

RESEARCH ARTICLE

## Granitic affinity mineralization in the central portion of the Colangüil batholith. Province of San Juan, Argentina

### *Mineralización de afinidad granítica en la porción central del batolito de Colangüil. Provincia de San Juan, Argentina*

Aníbal F. Wetten<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Mineras; Universidad Nacional de San Juan. Avda. San Martín 1109 oeste. CP 5400 San Juan, Argentina.

Corresponding author: Aníbal F. Wetten (awetten@unsj.edu.ar)

### ABSTRACT

#### Key points

Ores in Conconta and Agua Blanca plutons have early paragenesis of wolframite, fluorite, niobium, and quartz, followed by scheelite in quartz gangue.

Two regional fracturing axes limit laterally this sector of the batholith and match the location of the mineral deposits.

Fluid inclusion assemblages in veins of the Conconta and Romo sectors are linked to saline and carbonic fluid types.

The central portion of the Batholith of Colangüil belongs to the Frontal Range and is located in the northwest of San Juan province, Argentina. It includes different granite units of Permian in age: Romo, Conconta, and Agua Blanca. These intrude the Cerro Agua Negra Formation, an Upper Carboniferous - Asselian sedimentary unit. These units are partially covered by volcaniclastic rocks of the Choiyoi Group, lower Permian-Triassic in age. The region was characterized by mineral extractions during the last century. Metalliferous mineralization has been recognized in the higher elevation areas of the Conconta and Agua Blanca plutons, with an early paragenesis of wolframite, fluorite, niobium, and quartz, and later deposition of scheelite, in quartz gangue. The latter was observed in the Agua Blanca pluton. The tectonic of the Cisuralian Permian San Rafael phase, compressive in nature, affected mainly the Cerro Agua Negra Formation. An oriented NW-SE fault array on the aforementioned igneous and sedimentary units stands out. Two regional fracturing axes limit laterally this sector of the batholith and match the location of the mineral deposits. A greater ascent of granite basement blocks can be seen to the south of the Conconta pluton and in the surroundings of the Agua Blanca pluton, based both on the intense erosion of its sedimentary host rock and by the little development of mineralization in the Romo sector. The fluid inclusion assemblages present in the veins of the Conconta and Romo sectors are linked with saline and carbonic fluid types, typical of the tungsten deposition cycle.

**Keywords:** Fluid inclusion; Frontal Cordillera; Gondwanic magmatism; Mineral paragenesis; Tungsten.

#### Article History:

Received: 29/10/2021  
Accepted: 29/11/2022

#### Puntos clave

Mineralizaciones en plutones Conconta y Agua Blanca tienen paragénesis temprana de wolframita, fluorita, niobio y cuarzo, seguida de scheelita en ganga de cuarzo.

Dos ejes de fracturación regional limitan lateralmente este sector del batolito y coinciden con la localización de los depósitos minerales.

Las asociaciones de inclusiones fluidas presentes en los sectores Conconta y Romo están vinculadas a fluidos salinos y carbónicos.

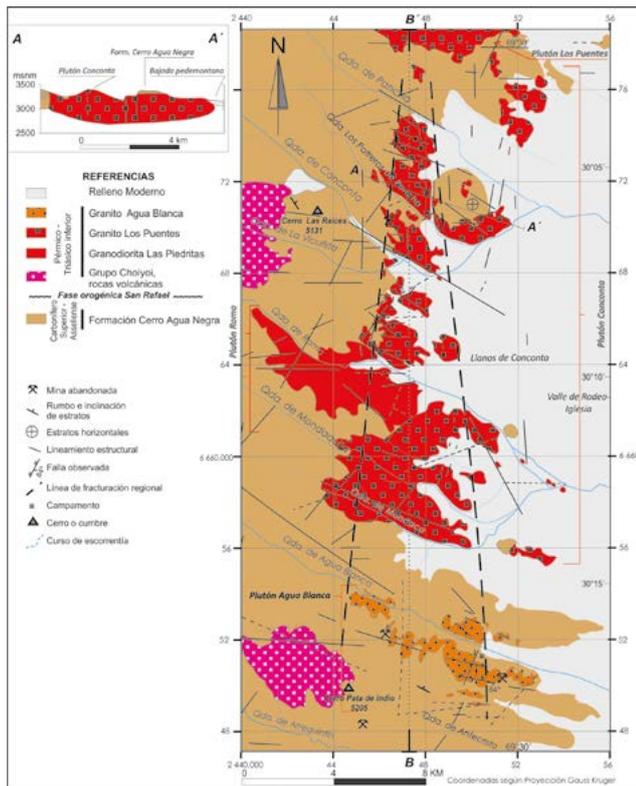
La parte central del Batolito de Colangüil forma parte de la Cordillera Frontal y se ubica en el noroeste de la provincia de San Juan, Argentina. Este comprende distintas unidades graníticas, de edad Pérmico-Triásico inferior, que intruyen la Formación Cerro Agua Negra, unidad sedimentaria de edad Carbonífero tardío - Asseliense. Estas unidades se hallan parcialmente cubiertas por rocas volcánicas del Grupo Choiyoi, de edad Pérmico-Triásico inferior. La región estuvo caracterizada por extracciones minerales durante el siglo pasado, las cuales se sitúan en las zonas de mayor cota de los plutones Conconta y Agua Blanca, con una paragénesis temprana de wolframita, fluorita, niobio y cuarzo y un pulso posterior de scheelita, en ganga de cuarzo, observado en el plutón Agua Blanca. El tectonismo de la fase San Rafael, del Pérmico Cisuraliense y de carácter compresivo, afectó principalmente a la Formación Cerro Agua Negra. Esfuerzos tectónicos posteriores sobreimpusieron un juego de fracturación NO-SE, sobre las citadas unidades ígneas y sedimentarias. Dos ejes de fracturación regional limitan lateralmente este sector del batolito y coinciden con la localización de los depósitos minerales. Se aprecia un mayor ascenso de bloques del basamento granítico hacia el sur del plutón Conconta y en los alrededores del plutón Agua Blanca, fundamentado tanto por la intensa erosión de su roca de caja sedimentaria como así también por el poco desarrollo de mineralización en el sector Romo. Las asociaciones de inclusiones fluidas presentes en los sectores Conconta y Romo están vinculadas a fluidos salinos y carbónicos, típicos del ciclo de deposición del wolframio.

**Palabras clave:** Cordillera Frontal; Inclusión fluida; Magmatismo Gondwánico; Paragénesis mineral; Wolframio.

#### Historial del artículo:

Recibido: 29/10/2021  
Aceptado: 29/11/2022





**Figura 2.** Plano geológico de la porción central del batolito de Colangüil, en la Cordillera Frontal. Entre las rocas graníticas se destaca la distribución de tres plutones, que de norte a sur están indicados como Conconta, Romo y Agua Blanca. Se trazó el perfil AA' sobre el plutón Conconta donde se puede apreciar la relación temporal con las rocas sedimentarias encajantes de la Formación Cerro Agua Negra. En la región, las unidades plutónicas más antiguas intruyeron a sus encajantes hacia fines del Pérmico, el emplazamiento batolítico duró un lapso de 17 Ma (Llambías and Sato, 1990). El perfil BB', representado en la Figura 3, exhibe la intensidad de erosión de los diferentes bloques del batolito como así también la asociación metalífera, la cual está constituida principalmente por wolframita y schelita, extraídas desde vetas alojadas en las rocas graníticas de los plutones Conconta y Agua Blanca.

**Figure 2.** Geological map of the central portion of the Colangüil batholith, Frontal Range. Among the granite rocks, the distribution of three plutons stands out, which from north to south are indicated as Conconta, Romo, and Agua Blanca. The AA' cross section was drawn over the Conconta pluton, where the temporal relationship with the host sedimentary rocks of the Cerro Agua Negra formation can be seen. In the region, the oldest plutonic units intruded their host ones towards the end of the Permian age, using a period of 17 Ma for the batholithic emplacement (Llambías and Sato, 1990). The BB' cross section, corresponding to Figure 3, shows the intensity of erosion of the different blocks of the batholith as well as the metalliferous association, which is mainly made up of wolframite and scheelite, which were extracted from veins hosted in the granite rocks of the Conconta and Agua Blanca plutons.

líferos similares y situados en la región andina como por ejemplo Tocota (Cu-Fe-As) y Chita (Mo-Au), de sur a norte, respectivamente (Tabla 1). El

objetivo general, luego de obtener e interpretar esta información, es proponer un modelo adecuado de deposición mineral de las sustancias metalíferas en los ambientes graníticos considerados.

El área de interés tiene una topografía cuyas cotas varían entre 2500 y 5000 m. Se destaca un relieve positivo, conformado por las estribaciones orientales de las Cordilleras de Colangüil y de Agua Negra, de norte a sur respectivamente, representadas por un conjunto de cordones alineados en dirección ONO - ESE. Hacia el naciente el área limita con el Valle de Rodeo (Figuras 1, 2). Esta región está surcada por diferentes arroyos de escorrentía permanente, cuyos recorridos son paralelos a los citados cordones. Los cursos de agua drenan hacia el río Blanco (Figura 1). La recarga hídrica es de alimentación névea principalmente, se origina con mayor intensidad en las altas cumbres de la Cordillera de Colangüil, donde se extienden los nevados de Romo y de Mondaca, por el norte y el sur, respectivamente.

## 2. Metodología

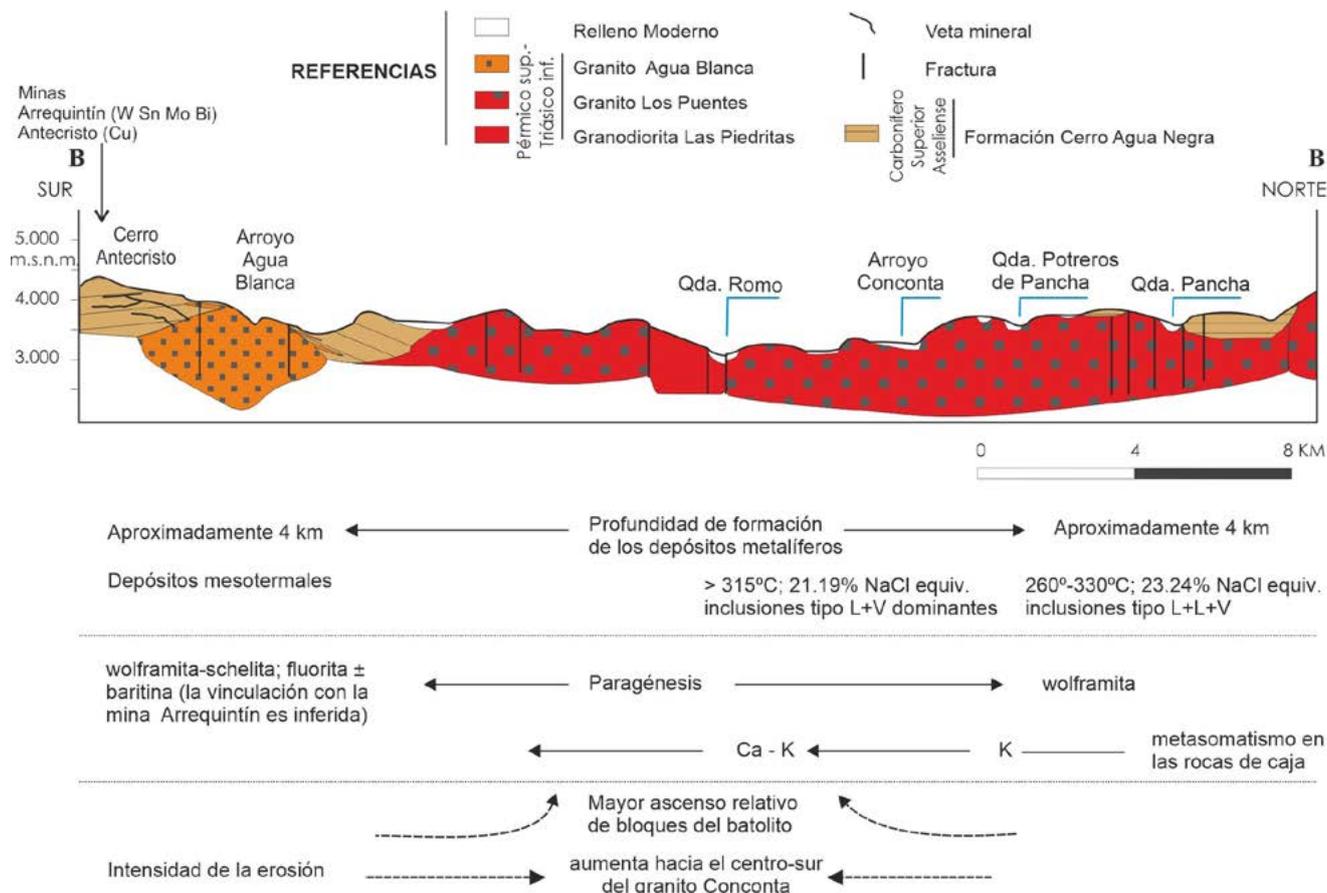
Las tareas de reconocimiento, obtención de datos y muestreos petrográfico-geoquímicos se ejecutaron en los sectores de las quebradas de Potreros de Pancha, Romo y Agua Blanca (Figura 2). Se procesaron bandas Landsat TM5 a través del programa Idrisi y se obtuvo la imagen cociente 3-2-1, con el fin de elaborar el mapa geológico regional.

### 2.1. Técnicas petrográficas

Inicialmente, en el laboratorio, las muestras de roca se observaron en una lupa Leica. Luego, a través del uso del microscopio se revisaron secciones delgadas y preparados pulidos, de las unidades estratigráficas mapeadas y de los minerales opacos de los sectores mineralizados, respectivamente. Con este procedimiento también se identificaron inclusiones fluidas en cuarzo hidrotermal, luego se prepararon láminas doblemente pulidas y se realizó el cartografiado de las zonas con vacuolas. Se obtuvieron capturas de imagen mediante la incorporación de las cámaras digitales Kodak y Leica MC 120 HD, con el soporte del software LAS V. 4.8.0 (Build:154).

### 2.2. Técnicas analíticas

El estudio de las muestras se completó mediante análisis químicos, determinaciones en mi-



**Figura 3.** Perfil BB' de orientación norte-sur, trazado en la Figura 2, en el que se exhiben la relación entre unidades plutónicas y rocas encajantes de la porción central del Batolito de Colangüil y los tipos de mineralización metalífera del ciclo Gondwánico.

**Figure 3.** BB' North-South orientation cross-section, drawn in Figure 2, in which the relationship between plutonic units and country rocks in the central portion of the Colangüil Batholith and the types of metal mineralization of the Gondwanan cycle are exhibited.

crosonda electrónica de la Escuela de Minas de Colorado (CSM por sus siglas en inglés) y mediciones de temperatura sobre inclusiones fluidas en cuarzo hidrotermal, realizadas en el Servicio Geológico de los EE.UU, con sede en Denver, CO (USGS).

Seis muestras geoquímicas, de áreas mineralizadas de los sectores Conconta y Romo, fueron preparadas y analizadas en ALS Chemex (Sparks, Nevada). Au y Ag se analizaron a partir de una muestra de 30g, por gravimetría y absorción atómica (A.A.) (Als Chemex, código 983). Por el método ICP-AES, con digestión en agua regia, 34 elementos fueron analizados (Als Chemex, código G32). Cinco muestras, del sector Agua Blanca, también fueron analizadas bajo el mismo procedimiento en el laboratorio de SGS Chile.

Para definir la composición de las fases metálicas se utilizó una microsonda electrónica (EPMA) de la compañía CAMECA, modelo SX. En esta rutina el equipo fue operado con un voltaje de

aceleración de 15kV, una corriente de haz de 20nA y un ángulo de *take-off* de 40°, con el objeto de maximizar el número de cuentas en el detector WDS. Durante la adquisición se utilizaron 3 espectrómetros (PET, LIF y TAP) y estándares internacionales para la cuantificación de Ca, Mn, Fe, Nb y W, mientras que el oxígeno se calculó por estequiometría. El tiempo de adquisición en cada pico de interés varió de acuerdo a las cuentas colectadas, y se restó el fondo con un tiempo de adquisición de 5000ms.

Se determinaron las características de las asociaciones de inclusiones fluidas (ocurrencia, tamaño, forma y fases presentes) y con el acoplamiento de una platina de calentamiento-enfriamiento de gas convectivo, modelo *USGS Gas Stage*, con controlador de temperatura Doric Trendicator 410A°C. Se midieron las temperaturas de homogenización ( $T_h$ ) y enfriamiento ( $T_m$ ), las cuales se imprimieron consecutivamente en rollo de papel térmico al accionar el pedal pulsador del dispositi-

vo. Se procuró, para la selección de cada campo de observación y previo a delimitar con un marcador de tinta, reconocer asociaciones con un comportamiento consistente (formas variadas y con porcentajes de llenado próximos entre sí) según las reglas de Roedder (1984). En muchos casos se adoptó la opción de iniciar el trabajo con el enfriamiento de la muestra (Shepherd *et al.*, 1985). En ciertas ocasiones, la rutina de calentamiento por encima de la temperatura de la sala, precedió a la de enfriamiento, cuyo procedimiento está contemplado según Goldstein *and* Reynolds (1994). Para evitar el sobrecalentamiento de algunas vacuolas con Th bajas, las zonas marcadas en cada lámina se fragmentaron convenientemente antes de su introducción a la platina. En tal sentido, se consideró hacer las mediciones durante los ciclos de calentamiento para evitar situaciones de meta-estabilidad y de sobre enfriamiento, además, estas se realizaron con el método de *cycling*, preferentemente para inclusiones con diámetro menor a 7  $\mu\text{m}$ . Este método consiste en aplicar a la inclusión observada, luego de alcanzar la homogeneización, una secuencia de uno o dos enfriamientos, de 5-10 grados. El instrumental se calibró mensualmente con agua pura (destilada) hasta obtener una  $T_m$  de 0°C. La representación de los datos se realizó con Office 2007. Estas actividades específicas se lograron con el importante apoyo del Departamento de Geología de la CSM, Golden, y el USGS en Denver (CO). Además, nuevas descripciones petrográficas y calcográficas fueron realizadas en el Instituto de Investigaciones Mineras de la Universidad Nacional de San Juan (Argentina).

### 3. Características Geológicas

A escala regional, en un perfil a través de los Andes Centrales de Argentina, pueden distinguirse dos grandes grupos de rocas: un basamento Gondwánico (Paleozoico), y una cobertura Andina (Rodríguez Fernández *et al.*, 1997). Tales grupos de rocas, pertenecientes a los ciclos tectono-estratigráficos Gondwánico y Andino (Ramos *et al.*, 1987, 1999), afloran en el Batolito de Colangüil (Figura 1).

1) En el área considerada el ciclo Gondwánico está constituido, en primera instancia, por rocas siliciclásticas originadas esencialmente en ambiente marino durante el Paleozoico (Carbonífero a Pérmico). Tales rocas corresponden a la Formación Cerro

Agua Negra, definida por Polanski (1970) como sedimentitas neopaleozoicas que afloran en la Cordillera Frontal sanjuanina, desde el río Calingasta al sur, hasta los límites con la provincia de La Rioja al norte (Figura 1). Llambías y Sato (1990) la incluyeron en el lapso Carbonífero superior-Asseliense. En la región de estudio, margen occidental del Valle de Rodeo-Iglesia, forma una secuencia homoclinal con rumbo norte-sur y buzamiento predominante hacia el naciente, perturbada localmente por las intrusiones permo-triásicas y terciarias.

Las rocas sedimentarias descritas anteriormente se hallan intruidas, en gran parte, por lo que Polanski (1958) denominó como el Batolito Compuesto de la Cordillera Frontal, cuyas manifestaciones, conformadas por facies granitoides, afloran en los cordones de Olivares, Colangüil, San Guillermo y Santa Rosa. Tales manifestaciones integran el batolito de Colangüil (Sato *et al.*, 2015; Figura 1). Es probable que la primera referencia a estas rocas corresponda a Stappenbeck (1910), quien mencionó la presencia de vetas mineralizadas en el granito del plutón Los Puentes (Figura 1), que aflora en la quebrada El Salado, en proximidades del prospecto Vicuña.

El nivel de emplazamiento del batolito es muy superficial, habiendo determinado Sato (en Llambías *et al.*, 1990a) una profundidad de 1.3 km para el plutón de Chita (Figura 1). Las unidades granitoides, como así también otras, de carácter efusivo, forman parte de los pulsos plutónicos y efusivos del magmatismo Gondwánico en esta región, de edad Pérmico-Triásico inferior. Las rocas efusivas, de composiciones ácidas y pertenecientes al Grupo Choiyoi, están representadas solamente por sus niveles inferiores, habiendo sido erosionados los términos más jóvenes. En la Cordillera de Colangüil este grupo estratigráfico consta de dos secciones: una inferior sedimentaria y una superior constituida predominantemente por ignimbritas andesíticas a dacíticas (Llambías *et al.*, 1987).

2) El ciclo Andino comienza al final del Pérmico o principios del Triásico y llega hasta el Cuaternario, con un importante hiatus estratigráfico que abarca a la mayor parte del

Mesozoico. Se compone de rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias de marcado origen continental, entre las que se encuentran vulcanitas de edad Cenozoico, representadas por lavas, tobas, brechas andesíticas, dacíticas y riolíticas, con algunas intercalaciones basálticas (Minera TEA 1968). Además, la unidad plutónica Los Médanos (Llambías *et al.*, 1990b), de edad Oligoceno-Mioceno, se distribuye en la porción norte del batolito de Colangüil. Esta unidad es coetánea con la Formación Doña Ana (27-18.9 Ma), asociación volcánica bimodal que aflora en Chile, en el límite con Argentina (Maksaev *et al.*, 1984) y también con los basaltos Las Máquinas (22.8 Ma, Ramos *et al.*, 1987). Se trata de un conjunto de plutones de microgranodiorita, la Granodiorita Leonardo y un potente dique porfirítico que bordea la unidad en su sector occidental.

### 3.1. Unidades del Batolito de Colangüil

En la región de estudio destacan las unidades ígneas que, de más antigua a más moderna, son: la granodiorita Las Piedritas, el granito Los Puentes y el granito de Agua Blanca. Estas unidades se hallan integradas por varios plutones en el ámbito del batolito de Colangüil; la primera por Las Piedritas, Romo y Tocota, la segunda por El Fierro, Los Puentes, Conconta y Los Leones, y la última por Agua Blanca, Bauchazeta y Chita (Figura 1). Cabe citar un par de plutones elongados, posteriores a Las Piedritas, representados por el Granito Los Lavaderos y el Granito Las Opeñas (Figura 1). Las edades relativas, obtenidas de los resultados geocronológicos, en su mayoría por el método U-Pb (Llambías *et al.*, 1987; Sato *et al.*, 2015), son las siguientes: Granodiorita Las Piedritas:  $259.1 \pm 2.4$  Ma; Granito Los Puentes:  $252.5 \pm 1.9$  Ma; Granito Los Lavaderos: 251 Ma; Granito Las Opeñas: 254 Ma; y, por último, hacia el sur, Granito de Agua Blanca: 247 Ma (Sato *and* Kawashita, 1988, en Llambías *and* Sato, 1990).

#### 3.1.1. Plutón Romo

Esta unidad se extiende sobre ambas márgenes de la quebrada de Romo. Tiene una disposición E - O, una longitud de aproximadamente 5 km y un área de  $18 \text{ km}^2$  (Figuras 2 y 4). Hacia las nacientes de la citada quebrada se ha reconocido

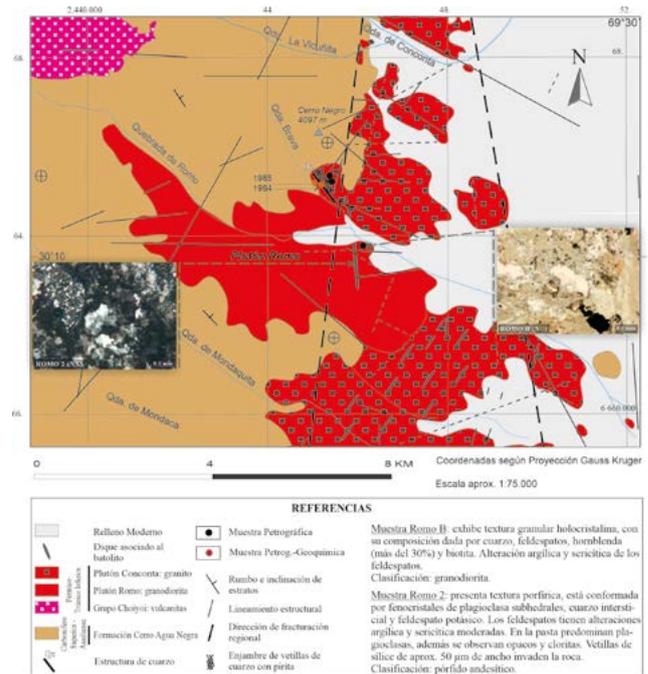


Figura 4. Geología del sector Romo.

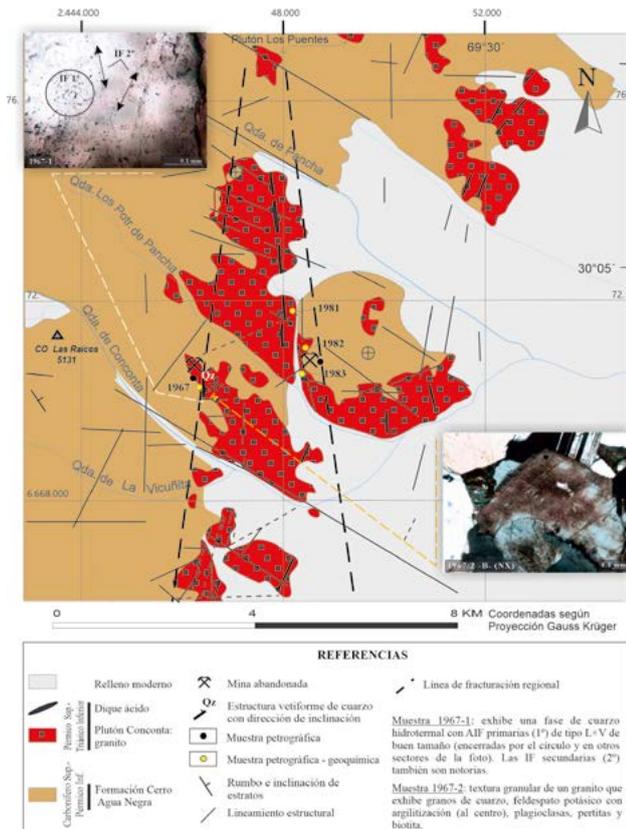
Figure 4. Geology of the Romo sector.

claramente el contacto con la Formación Cerro Agua Negra, con disposición plana y subhorizontal (Figuras 2 y 4). En la desembocadura de la quebrada, este plutón ha sido intruido por el Granito Conconta.

Está conformado por rocas blanquecinas, de tipo granodioríticas y textura de grano grueso a muy grueso. La composición está dada por cuarzo y plagioclasa ( $An_{40-30}$ ; Llambías *and* Sato 1990) como minerales prioritarios y hornblenda, biotita y allanita como minerales accesorios. Suele presentar inclusiones redondeadas de granodiorita cuya proporción de biotita es de alrededor de un 30 % en volumen entre los elementos constituyentes. Esta unidad comúnmente se halla intruida por diques de pórfido riolítico y de fenoandesita.

#### 3.1.2. Plutón Conconta

Esta unidad aflora entre las quebradas de La Pancha, por el norte, y de Mondaca por el sur. Tiene una disposición norte sur, una longitud de más de 20 km y un área de  $96 \text{ km}^2$  (Figuras 2, 5). El plutón está conformado por rocas con predominio de tonalidades rojizas claras, de composición granítica y se halla frecuentemente intruido por diques, en su mayoría de composición riolítica y disposición N - S. La textura es granular y la asociación mineralógica está dada por cuarzo, feldspato potásico, plagioclasa ( $An_{30-25}$ ;



**Figura 5.** Geología del sector Conconta.  
**Figure 5.** Geology of the Conconta sector.

Llambías and Sato, 1990) y microantiperitas como minerales félsicos, biotita y muscovita como máficos y escasos epidota y apatito como minerales accesorios. Presenta abundancia de inclusiones fluidas en cuarzo primario, estas en general tienen diámetros inferiores a 5 micrómetros y son del tipo “líquido + vapor”, primarias y secundarias. Próximo al contacto con afloramientos de dique, el granito exhibe una facies de grano más grueso.

El contacto con la Formación Cerro Agua Negra ha sido claramente reconocido en el sector Conconta (Qda. de Pancha) y en el cerro Negro (aguas arriba de la quebrada Brava), donde se muestra plano y de tendencia horizontal (Figuras 2, 4 y 5). Además, se evidencia una zona de corneanas en las cuarcitas encajantes. En la porción norte del plutón y cerca del borde de intrusión, exhibe biotita abundante a modo de pórfiroblastos y andalucita (determinada en la microsonda) como minerales más modernos que los sinsedimentarios. En el lecho de la quebrada Brava el granito exhibe una textura de grano fino e invade la encajante con delgadas venillas de sílice. Esta roca es oscura y su apariencia ha sido afectada por el contacto ígneo, por lo que no per-

mite definir claramente su estratificación (Figura 7). En las observaciones petrográficas se aprecia una distribución de venillas de mineral, tanto de sílice como de clorita, y diseminación de anfíboles (Figura 8).



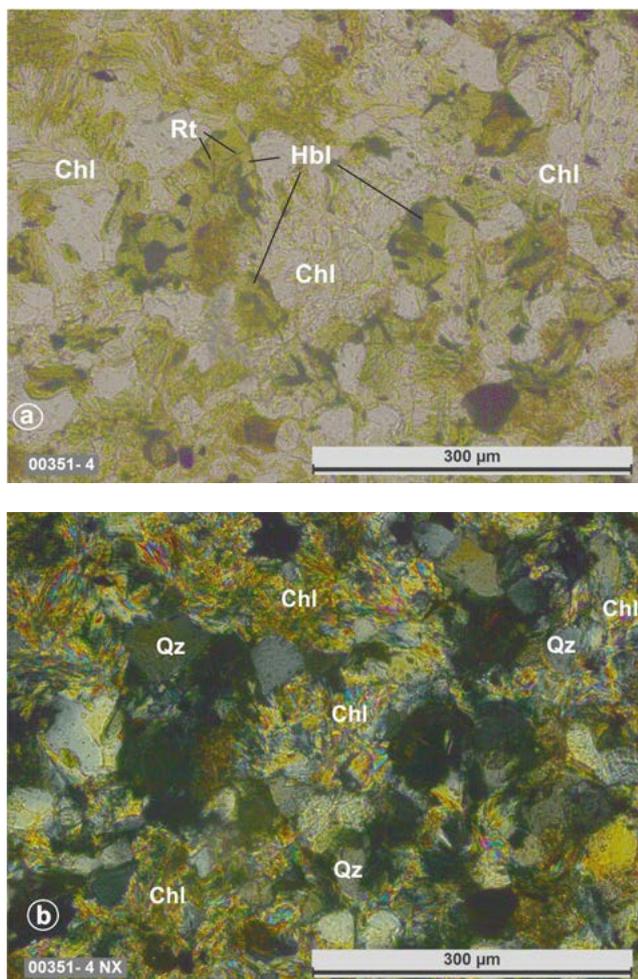
**Figura 6.** Margen izquierda de la quebrada Brava, puede apreciarse el contacto horizontal entre el techo del Plutón Conconta y la Formación Cerro Agua Negra. Tal superficie (en línea de trazos) está representada de acuerdo al diseño de afloramientos de la base de las sedimentitas y la topografía.

**Figure 6.** On the left bank of the Brava stream, the horizontal contact between the top of the Conconta Pluton and the Cerro Agua Negra Formation can be seen. Such a surface (dashed line) is drawn according to the design of outcrops of the sedimentary bottom and topography.



**Figura 7.** Sobre la margen derecha de la quebrada Brava, cerca de las nacientes, se observan afloramientos de areniscas oscuras de la Formación Cerro Agua Negra, intruidas por granito. Desde este, delgadas venillas de sílice invaden y fragmentan parcialmente a las areniscas.

**Figure 7.** On the right bank of the Brava creek, near the headwaters, outcrops of dark sandstones of the Cerro Agua Negra Formation, intruded by granite, are exhibited. From this, thin veinlets of silica invade and partially fragment the sandstones.



**Figura 8.** a) 20X, fotomicrografía con luz polarizada plana (LPP) sobre arenisca cuarzosa, en la que destacan clorita (Chl) y cristales de hornblenda (Hbl) con inclusiones de agujas de rutilo (Rt). b) 20X, fotomicrografía con luz polarizada cruzada (LPC), en la que se distingue la textura clástica de una arenisca de grano muy fino, con predominio de cuarzo (Qz) y la distribución intersticial de guías y parches de clorita (Chl).

**Figure 8.** a) 20X, photomicrograph with polarized plane light (PPL) on quartz sandstone, in which chlorite (Chl), and crystals of hornblende (Hbl) with needles of rutile (Rt) are highlighted. b) 20X, photomicrograph with polarized crossed light (PCL), in which the clastic texture from a fine grain sandstone is distinguished, with the prevalence of quartz (Qz), and the interstitial distribution of veinlets and patches of chlorite (Chl).

### 3.1.3. Plutón Agua Blanca

Esta unidad se extiende sobre ambos márgenes de la quebrada de Agua Blanca y algo más al sur, en la quebrada del Molle. Tiene una disposición E - O, una longitud de 10 km y un área de 24 km<sup>2</sup> (Figuras 2 y 15). Está conformado por rocas de composición granítica, de tipo leucogranítica. Presenta variaciones texturales, siendo de grano grueso a muy grueso en la zona central y de grano fino hacia los bordes. En su facies grue-

sa, se reconoció una textura granular inequigranular. Presenta escasas inclusiones de rocas sedimentarias cuarzosas. Con distintos grados de intensidad, este granito ha preservado su cúpula greisenizada y asociada con vetas de fluorita (Sato *et al.*, 2015). La roca de caja está constituida por las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra. La composición mineralógica está dada por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas (An<sub>25-05</sub>; Llambías *and* Sato, 1990) entre las que se destaca albita, y biotita como minerales primarios, moscovita, apatito, rutilo y titanita como minerales accesorios.

En los bordes norte y sur del plutón son importantes las expresiones con acumulaciones de feldespato potásico, mica (biotita) y berilo, comúnmente con un modo de yacer de apófisis lenticulares. Filones capa ácidos, de naturaleza aplítica y con una extensión de decenas de metros, intruyeron la encajante sedimentaria. Es importante notar que en este granito no se observaron intrusiones de diques ácidos y básicos a intermedios del sistema del plutón Conconta.

### 3.1.4. Diques relacionados al Granito Los Puentes

Estos diques han sido descritos en detalle por Quartino y Zardini (1967) y estudiados desde el punto de vista de su emplazamiento por Castro (1993). En la región de estudio predominan los diques ácidos, representados por pórfidos graníticos, pórfidos riolíticos, riolitas, dacitas y, en forma saltuaria, por pórfidos andesíticos. Conforman grandes cuerpos que sobrepasan los 20 m de ancho, aunque en general, el espesor oscila entre 7-9 m. Se hallan dispuestos en posición subparalela al eje del plutón Conconta y orientados preferentemente con rumbos N 12° E (con un rango general para los rumbos de N 22° E y N 18° O). Los diques presentan cambios de dirección y de espesor, indicando una estructura típica en echelón (Castro, 1993). En menor proporción, fueron reconocidos cuerpos de basalto olivínico, de diseño lenticular, con una longitud de pocas decenas de metros y con micropliegues.

## 4. Consideraciones Tectónicas

El sector oriental de la Cordillera de Colangüil está caracterizado por la presencia de unidades geológicas asociadas con la evolución de un arco magmático activo desde el Paleozoico tardío

(Pérmico Cisuraliense) hasta el Triásico medio. Tanto el emplazamiento volcánico como el plutónico del magmatismo Choiyoi están asociados con un régimen extensional, con depósitos volcánicos controlados por fallas normales (Heredia *et al.*, 2002; Giambiagi and Martínez, 2008), y plutones muy alargados con enjambres de diques paralelos relacionados con el colapso extensional del orógeno Gondwánico (Llambías and Sato, 1995). Las estructuras Gondwánicas más importantes tienen vergencia Este y pliegues relacionados, y la secuencia de edad Neógeno se relaciona a un evento tectónico compresional que produjo la inversión de los aspectos extensionales previos (Rodríguez Fernández *et al.*, 1997).

Las rocas de mayor extensión areal en este sector son las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra. Durante el ciclo Gondwánico, estas rocas fueron afectadas por la fase orogénica San Rafael, de carácter compresivo y que tuvo lugar durante el Pérmico Cisuraliense. Posteriormente, estas fueron intruidas por las distintas unidades del batolito de Colangüil. La culminación del arco magmático, para este ciclo, está representada por las vulcanitas del Grupo Choiyoi, de amplia distribución en la cordillera Frontal (Figuras 1, 2), las que fueron intruidas por la Granodiorita Las Piedritas, durante el Pérmico Lopinglense, en sus estratos basales.

## 5. Estructura

La Formación Cerro Agua Negra y las rocas granitoides mantienen contacto aproximadamente N - S en gran parte del ámbito de Cordillera Frontal, tornándose más sinuoso en las porciones central y norte de Colangüil. Los plutones, en su mayoría, exhiben formas alargadas y con sus enjambres de diques paralelos se vinculan al colapso extensional del orógeno Gondwánico (Llambías y Sato 1995). Dos ejes de fracturación regional, posteriores a la fase orogénica San Rafael, definen con aproximación los bordes oriental y occidental de los plutones Conconta y Agua Blanca, y posiblemente estarían vinculados al control estructural de la disposición de los bloques del batolito en esta porción central (Figura 2).

En la región de estudio se destacan sistemas de fracturación con rumbo NO-SE, que afectan tanto a las sedimentitas carboníferas como así también a los complejos intrusivos permo-triásicos (Figura 2). En el granito Agua Blanca se ha observado una intensa fracturación en sentido

ESE - ONO. La Formación Cerro Agua Negra posee un rumbo variable entre NNE y NS y el buzamiento en la zona de estudio tiene poca inclinación hacia el E - ENE, llegando a ser subhorizontal (Figura 5). El emplazamiento de las rocas graníticas por una parte conservó la posición original del encajante sedimentario hacia el techo de la intrusión y, por otra, produjo a escala regional una suave deformación en la Formación Cerro Agua Negra, evidenciada por formas de plegamiento leves y, eventualmente, pliegues buzantes (Figuras 2, 3).

La vergencia de las estructuras de las unidades Gondwánica y Andina es hacia el E, si bien el tipo y morfología de estas varía al caracterizarse por una intensidad de deformación dispar diferente. Así, el ciclo Gondwánico presenta un acortamiento muy importante con un predominio de la tectónica tangencial, del tipo *thin-skinned*, donde las estructuras más importantes son los cabalgamientos y los pliegues relacionados. Por otra parte, el ciclo Andino presenta en esta región un escaso acortamiento y un predominio de la tectónica que involucra al basamento, con escasas estructuras plegadas relacionadas (Rodríguez Fernández *et al.*, 2002) y una apretada red de fracturas de distinto carácter, resultado de las diferentes fases de deformación andina, ocurridas en condiciones frágiles (Baraldo *et al.*, 2002).

## 6. Asociaciones mineralógicas identificadas y resultados de la geoquímica

### 6.1. Antecedentes

En la zona de estudio la cantidad de labores mineras halladas no es numerosa y el desarrollo de la explotación, sólo en algunos casos, alcanzó cuatro metros en el sentido vertical y unos veinte en el horizontal. La tendencia al acuíñamiento de estos depósitos en vetas, sumado a la ausencia de estudios exploratorios y la disminución en la demanda de metales a mediados del siglo XX, fueron los principales condicionantes que causaron el abandono de las minas de la región.

Por otra parte, entre aquéllos de carácter no metalífero, cabe citar los depósitos de fluorita (Distrito Pata de Indio, Las Cruces, Tres Marías), de mica (quebrada Pata de Indio) y de berilo en la zona oriental de Agua Blanca, manteniéndose aún en condiciones operativas el campamento



**Figura 9.** Estructura con cuarzo de aproximadamente 10 m de espesor y granito silicificado, en la margen izquierda de la quebrada Brava, afluente del arroyo Romo.

**Figure 9.** Quartz structure, approximately 10 m thick, and silicified granite, on the left bank of the Brava creek, a tributary of the Romo drainage.



**Figura 10.** Fotos apiladas que exhiben un juego de vetillas paralelas de cuarzo macizo y suturado, de unos pocos cm de espesor, y otro de disposición oblicua, de mm de espesor, ambos inyectados en granito.

**Figure 10.** Stacked photos exhibiting a set of parallel veinlets of massive and sutured quartz, a few cm thick, and another obliquely arranged, mm thick, both injected into granite.

situado en la desembocadura de la quebrada homónima (Figuras 2, 15).

## 6.2. Mineralización metalífera observada y su distribución

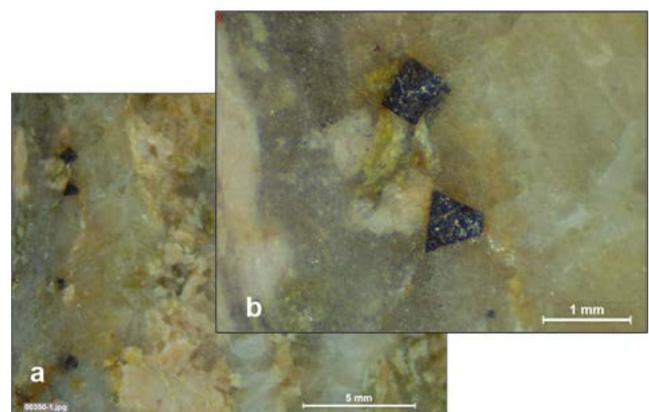
### 6.2.1. Sector Plutón Romo

Este sector, que comprende el plutón Romo y algunos cientos de metros de afloramientos del

plutón Conconta, no cuenta con faenas de extracción mineral. Se destaca una potente estructura de diseño tabular, subvertical, de cuarzo y granito silicificado, con rumbo N45°O, que aflora sobre la margen izquierda de la quebrada Brava (Figuras 4, 9 y 10). El desarrollo de la misma es de aproximadamente 500 m de longitud y 10 m de ancho. Además, en esa margen de la citada quebrada, vetillas paralelas se hallan inyectadas en el granito, en las que se identificó mineral de wolframita diseminado en cuarzo gris (Figura 11). En este sector de alteración hidrotermal, la textura del granito es miarolítica y se caracteriza por rellenos de cuarzo secundario, epidota y escasa hematita (Figuras 12 y 13). Sobre el granito, próximo a la estructura cuarzosa, se encuentran enjambres de sílice, de 1 cm de espesor promedio, con pirita de grano fino y jarosita (Figura 14). Resultados geoquímicos arrojaron Mn y Fe con 135 ppm y 0.49 %, respectivamente (Tabla 2).

### 6.2.2. Sector Plutón Conconta

En la quebrada Potrereros de Pancha se reconocieron estructuras de cuarzo hidrotermal con wolframita (Figura 5), las mismas están alojadas en los bordes del granito, algunos metros por debajo del contacto con la caja sedimentaria. Estas vetas, de espesor menor que 10 cm, tienen disposiciones N - S con 70° de inclinación al este y N 10° E con 80° de inclinación al oeste en los bordes oeste y este, respectivamente. Ambas



**Figura 11.** Fotos apiladas, a) 0.8X, fotomicrografía con luz reflejada (LR) sobre vetilla de cuarzo gris con granos metálicos. b) 2.5X, fotomicrografía con LR en la que se observan cristales prismáticos de wolframita, asociados a escasa epidota.

**Figure 11.** Stacked photos, a) 0.8X, photomicrograph by reflected light (RL) on gray quartz vein with metallic grains. b) 2.5X, photomicrograph by RL in which prismatic crystals of wolframite, associated with epidote, are observed.

zonas corresponden al mismo nivel de extracción mineral, a cielo abierto. Los mayores contenidos de wolframio, oro y hierro en estas vetas alcanzaron 620 ppm, 45 ppb y 1.77 %, respectivamente (Tabla 2), en la margen derecha de la citada quebrada.

En la parte oriental del sector, en un dique riolítico con orientación norte-sur, de 10 m de espesor, se reconoció mineralización metálica de grano medio mediante pirita diseminada, goethita y epidota, siendo más abundante en las partes con *stockwork* y textura cavernosa del dique. Esta

Sample ID	PREP CODE		Au30 ppb	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Bi	As	Sb	Hg	Fe	Mn	Ba	B	Be
			FA + AA	ppm													%	ppm		
1967	225	229	45	< 0.2	4	46	< 2	5	19	< 1	< 0.5	74.0	2	< 2	< 1	0.35	110	< 10	10	< 0.5
1981	225	229	< 5	< 0.2	6	8	40	1	16	3	< 0.5	< 0.2	8	< 2	< 1	1.77	645	10	< 10	0.5
1982	225	229	10	< 0.2	6	36	30	3	9	2	< 0.5	< 0.2	22	2	< 1	1.59	240	30	< 10	2
1983	225	229	< 5	< 0.2	13	12	8	1	21	1	< 0.5	2.0	< 2	< 2	< 1	0.40	195	10	< 10	05
1984	225	229	< 5	< 0.2	5	28	10	1	14	1	< 0.5	< 0.2	6	< 2	< 1	0.49	135	10	< 10	0.5
1985	225	229	< 5	< 0.2	6	12	6	1	6	< 1	< 0.5	< 0.2	6	< 2	< 1	0.35	80	10	10	0.5

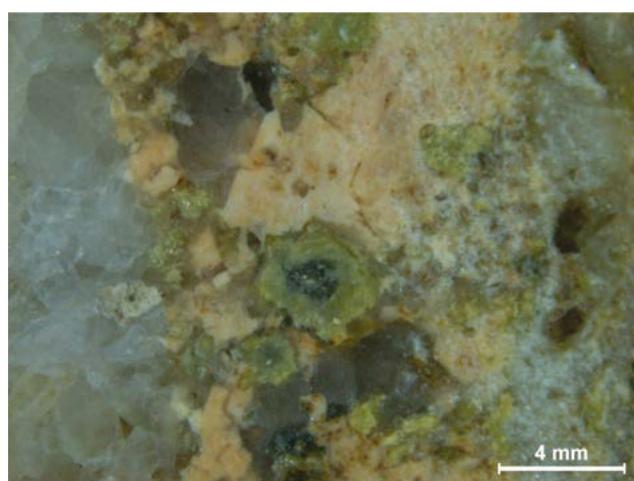
Sample ID	PREP CODE		P	Cr	V	W	La	Al	Mg	Ca	Na	K	Sr	Ga	Sc	Tl	Ti	U	S
			ppm				%				ppm				%	ppm	%		
1967	225	229	60	166	2	620	10	0.12	< 0.01	0.04	0.02	0.04	2	< 10	3	< 10	< 0.01	< 10	< 0.01
1981	225	229	250	135	5	< 10	10	0.17	0.01	0.07	< 0.01	0.06	4.00	< 10	1.00	< 10	< 0.01	< 10	0.03
1982	225	229	180	168	10	< 10	40	0.61	0.23	0.48	0.06	0.19	14.00	< 10	1.00	< 10	0.01	< 10	0.05
1983	225	229	80	189	2	< 10	< 10	0.14	0.01	0.10	< 0.01	0.08	5.00	< 10	< 1	< 10	< 0.01	< 10	0.02
1984	225	229	50	194	3	< 10	< 10	0.19	< 0.01	0.03	< 0.01	0.16	2.00	< 10	1.00	< 10	< 0.01	< 10	< 0.01
1985	225	229	30	180	3	< 10	< 10	0.14	< 0.01	0.02	< 0.01	0.12	1.00	< 10	< 1	< 10	< 0.01	< 10	< 0.01

**Tabla 2.** Resultados químicos por gravimetría, absorción atómica y el método ICP-AES, de los sectores Conconta y Romo.  
**Table 2.** Chemical results by gravimetry, atomic absorption, and the ICP-AES method, from the Conconta and Romo sectors.



**Figura 12.** Cristales de cuarzo secundario obtenidos desde vetillas paralelas (Figura 10), en granito silicificado.

**Figure 12.** Crystals of secondary quartz were collected from parallel veins (Figure 10) in silicified granite.



**Figura 13.** El granito exhibe reemplazos de sílice y epidota (verde claro, traslúcido, con zonación tenue). Esta última frecuentemente se distribuye afectando los feldespatos.

**Figure 13.** The granite exhibits silica and epidote (light green, translucent, with light zonation) replacements. The latter is frequently distributed affecting the feldspar.



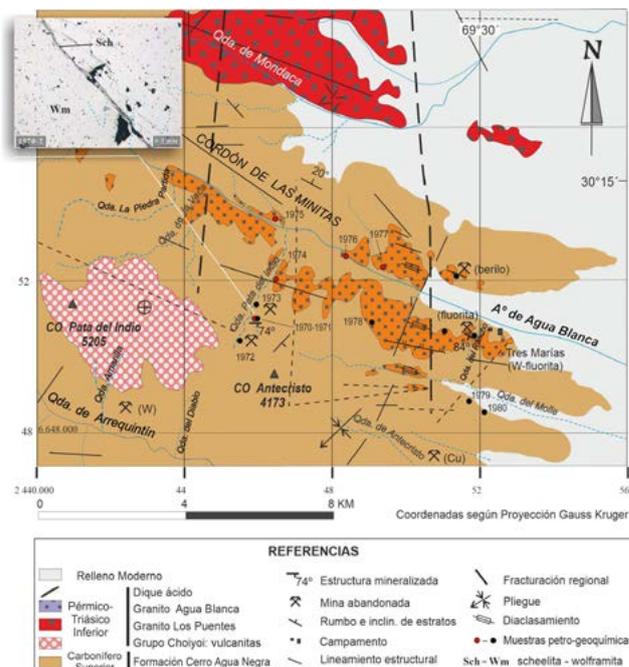
**Figura 14.** Afloramiento de granito con vetillas de sílice de diferentes espesores, hematites en cantidad moderada e incipiente textura de vuggy silica.

**Figure 14.** Granite outcrop with silica veinlets of different thicknesses, hematite in moderate quantity, and incipient texture of vuggy silica.

última distribución se caracteriza por vetillas con frecuencia de 10 unidades/m, rumbo predominante N 29° O, verticales, espesores entre 1 – 4 cm y composición de cuarzo suturado y masivo.

### 6.2.3. Sector Plutón Agua Blanca

Este sector comprende las rocas graníticas del plutón Agua Blanca, el que se dispone elongado



**Figura 15.** Geología del sector Agua Blanca. Muestra 1970-2. Fotomicrografía con LPP. Asociación mineral con wolframita (Wm) y scheelita (Sch).

**Figure 15.** Geology of the Agua Blanca sector. Sample 1970-2. Photomicrograph obtained with PPL. Mineral association with wolframite (Wm) and scheelite (Sch).

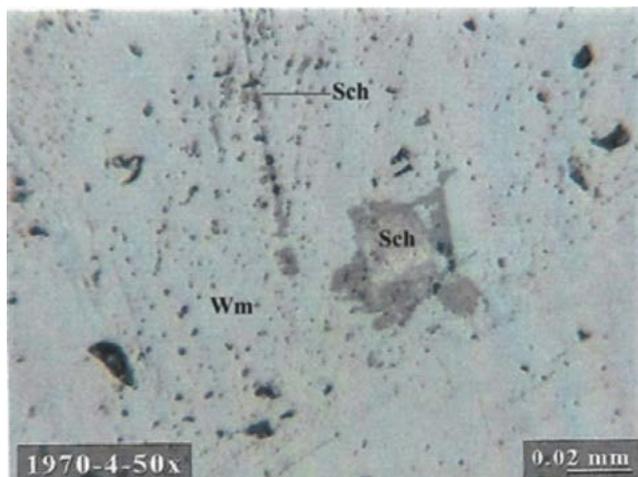
en la dirección ESE-ONO. Unas cinco labores, ubicadas próximas a las nacientes de la quebrada de Pata de Indio (Figura 15), fueron muestreadas. El desarrollo de cada extracción mineral se efec-

FORMAT (1X, A8, 3X, A1, 3X, A1,3X, A20,1X, 36 (1X, A7,2X, A1,1X))																				
BEGIN	Type	Frac	Sample ID	Au30	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Bi	As	Sb	Hg	Fe	Mn	Te	Ba
				ppb	ppm													%	ppm	
4500001	Rock	2	1971	20	-0.2	114	2	22	4	21	7	-0.2	56	15	-5	-0.01	2.54	195	-10	62
4500004	Rock	2	1972	41	-0.2	3	-2	10	260	5	1	-0.2	173	-5	-5	-0.01	0.7	172	-10	19
4500005	Rock	2	1978	-5	0.7	6	123	44	3	4	-1	-0.2	-5	-5	-5	0.019	0.74	230	-10	20
4500006	Rock	2	1979	-5	0.3	5	10	8	3	2	-1	-0.2	-5	19	-5	-0.01	0.37	25	-10	2000
4500007	Rock	2	1980	9	-0.2	22	37	37	6	8	1	0.3	-5	104	-5	0.027	1.3	83	-10	57

	Cr	V	Sn	W	La	Al	Mg	Ca	Na	K	Sr	Y	Ga	Li	Nb	Sc	Ta	Ti	Zr
	ppm					%					ppm					%	ppm		
4500001	134	26	-20	-20	27	1.53	0.56	0.24	0.02	0.4	6	10	-2	54	-1	-5	-10	0.04	14
4500004	154	5	-20	213	15	0.75	0.07	0.26	-0.01	0.4	4	2	-2	62	2	-5	-10	-0.01	4
4500005	96	2	-20	-20	12	0.3	0.01	0.22	0.03	0.07	3	32	-2	6	5	-5	-10	-0.01	6
4500006	65	7	-20	-20	3	1.17	0.03	10	0.27	0.35	97	79	5	18	9	-5	-10	-0.01	14
4500007	95	24	-20	134	12	1.91	0.05	7.42	0.08	0.63	16	111	15	35	8	-5	-10	-0.01	13

**Tabla 3.** Resultados químicos por gravimetría, absorción atómica y el método ICP-AES, del sector Agua Blanca.

**Table 3.** Chemical results by gravimetry, atomic absorption, and the ICP-AES method, from the Agua Blanca sector.



**Figura 16.** Mineral de wolframio del distrito Pata del Indio. Abreviaturas: Sch: scheelita, Wm: wolframita.

**Figure 16.** Wolframite ore from Pata del Indio district. Abbreviations: Sch: scheelite, Wm: wolframite.

Fase mineral	Elemento	% Óxido
wolframita	Mn	3.35 – 4.65
	Fe	9.72 – 37.56
	Nb	2.12 – 8.23
	W	33.23 – 70.56
scheelita	Ca	19.62
	W	75.64

**Tabla 4.** Resultados composicionales que fueron obtenidos mediante la microsonda electrónica en seis puntos de análisis sobre una fase metálica de la muestra 1970 (Quebrada Pata del Indio, sector Agua Blanca).

**Table 4.** Compositional results were obtained through the electron microprobe in six points of analysis on a metallic phase of the 1970 sample (Pata del Indio creek, Agua Blanca sector).

tuó a modo de socavón, llegando a tener entre 5 y 10 metros de longitud por 1.50 a 2.00 m de ancho. Las estructuras minerales están constituidas por un juego de vetillas, con wolframita y scheelita, en ganga de cuarzo (Figuras 15, 16). La roca encajante es la Formación Cerro Agua Negra. La disposición observada de las estructuras minerales es E-O, con 74° de inclinación al sur y un espesor variable entre 2 y 10 cm. La inyección de la mineralización se efectuó mediante el mecanismo de relleno de fracturas, con escasa invasión mineral hacia los muros. Los resultados de análisis (Tabla 3), mayormente sobre mineral de veta, mostraron, en la quebrada Pata de Indio: Au 20-41 ppb (roca de caja y veta), W 213 ppm,

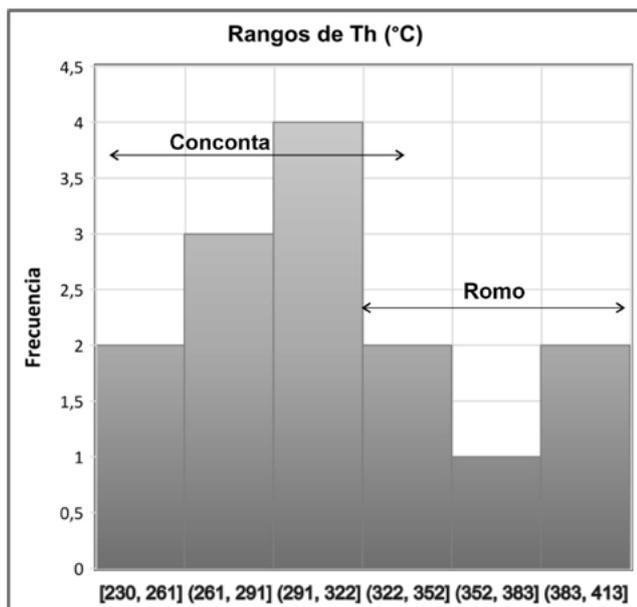
Mo 260 ppm, Cu 114 ppm, Fe 2.54 % (roca de caja) y Bi 56-173 ppm; en la quebrada Del Molle: W 134 ppm, Ba 2000 ppm e Y 79-111 ppm (Wetten *et al.*, 2000). Al mineral de wolframio se le asocia niobio (Tabla 4), cuya composición de óxido registró un rango entre 2.12 – 8.23%.

Además, estructuras potentes de cuarzo, verticales y de dirección E-O se inyectaron en la masa granítica, en la porción sur del plutón. Son portadoras de mineralización de grano fino, se reconocieron pirita escasa y limonitas como producto de lixiviación.

### 6.3. Mineralización no metalífera

Extracciones de fluorita, a partir de vetas, han sido reconocidas en las labores mineras que se sitúan en la porción austral del plutón Agua Blanca. Resultan de interés económico clavos y bolsones, con corridas de entre 35 y 50 m (excepcionalmente 100 m), de fluorita masiva blanca o ligeramente verdosa, acompañada por baritina y calcedonia-cuarzo (Malizia *et al.*, 1999). El antiguo sector de producción corresponde a una faja de dirección SE-NO, en la quebrada del Rancho, la que se desarrolla en roca de composición granítica, posee unos 40 metros de espesor y exhibe alteraciones sericítica y meteórica (Figura 15). La veta más conspicua de este sector se halla próxima al contacto con las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra y estuvo controlada por una falla de rumbo S50°E y 84° de inclinación al SO (Figura 15). Las fracturas mantienen su paralelismo con la dirección principal de diaclasamiento del granito. La mineralización se presenta crustificada, con fluorita y cuarzo, a la que se asocian escasas guías de limonitas, en una estructura de 2 m de potencia que, además, ha incorporado bloques redondeados de la caja granítica. La labor tiene unos 10 m de desarrollo horizontal por 1.50 m de ancho y 1.70 m de alto.

Acumulaciones de mica (biotita) también se identificaron en este plutón, aguas arriba del arroyo de Agua Blanca, en su afluente Pata de Indio (Figura 15). El modo de yacer es lenticular y el mineral presenta estrecha relación con cuerpos pegmatíticos que intruyeron las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra, próximo al contacto con las rocas graníticas. Prácticamente no ha quedado mineral remanente de lo que fue la tarea extractiva, a partir de una galería subterránea de unos 14 m de desarrollo horizontal.



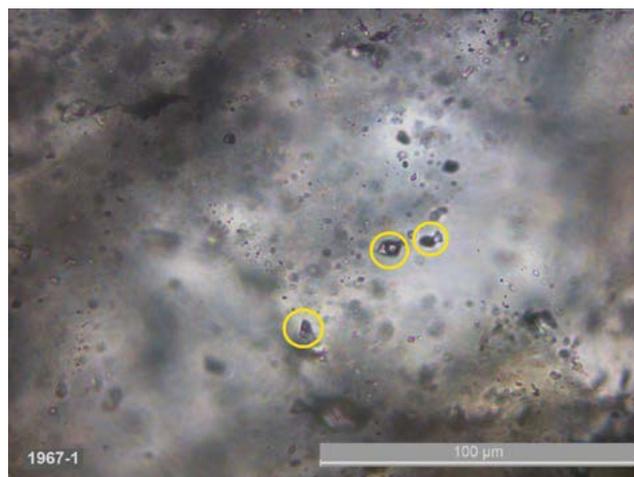
**Figura 17.** Distribución de temperaturas de homogeneización. Sectores Conconta y Romo.

**Figure 17.** Homogenization temperature distribution. Conconta and Romo sectors.

Minas de berilo se hallan situadas en la porción noreste del plutón y en la margen izquierda del arroyo de Agua Blanca (Figura 15). Allí se reconocieron 3 niveles de extracción, alineados sobre la dirección este - oeste y cuyos frentes de explotación se desarrollaron a expensas de una pegmatita portadora de berilo, encajada mayormente en un granito de grano fino. Este se mantiene en contacto neto con las cuarcitas de la Formación Cerro Agua Negra, mediante planos de diaclasas y sectores de brechamiento. Las dos labores superiores consisten en rajos galería, de aproximadamente 10 m de desarrollo, realizados sobre cuarcita. La labor inferior, en cambio, tiene un diseño de cantera semicircular, de unos 15 m de longitud.

## 7. Termometría de Inclusiones Fluidas

Las inclusiones fluidas observadas corresponden a los sistemas  $H_2O-NaCl$ ,  $H_2O-NaCl-CO_2$ , son bifásicas (L+V), trifásicas (L+L+V) y en general son pequeñas, con aproximadamente  $5 \mu m$  de diámetro (Figura 5). Las muestras se obtuvieron en los sectores Conconta y Romo. El estudio de termometría realizado arrojó un rango de temperaturas de homogeneización, para el sector Conconta: entre  $230.2^\circ C$  y  $334.2^\circ C$  y para el sector Romo: entre  $310.2^\circ C$  y  $413.0^\circ C$  (Tabla 5, Figura 17), con fluidos de tipo salinos subsaturados



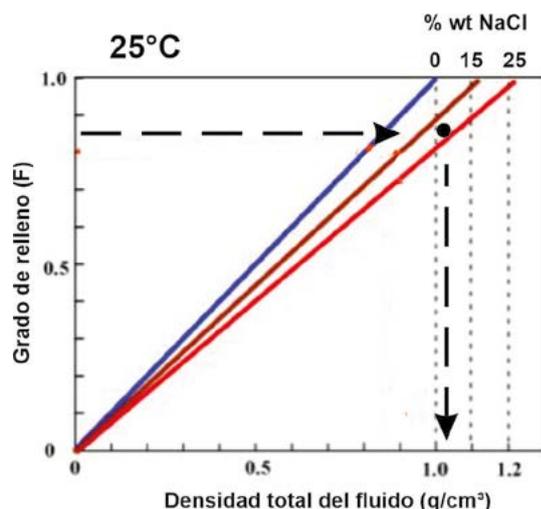
**Figura 18.** Fotomicrografía obtenida con LPP en la que se aprecian, en círculos, inclusiones fluidas de formas irregulares y de cristal negativo con fases líquido acuoso, líquido  $CO_2$  y vapor  $CO_2$ .

**Figure 18.** Photomicrograph obtained with PPL in which fluid inclusions of irregular shapes and negative crystal can be seen in circles. Aqueous liquid,  $CO_2$  liquid, and  $CO_2$  vapor phases can be distinguished.

Sector	Muestra	Tipo de inclusión	Th (°C)	Tm hielo (°C)	Tm clat. ( $CO_2$ )
Conconta	1967-11 S1	L+V	310.5	-21.3	
	1967-11 S1	L+V	262.5		
	1967-11 S1	L+V	334.2		
	1967-11 S2	L+V	350.0		
	1967-11 S2	L+V	268.5	-20.2	
	1967-11 S3	L+V	306.5		
	1967-12 S1	L+L+V			1.0
	1967-12 S2	L+L+V			5.8
	1967-12 S2	L+L+V	284.1		3.7
	1967-12 S3	L+L+V			13.0
	1967-12 S3	L+L+V	230.3		
Romo	WOC 4 S2-1	L+V	316.2		
	WOC 4 S2-2	L+V	310.2	-18.3	
	WOC 4 S3-1	L+V	401		
	WOC 4 S3-2	L+V	413		
	WOC 4 S3-3	L+V	360		

**Tabla 5.** Temperaturas de homogeneización y enfriamiento. Sectores Conconta y Romo.

**Table 5.** Homogenization and cooling temperatures. Conconta and Romo sectors.



**Figura 19.** Relación entre grado de relleno de una inclusión (F) y densidad total, obtenida en muestras de mineral de los sectores de Conconta y Romo (modificado a partir de Shepherd *et al.*, 1985). Al considerar que muchas de las inclusiones observadas tienen un  $F = 0.85$  y salinidad promedio del 20%, las flechas indican como a una inclusión le corresponde una densidad igual o mayor de  $1.02 \text{ g/cm}^3$ .

**Figure 19.** Relationship between filling degree of one inclusion (F) and total density, obtained in mineral samples from the Conconta and Romo sectors (modified from Shepherd *et al.*, 1985). Considering that many of the inclusions observed have an  $F = 0.85$  and average salinity of 20%, the arrows indicate how an inclusion corresponds to a density equal to or greater than  $1.02 \text{ g/cm}^3$ .

(21.19 – 23.24 % NaCl equivalente; Bodnar *and* Vityk, 1994) y de tipo carbónicos (Figura 18). El comportamiento de las fases con  $\text{CO}_2$  mostró temperaturas de fusión de clatrato en un rango de  $1^\circ\text{C}$  a  $13^\circ\text{C}$ . Entre  $-49.1^\circ\text{C}$  y  $-51.1^\circ\text{C}$  se produjo un movimiento espontáneo o *jerk*, asumiendo que éste sería próximo al punto triple del  $\text{CO}_2$  puro ( $-56.6^\circ\text{C}$ ), aunque estos valores levemente menores se deben probablemente a la presencia de componentes adicionales como  $\text{CH}_4$  o  $\text{N}_2$  (Shepherd *et al.*, 1985). Fenómenos de decrepitación también fueron observados y se produjeron a temperaturas mayores a  $600^\circ\text{C}$ .

En general las formas son esféricas a elongadas, algunas irregulares, y con una tendencia de relaciones líquido/vapor (F) de 0.85 para diferentes grupos de vacuolas. Dado que el promedio de la salinidad es de aproximadamente 20% NaCl equivalente, la densidad obtenida a partir del diagrama de salinidades (Shepherd *et al.*, 1985) resultó ser de  $1.02 \text{ g/cm}^3$  (Figura 19). Los valores estimados para la presión hidrostática, a partir del diagrama de temperaturas de homogeneización observadas en las asociaciones de inclusiones fluidas (AIF), de los sectores Conconta y Romo,

y el gradiente termobárico hidrostático (Goldstein *and* Reynolds, 1994), grada entre 360-500 bares, respectivamente.

## 8. Discusión

Los granitoides, incluyendo las intrusiones de pórfido asociados, comparten características genéticas que se presentan en muchos de los depósitos mayores a nivel mundial. Casi todo el Mo, Sn y W se extrae desde granitoides; muchos depósitos de metales raros (Ta, Nb, Bi, Be, Zr, Ga, REE), más del 60% de los recursos de Cu y hasta 10% del Fe, Au, Zn, Pb, Ag y U, así como todo o muchos de varios metales menores (Bi, Cd, Sb, Te, Re, In, Sc) se presentan dentro y alrededor de plutones o stocks emplazados principalmente en el ambiente epizonal, es decir entre 1 y 5 km de profundidad (Maksaev, 2001).

El arco magmático, considerado para este segmento de corteza continental, se halla asociado a mineralizaciones de elementos de afinidad granítica, como Mo, F, Bi, W y B (Llambías *et al.*, 1987) y cuyos depósitos estarían emplazados principalmente en el ambiente epizonal. Las manifestaciones metalíferas del ciclo Gondwánico, próximas a la región de estudio y que tuvieron interés extractivo, fueron los yacimientos de Cu-Sn-Au (Antecristo, Las Opeñas), de plata (El Salado), de wolframio (Arrequintín, quebrada de Mondaca), estaño en quebrada del Pueblo Hundido (Wetten, 1953), Bi-Cu (San Francisco de Los Andes; Llambías *and* Malvicini, 1969) y arsénico (Minas de Tocota y Amancay, Kittl *and* Bellio, 1946). Cabe agregar la existencia de conocidas minas, asignadas al ciclo Andino, para lo cual sólo se citan los depósitos de Au (Vicuña-El Salado), Ag-Pb-Zn (El Fierro) y Cu-Mo (Au) del pórfido de Chita, de composición tonalítica a diorítica (Lara *et al.*, 1993). Tanto al este como al sur del batolito, el granito Los Puentes produjo una mineralización de Cu-W-F alojada en sistemas de vetas de dirección predominante NE-SO (Malizia *et al.*, 1999).

Las concentraciones metalíferas generadas en los ciclos citados, pueden compararse con los modelos de depósitos relacionados con sistemas hidrotermales asociados con magmatismo en zonas de subducción y para épocas geológicas diferentes, según los resultados propuestos por Hedenquist *and* Lowenstern (En Lindsay, 1995; Tabla 1).

Previo al emplazamiento del batolito de Colangüil, la región estuvo sometida a una fuerte ero-

sión como consecuencia de la fase orogénica San Rafael (Llambías *and* Sato, 1990), lo que permite inferir que el engrosamiento, debido al citado emplazamiento granítico, estuvo acompañado por un significativo levantamiento. En la actualidad, el grado de erosión se aprecia desigual a lo largo de la parte central del batolito, al comparar los sectores observados en el terreno y luego representados gráficamente. El plutón Conconta, tanto en su extremo norte como en su centro, muestra un contacto neto con la caja sedimentaria hacia el techo, en una posición plana horizontal, cuya relación estratigráfica no ha sido advertida en otras zonas mapeadas, por ausencia de las rocas encajantes (Figuras 2, 3). En cambio, el plutón Agua Blanca debe haber sufrido un levantamiento estructural de bloques, con la consecuente deformación observada en la Formación Cerro Agua Negra (Figuras 2, 15) y la acción erosiva más intensa en su porción central, que no sólo denudó parte de la cúpula, sino que también afectó la caja sedimentaria hacia el borde del plutón. En este último, los elementos volátiles precipitados originalmente en los niveles cuspidales de la cámara magmática, habrían sido en gran medida erosionados y/o desplazados de su posición de emplazamiento, quedando los productos remanentes de la mineralización en los bordes norte y sur, en el contacto con la caja sedimentaria.

Se ha observado que el encajante sedimentario desarrolla facies de corneanas en el contacto con el plutón Conconta. Este marco mineralógico estaría indicando una zona de efecto térmico por intrusión ígnea, proceso que es distintivo tanto en el extremo norte del plutón Conconta, donde su porción central se halla erosionada, como también en la quebrada Brava, afluente de la quebrada Romo. En el primer caso es más notorio el metasomatismo de potasio, lo que posiblemente se debe a la mayor abundancia de biotita del Granito Los Puentes. Este se caracteriza por tener entre 5 y 7% de biotita, que es mayor que en el resto de los granitos (Llambías *and* Sato, 1990).

La wolframita, al igual que en la mayoría de los depósitos minerales relacionados a intrusivos graníticos a nivel mundial, es el mineral de wolframio dominante y además representativo de la fase temprana de óxidos. En Agua Blanca la scheelita aparece posteriormente ya sea en vetillas o como reemplazos, tal cual se evidencia en depósitos de otras provincias metalogenéticas (Wodd *and* Samson, 2000). En el sector de Agua Blanca se ha interpretado la posibilidad de un

ascenso de bloques estructurales, seguido de una fuerte erosión y por consiguiente justificaría una localización de varios kilómetros de profundidad de la mineralización metalífera, a su vez relacionada a altas temperaturas de precipitación. El desarrollo vertical del sistema metalífero que se describe podría sustentarse en el proceso migmatizador de la mineralización, dado que esta se ha extendido desde la cúpula del plutón hacia el encajante sedimentario, por cientos de metros, donde se distribuye con una tendencia concordante con la estratificación, tal cual se evidencia en las minas de Arrequeintín. Esta condición habría favorecido la solubilidad de las soluciones de Fe y Ca. Además, al estar caracterizado el plutón Agua Blanca por asociaciones minerales ricas en flúor, habría tenido una intervención de complejos fluorurados de W que aparentemente también serían favorables para una mayor solubilidad de la scheelita (Glinkina, 1969). De este modo, el estadio de reemplazo de ferberita por scheelita implica tanto una disminución de la acidez requerida para la formación del  $\text{FeWO}_4$  (Horner, 1979) como así también un incremento en la relación Ca/Fe de las soluciones mineralizadoras, concomitante con el enfriamiento (Wodd *and* Samson, 2000). Las importantes concentraciones de fluorita en el sector Agua Blanca también se habrían favorecido en este proceso, considerando además que esta sustancia aumenta su solubilidad a partir de los 150°C aproximadamente (Henley *et al.*, 1984).

Según lo observado, las AIF presentes en las vetas de los sectores Conconta y Romo son acuosas líquido-vapor y acuosas-carbónicas. En muestras provenientes del sector Romo, dado el pequeño tamaño de las inclusiones y posiblemente la baja concentración de  $\text{CO}_2$ , no fue posible diferenciar las fases líquido acuoso/vapor- $\text{CO}_2$ , aunque la presencia de la fase carbónica en algunos casos ha sido interpretada a partir del comportamiento de "agitación súbita" (*jerk*), observado en la etapa del segundo enfriamiento del sistema  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2$  en el rango -48°C; -51.1°C. Estos fluidos, en particular los del sector Conconta, son típicos del ciclo de deposición del wolframio en ambientes granitoides, relacionados con rocas huésped (libres de carbonatos) silíceas (Panasqueira, Cligga Head, Pasto Bueno) según Wood y Samson (2000). En estas AIF pudo verificarse la similitud de estos fluidos con el sistema polifásico standard "líquido acuoso, vapor  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  líquido, clatrato  $\text{CO}_2$  y hielo" (Wodd *and* Samson, 2000).

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre el mapeo geológico, los tipos de paragénesis minerales, la petrografía de inclusiones fluidas de los sectores Conconta y Romo, las salinidades moderadas y los resultados químicos obtenidos, se interpreta que los depósitos de wolframita (ferberita) de Conconta corresponden al tipo mesothermal (Korzeniewski, 2002) y se habrían formado en ambientes profundos (iguales o mayores a 4 km), vinculados al magmatismo de rocas calco-alcalinas (Castro, 1993) y mediante un proceso análogo al descrito para otros plutones del batolito (Wetten, 2021). Se estima que en Agua Blanca el sistema de wolframio, asociado además a un proceso de greisen en rocas graníticas y encajantes sedimentarias (Sato *et al.*, 2015), también habría ocurrido en un ambiente profundo, sustentado por la epizonalidad que otros autores (Llambías and Malvicini, 1966; Sato, 1989) les han atribuido a distintos sectores del batolito de Colangüil. Además, el bajo contenido registrado de Nb, en el sector de Agua Blanca, estaría en concordancia con el promedio para las rocas graníticas calco-alcalinas (Wedepohl, 1978).

## 9. Conclusiones

El efecto térmico, que las rocas graníticas provocaron en el encajante sedimentario, ha sido mejor identificado en el borde del plutón Conconta. Se citan, para el encajante de esta unidad, facies de corneana de biotita + cuarzo + andalucita (zona norte, Potreros de Pancha) y facies de corneana de hornblenda + clorita + cuarzo  $\pm$  epidota  $\pm$  biotita  $\pm$  sericita (zona de la quebrada Brava).

El primer estadio de mineralización es de baja concentración metalífera, es anterior al relleno de las vetas y está representado por la formación de greisen (Mo-F-moscovita), el que ha sido reconocido en miarolas del plutón Agua Blanca. Este proceso inicial de mineralización, previo al relleno de estructuras minerales, estaría en concordancia con lo descrito en diversos estudios (Landis and Rye, 1974; Harwood, 1985). La paragénesis metalífera en la región se asocia al wolframio, es de tipo epigenética y por inyección de fluidos en fracturas de centímetros de espesor. La misma ha sido reconocida en las zonas de mayor cota de los plutones Conconta y Agua Blanca, en la roca granítica y en el encajante siliciclástico, respectivamente, con una asociación común de wolframita y cuarzo. En esta porción batolítica, al conside-

rar el emplazamiento tardío del plutón Agua Blanca, se aprecia una zonación mineralógica al incorporar los pulsos minerales descritos para este plutón, consistentes en facies de greisen, wolframita ( $\pm$  niobio) - cuarzo, wolframita - scheelita - cuarzo y fluorita - cuarzo ( $\pm$  baritina). Cabe agregar que la distribución de mineral de wolframio, observada y muestreada en las zonas de labores mineras del plutón Conconta, se manifiesta hacia otras zonas no exploradas, ya que también ha sido identificada en la quebrada Brava (Figura 4), mediante las observaciones petrográficas del material extraído.

Así mismo, los depósitos metalíferos indicados han tenido un marcado control estructural local de las vías de la mineralización que, en el sector Conconta, muestra direcciones N-S, NO-SE, mientras que en el sector Agua Blanca es aproximadamente E-O. A escala regional, el control mineralogénico se advierte por la proximidad de las manifestaciones metalíferas con las líneas de fracturación que recorren ambos flancos de esta porción del batolito (Figura 2), aunque en Agua Blanca los depósitos minerales no estarían mayormente regidos por este control estructural. Las líneas de fracturación citadas podrían ser guías útiles para orientar una futura exploración por sustancias metalíferas en la región. Otro aspecto observado, que marca una tendencia, es que tanto las asociaciones minerales de alteración hidrotermal como los trazadores geoquímicos se tornan más cálcicos hacia el sur del área de estudio, lo que se constató por la presencia de epidota y hornblenda, en un borde de metasomatismo de la zona central del plutón Conconta, por scheelita y fluorita en el plutón Agua Blanca y por los mayores contenidos de Ca registrados en los análisis de roca (Tabla 3).

Los minerales de wolframio muestran una correlación positiva con tenores levemente anómalos de oro y hierro. La mineralización asociada al plutón Agua Blanca es algo más rica y compleja, con contenidos anómalos de estas sustancias y, además, de Mo-Cu-Bi-Ba-Y. Los contenidos de FeO y MnO, a partir de wolframita, ubican la serie isomorfa de este mineral en la composición de la ferberita, a la que se asocia hasta un 8.23% de niobio en el sector Agua Blanca. La mineralización no metalífera tiene sus depósitos en Agua Blanca y la más destacada está conformada por estructuras potentes de fluorita, ocasionalmente asociada a baritina. A estas estructuras se suman expresiones con acumulaciones de minerales

pegmatíticos, comúnmente con un modo de yacer de apófisis lenticulares (Figura 3).

Otro proceso de mineralización se puede relacionar a soluciones del mismo ciclo metalogénico y en la cercanía del plutón Agua Blanca, las que fueron inyectadas ya sea de modo concordante en el encajante sedimentario como también en fracturas, y probablemente hayan migrado unos pocos kilómetros hacia el sur, constituyendo depósitos de mineral de wolframio en el distrito Arrequequín y de cobre en Antetrismo.

Los fluidos incluidos en el cuarzo hidrotermal de las vetas son típicos del sistema  $H_2O-NaCl-CO_2$  con salinidad moderada, y caracterizarían un ambiente de deposición comúnmente observado para los depósitos en los cuales domina la wolframita (Wodtke and Samson, 2000). Para el sistema  $H_2O-NaCl$  las temperaturas de homogeneización se situaron para el sector Conconta entre 230.2°C y 334.2°C y para el sector Romo entre 310.2°C y 413.0°C. La salinidad obtenida a partir de las muestras de los sectores Romo y Conconta se ubica en el rango de 21 a 23%, respectivamente. Esta información, de carácter preliminar, exhibe características y tipos de composición de fluidos afines a las de depósitos mesotermales, formados en ambientes profundos.

Los rasgos estructurales que rigen en la comarca sugieren un mayor ascenso de bloques del basamento granítico hacia el sur del plutón Conconta. Este proceso también se habría manifestado en el plutón Agua Blanca. Tal ascenso se considera posterior a la fase orogénica San Rafael y se lo atribuye tanto por la intensa erosión de la roca de caja sedimentaria, como también por la ausencia de mineralización metalífera en el sector central del plutón Agua Blanca y el suave plegamiento de la Formación Cerro Agua Negra en el entorno de este plutón (Figura 3).

Los conjuntos de asociaciones de inclusiones fluidas identificadas fueron de utilidad para realizar determinaciones termométricas y, además, para identificar la paragénesis del wolframio en el ambiente batolítico descrito.

## Agradecimientos

Este trabajo formó parte tanto de un proyecto de investigación de la Universidad Nacional de San Juan, de una beca postdoctoral financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, como así también de un trabajo de colaboración científica realizado

en la Escuela de Minas de Colorado. El autor expresa su agradecimiento al Dr. Murray W. Hitzman por la supervisión de la interpretación mineralogénica, al apoyo técnico de los laboratorios de la Colorado School of Mines (Colorado), al Servicio Geológico de EE. UU con sede en Lakewood-Denver y al Dr. Carlos Esteban Castro (UNSJ-Argentina), por la lectura crítica del manuscrito.

## Referencias

- Baraldo, J., Wetten, A., Olivares, L., and Moyano, E. (2002). Análisis de la fracturación andina en un sector de Cordillera Frontal, provincia de San Juan. Actas del 15<sup>o</sup>. Congreso Geológico Argentino CD-ROM. Artículo N<sup>o</sup>. 274. 5pp.
- Bodnar, R. J., and Vityk, M. O. (1994). Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications, IMA Short Course Volume, Virginia Polytechnic Institute and State University Press, 117-130.
- Castro, C. E. (1993). Mecanismos de emplazamiento de los diques del Granito Los Puentes y su vinculación con el batolito de Colangüil entre las quebradas de Agua Blanca (30°16' S) y Tres Quebradas (29°40' S). San Juan. Argentina. Actas 12<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino y 2<sup>o</sup> Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mendoza, 4, 90-88. Buenos Aires.
- Glinkina, M. I. (1969). Behavior of tungsten and calcium in acid fluoride solutions at temperatures from 18 to 350°C. *Geochemistry International*, 5, 641-648.
- Giambiagi, L., and Martinez, A. N. (2008). Permo-Triassic oblique extension in the Potrerillos-Uspallata area, western Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 26, 252-260.
- Glinkina, M. I. (1969). Behavior of tungsten and calcium in acid fluoride solutions at temperatures from 18°C to 350°C. *Geochemistry*, 7, 641-648.
- Goldstein, R. H., and Reynolds, T. J. (1994). Systematics of Fluid Inclusions in Diagenetic Minerals. SEPM, Tulsa, Oklahoma. Short Course 31, 199 p.
- Harwood, A. (1985). Tungsten-tin mineralization at Chojlla in the Taquesi batholith, Cordillera Real, Bolivia. In Halls, C. *et al.* (eds.), High heat production (HHP) granites, hydrothermal circulation, and ore genesis: London, Institution of Mining and Metallurgy, 549-561.
- Henley, R. W., Truesdell, A. H., Barton, Jr., P. B., and Whitney, J. A. (1984). Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal Systems. Society of Economic Geologists, Volume 1. <https://doi.org/10.5382/Rev.01>. ISBN electronic: 9781629490083.
- Heredia, N., Rodríguez Fernández, L. R., Gallastegui, G., Busquets, P., and Colombo, F. (2002). Geological setting of the Argentine Frontal Cordillera in

- the flat-slab segment (30° 00' - 31° 30' S latitude). *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 79-99.
- Horner, C. (1979). Solubility and hydrolysis of FeWO<sub>4</sub> and MnWO<sub>4</sub> in the 25°–300°C range, and the zonation of wolframite. *Chemical Geology*, 27(1–2), 85-97.
- Kittl, E., and Bellio, N. (1946). Estudio geológico - económico de los yacimientos de arsénico de Tocota, departamento Iglesia, provincia de San Juan. *Revista Minera*, 17(4), 73-104.
- Korzeniewski, L. I. (2002). Inclusiones fluidas aplicadas a la exploración minera. SEGEMAR, Serie Publicaciones N° 165, 20 p.
- Landis, G. P., and Rye, R. O. (1974). Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the Pasto Bueno tungsten-base metal ore deposit, northern Perú. *Economic Geology*, 69, 1025-1059.
- Lara, R., Puigdomenech, H., and Taner, M. (1993). Mineralización de metales preciosos (Au-Ag) y de base (Cu-Mo) en un sector de la quebrada del Arroyo Chita, Departamento Iglesia - San Juan. 12do Congreso Geológico Argentino – 2do Congreso Explor. de Hidrocarburos. Tomo 5, 131-139. Mendoza, Argentina.
- Lindsay, N. (1995). The Mineralogy of Hydrothermal Ore Deposits Associated with Magmatism with Special Reference to Andean Examples. The University of New Zealand. In Short Course: Strategies for Exploration, Section IB; Marzo 23-24, Santiago, Chile.
- Llambías, E. J., and Malvicini, L. (1966). Metalogénesis asociada a los plutones graníticos de la Cordillera Frontal, entre quebrada de Agua Negra y Río Castaño, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21(4), 239-261.
- Llambías, E. J., and Malvicini, L. (1969). The Geology and Genesis of the Bi-Cu Mineralized Breccia Pipe, San Francisco de Los Andes, San Juan, Argentina. *Economic Geology*, 64, 271 - 286.
- Llambías, E. J., Sato, A. M., Puigdomenech, H., and Castro, C. E. (1987). Neopaleozoic batholiths and their tectonic setting. Frontal Range of Argentina between 29° and 31°S. Congreso Geológico Argentino N° 10, Symposium Circum Pacific and Phanerozoic Granites, Actas, Vol. 4, 92-95. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Llambías, E. J., and Sato, A. M. (1990). El batolito de Colangüil (29-31°S), Cordillera Frontal de Argentina; estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile*, 17(1), 89-108.
- Llambías, E. J., Sato, A. M., and Castro, C. E. (1990a). Relaciones entre el Grupo Choiyoi y el Batolito de Colangüil. Congreso Geológico Argentino N° 11, T. I. San Juan, pp. 79-82.
- Llambías, E. J., Shaw, S., and Sato, A. M. (1990b). Lower Miocene plutons in the eastern Cordillera Frontal of San Juan (28.75° S; 69.30° W). XI Congreso Geológico Argentino, Tomo I: 83-86. San Juan, Argentina.
- Llambías, E. J., and Sato, A. M. (1995). El batolito de Colangüil: transición entre orogénesis y anorogénesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 50(1-4), 111-131.
- Maksaev, V., Moscoso, R., Mpodozis, C., and Nasi, C. (1984). Las unidades volcánicas y plutónicas del Cenozoico superior en la Alta Cordillera del Norte Chico (29° - 31° S): Geología, alteración hidrotermal y mineralización. *Revista Geológica de Chile*, 21, 11-51.
- Maksaev, V. (2001). Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogénesis andina. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Malizia, D., Limarino, C. O., Sosa Gómez J., Kokot, R., Nullo, F., and Gutiérrez, P. R. (1999). Descripción de la Hoja Geológica Paso del Agua Negra (3169-2) – provincia de San Juan. SEGEMAR, 173 p. Buenos Aires, inédito.
- Minera TEA (1968). Geología de la Alta Cordillera de San Juan. Su prospección y áreas con posibilidades mineras. Parte II. Departamento de Minería, provincia de San Juan, inédito.
- Polanski, J. (1958). El bloque variscico de la Cordillera Frontal de Mendoza. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 12(3), 165-196.
- Polanski, J. (1970). Carbónico y Pérmico en la Argentina. Editorial Eudeba, 2° Ed. 1978, 216 pág., Bs. As.
- Quartino, B., and Zardini, R. A. (1967). Geología y petrología de la Cordillera de Colangüil y las serranías de Santa Rosa y San Guillermo, Cordillera Frontal de San Juan. Magmatismo y metalogénesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22(1), 5-63.
- Ramos, V. A., Page, R. N., Kay, S., Lapido, O., and Delpino, D. (1987). Geología de la región del volcán Tórtolas, Valle del Cura, provincia de San Juan. 10mo. Congr. Geol. Arg., San Miguel de Tucumán.
- Ramos, V. A. (1999). Las Provincias Geológicas del Territorio Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales*, 29(3), 41-96.
- Roedder, E. (1984). Fluid Inclusions. *Mineralogical Society of America*, 12, 652 p.
- Rodríguez Fernández, L. R., Heredia, N., Espina Cagarra, M. I. (1997). Stratigraphy and structure of the Argentine Central Andes between 30° and 31°S latitude. *Acta Geológica Hispánica*, 32(1-2), 51-75.
- Rodríguez Fernández, L. R., Heredia, N., Gallastegui, G., Busquets, P., and Colombo, F. (2002). The Argentine Frontal Cordillera between 30° 00' and 31° 30'S latitude: polycyclic structure and tectonic evolution. *Geogaceta*, 32, 167-170.
- Sato, A. M. (1989). Caracterización petrológica del plutón granítico de Chita, Departamento Iglesia, Pcia.

- de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_2250\\_Sato.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2250_Sato.pdf).
- Sato, A. M., Llambías, E. J., Basei, M. A. S., and 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.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H., and Alderton, D. H. (1985). *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. Chapters 1, 2, 3, 4, and 7. Blackie and Son Limited. Bishopbriggs. Glasgow G64 2NZ.
- Stappenbeck, R. (1910). La Precordillera de San Juan y Mendoza. *Anales. Min. Agricultura. Sección Geología*. Tomo 4, N° 3.
- Wedepohl, K. K. (1978). *Handbook of Geochemistry*. Volume 2, Part 5. Berlin, Heidelberg, New York. ISBN 3540090223.
- Wetten, F. (1953). Estudio geológico-económico de los yacimientos de wolfram de Arrequeñtín, departamento Iglesia, provincia de San Juan. (Inédito). Universidad Nacional de Cuyo.
- Wetten, A. F., Lanzilotta, M. I., and Olivares, L. A. (2000). Mineralization related to the central portion of the Colangüil Batholith. San Juan, Argentine. 31<sup>st</sup> International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil. Date: 10/08/00 - Booth M44.
- Wetten, A. F. (2021). Mineralizaciones asociadas al Pluton Tocota. Sector Sur del Batolito de Colanguil, Cordillera Frontal, San Juan, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 132(3), 229-251.
- Wood, S., and Samson, I. M. (2000). The Hydrothermal Geochemistry of Tungsten in Granitoid Environments: I. Relative Solubilities of Ferberite and Scheelite as a Function of T, P, pH, and  $m_{\text{NaCl}}$ . *Economic Geology*, 95, 143-182.