y fragmentos angulosos a redondeados de calcedonia (Fig. 4 a, b, c, d, e y f), cementados por cuarzo en mosaico microcristalino y atravesados por venillas de cuarzo con textura en peine o masivas (Fig. 4 c y e) y venillas de hematita-goethita que rodean y atraviesan los fragmentos (Fig. 4 d). En el cuarzo en mosaico y en los fragmentos de calcedonia de la brecha se concentra abundante cantidad de adularia rómbica y pseudoacicular (Fig. 5).



Figura 4. Zona A - Peñas Verdes: a) Brecha silicificada (punto 295): fragmentos líticos (líneas de puntos) y venillas de hematita goethita (flecha); b) Brecha silicificada (punto 385); c) Fotomicrografía con analizador (CA) de fragmentos silicificados con calcedonia y cuarzo en mosaico en forma parcial o total en brecha del punto 295. Con flechas se indican venillas de cuarzo masivo; d) Misma imagen que la anterior sin analizador (SA) con flecha se indican venillas de hematita-goetita; e) Fotomicrografía (CA) de fragmentos de arenisca en brecha 295; f) Fotomicrografía (SA) de la brecha 385: fragmentos de pelitas cementados por cuarzo en mosaico y atravesados por venilla de cuarzo en peine y masivo con presencia de pequeños cubos de pirita (flecha).

Los fragmentos de vetas de cuarzo alcanzan hasta 40 cm de potencia y en ellos predomina calcedonia y cuarzo en mosaico microcristalino con escasos sectores con texturas de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita (enrejado fantasma) (Fig. 6 a). Al microscopio las texturas de reemplazo fantasma presentan cuarzo en mosaico fino y medio (Fig. 6 b, c y d) o cuarzo plumoso (Fig. 6 e). Cristales de adularia rómbica se observan en el cuarzo en mosaico (Fig. 6 f). La roca de caja (punto 317) está silicificada con cuarzo en mosaico fino y medio con presencia de venillas y agregados de hematita-goethita. El análisis geoquímico de metales que incluyen brechas, fragmentos de vetas y roca de caja silicificada muestran pequeñas anomalías de Au, Mo, Sb, Mn, Cu, Pb, Zn, Ba y dos veces el valor de fondo de As (cuadro 1).

La zona "B" ubicada en el establecimiento El Trabajo abar-



Figura 5. Zona A – Peñas Verdes, brecha en punto 295 (Fig. 2): fotomicrografías de cristales de adularia asociados a cuarzo en mosaico y a fragmentos de calcedonia (CA); a y b) Adularia rómbica c) Adularia pseudoacicular rellena espacios en calcita *bladed*.

ca un área de 20 km² (Fig. 2). Comprende brechas de 40 m de potencia (puntos 393 a, b, c y 175) y fragmentos de vetas de cuarzo diseminadas en los terrenos lindantes (puntos



Figura 6. Zona A – Peñas Verdes: muestras de vetas de los puntos 295 b y 566 a y b (Fig. 2); a) Fragmento de veta con textura de reemplazo en enrejado; b) Fotomicrografía (CA) donde se observa calcedonia y secciones de textura de reemplazo en enrejado fantasma (flecha); c) Textura de reemplazo en enrejado fantasma (SA); d) Misma imagen que la anterior (CA); e) Secciones parciales de texturas de reemplazo paralelo con cuarzo plumoso fino (CA); f) Adularia rómbica (SA).

395 a b y c). La brecha está conformada por fragmentos de areniscas-pelitas de hasta 20 cm cementados por cuarzo en mosaico de tamaño que varía entre 10 y 50 μm (Fig. 7 a). Se aprecian venillas que cortan el cemento y los litoclastos, compuestas por bandas de cuarzo masivo microcristalino, cuarzo en peine y cuarzo plumoso (Fig. 7 b, c, d y e). En los puntos 393 a b y c predominan las texturas de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita en enrejado (Fig. 7 d) y paralela (Fig. 7 g) con cuarzo mosaico como reemplazo de los cristales tabulares y con cuarzo en peine y óxidos de manganeso rellenando los sectores interiores de los poliedros (Fig. 7 f). Se identifican además en el cemento escasa cantidad de pirita y adularia rómbica (Fig. 7 h).

Los fragmentos de vetas de cuarzo no exceden en general los 15 cm de espesor. Macroscópicamente se destaca la textura de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita (Fig. 8 a). En sección delgada se observan tanto la textura en enrejado (Fig. 8 b) como paralela (Fig. 8 f). La textura en en-



Figura 7. Zona B – El Trabajo: a) Muestra de mano de la brecha silicificada: líticos en líneas de punto y venillas señaladas con flechas; b y c) Fotomicrografías de fragmentos líticos y cemento de cuarzo en mosaico fino con venillas rellenas por cuarzo en peine (flecha), b) (CA), c) (SA); d) Texturas de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita en enrejado con cuarzo en mosaico como reemplazo de cristales tabulares y relleno de espacios poliédricos con cuarzo en peine (CA); e) Cuarzo plumoso en venilla (CA); f) Textura de reemplazo en enrejado con centros rellenos de óxidos de manganeso (CA); g) Textura de reemplazo paralelo (CA); h) Adularia rómbica (SA).

rejado se caracteriza por la presencia de cuarzo en mosaico de 2 µm de tamaño y formas tabulares que se intersectan. Los espacios poliédricos generados por la intersección de las formas tabulares están rellenos de cuarzo en mosaico que

Cuadro 1. Datos químicos de la zona A - Peñas Verdes

Revista de la Asociación Geológica Argentina 81 (4): 586-599 (2024)

Elementos-Unidades -Límites Detec/Roca			Zona A - Peñas Verdes						
			295 brecha	317 roca de caja silicificada	385 brecha	385 b fragmento de veta	389 roca de caja	566 fragmento de veta	566 b Fragmento de veta
Au	ppb	2	136	9	< 2	< 2	< 2	140	< 2
Ag	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Cu	ppm	1	9	78	7	7	8	3	10
Cd	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Мо	ppm	1	1	12	1	< 1	< 1	< 1	9
Pb	ppm	3	4	97	< 3	< 3	35	3	19
Ni	ppm	1	3	7	8	4	16	4	8
Zn	ppm	1	16	11	11	3	47	10	34
S	%	0.01	< 0.01	0.09	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	0.01
AI	%	0.01	1.33	0.03	1.28	0.3	4.43	1.47	1.65
As	ppm	0.5	4	7.7	1.3	1.3	7.7	4.4	6.9
Ва	ppm	50	770	1890	310	130	770	410	410
Be	ppm	1	2	< 1	< 1	1	2	2	1
Bi	ppm	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Br	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Са	%	0.01	0.19	0.11	0.07	0.86	1.21	0.24	0.74
Со	ppm	1	2	2	4	1	7	1	1
Cr	ppm	2	5	< 2	24	28	47	31	69
Cs	ppm	1	7	< 1	3	2	5	6	3
Eu	ppm	0.2	0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	1.2	< 0.2	0.3
Fe	%	0.01	0.88	1.32	1.16	0.26	2.31	0.5	0.85
Hf	ppm	1	< 1	2	< 1	< 1	6	<1	2
Hg	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
lr	ppb	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
k	%	0.01	1.79	< 0.01	2	0.03	2.18	1.29	0.48
Li	ppm	1	105	3	41	163	18	163	109
Mg	%	0.01	0.15	< 0.01	0.2	0.02	0.47	0.08	0.09
Mn	ppm	1	122	56	120	293	511	106	215
Na	%	0.01	0.08	< 0.01	0.04	0.02	0.3	0.05	0.5
Р	%	0.001	0.034	0.009	0.009	0.021	0.054	0.014	0.01
Rb	ppm	15	102	< 15	114	< 15	113	83	44
Sb	ppm	0.1	2	26.5	0.3	0.2	0.6	1.5	0.3
Sc	ppm	0.1	1.1	0.2	2.4	0.2	8.8	0.7	0.7
Se	ppm	3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Sr	ppm	1	113	41	27	46	106	105	86
Та	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1.7	< 0.5	< 0.5
Ti	%	0.01	0.04	0.02	0.07	< 0.01	0.37	0.03	0.05
Th	ppm	0.2	3.7	0.4	1.1	< 0.2	10.1	2.3	12
U	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1.7	0.7	0.9
V	ppm	2	29	15	21	4	61	18	49
W	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Y	ppm	1	4	< 1	2	2	21	3	6
La	ppm	0.5	7.7	6.2	3.2	1.5	27.1	3.9	20.2
Ce	ppm	3	12	6	4	< 3	52	11	47
Nd	ppm	5	< 5	< 5	< 5	< 5	29	< 5	16
Sm	ppm	0.1	1.4	0.3	0.8	0.3	6.8	0.7	2.2
Sn	%	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.01	< 0.02	< 0.02
Tb	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Yb	ppm	0.2	0.4	< 0.2	0.4	< 0.2	3.3	0.2	0.7
Lu	ppm	0.05	0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.46	< 0.05	0.05



b а

Revista de la Asociación Geológica Argentina 81 (4): 586-599 (2024)



Figura 9. Zona C – San Roberto: imágenes del stockrwork en punto 342 (Fig. 2): a) Fotografía de un fragmento de stockrwork con venas y venillas subparalelas y anastomosadas; b) Fotografía de venilla con relleno simétrico del mismo stockrwork con su roca de caja silicificada con calcedonia rosada, con flecha se indica el cuarzo hialino en los bordes de la veta; c) Fotomicrografía de vena con relleno simétrico (CA), la flecha indica la calcedonia y el cuarzo en peine de los bordes internos de la venilla; d) Fotomicrografía de venilla con relleno masivo de cuarzo subhedral, la flecha indica la calcedonia de la roca de caja (CA); e y f) Fotomicrografía de bandeamientos paralelos: e) SA y f) CA.

Figura 8. Zona B - El Trabajo: a) Fragmento de veta con textura de reemplazo en enrejado. Los cristales tabulares están compuestos de cuarzo blanco vítreo mientras que el resto está relleno con cuarzo blanco lechoso; b) Textura de reemplazo en enrejado (CA). Se aprecian los fantasmas de cristales tabulares reemplazados por cuarzo en mosaico fino y los espacios poliédricos con cuarzo plumoso; c) Detalle del cuarzo plumoso (CA); d) Detalle del cuarzo en mosaico fino a medio como relleno de espacio poliédrico (CA); e) Relleno de espacios poliédricos con calcedonia radiada (con flecha) (CA); f) Textura de reemplazo paralelo (CA); g y h) Relleno de espacios poliédricos de cristales euhedrales a subhedrales de cuarzo con zonación.

varía en tamaño entre los 2 µm desde las formas tabulares hasta 200 µm en el centro de los poliedros (Fig. 8 d). También se observan rellenos con calcedonia radiada (Fig. 8 e) o cuarzo con textura plumosa (Fig. 8 b y c) y en ocasiones con cristales con zonación (Fig. 8 g y h). La zonación en los cristales está resaltada por la variación en el contenido de impurezas. El reemplazo paralelo se caracteriza por agregados

paralelos de cuarzo en mosaico con los individuos de hasta 2 um siguiendo formas tabulares paralelas entre sí separadas por cuarzo masivo grueso o cuarzo en peine (Fig. 8 f). Los análisis geoquímicos sobre cuatro muestras de este sector que incluyen brechas y venillas muestran pequeñas anomalías de Mn de hasta 634 ppm y As hasta 2 veces el valor de fondo (cuadro 2).

En la zona "C" ubicada en el establecimiento San Roberto (Fig. 2) aflora un stockwork que ocupa una superficie de 50 m² formado por venas y venillas de hasta 20 cm de espesor (punto 342). La roca de caja del stockwork está silicificada con cuarzo criptocristalino (calcedonia) y en mosaico fino a medio de color rosado. Las venas y venillas tienen textura bandeada. El relleno de las bandas puede ser simétrico o asimétrico (Fig. 9 a y b). En sección delgada, los rellenos simétricos se observan generalmente con bordes de calcedonia, hacia el

Cuadro 2. Datos químicos de la zona B – El Trabajo y la zona C – San Roberto.

993 a bracha 3963 b bracha 995 a fragmento de vela 842 Stockwork Aq ppb 2 42 42 42 42 2 2 Aq ppm 1 5 3 9 5 603 <0.3 Cu ppm 1 5 5 9 5 603 Cd ppm 0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.4 <0.4 <0.6 <0.5 <0.6 <0.5 <0.6 <0.5 <0.6 <0.5 <0.6 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5	Elementos-l	Jnidades -Límite	es Detec/Roca		Zona	ı B - El Trabajo		Zona C - San Roberto	
Au ppb 2 42 42 42 42 42 42 21 Ag ppm 0.3 <0.3				393 a brecha	393 b brecha	375 brecha	395 a fragmento de veta	342 Stockwork	
Aq ppm 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.3 < 0.1 < 0.01 0.02 0.02 <0.01 <0.01 <0.02 <0.02 <0.01 <0.01 <0.02 <0.02 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.01<	Au	ppb	2	< 2	< 2	< 2	< 2	21	
	Ag	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	
Cd ppm 0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 <0.3 Mo ppm 1 2 <1 2 <1 9 Pb ppm 1 3 <1 6 2 3 Zn ppm 1 9 4 15 1 2 S $\%$ 0.01 <0.01 0.02 0.02 <0.01 Al $\%$ 0.01 17 0.69 2.53 0.45 0.22 As ppm 0.5 <0.5 7.4 14 8.1 Ba ppm 0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 Ca $\%$ 0.01 0.18 2.8. 0.24 0.15 0.14 Ca $\%$ 0.01 0.79 0.34 1.26 0.23 0.75 Ca $\%$ 0.01 0.79 0.34 1.26 0.23 <td>Cu</td> <td>ppm</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>6</td>	Cu	ppm	1	5	3	9	3	6	
Mo ppm 1 2 <1 2 <1 9 Pb ppm 3 7 4 12 <3	Cd	ppm	0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	
Pb ppm 3 7 4 12 <3 <3 Ni ppm 1 3 <1	Мо	ppm	1	2	< 1	2	< 1	9	
Ni ppm 1 3 <1 5 2 3 Zn ppm 1 9 4 16 1 2 S % 0.01 <0.01	Pb	ppm	3	7	4	12	< 3	< 3	
Znppm1941512S%0.01<0.01	Ni	ppm	1	3	< 1	5	2	3	
S % 0.01 <0.01 <0.01 0.02 0.02 <0.01 AI % 0.01 1.7 0.59 2.53 0.44 0.22 As ppm 0.5 <0.5 5.7 7.4 1.4 8.1 Ba ppm 0.5 <0.5 <1 5 3 <1 Bi ppm 1 5 <1 5 3 <1 Co ppm 0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 Ca % 0.01 0.18 28.3 0.24 0.15 0.14 Co ppm 2 <2 <2 1.4 30 6 Cs ppm 1 <6 <1 8 3 < <th><1</th> Eu ppm 0.2 <0.2 0.3 <0.2 <0.2 <0.2 Fe % 0.01 0.79 0.34 1.28 0.23 0.75 Hf ppm 1 <1 <1 <1 <1 <	<1	Zn	maa	1	9	4	15	1	2
Al % 0.01 1.7 0.59 2.53 0.45 0.22 As ppm 0.5 1 81 81 Ba ppm 0.5 720 350 110 Be ppm 2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <2 <	S	%	0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	0.02	< 0.01	
Asppm 0.5 < 0.5 5.5 7.4 1.4 8.1 Bappm 50 220 < 50 720 350 110 Beppm 1 5 < 1 6 3 < 1 Bippm 0.5 < 2.2 < 2 < 2 < 2 < 2 < 2 < 2 < 2 Brppm 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 Ca $\%$ 0.01 0.18 28.3 0.24 0.15 0.14 Coppm 2 < 2 < 2 < 1 4 < 1 < 1 Crppm 2 < 2 < 2 < 2 14 30 6 Csppm 1 < 1 < 1 4 < 1 < 1 < 1 Crppm 0.2 < 0.2 0.3 0.3 < 0.2 < 0.2 Fe $\%$ 0.01 0.79 0.34 1.26 0.23 0.75 Hfppm 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 Irppb 5 < 5 < 5 < 5 < 5 < 5 k $\%$ 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mg $\%$ 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mg $\%$ 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mg $\%$	Al	%	0.01	1.7	0.59	2.53	0.45	0.22	
Ba ppm 50 220 < 60 720 350 110 Be ppm 1 5 <1	As	maa	0.5	< 0.5	5.5	7.4	1.4	8.1	
Be ppm 1 5 12 12 13 14 15 Bi ppm 2 <2	Ba	maa	50	220	< 50	720	350	110	
Bi ppm 2 1	Be	maa	1	5	< 1	5	3	< 1	
Br ppm 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 < 0.5 Ca % 0.01 0.18 28.3 0.24 0.15 0.14 Co ppm 1 <1	Bi	nom	2	< 2	< 2	< 2	<2	< 2	
Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Ca % 0.01 0.83 0.24 0.15 0.14 Co ppm 1 <1	Br	nom	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
Co ppm 1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1<	Ca	%	0.01	0.18	28.3	0.24	0.15	0.14	
Sci ppm 1 1 1 1 1 1 1 1 Gr ppm 2 $< 2 < 2$ < 14 30 6 Cs ppm 0.2 < 0.2 0.3 0.3 < 0.2 < 0.2 Fe % 0.01 0.79 0.34 1.26 0.23 0.75 Hf ppm 1 < 1 < 1 2 < 1 < 1 < 1 Hg ppm 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 Hg ppm 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 < 1 <td< td=""><td>Co</td><td>nnm</td><td>1</td><td>< 1</td><td>< 1</td><td>4</td><td>< 1</td><td>< 1</td></td<>	Co	nnm	1	< 1	< 1	4	< 1	< 1	
St. ppm 1 6 12 12 12 12 14 05 0 Cs ppm 0.2 <0.2	Cr	ppm	2	< 2	< 2	14	30	6	
Eu ppm 1 0 0.3 < 0.2 Fe % 0.01 0.79 0.34 1.28 0.23 0.75 Hf ppm 1 <1	Cs	ppm	1	6	< 1	8	3	<1	
Lotppm0.10.10.30.30.00.010.75Hfppm1<1	Eu	ppm	0.2	< 0.2	0.3	0.3	< 0.2	< 0.2	
HG N 0.01 0.03 0.04 1.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.01 1 41 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <td>Ee</td> <td>%</td> <td>0.01</td> <td>0.79</td> <td>0.34</td> <td>1.26</td> <td>0.23</td> <td>0.75</td>	Ee	%	0.01	0.79	0.34	1.26	0.23	0.75	
Hg ppm 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<>	Hf	nnm	1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	
ing ppm inf inf <td>Ha</td> <td>ppm</td> <td>1</td> <td>< 1</td> <td>< 1</td> <td>< 1</td> <td>< 1</td> <td>< 1</td>	Ha	ppm	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
n pp0 0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 k % 0.01 1.43 0.29 3.61 0.04 0.05 Li ppm 1 193 4 64 290 175 Mg % 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mn ppm 1 147 634 393 120 93 Na % 0.01 0.8 0.42 0.86 0.03 0.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 0.1 <0.1	lr	ppin	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
k h 0 0.01 1.43 0.03 0.04 0.03 Li ppm 1 193 4 64 200 175 Mg % 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mn ppm 1 147 634 393 120 93 Na % 0.01 0.8 0.42 0.86 0.03 0.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15	k	6 6 6 6 7 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	0.01	1 / 3	0.29	3.61	0.04	0.05	
Lit ppm 1 133 4 04 230 113 Mg % 0.01 0.07 0.3 0.14 0.01 0.02 Mn ppm 1 147 634 393 120 93 Na % 0.01 0.8 0.42 0.86 0.03 0.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15		nnm	1	103	0.25	64	290	175	
Mg N 0.01 0.01 0.03 0.14 0.01 0.02 Mn ppm 1 147 634 393 120 93 Na % 0.01 0.8 0.42 0.86 0.03 0.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15	Ma	۶ ۶	0.01	0.07		0.14	0.01	0.02	
Min ppm 1 1 Min 304 303 1.25 305 Na % 0.01 0.8 0.42 0.86 0.03 0.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15	Mp	70	1	147	634	303	120	0.02	
Na No O.01 O.03 O.42 O.03 O.03 O.03 O.03 P % 0.001 0.005 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15	Na	۶ ۶	0.01	0.8	0.42	0.86	0.03	0.03	
P % 0.001 0.003 0.01 0.01 0.001 0.001 Rb ppm 15 90 <15 129 <15 <15 Sb ppm 0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.2 <0.2 <0.2 <0.2 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5	D	0/_	0.01	0.005	0.01	0.00	0.001	0.001	
No ppm 1.5 3.6 1.13 1.23 1.13 1.13 1.13 Sb ppm 0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 <0.1 0.1 0.5 Sc ppm 0.1 1.1 1.7 2 0.2 0.2 Se ppm 3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3	Ph	70	15	90	< 15	129	< 15	< 15	
So ppm 0.1 1.0.1 1.0.1 1.0.1 1.0.1 1.0.1 1.0.1 0.1 0.1 0.1 1.1 1.7 2 0.2 0.2 0.2 Se ppm 3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <	Sh	ppm	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5	
Sc ppm 0.1 1.1 1.1 1.1 2 0.2 0.2 0.2 Se ppm 3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <3 <		ppm	0.1	11	17	2	0.2	0.0	
Set ppm 1 63 163	Se	ppm	3	- 3		- 3	< 3	< 3	
Gr ppm r GG rr r <td></td> <td>ppm</td> <td>1</td> <td>63</td> <td>116</td> <td>120</td> <td>57</td> <td>26</td>		ppm	1	63	116	120	57	26	
Ti % 0.01 0.04 0.03 0.08 < 0.01 < 0.01 Th ppm 0.2 12 2.7 16.6 0.6 < 0.2	Ta	ppm	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
Th ppm 0.2 12 2.7 16.6 0.6 < 0.01 U ppm 0.5 2.3 <0.5	ті	% ۲۲	0.01	0.04	0.03	0.0	< 0.0	< 0.0	
Image ppm 0.2 12 2.7 10.0 0.0 0.0 0.2 U ppm 0.5 2.3 <0.5 2 0.5 <0.5 V ppm 2 7 14 38 6 6 W ppm 1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1 <1	 Th	70 DDD	0.01	12	2.00	16.6	0.6	< 0.2	
V ppm 2 7 14 38 6 6 W ppm 1 <1		ppm	0.5	23	< 0.5	2	0.5	< 0.5	
V ppm 2 1 14 36 0 0 0 W ppm 1 <1	U	ppm	0.5	7	14	2	6	6	
W ppm I K I	10/	ppm	1	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	
Image: constraint of the system Image: consystem Image: constraint of the syst	~ ~	ррт	1	A	- I	5	<1		
La ppm 0.5 13.9 40.5 20.7 2.4 0.8 Ce ppm 3 20 19 32 4 <3 Nd ppm 5 <5 12 9 <5 5 Sm ppm 0.1 1.4 1.6 1.9 0.3 0.2 Sn % 0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.02 <0.01 Tb ppm 0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5	I	ppm	0.5	4 42 0	4	0 20.7	> I	<u> </u>	
Nd ppm 5 20 15 52 4 <3 Nd ppm 5 <5 12 9 <5 5 Sm ppm 0.1 1.4 1.6 1.9 0.3 0.2 Sn % 0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.02 <0.01 Tb ppm 0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5		ppm	0.0	13.9	40.0	20.7	۷.4	U.0	
Nu ppm 5 5 12 9 < 5 5 Sm ppm 0.1 1.4 1.6 1.9 0.3 0.2 Sn % 0.01 <0.01 <0.01 <0.01 <0.02 <0.01 Tb ppm 0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5 <0.5	<u>се</u>	ppm	5	2U ~ E	19	0	4	-	
Sin ppm 0.1 1.4 1.6 1.9 0.3 0.2 Sn % 0.01 < 0.01	N0	ppm	5	< 5	12	9	< 0	0.0	
Sin 70 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01 < 0.01	5៣	ppm	0.01	1.4	1.0	1.9	0.00	0.2	
u ppini u.o ح.u c.o ح.u.o <0.o <0.o	ین ۲۲	70	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.02	> 0.01	
		ppm	0.0	~ 0.5	0.5	~ 0.5	< 0.0	< 0.0	
Lu ppm 0.05 0.00 0.00 0.02 0.2 0.2		ррт	0.2	0.0	0.0	0.0	< 0.05	< 0.05	

interior se desarrollan agregados de cuarzo en peine (que en muestra de mano tiene aspecto hialino) y finalmente en el centro se observa cuarzo masivo en cristales anhedrales con variable tamaño y aspecto lechoso (Fig. 9 c y d). Los rellenos asimétricos en general están formados por cuarzo masivo en cristales subhedrales a anhedrales. Se observan minerales opacos no identificables (Fig. 9 e y f). El estudio geoquímico de una muestra de este sector reveló una pequeña anomalía de Au y valores de Mo cuatro veces el valor de fondo y de As dos veces el valor de fondo (cuadro 2).

DISCUSIÓN

La presencia de brechas silicificadas, stockwork, costrificaciones y las variadas texturas de cuarzo descriptas en el presente trabajo (cuadro 3), sugieren procesos de fracturación y relleno como resultado de episodios reiterados de ebullición en sistemas epitermales (Buchanan1981, Hedenquist et al. 1992), mientras que la adularia rómbica y las texturas de reemplazo pseudomórfico de calcita por cuarzo permiten inferir ebullición violenta y prolongada en un sistema epitermal de baja sulfuración con fluidos de pH neutro a levemente alcalino (Hayba et al. 1985, Heald et al. 1987, Hedenquist 1987, Dong y Morrison 1995). Las texturas de reemplazo indican la presencia previa de calcita que se forma en un intervalo vertical de unos pocos cientos de metros dentro de la paleozona de flujo ascendente y precipita durante la ebullición a partir de la exsolución de CO₂ y H₂S entre los 100 y 300 m por encima de la zona de ebullición (Simmons y Christenson 1994; Simmons y Browne 2000). La precipitación de adularia rómbica es consecuencia de mayor enfriamiento e incremento del pH por una ebullición prolongada que continúa con la exsolución de CO₂ y principalmente de H₂S (Buchanan 1981, Hedenquist y Henley 1985, Dong y Morrison 1995).

Las texturas de recristalización de cuarzo tipo mosaico fino y subordinadamente cuarzo plumoso indican la presencia previa de calcedonia (y anteriormente de sílice amorfa). La sílice amorfa representa fluidos supersaturados en sílice y también es un indicador de ebullición en los sistemas epitermales (Dong et al. 1995). Las texturas en mosaico indican recristalización a temperaturas mayores a 180 grados (Moncada et al. 2012). La presencia de adularia rómbica en el cuarzo mosaico sugiere que la adularia se formó a temperaturas menores de 220°C (Dong et al. 1995). Por el contrario, las texturas masivas con cuarzo subhedral, el crecimiento en peine y los cristales con zonación indican períodos de menor actividad (sin ebullición) con un fluido hidrotermal levemente saturado en cuarzo que permitió el desarrollo ordenado de los cristales (Dong et al. 1995; Moncada et al. 2012).

En Peñas Verdes (zona A) (cuadro 3), se destacan las texturas de reemplazo fantasma y cuarzo en mosaico que indican que los fluidos durante la ebullición perdieron CO_2 y temperatura, por lo cual el fluido, estuvo sobresaturado tanto en calcita como en sílice precipitando en conjunto y formando la textura fantasma cuando la calcita es reemplazada por sílice (Dong et al. 1995). La presencia en estas manifestaciones de valores anómalos erráticos de Au y Mo así como de texturas de reemplazo pseudomórfico de calcita por cuarzo infieren el paleonivel en el tope de la zona de mena (Poliquin 2004).

En El Trabajo (zona B), predominan las texturas de reemplazo pseudomórfico de calcita. Esto indica que los fluidos durante la ebullición liberaron CO_2 sin perder temperatura (ebullición isotérmica) lo que provocó que el fluido esté supersaturado en calcita y subsaturado en sílice llevando a la precipitación de calcita que posteriormente fue reemplazada por cuarzo. Las texturas de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita con rellenos de óxidos de Mn y calcedonia, así como espacios abiertos y la presencia de pirita ubican la paleozona entre los 100 y 150 m de profundidad (Hedenquist et al. 2000).

En San Roberto (zona C), la presencia de calcedonia en la roca de caja, la ausencia de texturas de reemplazo y de adularia rómbica indicarían un paleonivel más superficial con respecto a los otros sectores (Hedenquist et al. 2000).

En el extremo norte de Peñas Verdes (zona A), cercano a las mineralizaciones de cobre de Lihué Calel (punto 317, Fig. 2), los estudios geoquímicos arrojan valores de tres a seis veces por encima de los valores de fondo en Sb, Mo, Cu, Zn, Pb, Mn y Ba. En general los bajos valores de As, Sb y Hg, así como la presencia de pequeñas anomalías de metales base (Cu, Pb y Zn) sugieren niveles intermedios del sistema hidrotermal, cercanos a la parte inferior de la zona de ebullición (aproximadamente 350 metros de profundidad) (Hedenquist et al. 2000).

Los procesos de ebullición violentos y prolongados inferidos a partir de la presencia de calcita espática (precursora de la textura de reemplazo pseudomórfico de cuarzo según calcita) y adularia rómbica (Dong y Morrison 1995) indican condiciones favorables para mineralización de oro. Al aumentar el pH por precipitación de la calcita aumenta la solubilidad del Au, que se transporta como complejo bisulfurado (Berger y Henley 1989) pero si la ebullición se prolonga se produce una mayor pérdida de H_2S , el pH aumenta significativamente y precipita Au (Simmons y Browne 2000). También, la presencia de cuarzo en mosaico y plumoso está asociada con mineralización de alta ley (Moncada et al. 2012).

Considerando la posición geográfica de las zonas de alteración descriptas y las mineralizaciones de Lihué Calel, el

Texturas de Cuarzo/ Áreas	Zona A Peñas Verdes Brecha hidrotermales y vetas	Zona B El Trabajo Brecha hidrotermales y vetas	Zona C San Roberto stockwork
Crecimiento primario	Calcedonia	Bandeamientos simétricos y asimétricos Masiva microcristalina En peine Cristales con zonación	Calcedonia Crustiforme con rellenos simétricos, asimétricos, masiva cristalina, en peine
Reemplazo	En enrejado fantasma	En enrejado Paralelo	No se presenta
Recristalización	Mosaico fino-medio Cuarzo plumoso	Mosaico Cuarzo plumoso	Mosaico fino y medio
Adularia	Muy abundante en el cuarzo mosaico de la brecha y las vetas	Moderada cantidad en brecha	No se presenta

Cuadro 3. Resumen de las texturas de cuarzo y adularia presentes en las tres zonas estudiadas.

control estructural y la ubicación latitudinal coincidente con las estructuras de carácter subregional paralelas al megacorrimiento ONO interpretado en subsuelo, se plantea la posibilidad de una relación genética con la mineralización de cobre de Lihué Calel.

En un esquema general de un sistema epitermal (Buchanan 1981) la mineralización de Lihué Calel estaría ubicada por debajo del nivel de ebullición, aproximadamente a los 400 m de profundidad, dada la presencia de minerales de mena portadores de Cu, Au, Ag, Mo, Pb y Zn y hematita, cuarzo y pirita como ganga (Hedenquist et al. 2000). El punto 317 (extremo norte de Peñas Verdes) se ubicaría unos metros por encima de la posición relativa de la mineralización de Lihué Calel y el resto de las manifestaciones estudiadas estarían ubicadas por encima de los 200 m de profundidad dentro del sistema. Se esperaría que los mayores valores de oro se encontraran en o sobre la base de la zona de ebullición (Moncada et al. 2012), sector ausente tanto en el área de estudio como en el depósito de Lihué Calel.

Si bien no existen datos sobre la edad de estas manifestaciones es posible atribuirlas al Pérmico superior - Triásico inferior por su posible relación con el depósito de Cu de Lihué Calel cuya mineralización se concentra en la Formación Choique Mahuida. Además, las rocas de caja del Grupo Choiyoi aledañas a las áreas de alteración fueron asignadas a la Formación Zúñiga (Pérmico superior), a la Formación Centinela y a la Formación Choique Mahuida (Pérmico superior- Triásico inferior) (Espejo y Silva Nieto 1996 y este trabajo). Un dato adicional es la presencia de fragmentos de pelitas y areniscas en las brechas hidrotermales que corresponderían a la Formación Carapacha (subaflorante en la zona de estudio) por lo cual estarían indicando una edad máxima pérmica inferior para el piso de la alteración. Por otro lado, se han encontrado en el límite Mendoza - La Pampa, mineralizaciones de tipo epitermal de baja sulfuración relacionadas al Grupo Choiyoi como es el caso del depósito Don Sixto con una edad de 252.7±1.3 Ma (Mugas Lobos et al. 2018).

CONCLUSIÓN

La investigación de superficie en el área de estudio es un constante desafío debido a la discontinuidad de los afloramientos y la dificultad en la correlación de unidades geológicas que impide la interpretación fehaciente de las estructuras subyacentes. No obstante, el análisis textural y geoquímico del material estudiado permite relacionar las manifestaciones hidrotermales con la paleozona de ebullición ascendente de un sistema epitermal de baja sulfuración de tipo adularia-sericita. Estas manifestaciones epitermales de baja sulfuración son las primeras en su tipo reportadas en territorio pampeano.

Las características de los procesos observados a través de las texturas de cuarzo y la presencia de adularia con morfologías rómbica y pseudoacicular vinculada al cuarzo hidrotermal indican que el sistema habría tenido las condiciones para producir mineralización aurífera pero dado los valores de Au hallados en las muestras se supone que la mena ha sido erosionada o debido a la complejidad estructural no se ha encontrado aún.

Por la ubicación geográfica, las relaciones estructurales y la geoquímica, es probable una relación genética entre las mineralizaciones de Cu de Lihué Calel y las manifestaciones estudiadas. En base a los resultados de la exploración minera del depósito de Lihué Calel se propuso que podría tratarse de un sistema porfírico o un IOCG, por lo cual su identificación como parte de un sistema epitermal de baja sulfuración permite una nueva perspectiva para su prospección.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Dra. Verónica Bouhier, al ár-

bitro anónimo y a la editora Dra. Laura Maydagán por sus valiosos comentarios y sugerencias que enriquecieron significativamente la primera versión de este trabajo. A la Dra. Diana Mutti y Al Dr. Carlos Hermann por sus aportes en los trabajos de campo y laboratorio. Este trabajo fue financiado por el Consejo Federal de Inversiones (CFI), institución a la que las autoras agradecen por permitir la publicación de los datos.

REFERENCIAS

- Berger, B.R. y Henley, R.W. 1989. Advances in understanding of epithermal gold-silver deposits, with special reference to de Western United States. Economic Geology 84: 405-423.
- Buchanan, L.J. 1981. Precious metal deposits associated with volcanic environments in the Southwest. En Dickinson, W.R. y Payne, W.D. (eds.), Relations of tectonics to ore deposits in the southern Cordillera: Arizona. Geological Society Digest 14: 237-262.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2003. Delimitación de los terrenos tectonoestratigráficos de la región centro-austral Argentina: evidencias aeromagnéticas. Revista Geológica de Chile 30 (2): 299-316.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O. y McNaughton, N. 2019. El Corredor Magmático Intracratónico Pérmico-Triásico de la provincia de La Pampa, Argentina: nuevas edades U-Pb SHRIMP, composición isotópica de Hf e implicancias geodinámicas. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 36 (1): 13-26.
- Cócola, M.A, Strazzere, L., D'Annunzio, M.C. y Guido, D. 2019. Estudio Estructural, mineralógico y geoquímico de la veta Dios Protege, distrito minero Castaño Nuevo, San Juan Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 76 (3): 263-278.
- Dessanti, R. 1956. Descripción geológica de la Hoja 27 c, Cerro Diamante (Provincia de Mendoza). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 85: 1-79, Buenos Aires.
- Dong, G. y Morrison, G.W. 1995. Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. Mineralium Deposita 30 (1): 11-19.
- Dong, G., Morrison, G.W. y Jaireth, S. 1995. Quartz textures in epithermal veins in Queensland: classification, origin and implication. Economic Geology, Scientific Communications 90: 1841-1856.
- Espejo, P.M. y Silva Nieto, D.G. 1987. Estratigrafía, litología y geomorfología de la Formación Puesto Alí. 3era Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Santa Rosa, La Pampa.
- Espejo, P.M. y Silva Nieto, D.G. 1996. Hoja Geológica 3966-II, Puelches, provincias de La Pampa y Río Negro. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín Nº 216, Buenos Aires.
- Folguera, A. 2011. La reactivación neógena de la Pampa Central. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita) 192p., Buenos Aires.
- Folguera A. y Zárate M. 2018. La estructuración miocena tardía del bloque de La Pampa Central. Revista de la Asociación Geológica Argentina 75 (1): 115-133.

- Grignola, S., Hagemann, S., Fogliata, A.S., Miller, J., Jourdan, F., Ford, A., Santos, J.O., Sotarello, G. y Belvideri, I. 2021. The Casposo gold-silver deposit: evidence for permo-triassic low-sulfidation epithermal mineralization in the Cordillera frontal, San Juan province, Argentina. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology 116 (1): 227–239.
- Hayba, D.O., Bethke, P.M., Heald, P., Foley, N.K. 1985. The geological, mineralogical and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal deposits. En B.R. Berger y P.M. Bethke (eds.), Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Society Economic Geologists, Economic Geology 2: 129-168.
- Heald, P., Foley, N.K. y Hayba, D.O. 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite type. Economic Geology 82: 1-26.
- Hedenquist, J.W. 1987. Mineralization associated with volcanic related hydrothermal systems in the circum-Pacific Basin. En M. K. Horn (ed.), Transactions of the Fourth Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore. American Association of Petroleum Geologists: 513-524.
- Hedenquist, J.W. y Henley, R.W. 1985. The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions: evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore depositions. Economic Geology 80: 1379-1406.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. y González Urien, E. 2000. Exploration for epithermal gold deposits. Reviews in Economic Geology 13: 245-278.
- Hedenquist, J.W., Reyes, A.G., Simmons, S.F. y Tagushi S. 1992. The thermal and geochemical structure of geothermal and epithermal systems: framework of interpreting fluid inclusion data. European Journal of Mineralogy 4: 989-1015.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. y Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwanaland margin: analogy to the Middle Proterozoic in North America? Geology 17: 324-328.
- Kleiman, L.E., Japas, M.S. 2009. The Choiyoi volcanic province at 34°-36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): implications for the late Paleozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. Tectonophysics 473: 283-299.
- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C.O. 1980. Geología de la provincia de La Pampa y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Revista de la Asociación Geológica Argentina 35 (1): 87-146.
- Llambías, E.J. 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Dirección de Minas de la provincia de La Pampa, (inédito) 38 p., La Pampa.
- Llambías, E.J. 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. En Caminos, R. (ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales 29 (12): 349-376, Buenos Aires.
- Llambías, E.J. y Caminos, R. 1987. El magmatismo Neopaleozoico de Argentina. En: Archangelsky, S. (ed.), El Sistema Carbonífero en la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias: 253-279, Córdoba.

598

- Llambías, E.J. y Leveratto, M.A. 1975. El plateau riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina. 2do. Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 1: 99-114, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993. El magmatismo gondwánico. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), Relatorio 1: 53-64, Mendoza.
- Llambías, E.J, Melchor, R.N, Tickyj, H. y Sato, A.M. 1996. Geología del Bloque del Chadileuvú.13º Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 417-425, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Quenardelle S. y Montenegro, T. 2003. The Choiyoi Group from central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the craton adjacent to the active margin of the Gondwana continent. Journal of South Earth Sciences 16: 243-257.
- Maksaev, V., Munizaga, F. y Tassinari, C. 2014. Timing of the magmatism of the paleo-Pacific border of Gondwana: U-Pb geochronology of Late Paleozoic to Early Mesozoic igneous rocks of the north Chilean Andes between 20° and 31°S. Andean Geology 41 (3): 447-506.
- Melchor, R.N. 1999. Redefinición estratigráfica de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina 54: 99-108.
- MIM Argentina Exploraciones S.A. 2001. Informe Final, Propiedad Minera Proyecto Lihuel Calel. Dirección de Minería de la provincia de La Pampa (inédito), 100 p., La Pampa.
- Moncada D., Mutchler, S; Nieto, A; Reynolds, T.J.; Rimstidt, J.D. y Bodnar, R.J. 2012. Mineral Texture and fluid inclusion petrography of the epithermal Ag-Au deposit at Guanajuato, Mexico. Application to exploration. Journal of Geochemical Exploration 114: 20 – 35.
- Mugas Lobos, A.C., Márquez-Zavalía, M.F. y Galliski, M.A. 2012. Minerales de mena del depósito de baja sulfuración Don Sixto, Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69 (1): 3–12.
- Mugas Lobos, A.C., Márquez-Zavalía, M.F., Miguel Ángel Galliski, M.A. y Wälle, M. 2018. The Permian-Triassic low sulfidation epithermal Au deposit of Don Sixto, Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 75 (3): 441-456.
- Poliquin, M. 2004. Low-Sulfidation Epithermal Quartz-Adularia Gold-Silver Veins & the El Fuego Project, Mexico. Vancouver, Canadá. Almaden Minerals Ltd.
- Quenardelle S.M. y Llambías E.J. 1997. Las riolitas de Sierra Chica (37°48'S, 65°26'O): un centro eruptivo gondwánico en el bloque de Chadileuvú, Provincia de La Pampa, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (4): 549-558.
- Rubinstein, N. y Gargiulo, M.F. 2005. Análisis textural de cuarzo hidrotermal del depósito El Pantanito, provincia de Mendoza: Nuevos aportes sobre su génesis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60: 96-103.
- Rubinstein, N., Ostera, H., Mallimacci, H. y Carpio, F. 2004. Lead isotopes from gondwanic ore polymetallic vein deposits, San Rafael Massif, Argentina. Journal of South American Earth Science 16 (7): 595-602.
 Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. y Sato, K. 1999. Rb–Sr, Sm–Nd

and K–Ar age constraints of the Grenvillian Las Matras pluton, central Argentina. 2nd South American Symposium on Isotope Geology (Villa Carlos Paz, Argentina), Actas: 122–12, Cordoba.

- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. y Sato, K. 2000. The Las Matras tonalitic-trondhjemitic pluton, Central Argentina: Grenvillian age constraints, geochemical characteristics, and regional implications. Journal of South American Earth Sciences 13: 587–610.
- Sato, A.M., Llambías, E.J., Basei M.A.S. y Castro C.E. 2015. Three stages in the Late Paleozoic to Triassic magmatism of southwestern Gondwana, and the relationships with the volcanogenic events in coeval basins. Journal of South American Earth Sciences 63: 48-69.
- Simmons, S.F. y Browne, P.R.L. 2000. Hydrothermal minerals and precious metals in the Broadlands-Ohaaki geothermal system: implications for understanding low-sulfidation epithermal environments: Economic Geology 95: 971-999.
- Simmons, S.F. y Christenson, B.W. 1994. Origin of the calcite in the boiling geothermal system: American Journal of Science 294: 361-400.
- Sruoga, P. y Llambías, E.J. 1992. Permo-Triassic leucorhyolitic ignimbrites at Sierra de Lihue Calel, La Pampa Province, Argentina: Journal of South American Earth Sciences 5 (2): 141-152.
- Stipanicic, P.N. 1965. El Jurásico en vega de la Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20: 403-478.
- Tickyj, H., Dimieri, L.V., Llambías, E.J. y Sato, A.M. 1997. Cerro Los Viejos (38° 28'S- 64° 26'O): cizallamiento dúctil en el sudeste de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (3): 311-321.
- Tickyj, H., Llambías, E.J. y Sato, A.M. 1999. El basamento cristalino de la región sur-oriental de la provincia de La Pampa: Extensión austral del Orógeno Famatiniano de Sierras Pampeanas. 14 ° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 160-163.
- Vilela, C. R. y Riggi, J. C. 1953. Descripción Geológica de las Hojas 33 h, Sierra de Lihuel Calel y 33 i, Sierra Chica. Instituto Nacional de Geología y Minería, (inédito), carpeta 353: 132 p.
- Vilela, C. R. y Riggi, J. C. 1956. Rasgos Geológicos y Petrográficos de la Sierra Lihué Calel y área circundante de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina 11(4): 217-272.
- Vogt, T., Carballo, O. y Calmels, A. P. 1999. Un esbozo de la explicación de la génesis de las toscas de la meseta de La Pampa. 1º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología: 195-206, La Pampa.
- Vogt, H., Vogt, T. y Calmels, A.P. 2010. Influence of the post-Miocene tectonic activity on the geomorphology between Andes and Pampa Deprimida in the area of Provincia de La Pampa, Argentina. Geomorphology 121: 152-166.
- Zavala, C., Abrameto, A., Azúa, G., Freije, H., Inchetronn, C. H. y Ponce, J. 2000. Estratigrafía de los acantilados marinos de la zona de El Cóndor-Bahía Rosas (Formación Río Negro, Mioceno-Plioceno). Provincia de Río Negro. 2º Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Resúmenes: 186-187.