

# ORIGEN Y EVENTOS DE MINERALIZACIÓN DE LAS BRECHAS DE QUEBRADA DEL DIABLO LOWER WEST, DISTRITO MINERO GUALCAMAYO, PROVINCIA DE SAN JUAN

María Celeste D'ANNUNZIO<sup>1</sup> y Nora RUBINSTEIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INGEOSUR- CONICET- Universidad Nacional del Sur- Departamento de Geología, Bahía Blanca. Email: celeste.dannunzio@gmail.com

<sup>2</sup> IGEBA, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.

## RESUMEN

El distrito minero Gualcamayo (68°38'26"O; 29°43'10"S) se ubica en la provincia morfoestructural de Precordillera Central, en el extremo nororiental de la provincia de San Juan. Este sector está caracterizado por rocas carbonáticas y sedimentitas clásticas de edad ordovícica y carbonífera-pérmica que fueron intruídas por cuerpos de composición dacítica-andesítica de edad miocena. El distrito incluye tres depósitos: Quebrada del Diablo Main, Amelia Inés- Magdalena y Quebrada del Diablo *Lower West*. Quebrada del Diablo Main es un depósito tipo Carlin y es el cuerpo sobre el cual se desarrolla la mina a cielo abierto. Amelia Inés y Magdalena son depósitos de hierro, molibdeno, cobre, zinc, plomo y oro, asociados a skarns magnesianos. Quebrada del Diablo *Lower West* es un cuerpo no aflorante que se encuentra entre 500 y 600 metros de profundidad. En el cuerpo Quebrada del Diablo *Lower West*, la mineralización de oro se encuentra principalmente asociada a brechas caracterizadas por una gran variación en la composición y abundancia relativa de clastos, matriz y cemento, así como en el tamaño de los clastos. El análisis textural de las brechas mineralizadas de Quebrada del Diablo *Lower West* sugiere para las mismas un origen esencialmente tectónico. La paragénesis inicial de pirita, esfalerita y oro indica condiciones de baja sulfuración y pH neutro a alcalino para los fluidos mineralizantes. La marcasita sobreimpuesta sugiere una disminución de la concentración de azufre en los fluidos mineralizantes. Las vetillas posteriores de calcita con realgar, oropimente y oro indican un aumento de la actividad de arsénico en el sistema.

**Palabras clave:** *Mineralización de oro, brechas tectónicas, baja sulfuración, Precordillera Central, San Juan*

## ABSTRACT

*Origin and mineralization stages of the breccias from Quebrada del Diablo Lower West, Gualcamayo mining district, San Juan Province.*

Gualcamayo mining district (68°38'26"W, 29°43'10" S) is located in the Central Precordillera, in the northeast of San Juan province. This sector is characterized by carbonate and sedimentary rocks of Ordovician-Permian age. This sequence is intruded by Miocene dacites and tonalites rocks. The district includes three deposits: Quebrada del Diablo Main, Amelia Ines-Magdalena and Quebrada del Diablo Lower West. Quebrada del Diablo Main is a Carlin-type deposit which is mined as an open pit. Amelia Inés-Magdalena is an iron, molybdenum, copper, zinc, lead and gold deposit, associated to magnesian skarns. Quebrada del Diablo Lower West is a blind ore body located between 500 and 600 metres deep. In Quebrada del Diablo Lower West, the gold mineralization is hosted by breccias with an wide variation in composition and relative abundance of clasts, matrix and cement, as well as the size of the clasts. The textural analysis of the mineralized breccias from Quebrada del Diablo Lower West suggests a tectonic origin. The mineral assemblage of pyrite, sphalerite and gold indicates low-sulphidation conditions and neutral to alkaline pH. The overprinted marcasite suggests a decrease in the concentration of sulfur in the mineralizing fluids. Later calcite veins with realgar, orpiment and gold indicate an increasing arsenic activity in the hydrothermal system.

**Keywords:** *Gold mineralization, tectonic breccias, low-sulphidation, Central Precordillera, San Juan*

## INTRODUCCIÓN

El distrito minero Gualcamayo (68°38'26.11"O; 29°43'32.42"S) se ubica dentro de la provincia morfoestructural de Precordillera Central, en el extremo noreste de la provincia de San Juan (Fig. 1). Es-

te sector de la Precordillera se caracteriza por presentar una secuencia estratigráfica de rocas carbonáticas y clásticas del Paleozoico inferior, por encima de las cuales yacen sedimentitas continentales y marinas de edad carbonífera y pérmica, volcanitas triásicas y estratos rojos conti-

mentales tanto triásicos como neógenos. El distrito incluye tres depósitos: Quebrada del Diablo *Main*, Amelia Inés-Magdalena y Quebrada del Diablo *Lower West*. Los primeros trabajos realizados por Minas Argentinas S.A. (Lynch *et al.* 2000) revelaron en el área de Quebrada del Diablo

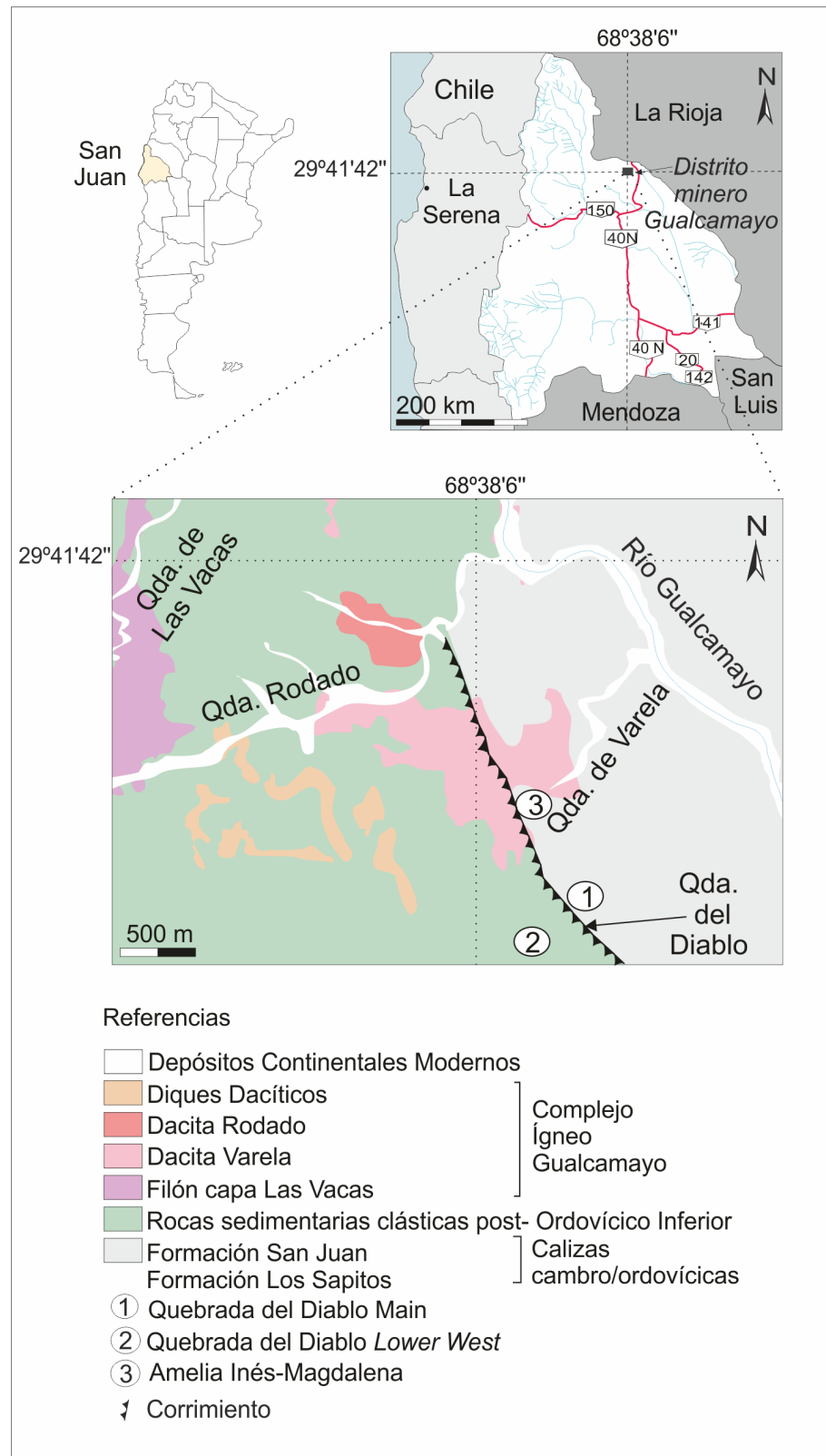
(Fig. 1) un importante sistema aurífero de tipo epitermal con mineralización de oro presente en todas las litologías (cuerpos intrusivos, mármoles, skarns y brechas carbonáticas oxidadas), cuya distribución está controlada por factores litológicos y estructurales. La paragénesis de mena está compuesta por oro, pirita, pirita arsenical, cinabrio, marcasita, rejalgar, calcopirita, esfalerita, oropimente, galena y pirrotina en ganga de calcita, baritina y cuarzo (Bruno 2002). Las brechas que contienen la mineralización son producto de fenómenos de disolución y colapso (Bruno 2002, Bruno 2004). Los fluidos mineralizantes ascendieron por estructuras favorables ONO y NO y a lo largo del contacto de la Dacita de Varela con las calizas cambro-ordovícicas (Soechting, 2008). Quebrada del Diablo *Main* se encuentra actualmente en explotación y constituye el primer depósito de tipo Carlin identificado en Argentina (Bruno 2002). Amelia Inés-Magdalena corresponde a un depósito de hierro, molibdeno, cobre, zinc, plomo y oro, asociado a skarns magnesianos (Logan 1999). Quebrada del Diablo *Lower West* es un cuerpo con mineralización de oro diseminado principalmente en brechas con un fuerte control estructural, el cual se encuentra entre 500 y 600 metros de profundidad (Soechting *et al.* 2009). El objetivo del presente trabajo es contribuir a la caracterización metalogenética del cuerpo Quebrada del Diablo *Lower West* sobre la base de nueva información geológica y petro-mineralógica.

### GEOLOGÍA DEL AREA

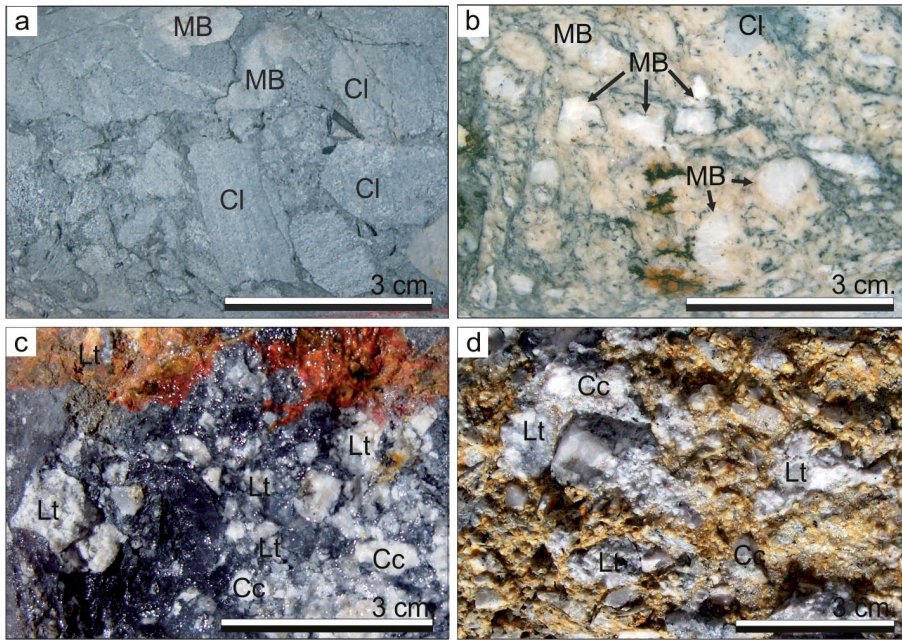
En el área del distrito minero Gualcamayo aflora una secuencia paleozoica inferior compuesta por rocas calcáreas y clásticas la cual está intruída por cuerpos subvolcánicos de edad miocena (Fig.1).

#### Rocas paleozoicas

Las rocas más antiguas del área corresponden a una potente secuencia calcárea con marcada estratificación y sin base aflorante que presenta intenso plegamiento y fracturación. Por su litología puede correlacionarse con la Formación Los Sa-



**Figura 1:** Geología y ubicación del Distrito Minero Gualcamayo. Mapeo realizado sobre la imagen ASTER con cocientes RGB 4/6 4/7 4/8 en base a datos propios y de Simon (1997); Astini (1998); Bruno (2002 y 2004) y Soechting *et al.* (2009). Se muestra además, la ubicación aproximada de los cuerpos mineralizados de Quebrada del Diablo *Main*, Quebrada del Diablo *Lower West* y Amelia Inés-Magdalena.



**Figura 2:** Fotografías de testigos de perforación donde se muestra la textura de las brechas del tipo I y II. a y b) Texturas clasto sostén, comunes en las brechas pertenecientes al Tipo I, compuestas por clastos subredondeados de mármol blanco (MB) y caliza (Cl). c y d) Textura matrix sostén, común en las brechas pertenecientes al Tipo II, compuestas por clastos de cuarcitas (Cc) y rocas volcánicas y piroclásticas (Lt).

pitos (Hünicken y Pensa 1981), de edad cámbrica inferior (Cañas 1985 y 1988) o con la Formación San Juan (Furque 1963), de edad ordovícica inferior a media (Herrera y Benedetto 1991, Albanesi *et al.* 1998), distinguibles esencialmente por su contenido fosilífero. Debido a que en el área no se cuenta con un estudio paleontológico que permita diferenciar ambas formaciones, estas rocas calcáreas han sido denominadas genéricamente como Calizas Cambro-Ordovícicas (Fig. 1).

Sobreyace en concordancia con las rocas calcáreas una sucesión de pelitas negras que conforma afloramientos reducidos y que ha sido asignada a la Formación Gualcamayo, de edad ordovícica inferior a media (Astini 1994).

Por encima y en contacto neto, se encuentra una secuencia clástica granodecreciente que se inicia con un conglomerado clasto-sostén compuesto por clastos de calizas, lutitas, rocas volcánicas y chert que alcanzan tamaños entre 0,5 y 5 centímetros; presenta en algunos sectores grandes bloques de calizas de formas irregulares de hasta 1 metro. La secuencia continúa con un conglomerado matriz-sostén de similar composición cuyos clastos no su-

peran los 2 centímetros de tamaño. Éste pasa gradualmente a areniscas bien estratificadas que hacia el techo continúan con sabulitas en las que se intercalan niveles de lutitas y areniscas. Por su litología y yacencia estas rocas han sido asignadas al Grupo Trapiche (Furque y Cuerda 1984) que comprende potentes depósitos de ambiente deltaico (Astini 1998) de edad ordovícica superior (Astini *et al.* 1986, Furque 1963). Hacia el oeste de la zona de estudio, en el sector de la quebrada de las Vacas, aflora una secuencia sedimentaria compuesta por bancos de areniscas gruesas de color gris amarillento intercaladas con lutitas negras carbonosas y bancos conglomerádicos verdes con intercalaciones de areniscas blanco rosadas que por su litología y yacencia puede ser asignada a la Formación Guandacol de edad carbonífera (Furque 1963, Castro 1990). En el sector de Portezuelo Montoza aflora un conjunto de areniscas y arcosas blancas, rosas y moradas con intercalaciones de niveles sabulíticos. Por sus características, esta unidad es asignable a la Formación Tupe (Furque 1963, Castro 1990). Hacia arriba continúan arcosas blancas que alternan con arcillitas y lutitas rojas, y en las que lo-

calmente se encuentran lentes de arcillitas carbonosas que podrían corresponder a la Formación Patquía de edad pérmica (Furque 1963, Castro 1990). Las unidades sedimentarias clásticas mencionadas (Formaciones Gualcamayo, Guandacol, Tupe, Patquía y Gupo Trapiche) fueron mapeadas como Rocas Sedimentarias Clásticas post-Ordovícico Inferior (Fig. 1).

### Rocas ígneas miocenas

Intruyendo a las rocas paleozoicas se encuentra un conjunto de pequeños cuerpos subvolcánicos que fueron agrupados por Simon *et al.* (2001) bajo el nombre de “Complejo Ígneo Gualcamayo”. Corresponden a pórfiros de composición dacítica-tonalítica, diferenciados por Bruno (2005) como Filón Capa Las Vacas, Dacita de Varela, Dacita El Rodado y diques dacíticos-andesíticos indiferenciados (Fig. 1). Dataciones K/Ar en clorita para el Filón Capa Las Vacas arrojaron una edad de  $13 \pm 2$  Ma (Ramos 1995), en tanto que para la Dacita de Varela dataciones K/Ar sobre roca total proporcionaron una edad de  $5,6 \pm 0,2$  Ma (Simon *et al.* 1997). Dataciones  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  step heating sobre biotita magmática de la Dacita de Varela permiten asignarle una edad de  $8,99 \pm 0,1$  Ma (Bruno 2005).

### ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Se describe a continuación la alteración hidrotermal que afecta a la Dacita de Varela y a los diques andesítico-dacíticos ya que son los que han sufrido alteración intensa y se encuentran más próximos a los cuerpos mineralizados de Quebrada del Diablo *Main* y Quebrada del Diablo *Lower West*.

Al microscopio, la Dacita de Varela presenta textura porfírica con fenocristales de plagioclasa, cuarzo, biotita, anfíbol, subordinadamente piroxeno y circón y titanita como minerales accesorios, inmersos en una pasta con fuerte silicificación, moderada feldespaticación (potásica), suave biotitización y carbonatación e incipiente sericitización. La silicificación ocurre como agregados de cristales anhedrales de

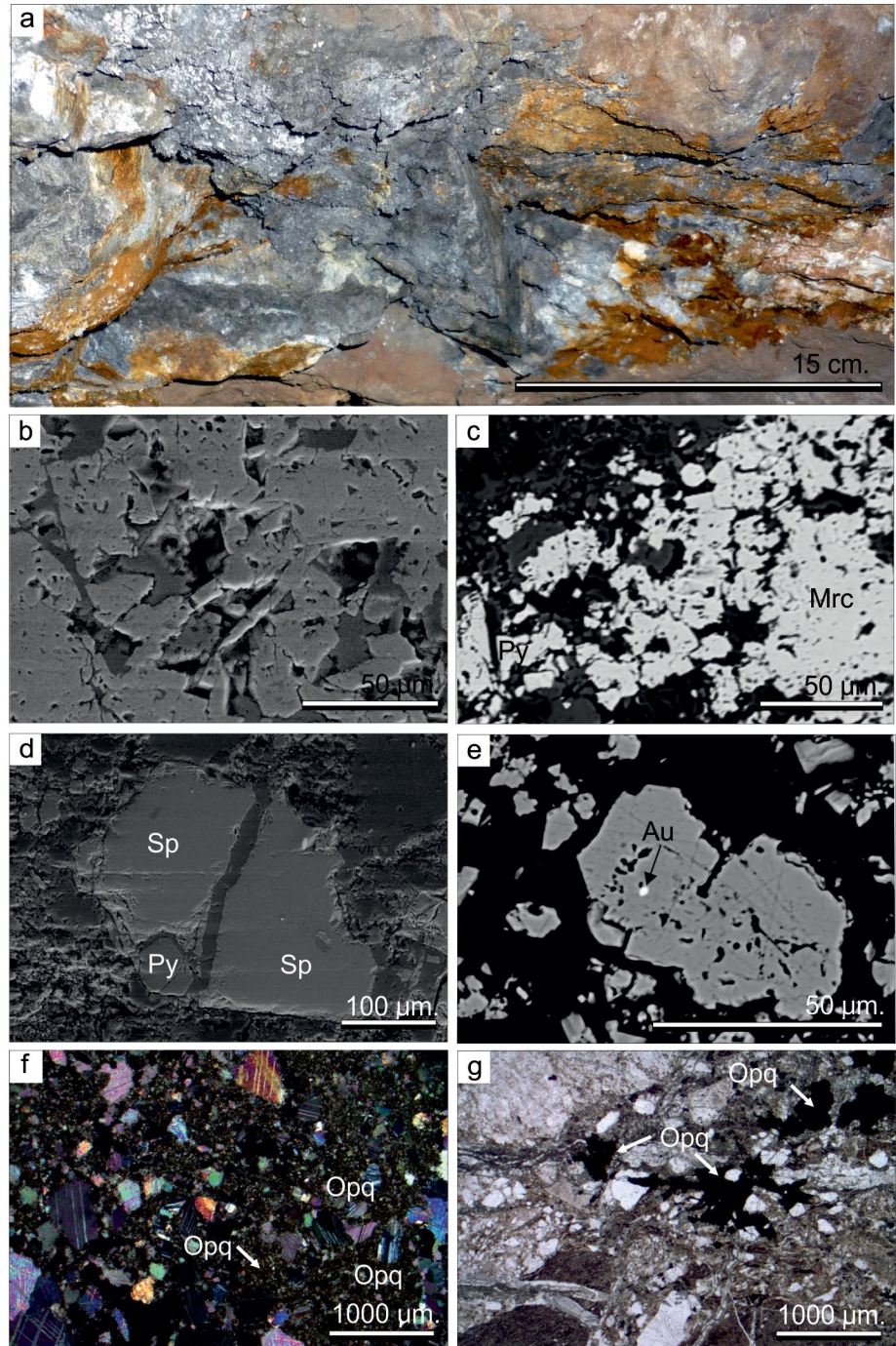
cuarzo, ya sea con distribución intersticial o en vetillas de trayectorias sinuosas de entre 1 y 3 milímetros de espesor. La feldespatización se manifiesta como orlas, pequeñas vetillas irregulares o parches, en los fenocristales de plagioclasa, como cristales en crecimiento en la pasta de la roca y como finas vetillas. La biotita secundaria aparece como reemplazo de los fenocristales de anfíbol y conformando nidos en la pasta. La sericitización afecta a la zona más externa de los fenocristales de plagioclasa. Por último, se reconocen parches de carbonato y gránulos de epidoto y titanita, con frecuencia espacialmente asociados.

Microscópicamente, los diques andesítico-dacíticos presentan textura porfírica con fenocristales de plagioclasa, cuarzo, anfíbol y biotita en una pasta cuya textura se encuentra obliterada por la alteración. Las rocas exhiben moderada biotización, suave sericitización e incipiente cloritización. La biotización se presenta como reemplazo de anfíboles y conformando nidos distribuidos en la pasta. La sericitización afecta a la plagioclasa de los fenocristales y de la pasta. La cloritización se encuentra como reemplazo de anfíbol y biotita, tanto primaria como secundaria.

### QUEBRADA DEL DIABLO LOWER WEST

Quebrada del Diablo *Lower West* es un cuerpo mineralizado no aflorante que se encuentra entre 500 y 600 metros de profundidad. Es elongado en sentido E-O y con dimensiones conocidas de 500 metros de largo, 100 metros de ancho y 80 metros de espesor (Soechting *et al.* 2009). La mineralización de oro se encuentra principalmente en brechas caracterizadas por una importante variación en la composición y abundancia relativa de clastos, matriz y cemento, así como en el tamaño de los clastos.

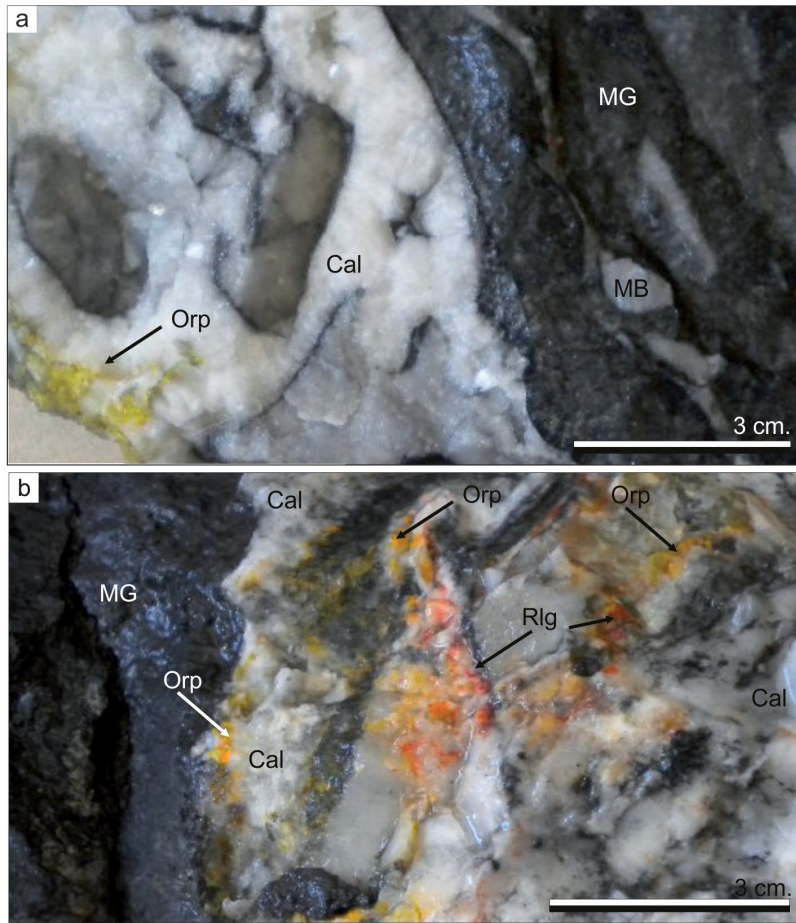
El análisis petrográfico de las brechas permitió dividir las en dos tipos de acuerdo a la composición de los clastos. El tipo I está constituido por más de 90 % de clastos de composición calcárea y el tipo II por más de 90 % de clastos no calcáreos.



**Figura 3:** a) Fotografía tomada en el túnel de exploración donde puede observarse la distribución masiva de la mineralización. b) Imágen de electrones retrodispersados mostrando la morfología de los cristales de pirita (cúbicos y tabulares). c) Imágen de electrones retrodispersados mostrando masas de marcasita (Mrc) que reemplazan a los cristales de pirita (Py). d) Imágen de electrones retrodispersados mostrando cristales de esfalerita (Sp) y pirita (Py). e) Imágen de electrones retrodispersados en la que se observa un cristal de pirita con inclusión de oro. f) Fotomicrografía de una brecha del tipo I, donde se muestra su textura característica. Obsérvese la disposición de los minerales opacos (Opq) que impregnan y cementan la brecha. g) Fotomicrografía de una brecha del tipo II, en la que puede observarse la distribución masiva de los minerales opacos (Opq) rellenoando espacios vacíos. Abreviaturas de minerales según Whitney y Evans (2010).

Las brechas pertenecientes al tipo I (Fig. 2a y b), están compuestas por un 50 a 80 % de clastos de morfología irregular y bor-

des subredondeados a subangulosos con tamaños que oscilan entre 0,1 y 10 centímetros. Corresponden a fragmentos de



**Figura 4:** Fotografías de testigos de perforación donde se muestra la distribución de la mineralización relacionada a vetillas de calcita, con proporciones variables de realgar y oropimente con oro subordinado. a) Vetillas de calcita de color blanco con textura drusiformes y contenidos variables de oropimente (Orp), desarrolladas en una brecha con clastos de mármol gris (MG) y mármol blanco (MB). b) Brecha con clastos de mármol gris (MG) cortada por vetillas de calcita de color blanco con proporciones variables realgar (Rlg) y oropimente (Orp). Abreviaturas de minerales según Whitney y Evans (2010).

mármol, calizas esparíticas de grano grueso, skarn y agregados de calcita que se presentan en proporciones variables. La matriz constituye un 15 a 30 % de la roca y está compuesta por fragmentos de caliza, mármol y skarn, y de manera subordinada, por cristaloclastos de cuarzo, cuarcita y fragmentos indeterminables con fuerte carbonatación. Presentan formas ecuanter con bordes angulosos a subredondeados.

Las brechas pertenecientes al tipo II (Fig. 2c y d), están conformadas por un 10 a 30 % de clastos de rocas piroclásticas y volcánicas, areniscas, wackes, chert, cuarcita y caliza, con tamaños que varían entre 0,2 y 4 centímetros. Las rocas volcánicas y piroclásticas se presentan con formas ecuanter y bordes redondeados a subredondeados.

Los clastos de chert y cuarcita presentan formas irregulares y bordes angulosos a subangulosos o redondeados a subredondeados. Los clastos de caliza muestran formas irregulares y bordes redondeados a subredondeados. La matriz constituye entre el 5 y 70 % de la roca y está compuesta por cristaloclastos de cuarzo, que en algunos casos se encuentran acompañados de forma subordinada por pequeños fragmentos de chert y cuarcita. Los fragmentos que constituyen la matriz tienen formas ecuanter y bordes angulosos.

Ambos tipos de brecha presentan una matriz compuesta por una fracción clásica (litoclastos y cristaloclastos) de entre 10 y 100  $\mu\text{m}$  (excepcionalmente hasta 500  $\mu\text{m}$ ), con algunos clastos mostrando orientación preferencial. Participa tam-

bién de la matriz abundante sericita en laminillas que frecuentemente se disponen con orientación preferencial.

El cemento constituye entre 20 y 50 % del volumen total en ambos tipos de brecha. Está compuesto por sulfuros, carbonato y sílice en proporciones variables.

En muestra de mano los sulfuros aparecen conformando un agregado de grano muy fino de color negro constituido por pirita, marcasita y en forma subordinada esfalerita y oro (Fig. 3a).

La pirita se presenta en agregados de cristales subhedrales a euhedrales, tanto cúbicos como tabulares, que miden entre 50 y 100  $\mu\text{m}$  (Fig. 3b). La marcasita aparece en cristales anhedrales de entre 20 y 50  $\mu\text{m}$  conformando masas que reemplazan a los cristales de pirita (Fig. 3c). La esfalerita es muy escasa y constituye cristales subhedrales que alcanzan los 50  $\mu\text{m}$  (Fig. 3d). El oro se encuentra como pequeñas inclusiones de hasta 2  $\mu\text{m}$  dentro de los cristales de pirita (Fig. 3e). Este cemento de sulfuros se dispone rellenando los espacios existentes entre la matriz y los clastos (Fig. 3f y g). Estos agregados de sulfuros también aparecen de forma subordinada conformando vetillas de trayectorias y bordes sinuosos de las que participa variable proporción de calcita.

El cemento carbonático corresponde a carbonato esparítico de grano grueso y carbonato de grano fino. Ambos tipos producen variable grado de corrosión en los fragmentos líticos.

La sílice aparece como agregados de cuarzo hidrotermal que acompañan a los sulfuros cuando se presentan de forma masiva.

Cortando las brechas mineralizadas, se observan vetillas de calcita con proporciones variables de realgar y oropimente con oro subordinado (Figura 4). La calcita se presenta de color blanco y con textura drusiforme. En los cristales de calcita con buen desarrollo pueden observarse pequeñas inclusiones de realgar y oropimente.

## DISCUSIÓN

Existen dos parámetros geométricos que pueden ser usados en la determinación

de procesos relacionados a la formación de brechas: geometría y distribución de fragmentos (Jébrack 1997). Si bien una misma geometría puede ser relacionada a procesos diferentes, ésta puede usarse para establecer el o los posibles mecanismos de generación de una brecha o, al menos, para separar procesos físicos de químicos (Jébrack 1997). La distribución de fragmentos se calcula con datos medidos en sistemas naturales (Jébrack 1997), sin embargo no existen datos experimentales para sistemas desarrollados en zonas de falla. Por otra parte Sibson (1977 y 1986), quien estudió sistemas de brecha desarrollados en ambientes cercanos a zonas de falla, utilizó, además de los rasgos texturales mencionados, la composición de clastos y matriz, así como también la abundancia y características de la matriz. Las brechas mineralizadas de Quebrada del Diablo *Lower West* están caracterizadas por la presencia de abundante matriz clástica de grano fino (hasta 70%) con composición similar a la de los fragmentos líticos y orientación preferencial de las arcillas. La matriz que se produce en rocas de falla en ambiente frágil, en la cual las arcillas se forman sintectónicamente, suele presentar estas características (Evans 1998), como producto de la molienda de los clastos de mayor tamaño (atrición). La geometría de los clastos de las brechas mineralizadas es variable incluso dentro de una misma muestra, sin embargo, la notable abundancia de clastos con bordes netos sugiere predominancia de procesos físicos. Los fenómenos de corrosión química por interacción con el cemento carbonático, tienen escaso desarrollo y son posteriores al brechamiento. Las características de las brechas mineralizadas de Quebrada del Diablo *Lower West* permiten asignarles un origen predominantemente tectónico, a diferencia de las brechas mineralizadas de Quebrada del Diablo *Main* que son esencialmente de origen químico (Bruno 2004). Algunos depósitos de oro de reemplazo alojados en secuencias sedimentarias muestran la transición desde menas controladas estructuralmente en profundidad a menas controladas litológicamente

en niveles superficiales (Corbett 2002). En las menas controladas litológicamente suelen ser evidentes los procesos de decarbonatación, dolomitización, formación de estilolitos y brechas de disolución y colapso (Corbett y Leach 1998). Por otra parte, el análisis de la distribución y mineralogía de los sulfuros permiten definir un primer pulso mineralizante con una paragénesis de pirita, esfalerita y oro que sugiere un pH neutro a alcalino para el fluido hidrotermal (White y Hedenquist 1995). La presencia de marcasita como reemplazo de pirita sugiere una disminución progresiva de S en el fluido a medida que el sistema evoluciona. El segundo pulso mineralizante da lugar a una asociación de rejalgar y oropimente con Au subordinado, lo cual indica un importante aumento de la actividad de As del sistema hidrotermal.

## CONCLUSIONES

El análisis textural de las brechas mineralizadas de Quebrada del Diablo *Lower West* sugiere un origen esencialmente tectónico, ya que los procesos de disolución química en los clastos de caja calcárea se encuentran muy subordinados. Esto es consistente con el pH neutro a alcalino de las soluciones mineralizantes que habrían producido la paragénesis de pirita-esfalerita-Au, típica de sistemas de baja sulfuración donde el Au se transporta como complejo bisulfurado (Henley 1985). La disminución de la disponibilidad de azufre, habría generado en etapas tardías la formación de marcasita en reemplazo de pirita. Posteriormente, el importante aumento de la actividad de arsénico habría dado lugar a un segundo pulso de mineralización con una paragénesis de rejalgar-oropimente-(Au).

Por otra parte, el dominio de brechas de origen químico en el cuerpo Quebrada del Diablo *Main* sugiere una fuerte acidificación del sistema, posterior a la formación de Quebrada del Diablo *Lower West*. Una posible explicación para este proceso, sería la interacción de los fluidos hidrotermales con aguas meteóricas de la zona vadosa (White y Hedenquist 1995).

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la empresa M.A.S.A. (Minas Argentinas Sociedad Anónima) por la logística durante los viajes de campo, a los geólogos y personal técnico del área de exploración de M.A.S.A., por su buena predisposición y su apoyo incondicional durante los mismos, a David Schonwandt, por su desinteresada colaboración en el procesamiento de la imagen ASTER de la zona y a los Dres. Brígida Castro de Machuca y Diego Guido por las sugerencias brindadas que ayudaron a mejorar la calidad del manuscrito. Esta investigación fue financiada con el proyecto PIP 11220090100589 (CONICET).

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Albanesi, G.L., Hünicken, M.A. y Barnes, C.R. 1998. Bioestratigrafía de conodontes de las secuencias ordovícicas del cerro Potrerillo, Precordillera Central de San Juan, R. Argentina. *Actas 7° Academia Nacional de Ciencias*. 7: 72 p., Córdoba.
- Astini, R.A. 1994a. Geología e interpretación de la Formación Gualcamayo en su localidad clásica (Suroeste de Guandacol y Cordón de Perico-Potrerillo), Precordillera septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 55-70.
- Astini, R.A. 1998. El Conglomerado de Las Vacas y el Grupo Trapiche de la Precordillera: tectónica distensiva en el Ordovícico Tardío. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 489-503.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Carrera, M. 1986. La fauna de trilobites de la Formación Las Plantas (Ordovícico tardío), Precordillera de La Rioja, Argentina. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, *Actas*: 81-89, Mendoza.
- Bruno, N.E. 2002. Nuevo aporte sobre la geología y mineralización de un sector del Distrito Minero Gualcamayo, provincia de San Juan, Argentina. 6° Congreso de Mineralogía y Metalogía, *Actas*: 51-56, Buenos Aires.
- Bruno, N.E. 2004. Mineralized dissolution/collapse breccias in the Gualcamayo Mining District, San Juan province, Argentina. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogía, *Actas*: 149-154, Río Cuarto.

- Bruno, N.E. 2005. Metalogénesis aurífera en rocas carbonáticas, Distrito Minero Gualcamayo, San Juan, Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Juan, (inédita), 195 p., San Juan.
- Cañas, F. 1985. Análisis de las facies carbonáticas de la Formación Los Sapitos (Cámbrico?- Tremadociano), en la quebrada del Río Guandacol, La Rioja. 1º Jornadas de Geología de Precordillera, Actas 1: 271-276, San Juan.
- Cañas, F. 1988. Facies perimareales del Cámbrico Inferior en el área de Guandacol. 2º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 46-50, Buenos Aires.
- Castro, C. 1990. Geología de un sector del Distrito Minero Gualcamayo, provincia de San Juan. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de San Juan (inédita), 114 p., San Juan.
- Corbett, G. 2002. Epithermal gold for explorationists. *AIG Journal. Applied geoscientific practice and research in Australia.* 1-26. The Australian Institute of Geoscientists.
- Corbett, G y Leach, T.M. 1998. Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization. *Special Publication Economic Geology* 6: 238 p., Littleton.
- Evans, J.P. 1998. Deformation of granitic rocks at shallow crustal levels. En Snoke, A, Tullis, J y Tood V. R. (eds.) *Fault Related Rocks: A photographic atlas.* 38- 39. Princeton University Press, Princeton.
- Furque, G. 1963. Descripción Geológica de la Hoja 17b-Guandacol. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 92, 72 p., Buenos Aires.
- Furque, G. y Cuerda, A.J. 1984. Estilos tectónicos de la Precordillera. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 368-380, Buenos Aires.
- Henley, R.W. 1985. The Geothermal Framework of Epithermal Deposits. En Berger, B. R. y Bethke P. M. (eds.) *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems.* *Reviews in Economic Geology* 2: 1-21.
- Herrera, Z. y Benedetto, J.L. 1991. Early Ordovician brachiopods fauna of the Precordillera basin, western Argentina: biostratigraphy and paleogeographical affinities. En Mackinnon, D., Lee, D. y Campbell, J. (eds.), *Brachiopods through time.* 2nd International Congress of brachiopods. Actas 1: 283-301, Balkema.
- Hünicken, M.A. y Pensa M. 1981. Secuencia carbonática estromatolítica cambro-ordovícica (Formación Los Sapitos) en la quebrada del río Guandacol, La Rioja. Reunión Comunicación Proyecto 44, (IGCP) IUGS, San Luis.
- Jébrack, M. 1997. Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Reviews* 12: 111-134.
- Logan, A.V. 1999. Distritos auríferos de Gualilán y Gualcamayo, San Juan. Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1525-1534. Buenos Aires.
- Lynch, W.C., Kelly, J.M. y Hodder R.W. 2000. Sediment hosted gold mineralization, Gualcamayo Gold Project, San Juan Province, Argentina. *Argentina Mining 2000.* Resúmenes y Conferencias, CD-Rom, Mendoza.
- Ramos, V.A. 1995. Evolución tectónica del segmento de subducción horizontal de los Andes Centrales (27°-34° S) y su control en las manifestaciones auríferas epitermales. 5º Congreso Nacional de Geología Económica. Simposio de Metalogenia Andina Sudamericana. Actas: 82-94. San Juan.
- Sibson, R.H. 1977. Fault rocks and fault mechanisms. *Journal of Geological Society* 133: 191-213.
- Sibson, R.H. 1986. Brecciation processes in fault zones: Inferences from earthquake rupturing. *Pure Applied Geophysics* 124:159-174.
- Simon, W., Sumay, C., Meissl, E. y Lanzilotta, M. 1997. Geología y petrografía del Distrito Minero Gualcamayo. San Juan, Argentina. 8º Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1153-1157, Antofagasta.
- Simon, W., Castro, C.E., Moreiras, S.M., Lanzilotta, M.I. y Matar de Sarquis, A. 2001. Procesos de alteración hidrotermal vinculados con el complejo ígneo Gualcamayo, San Juan, Argentina. 2º Encuentro Minero del Cono Sur de América y Encuentro Minero de Tarapaca. Actas 4: 1-25, Iquique.
- Soechting, W. 2008. Style, controls and origin of the Quebrada del Diablo - Gualcamayo gold deposit. 7º Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 1461-1462, Jujuy.
- Soechting, W., Paredes J., Riveros S., Cuadra, I. y Quiroga, D. 2009. El Cuerpo mineralizado de "Quebrada del Diablo Lower West" Gualcamayo. San Juan. Argentina. 9º Congreso de Geología Económica. Actas: 79-83, Catamarca.
- White, N.C. y Hedenquist, J.W. 1995. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. *SEG Newsletter* 23: 9-13.
- Whitney D.L. y B.W. Evans, 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95: 185-187.

Recibido: 15 de enero, 2013

Aceptado: 17 de septiembre, 2013