



PALEOSUPERFICIES PERMOTRIÁSICAS ASOCIADAS AL SISTEMA EPITERMAL AU-AG CASPOSO, CORDILLERA FRONTAL, SAN JUAN

Conrado PERMUY VIDAL^{1*}, Gerardo N. PÁEZ¹, Diego M. GUIDO^{1,2}, Luciano LOPEZ¹, Sebastián M. JOVIC¹,
Diego S. PALMA³, Gustavo A. SOTARELLO⁴

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de Recursos Minerales (INREMI).
Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).
Paseo del Bosque s/n, B1900FWA, La Plata. Argentina.

² Austral Gold Ltd. Buenos Aires, Argentina.

³ YPF Tecnología (Y-TEC). Berisso, Argentina.

⁴Troy Resources Argentina LTD. *conradpermuyvidal@gmail.com

RESUMEN

El distrito Casposo, Cordillera Frontal, provincia de San Juan, agrupa una serie de mineralizaciones epitermales de tipo baja sulfuración alojadas en vulcanitas permotriásicas correspondientes al Grupo Choiyoi. Las mineralizaciones consisten en vetas epitermales con texturas bandeadas compuestas de cuarzo, calcedonia, adularia, illita y carbonatos con cantidades variables de sulfuros y sulfosales alojados en bandas *ginguro*. Las vetas principales están ubicadas a lo largo de un corredor de rumbo NO de unos 8 km, asociadas espacialmente a diques, intrusivos subvolcánicos y cuerpos dómicos de composición intermedia a ácida. El sistema epitermal Casposo presenta niveles de exposición desde vetas epitermales ricas en Au-Ag hasta rasgos que evidencia niveles próximos a la paleosuperficie. Estos están caracterizados por a) zonas de alteración argílica avanzada compuestas por reemplazos pervasivos de cuarzo, ópalo, dickita, caolinita y alunita fina, b) silicificaciones pervasivas de litologías permeables y c) la ocurrencia de una textura “atigrada” en ciertos sectores de las vetas interpretado como posible origen lacustre.

Palabras clave: Paleosuperficies, epitermales, Choiyoi.

ABSTRACT

Permo-Triassic paleosurfaces associated with the Casposo Au-Ag epithermal system, Cordillera Frontal, San Juan. The Casposo district places in the Cordillera Frontal, San Juan province, it groups a series of low many sulfidation epithermal deposits hosted in permo-triassic rocks of the Choiyoi Group. The main mineralization style consists of banded quartz-chalcedony-adularia-illite veins with variable sulfides and sulfosalts forming *ginguro* bands. The main deposits are distributed along a major NW corridor of 8 Km, spatially associated with intermediate to felsic subvolcanic intrusions and domes. The Casposo epithermal system shows different levels of exposure from deep Au-Ag rich veins to shallow features proximal to the paleosurface. The last are characterized by a) advanced argillic alteration zones composed of quartz, opal, dickite, kaolinite and fine grained alunite, b) silicification over permeable lithologies and c) “atigrada” texture developed in some portions of the veins of possible lacustrine origin.

Keywords: Paleosurfaces, epithermal, Choiyoi.

INTRODUCCIÓN

El distrito Casposo se ubica en el faldeo de la Cordillera Frontal por debajo de los 3000 m s.n.m., en el Departamento Calingasta, provincia de San Juan. Está compuesto por un campo de vetas epitermales con Au-Ag de

tipo baja sulfuración, alojadas en vulcanitas permotriásicas del Grupo Choiyoi. La operación de la mina se inició en el año 2010 mediante la apertura de 2 rajos a cielo abierto (Kamila-Mercado) y en la actualidad el minado se desarrolla con labores subterráneas en el sistema de vetas de Kamila (Fig.1). Las vetas están rellenas de cuar-

zo, calcedonia, adularia, illita, carbonatos con cantidades variables de sulfuros y sulfosales alojados en finas bandas tipo *ginguro* (Sotarello *et al.* 2005). En este trabajo, se describen e interpretan una serie de zonas de alteración argílica avanzada y silicificaciones reconocidas durante los trabajos de mapeo de detalle en la zona. Para las zonas de alteración argílica avanzada, se realizó un estudio mineralógico con un espectrómetro de infrarrojo Terraspec® 4Hi-Res (AusSpec International – ASD Inc.), complementado con la base de datos geoquímica de muestras de superficie (*chip samples*) de la empresa Troy Resources Ltd., determinados por el método de ICP-AES en los laboratorios ALS (www.alsgolbal.com). Finalmente, en base a las características texturales, composicionales y morfológicas, se discute el posible origen de estas manifestaciones, y la importancia de su reconocimiento como herramienta para determinar los distintos niveles de exposición erosión de los sistemas hidrotermales.

GEOLOGÍA LOCAL

La geología del área está compuesta por un extenso complejo volcánico-plutónico de edad permotriásica incluido dentro del Grupo Choiyoi que apoya sobre un basamento metasedimentario de edad Carbonífero superior a Pérmico inferior (Caballé 1986, 1990, Llambías *et al.* 1993). La secuencia volcánica permotriásica se inicia con un espeso paquete piroclástico (>1000 m) compuesto mayormente por ignimbritas ricas en cristales de composición intermedia, que culminan en una serie de oleadas piroclásticas (*surges*) e ignimbritas de composición riolítica. Esta secuencia es intruída por una serie de cuerpos subvolcánicos y complejos de domos de composición intermedia a ácida, caracterizados por una serie de facies que van desde autobrechas, y brechas en el contacto con los niveles de surge (Páez *et al.* este congreso), sectores con texturas de desvitrificación, hasta lavas porfíricas masivas compuestas por fenocristales de hasta 1 cm de plagioclasa, hornblenda y poco cuarzo (Fig. 1). Ambas unidades alojan a un campo de vetas epitermales ricas en metales preciosos con direcciones NO-SE, N-S y E-O, subverticales o fuertemente inclinadas al S-SO (Sotarello *et al.* 2005), siendo las de mayor relevancia las ubicadas dentro de un corredor de aproximadamente 8 km de corrida con rumbo NO (Fig. 1). Sotarello *et al.* (2005), Cócola y Torres (2013) distinguen una alteración propilítica de gran extensión que afecta principalmente a las rocas andesíticas compuesta por clorita + calcita ± epidoto con abundante pirita de grano fino diseminada. Además, estos autores reconocen una asociación argílica restringida irregularmente en forma subparalela a la mineralización principalmente afectando a las unidades riolíticas compuesta por cuarzo + sericita + caolinita + illita de amonio + pirita. Finalmente, toda la secuencia, inclu-

yendo a las mineralizaciones, están intruídas por diques y cuerpos subvolcánicos y rocas plutónicas tardíos a pos-minerales que también se asignan al Grupo Choiyoi (Llambías 1999, Sotarello *et al.* 2005).

PALEOSUPERFICES

Alteración argílica avanzada: se ha reconocido en la continuación y/o próximo a estructuras mineralizadas en los sectores de Julieta, y en el extremo sur oeste de Kamila-Mercado dentro de los cuales se destacan los afloramientos de Rosarita Hill y otra zona unos ~500 metros al norte, en la continuación de la veta Inca hacia el SE donde se encuentran grandes bloques (de hasta 5-6 m de diámetro) apoyados en depósitos aluviales, lo cual indicaría poco transporte de los mismos (Fig. 1). En todos estos sectores, esta alteración está representada por un reemplazo pervasivo que oblitera los rasgos texturales de la roca original (rocas lávicas con textura porfírica y piroclásticas) y donde la geoquímica de superficie arroja anomalías de mercurio (Hg). En el sector de Julieta se trata de afloramientos discontinuos, de tonalidades claras, compuestos por reemplazos pervasivos de unidades piroclásticas (*surges* e ignimbritas) por un agregado de cuarzo, caolinita y dickita que oblitera completamente la textura original de la roca (Fig. 2a, b). El sector de Rosarita Hill corresponde a una zona topográficamente elevada controlada en sentido NO, ubicada en el contacto de las lavas riolíticas con niveles de oleadas piroclástica e ignimbritas (Fig. 2c). En las posiciones más bajas se reconoce un halo de alteración argílica intermedia de unos 20-50 metros compuesto por illita y esmectitas donde se preserva parcialmente la textura original de la roca porfírica. Hacia el centro del corredor y topográficamente más elevado, predomina una alteración argílica avanzada compuesta por una asociación cuarzo, ópalo, dickita, caolinita y alunita que se manifiesta como un agregado que reemplaza tanto a la pasta como a los fenocristales de las rocas lávicas. En este sector predominan vetillas y brechas hidrotermales con rellenos de alunita fina (por sectores visible con lupa) intercrecida con caolinita y dickita, este último, además, en ocasiones forma como vetillas monominerales (Fig. 2d, e). Algunas vetillas están rellenas de alunita fina con aspecto porcelanáceo con textura masiva a bandeada donde alternan bandas rosadas y blanquecinas (Fig. 2f). Además, localmente se reconocen sectores irregulares de alunita y dickita con estructuras sedimentarias que rodean y rellenan cavidades irregulares con abundantes óxidos de hierro (Fig. 2g). Finalmente, pátinas y tinciones limoníticas junto a vetillas de especularita afectan a todo el afloramiento (Fig. 2f). Las mismas características descritas se registran en los bloques situados en la continuación de la veta Inca hacia el SE.

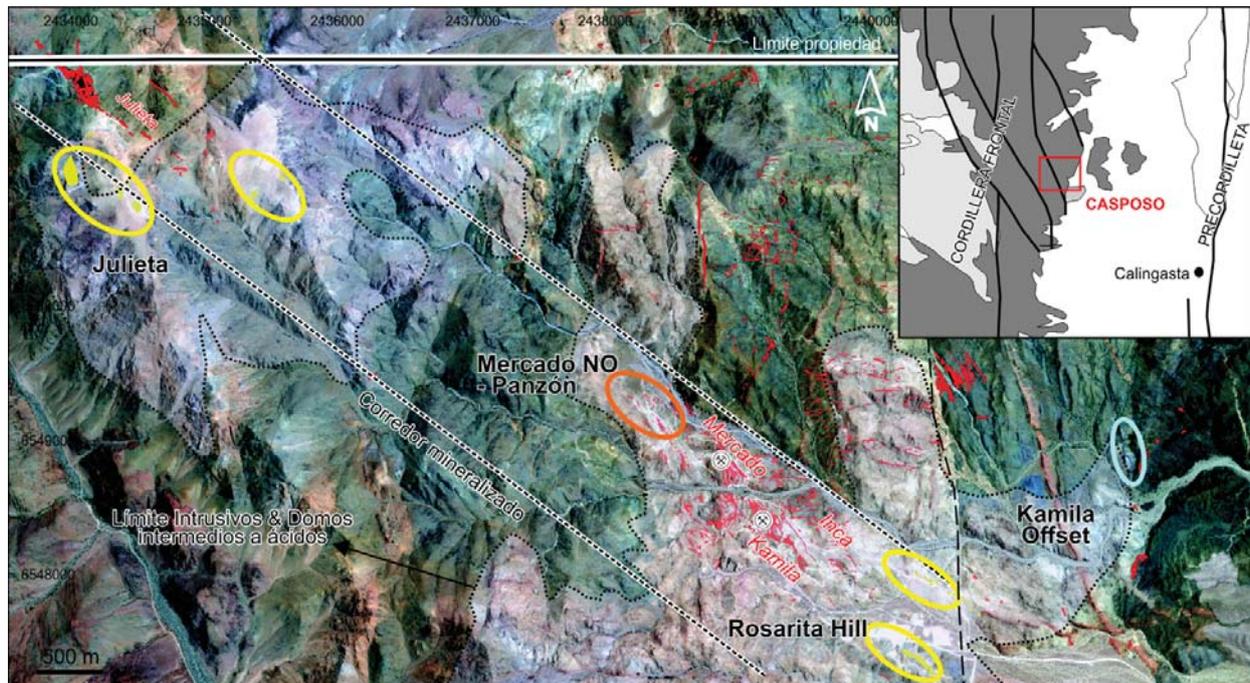


Figura 1. Mapa geológico simplificado del distrito Casposo, y su ubicación regional (recuadro). En el mapa se destacan las vetas epitermales (líneas rojas) y los rasgos paleosuperficiales descritos en este trabajo identificados como zonas de alteración argílica avanzada (amarillo), silicificaciones (celeste) y texturas “atigradas” (naranja).

Silicificaciones: se localizan en el sector de Kamila Offset en el este del distrito, donde corresponden a afloramientos saltuarios controlados por estructuras de rumbo NS (Fig. 1). Se trata de, reemplazos silíceos pervasivos en unidades de surge e ignimbritas. Cuando estas silicificaciones afectan a los depósitos de surge se puede reconocer una fina estratificación y remanentes de pequeños cristaloclastos redondeados de cuarzo.

Por su parte, cuando los reemplazos son en ignimbritas se reconocen litoclastos silicificados y pequeñas oquedades elongadas que se interpreta corresponden a fiammes (Fig. 2h). Estos depósitos presentan texturas muy similares a los *sinters* silíceos por lo que se los denominó informalmente “*pseudosinters*”.

Depósitos con textura “atigrada”: se desarrolla en la zona de Mercado NO, Panzón. Se trata de capas finas de sílice opalina dispuestas como una serie de láminas subparalelas discontinuas, por sectores con una aparente estratificación entrecruzada. Esta textura se registra dentro de las vetas formando estructuras tipo cucardas, rodeadas en ángulo recto por bandeados coliformes (Fig. 2i). Por sectores, se observan evidencias de deformación sindeposicional de tipo *slumpings* (Fig. 2j). También se desarrolla hacia las paredes de las estructuras con una inclinación de 10 a 20°, equivalente a la inclinación de la roca de caja.

DISCUSIÓN

En sistemas geotermales activos equivalentes al ambiente de formación de los depósitos epitermales, los sectores con alteración argílica avanzada están caracterizados por una asociación mineral compuesta por caolinita, ópalo, piritita diseminada, y trazas de dickita y alunita, con anomalías de mercurio (Hg).

El origen de este tipo de alteración es muy útil para interpretar el nivel de exposición del sistema hidrotermal y establecer su potencial proximidad a los sectores con mineralización epitermal (Sillitoe 1993, 2015, Hedenquist *et al.* 2000). En este sentido, estos autores establecen tres orígenes, dos de los cuales están asociados a sistemas de baja sulfuración como los descritos para el distrito.

Uno de ellos ocurre por la condensación de gases, principalmente H₂S proveniente de la ebullición de un fluido clorurado con pH neutro, conformando aguas calentadas por fase vapor (*steam heated*) que se asocian al paleonivel freático a una temperatura ~100°C. Esto genera una zona discontinua de alteración argílica avanzada compuesta principalmente por caolinita, alunita, ópalo, calcedonia, interestratificados illita - esmectitas y azufre nativo.

El segundo origen, es generado por la oxidación supergénica de sulfuros a baja temperatura y comprende, la

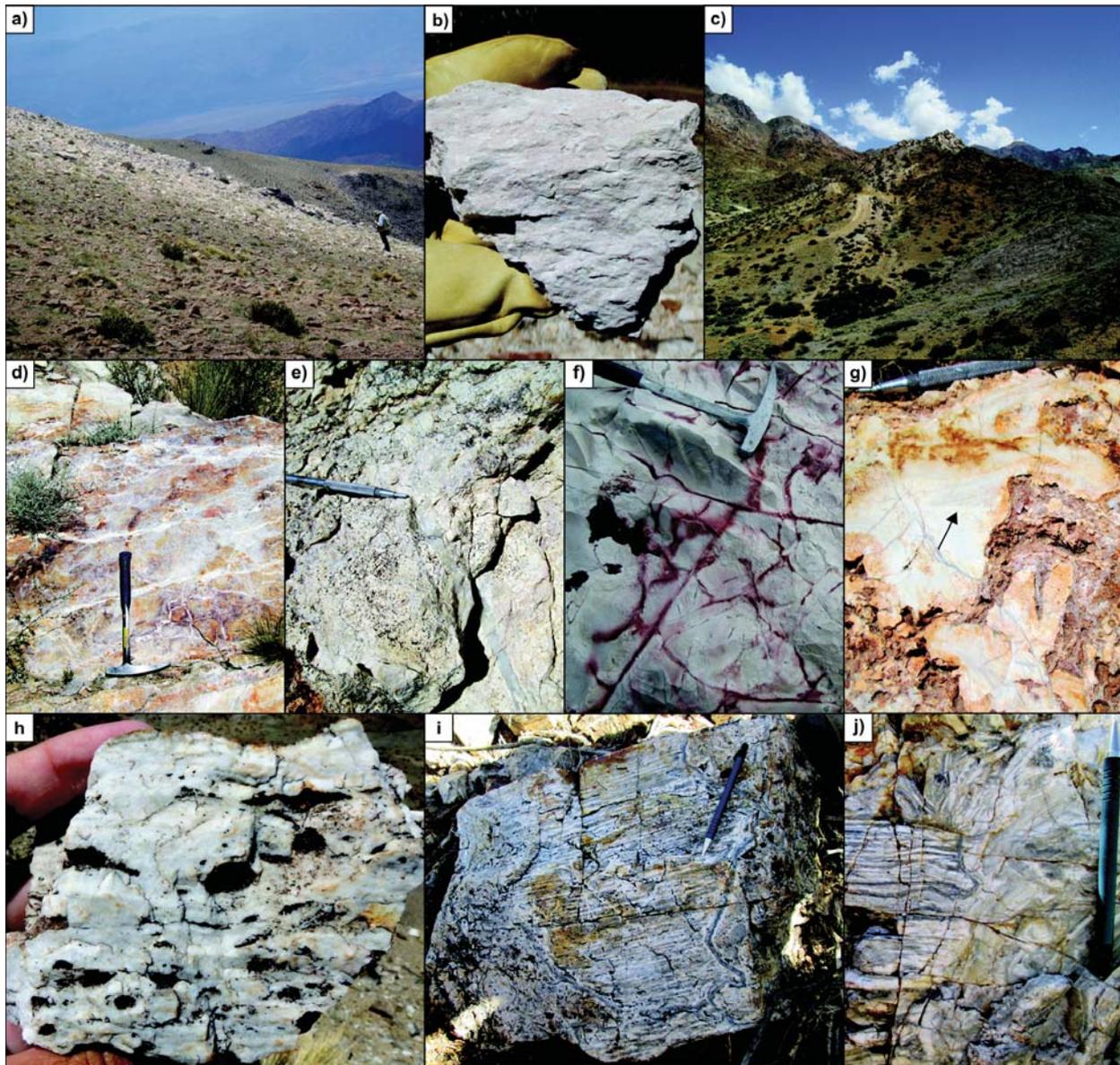


Figura 2. a) Vista regional de zona con alteración argílica avanzada en Julieta, b) muestra de mano con alteración pervasiva de caolinita y dickita, c) sector de Rosarita Hill, las zonas más elevadas corresponden a rocas porfíricas lávicas con la alteración argílica avanzada, d) vetillas de alunite-dickite, e) vetilla monomineral de dickita, f) sectores con alunite de aspecto porcelanáceo cortados por vetillas tardías de especularita (rojizas), g) rellenos de alunite con estructuras sedimentarias (flecha) que rodean cavidades con abundantes óxidos de hierro, h) silicificaciones con cavidades correspondientes a fiammes en niveles de ignimbritas pumíceas, i) cavidad rellena de sílice laminar con crecimiento perpendicular a las paredes (coliformes), j) estructuras sedimentarias tipo slumping como evidencia de sedimentos saturados en agua.

asociación alunite, caolinita, halloysita y jarosita, acompañados de óxidos de Fe.

En la zona de trabajo, las zonas de alteración argílica avanzada están restringidas y controladas por estructuras alineadas en la dirección NO con las vetas que llevan la mineralización, interpretándose como las raíces más pro-

fundas de los niveles de alteración argílica avanzada desarrollados próximos al paleonivel freático. Esta alteración se desarrolla como reemplazos pervasivos, vetillas irregulares compuestas por cuarzo, ópalo, dickita, caolinita y alunite fina visible con lupa, con anomalías en Hg, lo que sugiere un origen a partir de aguas calentadas por

fase vapor (Ebert y Rye 1997, Sillitoe 1993, Hedenquist *et al.* 2000). Se interpreta que las texturas sedimentarias y cavidades porosas corresponden a depósitos silíceos laminares (*silica residue*) originados en depresiones y pozos de barro registrados en ambientes ácidos someros dentro de los sistemas geotermales activos (Rodgers *et al.* 2002, 2004). En estas zonas los sedimentos suspendidos se acumulan en el piso de estas depresiones y están compuestos principalmente por ópalo y alunita. Además, las pátinas y tinciones limoníticas junto a vetillas de especularita sugieren la participación de aguas oxidantes supergénicas tardías.

Las silicificaciones definidas en el sector de Casposo Este podrían corresponder al accionar de fluidos hidrotermales en niveles permeables (surges e ignimbritas pumíceas) en una posición próxima al nivel freático.

Por último, dada la particularidad de la textura “atigrada” reconocido en los sectores de Mercado NO y Panzón, se plantean dos hipótesis para su génesis: a) en primer lugar, se interpreta que podrían corresponder a burbujas dentro de la columna de agua donde el fluido estancado precipita, equivalente a la formación de cavidades drusiformes y b) sedimentos lacustres silicificados (Hedenquist 2012).

De considerarse la primera hipótesis, se esperaría una disposición cóncava de las láminas correspondiente a las paredes de la cavidad como también una cristalización de individuos de cuarzo y calcedonia perpendicular a las paredes con textura coliformes de una cavidad.

La segunda hipótesis explicaría la disposición subhorizontal y concordante de las finas láminas respecto a la inclinación de las unidades regionales, y por otra parte sustenta las estructuras sedimentarias y evidencias de deformación sindeposicional reconocidas, producto de sedimentos saturados en agua.

CONCLUSIONES

El sistema epitermal Casposo presenta niveles de exposición desde vetas epitermales ricas en Au-Ag hasta rasgos que evidencia niveles próximos a la paleosuperficie. Estos incluyen a zonas de alteración argílica avanzada y silicificaciones que han sido descriptos y caracterizados en detalle en el presente trabajo.

Para las zonas de alteración argílica avanzada, la asociación mineral cuarzo, ópalo, dickita, caolinita y alunita fina asociadas a sectores irregulares con estructuras sedimentarias rodeadas cavidades de disolución (*silica residue*), con anomalías de mercurio (Hg), sugieren un origen producto de aguas calentadas por fase vapor próximo al paleonivel freático.

En cuanto a las silicificaciones se reconocieron reemplazos silíceos en unidades piroclásticas permeables y para la ocurrencia de los depósitos con textura “atigrada” se interpretan como de posibles sedimentos lacustres

silicificados, aunque no se descartan otras hipótesis.

El reconocimiento de rasgos geológicos (alteraciones hidrotermales y determinación de texturas) próximos a la paleosuperficie, resulta de utilidad para determinar el nivel de erosión del sistema hidrotermal de manera de orientar la exploración hacia potenciales niveles mineralizados. En el caso de Casposo es notable la asociación de estos niveles con vetas de recursos definidos (Kamila-Mercado y Julieta), constituyendo de esta manera una excelente herramienta de prospección en el distrito.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Caballé, M.F., 1986. Estudio geológico del sector oriental de la Cordillera Frontal, entre los ríos Manrique y Calingasta (Provincia de San Juan). Tesis Doctoral N° 467. Universidad Nacional de La Plata. Inédita.
- Caballé, M.F., 1990. Magmatismo permo-triásico al oeste de Calingasta, Cordillera Frontal de San Juan, Argentina. XI Congreso Geológico Argentino, I: 28-31, San Juan.
- Cócola, M.A y Torres M.G., 2013. Identificación de minerales con amonio mediante el uso de espectroscopía de Infrarrojo en el Sector Norte del Corredor Kamila-Mercado, Mina Casposo, San Juan, Argentina. 11° Congreso de Mineralogía y Metalogía Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – U.N.S.J. Resumen 31.
- Ebert S.W. y Rye R.O., 1997. Secondary precious metal enrichment by steam-heated fluids in the Crowfoot-Lewis hot spring gold-silver deposit and relation to paleoclimate. *Economic Geology* 92:578–600.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. y González-Urrien, E., 2000. Exploration for epithermal gold deposits. *Society of Economic Geologists. Reviews*, vol. 13 (7): 245-277.
- Hedenquist, J. W., 2012. Observations on epithermal mineralization in the Casposo and Castaño Nuevo districts, San Juan, Argentina, 28 páginas. Informe preparado para Troy Resources Limited.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993. El Magmatismo Gondwánico. En: Ramos, V.A. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza, Relatorio, XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza)*, pp. 53 – 64.
- Llambías, E., 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior-Triásico. En: *Geología Argentina (Ed. R. Caminos)*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29 (14): 349-376, Buenos Aires.
- Páez G.N., Permuy Vidal C., López L., Jovic S.M., Palma D., Guido D.M., (este congreso). Brechas asociadas a la intrusión de un lacolito en secuencias piroclásticas permo-triásicas de la Cordillera frontal, Provincia de San Juan, Argentina. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán.
- Rodgers, K.A., Cook, K.L., Browne, P.R.L., Campbell, K.A. 2002. The mineralogy, texture and significance of silica derived from alteration by steam condensate in three New Zealand geothermal fields. *Clay Minerals* 37:299–322.
- Rodgers, K.A., Browne, P.R.L., Buddle, T.F., Cook, K.L., Greatrex, R.A., Hampton, W.A., Herdianita, N.R., Holland, G.R., Lynne, B.Y., Martin, R., Newton, Z., Pastars, D., Sannazarro, K.L., Teece, C.I.A. 2004. Silica phases in sin-



XX CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
7-11 de agosto de 2017 | San Miguel de Tucumán



- ters and residues from geothermal fields of New Zealand. *Earth Science Review* 66:1–61.
- Sillitoe, R.H. 1993. Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features, en Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. (eds.), *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper*, 40, 403-417.
- Sillitoe, R.H. 2015. Epithermal paleosurfaces. *Mineralium Deposita*, 50(7), 767–793.
- Sotarello, G, Belvideri, I; Mc Guinty, W., Machuca, E.y B de Machuca, C., 2005. Avances en el conocimiento y exploración del depósito epitermal de oro y plata “Casposo”, Departamento Calingasta, Provincia de San Juan. VIII Congreso Argentino de Geología económica, Acta: 299-306. Buenos Aires.