

Mineralización en el basamento metamórfico de bajo grado de Catamarca y norte de La Rioja, Argentina.

Julio C. ÁVILA¹ y José E. LAZARTE¹

Abstract: *MINERALIZATION IN LOW GRADE METAMORPHIC BASEMENT OF CATAMARCA AND NORTH OF LA RIOJA, ARGENTINA.*- In the south central sector of Catamarca province and north of La Rioja crop out metamorphic rocks of different names included in the "Puncoviscana Formation *s.l.*", (Neoproterozoic – Early Cambrian) that contain mainly metal-bearing mineralization. In Papachacra, Altohuasi - Culampajá and Belén hills metamorphites of Loma Corral Formation houses veins of W, Fe (F), Pb - Zn (Ag, Au) and Topaz. In Sierra de Ambato veins of Sb are hosted in La Cébila Formation. In the Cerro Negro de Rodríguez the Negro Peinado Formation contains vetiform mineralization of Cu, Pb and Zn. Except for the case of La Cébila, where there are not outcrops of igneous rocks, all the deposits has space and possibly genetic relationship with granitoids. It has been observed that the development of the veins is bigger where the wall rocks are metamorphites.

Resumen: *MINERALIZACIÓN EN EL BASAMENTO METAMÓRFICO DE BAJO GRADO DE CATAMARCA Y NORTE DE LA RIOJA, ARGENTINA.*- En el sector sur central de la provincia de Catamarca y norte de La Rioja afloran rocas metamórficas de distintos nombres formacionales incluidas en la "Formación Puncoviscana *s.l.*", de edad Neoproterozoica – Eocámbrica, portadoras de mineralización principalmente metalífera. En las sierras de Papachacra, Altohuasi – Culampajá y Belén las metamorfitas de la formación Loma Corral alojan vetas de W, Fe (F), Pb - Zn (Ag, Au) y Topacio. En la sierra de Ambato se emplazan vetas de Sb en la Formación La Cébila. En el Cerro Negro de Rodríguez la Formación Negro Peinado es portadora de mineralización vetiforme de Cu, Pb y Zn. Salvo el caso de La Cébila, donde no se encontraron afloramientos de rocas ígneas, todas las mineralizaciones tienen relación espacial y posiblemente genética, con granitoides paleozoicos aflorantes. Se ha observado que el desarrollo de las vetas es mayor donde las rocas de caja son metamorfitas.

Palabras clave: Mineralización. Formación Puncoviscana *s.l.* Catamarca. La Rioja.

Key words: Mineralization. Puncoviscana Formation *s.l.* Catamarca, La Rioja.

Introducción

La presente contribución considera la mineralización alojada en rocas metamórficas de distintos nombres formacionales incluidas en la "Formación Puncoviscana *s.l.*" de edad Neoproterozoica – Eocámbrica siguiendo los criterios de Aceñolaza y Aceñolaza (2005). En este grupo también se incluye a la Formación Loma Corral. De este modo, quedan comprendidas metamorfitas aflorantes entre los paralelos 26° 55' y 28° 50' y los meridianos 66° 20' y 68° 00' aproximadamente, en las sierras de Papachacra, Altohuasi - Culampajá, Belén, Ambato y Cerro Negro de Rodríguez. Todas estas localidades pertenecen al ámbito de Sierras Pampeanas, con la excepción del Cerro Negro de Rodríguez, que corresponde al sistema de Famatina (Figura 1).

Respecto a la Formación Loma Corral es conveniente hacer las siguientes consideraciones: En un principio fue asignada al Precámbrico (Turner, 1962a). Posteriormente, Aceñolaza y

¹ INSUGEO Universidad Nacional de Tucumán - CONICET. Miguel Lillo 205. 4000 San Miguel de Tucumán, Argentina. jcvila@csnat.unt.edu.ar

Toselli (1981) consideran en general a esta unidad, junto con otras, como del Precámbrico - Cámbrico inferior. Dentro del conjunto de unidades caracterizadas por sedimentitas con metamorfismo de bajo grado, se encuentran algunas con mayor rango (biotita) que otras. Tal es el caso de la Formación Medina del NE de Tucumán con respecto a la Fm. Puncoviscana *sensu stricto* (Lazarte, 1984). De esta manera la Formación Loma Corral, dentro del esquema de metasedimentitas originadas en la cuenca precámbrica, sería correlacionable, por grado metamórfico, a la Formación Medina o similares.

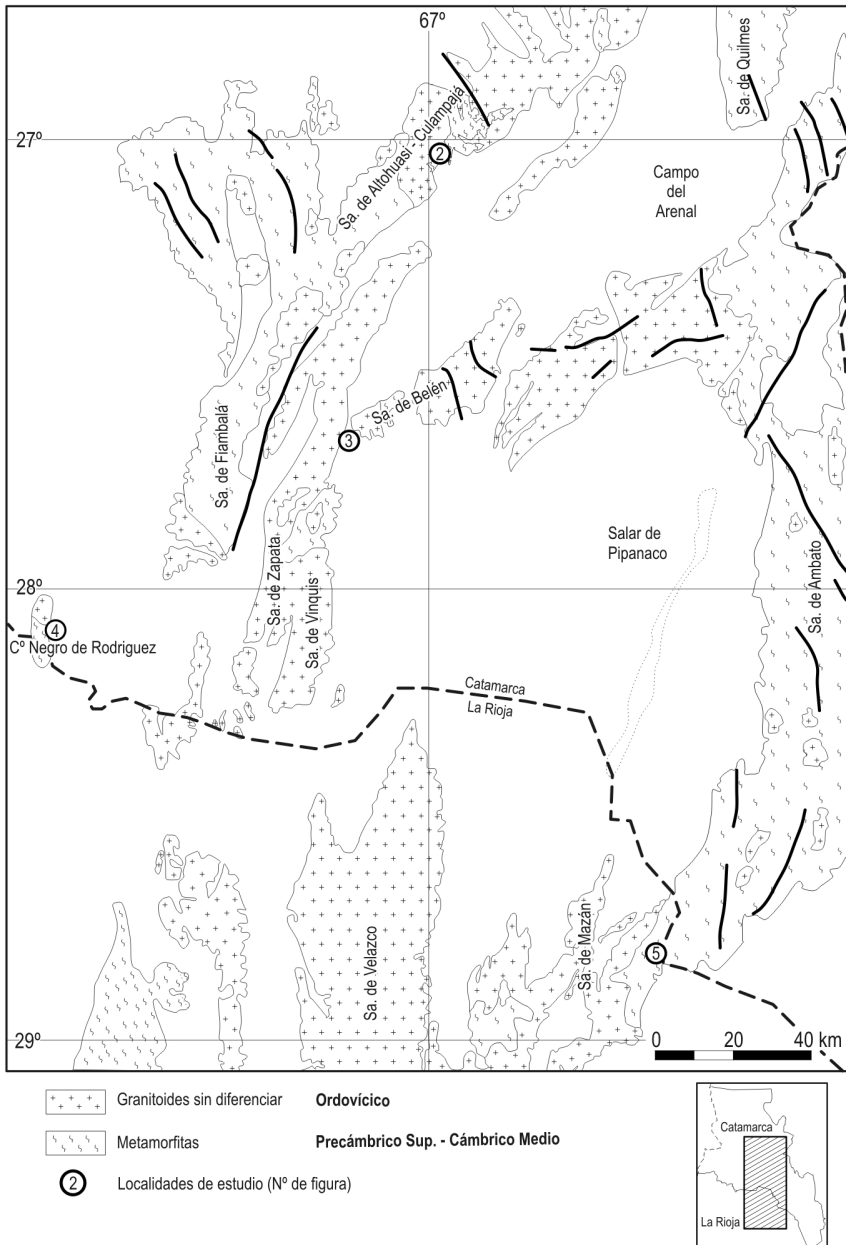


Figura 1. Reseña geológica regional del área de estudio, con indicación de rocas cristalinas.

Las calizas que se describen como Mármoles Totorillas serían correlacionables a las que se observan sobre la ladera occidental de la sierra de Ambato (calizas Pomán). Las calizas metamórficas se mencionan además en Tucumán, Salta y Jujuy, a las que Aceñolaza y Toselli (2009) sitúan en dos posibles niveles estratigráficos diferentes.

Contemporáneo con la subsidencia de la cuenca ocurrió una actividad magmática básica, probablemente efusiva en algunos lugares, que originó las Metabasitas de La Cuesta. Con posterioridad a estos eventos se produjo el metamorfismo regional que dio las características actuales de la unidad. Contribuyeron finalmente a configurar las milonitas, skarns y cornubianitas, la intensa deformación de posible edad cámbrica y la intrusión de granitoides del Paleozoico medio o alto.

A continuación se describen las unidades objeto de estudio y las manifestaciones mineralizadas asociadas.

Sierras de Papachacra y Altohuasi - Culampajá

La Formación Loma Corral (Turner, 1962a) está constituida por una litología variada que se podría agrupar en metasedimentitas, mármoles y metabasitas. En este trabajo se sigue la definición de Turner según el criterio de Lazarte (1992).

Las metasedimentitas afloran en dos sectores de las sierras mencionadas limitados al O y al E por los afloramientos de rocas graníticas (Figura 2). Los contactos con los granitoides son netos, con efectos por metamorfismo térmico, caracterizados por una inyección cuarzo-feldespática que en el caso del ortogneis Chango Real origina una “roca de mezcla” en el sector La Mesada.

Las rocas de esta unidad son cuarcitas, esquistos y flitas de colores grises, con tonos verdosos y parduzcos. La composición es de cuarzo, biotita, muscovita, sericita y clorita, con epidoto, feldespatos, apatito y circón en menor proporción. En algunos sectores se observó presencia de andalucita.

Estructuralmente la roca presenta un plano de esquistosidad conspicuo, concordante con niveles de calcosilicatos y anfibólicos, que correspondería a la estratificación original.

Al microscopio se observa una fábrica que varía entre granoblástica en las cuarcitas a lepidoblástica en flitas y esquistos.

El cuarzo se presenta como microfenoblastos y formando parte de la matriz en esquistos y cuarcitas, con extinción fuertemente ondulosa y con ligera elongación. La biotita se presenta en láminas flexuradas o en kinks. Se observa también desferrización, muscovitización y, en menor medida, cloritización. La muscovita es, por lo general, producto de alteración de biotita con las mismas características deformacionales. Cuando es de origen metamórfico, crece en láminas anchas y sin deformación. En zonas de contacto con los granitoides hay fenoblastos de FK probablemente productos del metasomatismo potásico provocado por la intrusión. En la matriz de algunos esquistos se observa plagioclasa (oligoclasa), de probable origen metamórfico, sin deformación. La andalucita ocurre en un esquisto cuya deformación es anterior al crecimiento de andalucita, la que se habría originado por efecto de la intrusión del ortogneis Chango Real. Circón y apatito son minerales relictos, los opacos son a veces muy abundantes cerca de las zonas de contacto, donde aparece una generación euhedral, cortando la estructura de la roca y/o rellenando venillas.

Los Mármoles Totorillas (García, 1974) están constituidos por calizas y metasedimentitas carbonáticas. Ocurren como lentes de espesores del orden de la decena de metros y longitudes

del orden del centenar o millar de metros. Afloran en una faja de rumbo N 350° con inclinaciones variables entre 30°O y 70°E. En los mármoles, además de la calcita mayoritaria, se observan muscovita y topacio de grano fino, intersticiales, generados por los efectos de la intrusión del granito. La textura del mármol es granoblástica.

Los lentes de mármoles están acompañados por una brecha polimíctica con clastos de metasedimentitas, metavulcanitas y mármoles de hasta 1 m de diámetro. En la sierra de Altohuasi afloran niveles calcosilicáticos y carbonáticos de hasta 0,2 m de espesor, concordantes con la esquistosidad principal. Se observa epidoto con tremolita- actinolita subordinados.

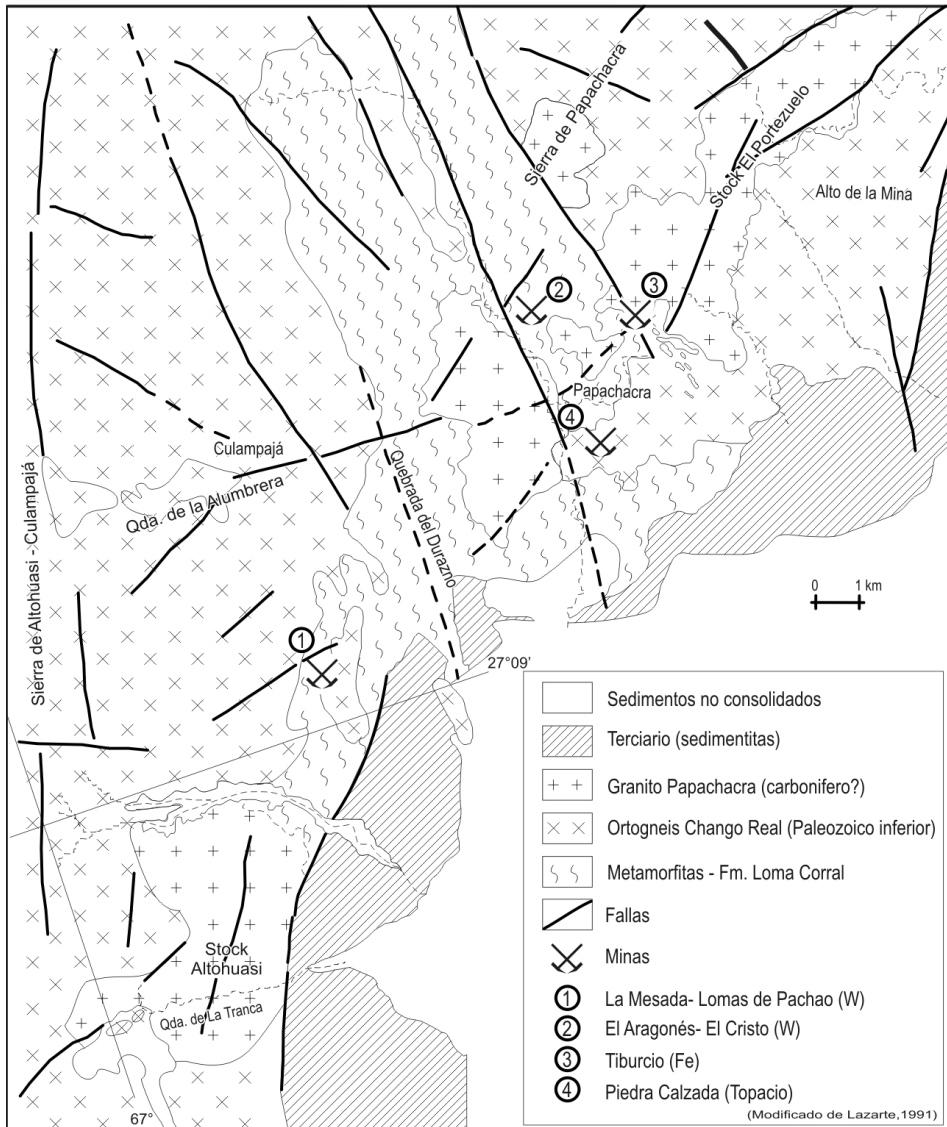


Figura 2. Geología de la zona de Papachacra Culampajá.

Las Metabasitas La Cuesta (García *et al.*, 1981) afloran en cuerpos de diversas características que en general sufrieron los efectos del metamorfismo regional y de la intrusión del Granito Papachacra. El cuerpo de ortoanfibolitas de La Cuesta es el de mayores dimensiones. Es una roca de color verde oscuro, de grano mediano, textura granoblástica maciza. La composición es de hornblenda, andesina y biotita como minerales principales, es importante el desarrollo de epidoto secundario y la cloritización de máficos, acompañada de carbonatos intersticiales. Tiene indicios de fuerte cataclasis (milonitización).

Otros cuerpos de metabasitas que se observan en la zona tienen textura porfírica, holocristalina y xenomórfica, con estructura bandeada. La composición general es de plagioclasa, muscovita, sericita, cuarzo, opacos, biotita y piroxenos (abundantes en algunos casos). Los fenocristales son de plagioclasa, con fuerte sericitización. El cuarzo está presente sólo en la pasta o como exsoluciones y venillas en los fenocristales. Los opacos son generalmente abundantes, orientados según el bandeamiento general. El piroxeno es por lo general augita subhedral, con alteración a epidoto, biotita y clorita.

También se observa una zona con asociación mineral tipo skarn que se extiende al norte del río Papachacra. En general, son porciones lentiformes, subconcordantes con la estructura del basamento. Se observan rocas muy alteradas con epidoto (masivo y en cristales aciculares), muscovita, granate de distribución irregular, malaquita, pirita, cuarzo y óxidos de Fe, con silicificación en varios sectores (Lazarte y Horta, 2008).

MINERALIZACIÓN

Depósito Tiburcio (Fe, F)

Se encuentra sobre la margen derecha del río Papachacra, aproximadamente 3 km al norte de la localidad homónima.

Relacionado al stock granítico de Rodeo Gerván se encuentra una conspicua manifestación de roca ribbon, estudiada en detalle por García *et al.* (1982). Esta roca, único ejemplo conocido en el país hasta el presente, está constituida principalmente por un greisen de magnetita y fluorita en bandas crenuladas del orden del cm de espesor. Otros minerales presentes son: calcopirita, scheelita (?), esfarelita, oxidados de Cu, escasas pentlandita y chispas de oro.

La mineralización económica aparece en dos estructuras diferentes que fueron reconocidas por perforaciones. La primera es una veta aparentemente subhorizontal de más de 4m de potencia desarrollada en el contacto entre las calizas cristalinas y el granito. La segunda es una veta subvertical de 10m de potencia y rumbo general N-S emplazada en el contacto entre calizas cristalinas y las metavulcanitas básicas.

García *et al.* (1982) señalan riqueza en Rb, Cs, Sn y Be, además de los mayoritarios F y Fe. También citan la presencia de casiterita y, en afloramientos cercanos, mencionan prospecciones por hierro y berilio que permiten ampliar el área de ocurrencia de este tipo de mineralización hacia el norte, en la quebrada del río Vicuña Pampa. De acuerdo a la mineralogía presente, se pueden reconocer dos tipos de greisen; uno constituido básicamente por fluorita - magnetita, al que García *et al.* (1982) llaman “exo - greisen” de acuerdo a su localización respecto al stock granítico; y otro constituido principalmente por cuarzo - muscovita- fluorita, al que llaman “endo - greisen”. Ambos se desarrollan en zona de contacto del granito con calizas y metavulcanitas del basamento (mármoles Totorillas y metabasitas La Cuesta de la Formación Loma Corral).

Resulta importante desde el punto de vista metalogénico la asociación que se da en este depósito de greisen con skarn desarrollado con anterioridad a la greisenización (García *et al.*, 1982), ya que es frecuente en zonas con mineralización de estaño.

Depósitos El Aragonés y otros (W)

En las proximidades de la localidad de Papachacra existen algunas manifestaciones vetiformes de wolframio, la más importante de ellas es El Aragonés.

Son vetas de cuarzo escasamente mineralizadas con wolframita, mica, piritita y óxidos de hierro que se emplazan en el basamento metamórfico en las cercanías del contacto con el granito Papachacra. Tienen rumbo NNE-SSO, subverticales, con espesores de hasta 10 cm. En ellas se desarrollaron trabajos a cielo abierto y pocos metros de laboreos subterráneos. Asimismo, aguas arriba, se desarrollaron labores menores denominadas mina El Cristo, donde se observa presencia de wolframita y sulfuros con oxidados de Cu y en el sector de Piedra Calzada se realizaron destapes prospectando por wolframio (Soulier, 1982).

Piedra Calzada (Topacio)

Está ubicada aproximadamente a 3 km al sur de la localidad de Papachacra. Sus coordenadas geográficas son: 27°01'27''S - 66°53'51''O.

En el área afloran metamorfitas de la Formación Loma Corral y granitoides atribuidos a la Formación Papachacra. Las primeras son filitas, esquistos cuarcitas y gneises de color gris oscuro con rumbo general NE-SO. Las rocas graníticas corresponden a monzogranitos de grano medio y color amarillo.

La mineralización de Topacio se encuentra cerca del contacto de las metamorfitas con el granito. Se caracteriza por una asociación que consiste principalmente de cuarzo y moscovita con menor proporción de fluorita, topacio y escasa columbita. Existen sectores brechados con clastos de metamorfitas y granitos. Los cristales de topacio son de color amarillo a incoloro con brillo vítreo a translúcido. Su tamaño varía de 0,2 a 2,5 cm y su densidad es de 3,4. Comúnmente son cristales de hábito columnar corto y sin terminación cristalográfica en sus extremos. Presentan seudoclivaje en la cara {001}. Al microscopio es igualmente incoloro con índices de refracción cercanos entre sí: para x ó *alfa* 1,610. La birrefringencia está en el orden primero de color gris (Avila y Porto, 1982). Los diseños de DRX muestran que corresponde con la tarjeta de topacio de la ICDD. Es casi puro de F con una mínima sustitución de OH (Avila *et al.*, 2004). Colombo *et al.* (2009) indican que es rico en F con muy bajo MgO y TiO₂ bajo FeO y valores de CaO de hasta 0,10%. Los cristales presentan numerosas inclusiones fluidas. Entre los tipos de inclusiones identificadas se mencionan inclusiones bifásicas y trifásicas. Ambos grupos tienen una salinidad entre 16 y 18% de NaCl equivalente y la temperatura de homogenización varía entre 370°C y 420°C (Avila *et al.*, 2004).

Las manifestaciones son explotadas a cielo abierto. El topacio se recupera artesanalmente.

La asociación mineral y la termometría de las inclusiones fluidas sugieren que Piedra Calzada corresponde a un depósito hidrotermal de alta temperatura (Avila *et al.*, 2004).

Grupos mineros La Mesada y Pachao (W)

Se ubican en la sierra de Altohuasi-Culampajá, 8 km al norte de la localidad de Corral Quemado. En el área se han definido los grupos mineros La Mesada y Pachao (Avila y Velasco Robles, 1983). Los depósitos están distribuidos en una superficie aproximada de 12 km² entre las quebradas de La Mesada y Yanquenco, aproximadamente a 7 km del límite sur del sector aurífero de Culampajá. Fueron discontinuamente explotados a cielo abierto y subterráneamente durante la primera mitad del siglo pasado.

En la quebrada de La Mesada se emplazan las vetas de San Isidro y La Banda (Aspilcueta, 1959; Avila y Velazco Robles, 1983 ; Avila *et al.*1987) en una extensión de alrededor de medio kilómetro cuadrado.

Las vetas de cuarzo portadoras de wolframita están alojadas en fracturas submeridianas y buzamiento 20° a 30° E que afectan la Formación Loma Corral. Las metamorfitas son esquistos con grado variable de inyección, el ortogneis Chango Real aflora alrededor de 100 m al este del sector mineralizado.

Las vetas de cuarzo hialino, de hasta 0,20 m de espesor, presentan “ojos” de wolframita, escasa piritita y óxidos de hierro y ocre de bismuto. Se observa turmalinización y muscovitización en las salbandas.

Existen afloramientos en tres sectores bien definidos dispuestos de manera discontinua en un rumbo submeridiano. La corrida en cada sector varía entre 100 y 150 metros. Han sido trabajadas en la década del 50. Se hicieron laboreos a cielo abierto y subterráneo que totalizan los 400 metros de extensión.

La veta Julia Virginia se encuentra en el flanco norte de la loma de Pachao entre los ríos de La Quebrada y Yanquenco frente a la desembocadura del río La Mesada, a una altura aproximada de 3500 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son: 27°04' S y 66°57' O.

En el área afloran las metamorfitas de la Formación Loma Corral y el ortogneis de la Formación Chango Real. Las manifestaciones del grupo Pachao están todas en las metamorfitas aunque siempre en las cercanías del ortogneis.

En Julia Virginia la mineralización está alojada en una veta de cuarzo emplazada en una fractura que afecta a las metamorfitas (Avila y Velazco Robles, 1983), tiene rumbo general NNE-SSO, inclinación subvertical y potencia media de 5 cm. Es una estructura tabular simple con variaciones en rumbo e inclinación de poca magnitud. Está constituida fundamentalmente por cuarzo masivo, blanco. a veces pardo amarillento por la impregnación de óxidos de Fe. En escasa cantidad se presentan turmalina y muscovita en las salbandas. El mineral de mena es wolframita, escasamente distribuido en el cuarzo de manera irregular.

Las cajas son esquistos micáceos de foliación fina, color gris pardo verdosos formados por cuarzo, biotita y en menos proporción moscovita y sericita, la esquistosidad tiene rumbo general N35°, subvertical.

El ortogneis de la Formación Chango Real que aflora en las cercanías es una roca de color gris a gris rosado y textura inequigranular. Está compuesta por cuarzo, plagioclasa (oligoclasa), microclino, biotita, circón, apatito y muscovita secundaria.

Lazarte y Horta (2005) mencionan mayores contenidos de As, Bi, Cr y Ni en las vetas de este sector respecto a otras vetas wolframíferas de las sierras.

Se identificaron varios tipos de inclusiones fluidas en el cuarzo de las vetas. Entre ellos puede mencionarse: trifásicas líquidas con CO₂ dominante; bifásicas acuosas líquido dominante; bifásicas vapor dominante; trifásicas con fase sólida (Bengochea *et al.*, 2008).

Dadas las características de los fluidos estudiados se considera que la mineralización es producto de la acción de soluciones hidrotermales de alta temperatura relacionadas con cuerpos graníticos. Hasta el presente no se cuenta con elementos de juicio que permitan definir a qué evento magmático del área están vinculados (Bengochea *et al.*, 2008).

Otras manifestaciones (Cu, Pb, Zn)

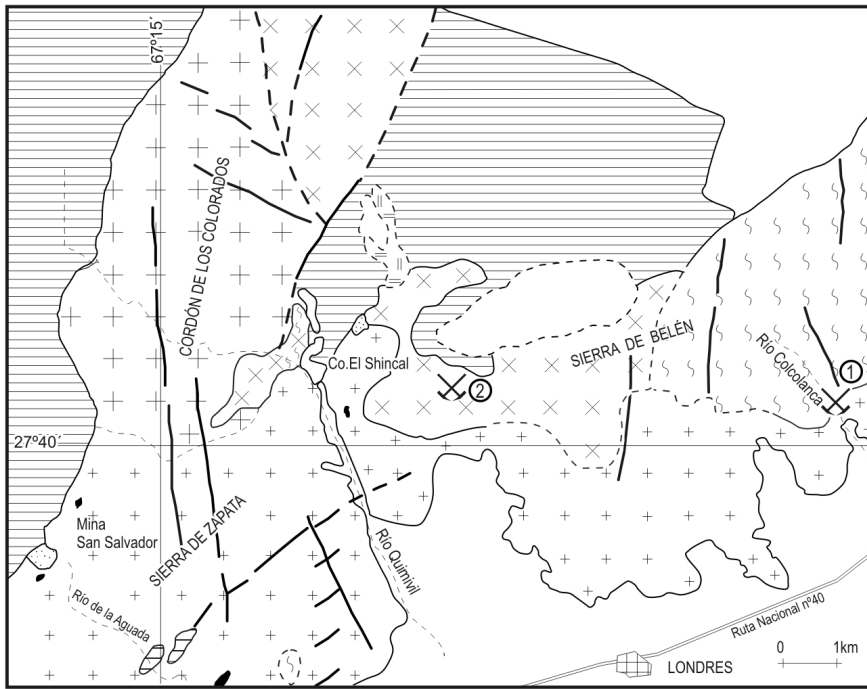
Se encuentran sobre la quebrada de Yanquenco, sobre el antiguo camino a Culampajá. Sólo se realizaron unas pocas labores de exploración. La veta principal está emplazada en esquistos de la Fm. Loma Corral. Es una brecha de falla de rumbo N-S, subvertical, discordante con la esquistosidad de las metamorfitas.

La mineralización es de galena, esfarelita, pirita, calcopirita y minerales de plata y chispas de oro con reservas. Velazco Robles (1982) indica también presencia de minerales de Bi. Los minerales secundarios son cerusita - anglesita reemplazando a galena, malaquita y azurita como alteración de calcopirita y pátinas de limonitas. Son vetas hidrotermales que podrían relacionarse al mismo ciclo metalogénico de los depósitos auríferos de Culampajá.

Sierra de Belén

El basamento metamórfico aflora en la zona media de la sierra de Belén y en sectores menores sobre el flanco oriental de la sierra de Zapata (Figura 3).

Son filitas y esquistos cuarzo- biotíticos, color gris oscuro, con capas cuarzosas de hasta 2 cm. Presentan esquistosidad bien definida en posición dominante N175°, subvertical. Se observan también pliegues y crenulaciones, muy abundantes por sectores. Es frecuente la inyección cuarzo - feldespática, que corta la estructura general. Cerca del contacto con intrusivos graníticos presenta silicificación intensa.



(Modificado de Lazarte y Guidí, 1998)

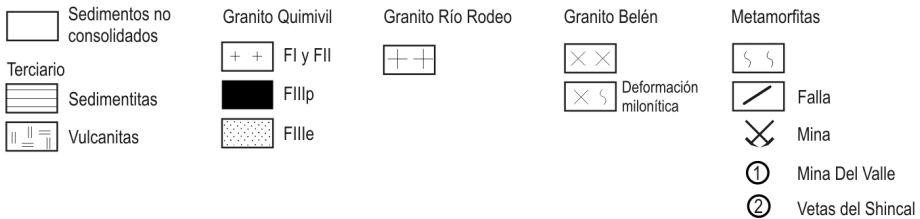


Figura 3. Geología del sector Norte de la sierra de Zapata.

En un sector relativamente amplio de la sierra de Belén, los esquistos y filitas están inyectados por material cuarzo-feldespático en venillas de 1-2 cm discordantes o concordantes con la estructura, con granate de distribución errática. En las filitas inyectadas o arteritas así originadas no se modifica el grado metamórfico. Esta inyección se relaciona a las intrusiones graníticas, algo análogo a lo que se observa en la Formación Famabalasto a nivel regional (Turner 1962a).

La esquistosidad en general es concordante con la foliación del Granito Belén (N175°/subvertical). En la cuenca del río Colcolanca se observan pliegues con longitud de onda del orden de la decena de centímetros, con crenulaciones en sus flancos, que definen un plano N105°/subvertical.

Estos afloramientos podrían ser considerados como parte de la Formación Loma Corral, por lo que caben las mismas consideraciones acerca de su edad y génesis.

MINERALIZACIÓN

Grupo Minero Del Valle (W)

Con este nombre se denomina a un grupo de minas y manifestaciones ubicadas al sur de la sierra de Belén, 5 km al O de la localidad homónima (Del Valle, Gloria y La Cuestionada). De este grupo se destaca la mina Del Valle que le da el nombre al conjunto.

Las metamorfitas son esquistos micáceos y cuarcitas de colores gris verdoso a oscuro. Estas metamorfitas están intruídas por un ortogneis biotítico, foliado de color gris y grano grueso (Granito Belén, Lazarte y Gianfrancisco, 1995). Ambas rocas están intruídas por un leucogranito evolucionado de grano mediano que se compone de cuarzo, feldespato potásico y muscovita. con topacio y fluorita como minerales accesorios.

Las vetas de cuarzo, con espesores que varían entre 5 y 30 cm, se alojan en fracturas de las metamorfitas cercanas al contacto con el granito evolucionado. Las vetas continúan cuando las fracturas se internan en el granito. Tienen rumbo principal NE-SO y fuertes buzamientos al NO hasta subverticales. Sus corridas varían entre 90 y 225 m.

El cuarzo es portador de wolframita y muy escasa calcopirita, otros minerales de ganga son fluorita, topacio, biotita, muscovita y turmalina. En superficie se observa oxidados de hierro y cobre.

Se han realizados laboreos a cielo abierto y subterráneo. Estos últimos superan los 250 m.

La secuencia de depositación de minerales sería la siguiente: en primer lugar hay una alteración pervasiva de cuarzo-feldespato potásico muy difundida arealmente, desarrollada tanto en el granito gnéisico como en las metasedimentitas. Posteriormente sigue una etapa pegmatítica que desarrolla vetas y filones de hasta 0,5 m en el granito gnéisico y venillas de 2-5 cm en las metamorfitas. En una de estas etapas se forman fenoblastos de granate y topacio en las filitas y esquistos.

En la etapa hidrotermal continúa el metasomatismo sobre la roca de caja con silicificación. Luego se deposita casiterita y cuarzo I con escasas micas. Posteriormente ocurre una primera etapa de depositación de micas con biotita y muscovita, acompañadas en algunos casos por topacio y fluorita. En algunos sectores se desarrolla clorita. Con el cuarzo I se deposita una primera generación de wolframita. La segunda generación se deposita con el cuarzo II, masivo. Finalmente, en las vetas emplazadas en metasedimentitas, ocurre una segunda etapa "micácea" con biotita y muscovita, la que termina con una sericitización generalizada. A las vetas de Mina del Valle se le agregan las vetas del Shincal, de similares características pero emplazadas en el Granito Belén, cerca del contacto con el basamento metamórfico.

Cerro Negro de Rodríguez

El cerro Negro de Rodríguez es la continuación septentrional del sistema del Famatina. Se encuentra en el extremo suroccidental de la provincia de Catamarca, en el departamento Tinogasta.

Tiene aproximadamente 20 km de extensión en sentido de su rumbo submeridional y 10 km en sentido E-O. Sus áreas cumbreles superan los 4800 m.s.n.m.

Entre los numerosos autores que realizaron trabajos de índole regional en el sistema del Famatina se citan Bodenbender (1916), Turner (1960, 1962b, 1964, 1967), De Alba (1972) y los trabajos que integran el libro editado por Aceñolaza *et al.* (1996). Específicos de la zona de estudio se mencionan los trabajos de Alderete (1972), Maisonave (1979) y Avila (1979, 1981a, 1981b, 2004).

En área estudiada se ha verificado la continuación en la provincia de Catamarca de las principales unidades formacionales descritas por Bodenbender (1916) en la sierra de Famatina que son las metasedimentitas de la Formación Negro Peinado, las rocas graníticas de la Formación Ñuñorco y las sedimentitas continentales correspondientes a las formaciones Agua Colorada y La Cuesta. Asimismo, se comprobó la existencia de un cuerpo andesítico de edad todavía no definida, asignado con reservas al Mesozoico (Figura 4).

En lo que respecta a la estructura se midieron dos sistemas de pliegues que afectan solamente al basamento metamórfico y varios juegos de fracturas. El más importante tiene rumbo general N-S, a este juego corresponden las fallas inversas que produjeron el ascenso diferencial del cerro, atribuidas a la tectónica Ándica.

La Formación Negro Peinado, definida por Turner (1960), está integrada por lutitas, filitas y cuarcitas de color gris verdoso a gris oscuro. Las filitas, las rocas más abundantes, están compuestas principalmente por cuarzo, muscovita, biotita, y en menor proporción por plagioclasa, opacos, apatito zircón y clorita. Los planos de estratificación tienen rumbo principal NE-SO. En el sector sur del cerro se observó un pequeño afloramiento de un paquete conglomerádico intercalado entre filitas y metagrauvasas compuesto principalmente por clastos de plagioclasa y cuarzo de hasta 2 cm de tamaño en una matriz cuarzo pelítica recristalizada con desarrollo de sericita.

Los afloramientos de esta formación ocupan casi un cuarto del área estudiada conformando el núcleo del cerro Negro de Rodríguez. Afloran desde la latitud de las minas La Casita y La Delfina hasta el extremo sur del cerro.

En el noroeste está cubierta por las andesitas y sedimentitas pérmicas. El afloramiento septentrional está en parte limitado por las sedimentitas pérmicas y andesitas que se le sobreponen en discordancia erosiva. Al este su relación con otras formaciones es mediante fracturas, mientras que al oeste el contacto con las rocas graníticas es intrusivo con procesos de cornubianitización de las filitas en los bordes.

Estas rocas han sido intensamente plegadas en dos direcciones principales con generación de sendos clivajes de plano axial.

MINERALIZACIÓN

Morro de las Minas (Cu)

Está ubicado en el extremo noroccidental de los afloramientos de las metasedimentitas, en las nacientes del arroyo Las Espinas a una cota aproximada de 4250 m s.n.m.

Sobre una extensión de alrededor de 250 m en dirección NO-SE se han realizado destapes y trincheras de hasta 3 m de profundidad en cuatro lugares denominados, de norte a sur, La

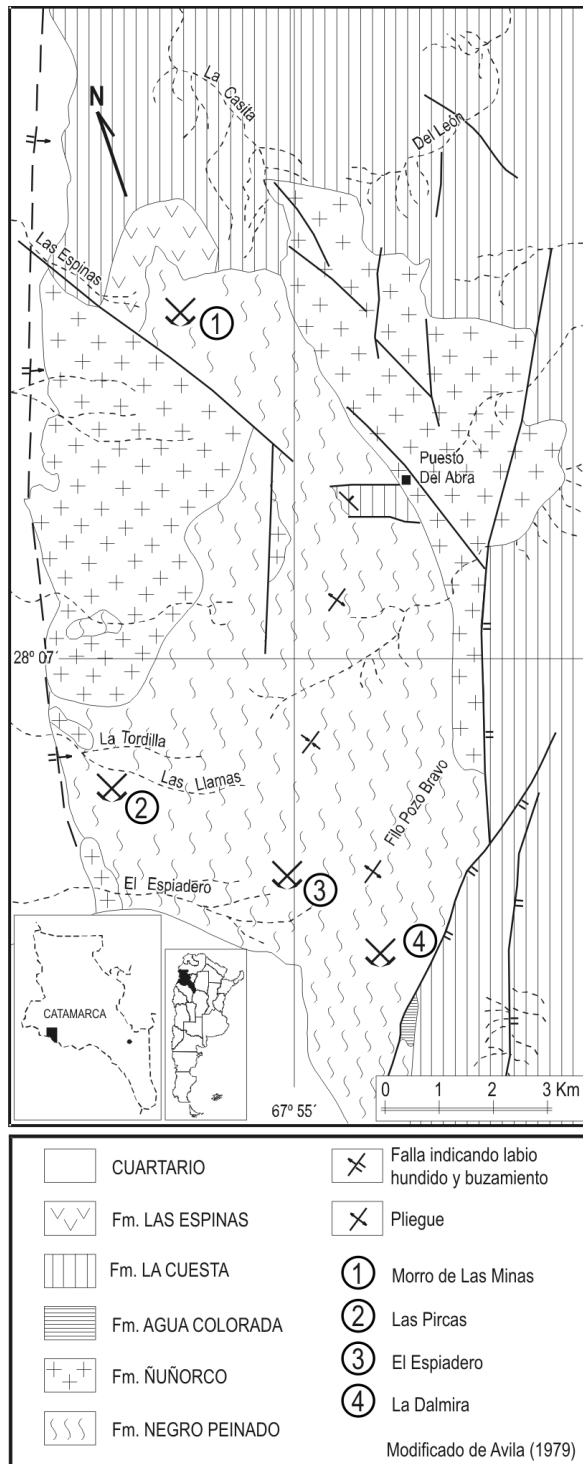


Figura 4. Geología del Cerro Negro de Rodríguez.

Casita I, La Casita II, La Delfina I y La Delfina II. En todos los casos las características son similares. Se observa una zona de falla de 0,5 a 1.5 m de espesor donde las filitas están muy fracturadas. Dentro de esa zona se emplaza una o más vetas de cuarzo brechado de 0,2 m de espesor portadora de sulfuros de cobre y hierro (calcopirita, bornita y escasa pirita) y óxidos de hierro (especularita). Además se observa baritina y fluorita en menor proporción. La estructura tiene rumbo N-S a NNE-SSO y es subvertical. Los análisis geoquímicos indican presencia de oro.

Las Pircas (Cu)

Está ubicado en la ladera izquierda de la quebrada de Las Llamas, en el flanco suroccidental del cerro a una altura de aproximadamente 4200 m s.n.m.

Se han desarrollado 5 metros de una labor a cielo abierto y 11 metros de galería desarrollada siguiendo dos vetas de cuarzo emplazadas en una zona de falla de 1 m de espesor. La estructura es subvertical y tiene rumbo N-S y NNO-SSE. En el tope de la labor se observan dos vetas de 0,2 m de espesor separadas por 0,3 m de filitas muy fracturadas y oxidadas.

Las características, mineralogía y química de las vetas y las cajas son similares a las del sector Morro de las Minas

El Espiadero (Cu, Pb, Zn)

Está ubicado en las nacientes de la quebrada homónima, en el flanco suroccidental del cerro a una cota de 4400 m s.n.m.

La veta está alojada en una falla de rumbo NO-SE y fuerte buzamiento hacia el SO. Es una importante estructura cuya continuidad en sentido del rumbo supera los 300 m y produjo una zona de intensa fracturación y oxidación en las filitas que se extiende 60 m a ambos lados de la falla. La veta de cuarzo alojada en la falla contiene, además de los minerales ya indicados, escasa proporción de galena, esfarelita, calcosina, covelina y minerales oxidados de cobre. Los análisis geoquímicos indican presencia de oro. Asimismo, las filitas de la zona fracturada contienen sulfuros diseminados. Si bien las labores están aterradas, la existencia de una cancha de mineral groseramente seleccionado indica que fue trabajada rudimentariamente.

La Dalmira (Cu, Au?)

Está ubicada en el flanco suroriental del cerro. La veta aquí tiene 10 m de espesor y se aloja en una falla de rumbo N-S y fuerte buzamiento hacia el oeste. Es una brecha de cuarzo portadora de pirita y muy escasa calcopirita en el afloramiento. Ha sido trabajada a cielo abierto en el cauce del arroyo homónimo que la cruza casi perpendicularmente. En ambas laderas del arroyo la veta pierde identidad y se manifiesta solamente como una zona de oxidación en las filitas. Los análisis geoquímicos indican presencia de oro.

Zonas Oxidadas

Existen a ambos flancos meridionales del cerro, zonas donde la Formación Negro Peinado en pocos metros cambia del color gris oscuro característico a un pardo rojizo, a veces amarillento denominadas en este trabajo “zonas oxidadas”. En general sus máximos posicionales son coincidentes con los de las fallas. Son subverticales de rumbo principal NE-SO, también existen de posición N-S y E-O. Tienen espesores entre 15 y 30 metros y extensión variable en su corrida. En algunos casos es dable observar rasgos de fallas, vetillas de cuarzo y sulfuros diseminados, que al lixiviarse dejan las oquedades características. El estudio microscópico indica en general alteración clorítico-sericitica. Los análisis geoquímicos indican valores anómalos de cobre y zinc y presencia de oro.

Consideraciones generales

Del análisis comparativo de las manifestaciones vetiformes estudiadas en el Cerro Negro de Rodríguez, se observan que tienen rasgos comunes. Todas están emplazadas en fallas que afectan a la Formación Negro Peinado, las vetas tienen similares características, mineralogía y quimismo y la alteración de la roca de caja está limitada a la zona de salbandas de las vetas.

Los minerales de mena (sulfuros de metales base) y ganga (cuarzo, baritina y fluorita) así como el tipo de alteración (clorítico- sericitica) son característicos de depósitos de mediana temperatura.

Debido a que en general las manifestaciones vetiformes y las zonas de oxidación están en las cercanías del contacto con rocas graníticas se considera que la actividad metalogénica estudiada en el área forma parte de un sistema mesotermal durante el estadio tardío magmático hidrotermal genéticamente relacionado con la intrusión de la Formación Ñuñorco.

En base a la información obtenida se concluye que los sectores vetiformes son, en orden de importancia, El Espiadero, Morro de las Minas, Las Pircas y La Dalmira.

Las manifestaciones metalíferas del cerro Negro de Rodríguez tienen la misma roca de caja y características generales similares a las estudiadas por Bodenbender (1916) en el Nevado del Famatina.

Sierra de Ambato

La Formación La Cébila fue definida por González Bonorino (1951) en la quebrada homónima.

Espizúa y Caminos (1979) distinguen tres subunidades, con contactos transicionales y concordantes, caracterizadas, en sentido ascendente, de la siguiente manera: 1) Metacuarcitas cuarzo-biotíticas con nódulos de muscovita y sillimanita. Son de colores claros, con esquistosidad débil o ausente. Están constituidas por cuarzo, oligoclasa y biotita, además de muscovita con estructura poiquilítica, fibrolita y microclino; 2) Filitas cuarzo-biotítico-muscovíticas con andalucita y escasa sillimanita. Son de color gris verdoso, foliadas y con porfiroblastos de andalucita de 2 a 5 mm de. Los componentes principales son cuarzo, biotita, muscovita, oligoclasa, microclino y fibrolita; 3) Micacitas con cuarzo, biotita, muscovita y sillimanita inyectadas por venas de cuarzo, microclino y oligoclasa.

En general, el rumbo de las metamorfitas es NO-SE con inclinaciones de 30-40°NE.

MINERALIZACIÓN

Distrito minero La Cébila (Sb).

Se ubica en la quebrada de La Cébila, sierra de Ambato, en el departamento Capital, provincia de la Rioja, muy cerca del límite con la provincia de Catamarca. Sus coordenadas geográficas son 28°47'S - 66°24'O.

Los depósitos se encuentran en las adyacencias de la ruta nacional N° 60 que une las localidades de Mazán y Chumbicha a 25 km al SE de la primera. Están agrupados en tres sectores: Los Tres Hermanos; Santa Margarita – La Morenita y Ruma Supay (Figura 5).

Las investigaciones anteriores corresponden a Harrington (1944), Sgrosso (1949), Fernandez Lima y De la Iglesia (1954), Lavandaio (1969, 1971, 1999), Schalamuk *et al* (1990) y Passarello, (1996).

En el área afloran las metamorfitas Formación La Cébila de edad Precámbrico - Cámbrico inferior. Son metacuarcitas y esquistos micáceos plegados, de rumbo general submeridional.

Son numerosas vetas de cuarzo emplazadas en fracturas de las metamorfitas. Tienen rumbos que varían entre NNO a NE, subverticales, corridas variables que alcanzan los 1000 m y espesores variables desde pocos centímetros hasta máximos del orden de los 2 metros.

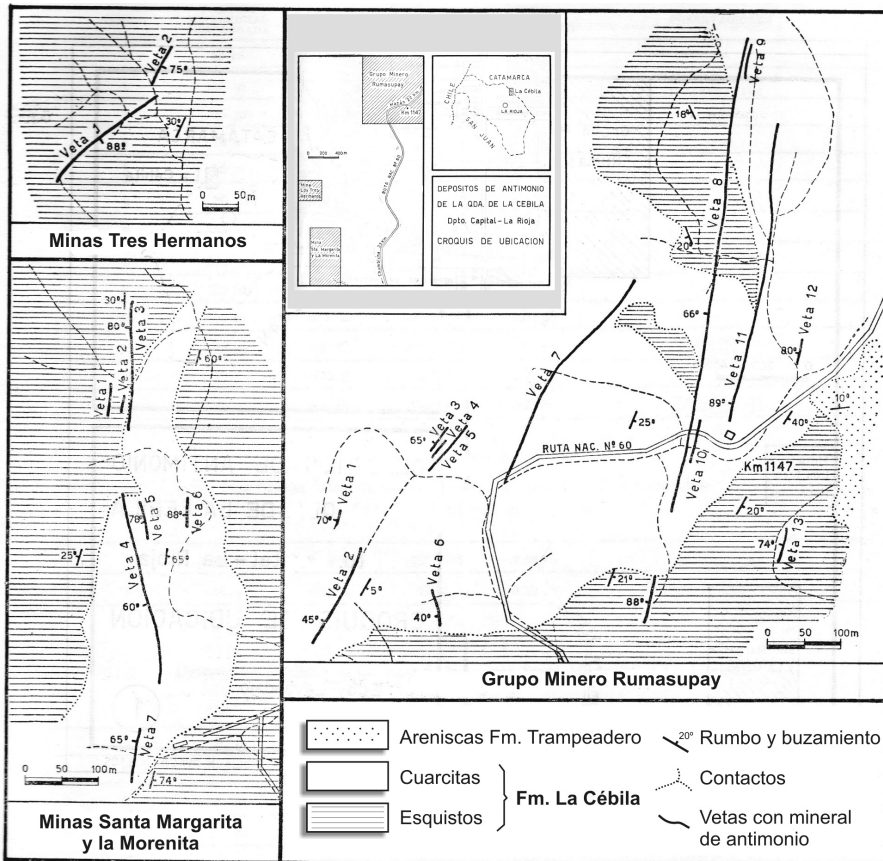
La mineralización principal consiste en antimonita en ganga de cuarzo con pirita como accesorio. En los afloramientos es dable observar óxidos de antimonio definidos por Schalamuk *et al* (1990) como estibiconita y en menor proporción cervantita y senarmontita. Los análisis químicos de algunas muestras indican tenores de oro (hasta 1,1 g/t) y plata (entre 12 y 40 g/t).

En todo el distrito se desarrollaron más de 60 labores de distinta magnitud. Se supone que la mayor parte se realizó en la década del '40 debido a la demanda de antimonio por la segunda guerra mundial. Existen trincheras, piques, chiflones y galerías sobre vetas.

En total se ejecutaron alrededor de 500 m de labores subterráneas de los cuales 360 m corresponden a galerías horizontales.

Se considera que tienen origen hidrotermal (epitermal) vinculado a fluidos mineralizantes relacionados con intrusivos graníticos no aflorantes en las proximidades del área.

Lavandaio (1969) estima que las reservas geológicas son del orden de las 500.000 toneladas y concluye que por su magnitud, leyes, estructura y ubicación el distrito tiene buenas perspectivas.



Modificado de Lavandaio, 1971.

Figura 5. Geología de la Quebrada de la Cébila.

Conclusiones

En el sector sur central de la provincia de Catamarca y norte de La Rioja afloran rocas metamórficas de distintos nombres formacionales incluidas en la “Formación Puncoviscana *s.l.*”, de edad Neoproterozoica – Eocámbrica, portadoras de mineralización principalmente metalífera.

En las sierras de Papachacra, Altohuasi – Culampajá y Belén las metamorfitas de la formación Loma Corral alojan vetas de W, Fe (F), Pb - Zn (Ag, Au) y Topacio. En la sierra de Ambato se emplazan vetas de Sb en la Formación La Cébila. En el Cerro Negro de Rodríguez la Formación Negro Peinado es portadora de mineralización vetiforme de Cu, Pb y Zn.

La gran mayoría de las mineralizaciones descritas en este trabajo tienen relación espacial y posiblemente genética, con granitoides paleozoicos aflorantes en las cercanías de los depósitos. La única excepción es la mineralización de la quebrada de La Cébila, donde no se encontraron afloramientos de rocas ígneas en toda el área considerada.

Se concluye que, por la existencia de definidas fracturas premineralización y por su reactividad con los fluidos hidrotermales, las metamorfitas de la Formación Puncoviscana *s.l.* constituyen un importante metalotecto en el desarrollo de las mineralizaciones estudiadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Tucumán, y al CONICET por haber brindado los medios para la realización de este trabajo y a Daniel Ruiz Holgado por las ilustraciones que acompañan al texto.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza, G.F., 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico – Cámbrico Temprano del Noroeste argentino. *Latin American Journal of Sedimentology and basin analysis*, 12 (2): 65-87.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J., 2009. The Pampean Orogen: Ediacaran-Lower Cambrian evolutionary history of Central and Northwest region of Argentina. In Gaucher, C., Sial, A., Halverson, G., Frimmel, H. (Eds.): Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Developments in Precambrian Geology*, 16. Elsevier, pp. 239- 254.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A., (Eds.), 1996. *Geología del Sistema del Famatina*. *Münchener Geologische Hefte*, A19: 410p., München.
- Aceñolaza, G. y Toselli, A., 1981. Geología del Noroeste Argentino. *Facultad Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán*, Publicación Especial 1287, Tucumán. 212 pp.
- Alderete, M. C., 1972. Área de Reserva n°49. En: Exploración Geológico Minera del Noroeste Argentino. *Servicio Nacional Minero Geológico*. Buenos Aires.
- Aspilcueta, J., 1959. Minas San Isidro y La Banda, Distrito de San Fernando, Dpto. Belén, provincia de Catamarca. *Dirección Nacional de Geología y Minería*. (inédito).
- Avila, J. C., 1979. Estudio geológico económico Área de reserva n° 49 Negro de Rodríguez, Catamarca. *Secretaría de Estado de Minería* (inédito).
- Avila, J. C., 1981a. Reseña geológica estructural del Área de reserva n°49 “Negro de Rodríguez”, Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 15 (3): 151-160 Tucumán.
- Avila, J. C., 1981b. Relevamiento minero del Área de reserva n°49 “Negro de Rodríguez”, Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 15 (3): 141-150 Tucumán.
- Avila, J. C. 2004. Reseña geológico minera del Cerro Negro de Rodríguez, provincia de Catamarca. Simposio Bodenbender. Instituto Superior de Correlación Geológica. *Serie Correlación Geológica* 19: 95-102. Tucumán.
- Avila, J.C. y Porto, J.C., 1982. Presencia de topacio en el contacto granito – basamento del área de Papachacra, provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 16 (1): 215-220. Tucumán

- Avila, J. y Velazco Robles L., 1983. Relevamiento minero de las sierras de Altohuasi y Culampajá, Belén, Catamarca. *II Congreso Nacional de Geología Económica*, Actas 2, 11-27.
- Avila, J.C., Fogliata, A.S. and Mas, G. 2004. Topaz of Papachacra, Catamarca, Argentina: Mineralogical Description. *8ª Internacional Congress of Applied Mineralogy* 521-523, Aguas de Lindoia (Sao Paulo).
- Avila, J.C.; Lazarte, J.E. y Velazco Robles, L. 1987. Metalogénesis del distrito Culampajá - Papachacra, Catamarca, Rep. Argentina. *X Congreso Geológico Argentino*, Actas II: 209-212.
- Bengochea, L., Avila, J.C., Fogliata, A., Mas, G. y Lazarte, J.E. 2008. Estudio de inclusiones fluidas en el cuarzo tungstífero de la veta Julia Virginia, grupo minero Pachao, Sierras de Altohuasi-Culampajá, provincia de Catamarca. *Avances en Mineralogía, Metalogénia y Petrografía 2008*: 93-98. Buenos Aires.
- Bodenbender, G., 1916. El Nevado del Famatina. En: *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*. Boletín 21: 100-182. Córdoba.
- Colombo, F., Lira, R. y Pannunzio Miner, E. 2009. Caracterización mineralógica de topacios de pegmatitas miarolíticas y un greisen portador de W en el plutón de tipo A El Portezuelo (Granito Papachacre), provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64 (2): 194- 200.
- De Alba, E., 1972. Sistema del Famatina. En: Leanza, A. (Ed.): Geología Regional Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*. Córdoba.
- Espizúa, S. y Caminos, R., 1979. Las rocas metamórficas de la Formación La Cébila, Sierra de Ambato, provincias de Catamarca y La Rioja. *Academia Nacional Ciencias*, Boletín 53 (1-2): 125-142. Córdoba.
- Fernandez Lima, J. y De la Iglesia, H., 1954. Revisión de los yacimientos de Antimonio de la quebrada de La Cébila. *Dirección Nacional de Minería* (inédito).
- García, H., 1974. Las calizas cristalinas de Totorillas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29 (3): 295 - 303
- García, H., Massabie, A. C. y Rosello, E., 1981. Contribución a la geología de La Cuesta, dep. Belén, Provincia de Catamarca. *VIII Congreso Geológico Argentino*. Actas IV: 853 – 865. San Luis.
- García, H., E. Rosello y A. Massabie, 1982. El depósito Tiburcio, ejemplo argentino de roca ribbon, Papachacra, dep. de Belén, Catamarca, R. Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología*. Actas 2: 735-750. Buenos Aires.
- González Bonorino, F., 1951. Descripción Geológica de la Hoja 12e (Aconquija). Ministerio de Industria y Comercio de la Nación. *Dirección General de Industria Minera*. Boletín 75. Buenos Aires.
- Harrington, H., 1944. Los yacimientos de Antimonio de la Quebrada de La Cébila. *CIPSA*, Buenos Aires (inédito).
- Lavandaio, E., 1969. Depósitos de antimonio de la Quebrada de La Cébila. *Dirección Nacional de Geología y Minería*. Buenos Aires (inédito).
- Lavandaio, E., 1971. Distrito Minero Quebrada de La Cébila. *1º Simposio Nacional de Geología Económica*. Actas 2: 285-296. San Juan.
- Lavandaio, E., 1999. Depósitos de antimonio de la Quebrada de La Cébila, La Rioja. Recursos Minerales de la República Argentina. *Instituto de Geología y Recursos Minerales*, Anales 35: 337-343, Buenos Aires
- Lazarte, J.E., 1984. Geología de la sierra del Nogalito, Departamento de Burruyacu, Tucumán. *IX Congreso Geológico Argentino*. Actas 1: 270- 285. Bariloche.
- Lazarte, J.E., 1991. *Estudio petrológico y geoquímico de los granitoides de las sierras de Culampajá y Papachacra. Relaciones metalogénicas*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (inédito).
- Lazarte, J.E. 1992. La Fm. Chango Real (NO de Sierras Pampeanas, República Argentina), ejemplo de magmatismo Paleozoico (Cámbrico?). Diferencias geoquímicas con batolitos ordovícicos. *Estudios Geológicos*, 48 (5-6): 257-267. Madrid.
- Lazarte, J.E. y Gianfrancisco, M., 1995. Geología y alteración de las vetas tungstíferas de la sierra de Belén, Catamarca. *V Congreso Nacional de Geología Económica*. 374-384.
- Lazarte, J.E. y Guido F., 1998. Geología de los granitoides de las sierras de Zapata, Cordón de los Colorados y sierra de Belén, Catamarca. *Revista del Instituto de Geología y Minería de Jujuy*, 12(1): 17-34.
- Lazarte, J. E. y Horta, L. R. 2005. Aspectos geoquímicos de las manifestaciones de W (Sn) asociadas al Granito Papachacra, Belén, Catamarca. *XVI Congreso Geológico Argentino*, Actas 2: 673-680. La Plata.
- Lazarte, J. E. y Horta, L. R., 2008. Caracterización de las rocas de skarn y greissen relacionadas al contacto basamento metamórfico – Granito Papachacra, Catamarca, Argentina. *Avances en Mineralogía, Metalogénia y Petrografía 2008*: 205-212. Buenos Aires.
- Maisonave, H. M., 1979. Descripción geológica de la Hoja 14c, Cerros Cuminchango, provincias de La Rioja y Catamarca. *Servicio Geológico Nacional*, Boletín 162: 86p., Buenos Aires.
- Pasarello, J., 1996. Evaluación general sobre el yacimiento de Antimonio, Oro y Plata Quebrada de La Cébila. Mogote Río Blanco S.A., informe privado.
- Schalamuk, I., Ametrano, S., Botto, I. y De Barrio, R., 1990. Los óxidos de antimonio de la Quebrada de La Cébila, provincia de La Rioja. Argentina. En Contribución al conocimiento de la mineralogía y geología económica de la República Argentina. *Asociación Argentina de Geólogos Economistas*. Publicación especial. Buenos Aires.
- Sgrosso, P., 1949. Nota sobre los Yacimientos de Minerales de Antimonio de la Quebrada de La Cébila, *Museo de La*

- Plata*, Revista, (Geología), 4. La Plata.
- Soulier, F., 1982. Geología de las manifestaciones de W y Bi de Piedra Calzada, Dpto. Belén Pcia de Catamarca. *Facultad de Ciencias exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires* (inédito).
- Turner, J. C., 1960. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Famatina y adyacencias, La Rioja. *Academia Nacional de Ciencias* Boletín 42: 77-126. Córdoba.
- Turner, J.C., 1962a. Estratigrafía de la región al naciente de Laguna Blanca, Catamarca. *Revista de la Asociación. Geológica. Argentina*, 26: 1-2.
- Turner, J. C., 1962b. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Velazco y región al oeste, La Rioja. *Academia Nacional de Ciencias* Boletín 43: 5-54. Córdoba.
- Turner, J. C., 1964. Descripción Geológica de la hoja 15c, Vinchina, provincia de La Rioja. *Dirección Nacional de Geología y Minería*. Boletín 100: 86p., Buenos Aires.
- Turner, J. C., 1967. Descripción Geológica de la hoja 13b, Chaschuil, provincias de Catamarca y la Rioja. *Instituto Nacional de Geología y Minería*. Boletín 106: 91p., Buenos Aires.
- Velazco Robles, L. 1982. Estudio geológico-económico del sector oriental de las sierras de Altohuasi y Culampajá entre las quebradas La Tranca y La Alumbreira, Belén, Catamarca. *Facultad Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán Seminario* (inédito).

Recibido: 10 de julio de 2010
Aceptado: 10 de octubre de 2010

