



Naturalis

Repositorio Institucional
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Contribución al conocimiento geológico-geoquímico de la mineralización barítica Arroyo Nuevo, Departamento Minas, provincia del Neuquén

Marchesini, Luciana Celeste

Licenciado en Geología

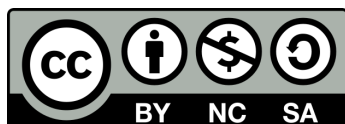
Dirección: Barrio, Raúl E. de

Co-dirección: Del Blanco, Miguel A.

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2019

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20190828001686>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA EN GEOLOGÍA



CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Alumna: Lic. Luciana Celeste Marchesini
Director: Dr. Raúl E. de Barrio
Co-Director: Lic. Miguel A. Del Blanco

La Plata, junio de 2016

ÍNDICE

	Pág.
I) AGRADECIMIENTOS	3
II) RESUMEN	4
III) INTRODUCCIÓN	5
IV) OBJETIVOS E HIPÓTESIS	6
V) ANTECEDENTES	7
VI) METODOLOGÍA	8
VII) MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	9
VIII) GEOLOGÍA LOCAL	12
IX) LA MINA ARROYO NUEVO	16
X) ESTUDIO PETRO-CALCOGRÁFICO	20
XI) MICROSONDA ELECTRÓNICA	31
XII) INCLUSIONES FLUIDAS	36
XIII) ISÓTOPOS ESTABLES	38
XIV) RELACIONES ISOTÓPICAS $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	45
XV) DISCUSIÓN GENÉTICA.....	46
XVI) CONSIDERACIONES FINALES	52
XVII) BIBLIOGRAFÍA	55
XVIII) ANEXO PLANILLAS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	58

AGRADECIMIENTOS

A mi Director, Raúl E. de Barrio y a mi Co-Director, Miguel A. Del Blanco quienes me acompañaron desde el primer momento en las tareas a desarrollar y por su constante dedicación. Han sido fundamentales para realizar mi Trabajo Final de Licenciatura.

A la secretaria de Asuntos Académicos, Dra. Paula Elena Posadas por despejar mis dudas a la hora de comenzar con la elaboración del trabajo.

Al técnico José Luis Molina (INREMI) por la confección de láminas petrocalcográficas.

Al profesional de apoyo Esteban Luna (INREMI) por la elaboración de algunos de los gráficos incluidos en el trabajo.

A Marcela Penné (INREMI), por su ayuda en el desarrollo de tareas administrativas.

A mis compañeros de cursadas con los que he compartido grandes momentos.

A mis amigos, por estar siempre a mi lado.

A mi familia, a mis padres y a mi hermano por haberme formado como persona, motivándome constantemente para alcanzar mis anhelos. En especial a mi madre por la estimulación para iniciar, permanecer y concluir esta etapa.

Y a mi compañero de vida, por sus palabras de aliento y serenidad fundamentales para seguir adelante y lograr esta nueva meta.

I) RESUMEN

En la provincia del Neuquén se presentan numerosos ejemplos de depósitos baríticos asociados a unidades estratigráficas jurásico-cretácicas vinculadas a ciclos transgresivos-regresivos de la cuenca Neuquina, siendo Arroyo Nuevo una mineralización con características distintivas. El yacimiento Arroyo Nuevo se localiza en el sector septentrional de la provincia a unos 40 km al ONO de la localidad de Chos Malal.

El presente Trabajo Final de Licenciatura tiene como eje principal acrecentar el conocimiento geológico y geoquímico del depósito barítico-polimetálico de la mina Arroyo Nuevo, debido al acotado conocimiento de detalle con el que se dispone hasta el momento.

En primera instancia se llevó a cabo una recopilación bibliográfica de los antecedentes geológicos de la región. Para el desarrollo de la presente investigación se contó con especímenes de minerales y rocas de la zona de estudio, como así también información geoquímica tal como análisis mineraloquímicos mediante microsonda electrónica y por otro lado, datos de isótopos estables de azufre y oxígeno en sulfatos y sulfuros. Además se consideraron valores de inclusiones fluidas y de relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenidos por otros autores.

Se realizaron estudios petrográficos y calcográficos de los minerales transparentes y opacos de la paragénesis mineral identificada, y análisis petrográficos de las rocas ígneas y sedimentarias situadas en las inmediaciones del depósito que corresponden a la Formación Colipilli y a la Formación Los Molles respectivamente. La información geoquímica se graficó en diagramas discriminatorios y de caracterización que comprendieron datos de isótopos estables y de inclusiones fluidas.

La geología del área de la mina es en líneas generales sencilla; la sucesión estratigráfica se inicia con lutitas negras, fangolitas y areniscas de la Formación Los Molles de edad jurásica media donde se emplaza el manto de baritina; esta unidad está intruída por filones capa y diques andesíticos terciarios de la Formación Colipilli. Además, en areniscas superiores de la Formación Los Molles se encuentran vetas de baritina y sulfuros producto de procesos de removilización de edad posiblemente eoterciaria.

En la parte final del presente informe se expusieron y discutieron las diferentes hipótesis genéticas del depósito y de acuerdo a las características mineralógicas, texturales, geoquímicas y termométricas observadas se delineó un modelo metalogenético integrado del depósito mineral.

II) INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Final de Licenciatura en Geología comprende estudios de gabinete y de laboratorio orientados a profundizar el conocimiento geológico-geoquímico de la mineralización barítico-polimetálica de la mina Arroyo Nuevo.

El yacimiento barítico Arroyo Nuevo se ubica a unos 40 kilómetros al ONO de la localidad de Chos Malal y a 21 kilómetros al sur de Andacollo, en el paraje denominado Cura Mallín, dentro del departamento de Minas en el sector septentrional de la provincia del Neuquén (Figura 1). La mina se encuentra emplazada en el sector occidental de la Cuenca Neuquina, en un ámbito dominado por unidades sedimentarias jurásicas y cuerpos y coladas andesíticos del magmatismo terciario. Sus coordenadas geográficas son $70^{\circ} 39'$ de longitud oeste y $37^{\circ} 19'$ de latitud sur. Este depósito constituyó, desde el punto de vista económico, una de las concentraciones baríticas más importantes de la Cuenca Neuquina, explotada durante la segunda mitad del siglo XX (Brodtkorb y Danieli 2011). Los trabajos de explotación fueron ejecutados mediante labores subterráneas. Una vez molido el mineral en la planta de trituración, se destinó en casi su totalidad como medio denso para la inyección de pozos petrolíferos (Angelelli *et al.* 1976). Actualmente la mina es propiedad de Minera Cordillera del Viento S.A.

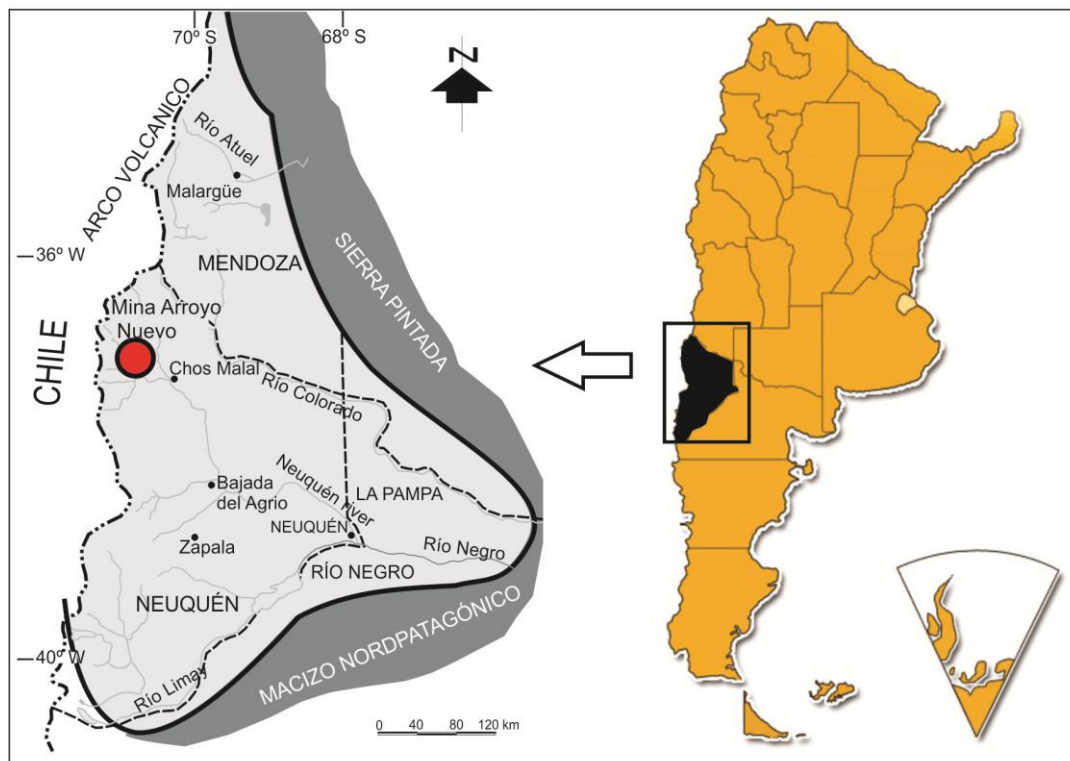


Figura 1. Mapa de ubicación de la mina Arroyo Nuevo.

III) OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Los objetivos de la actual investigación fueron esencialmente profundizar el conocimiento geológico-geoquímico de la mineralización de Arroyo Nuevo y alcanzar una mayor comprensión de sus características mineralógicas, petrográficas y geoquímicas a través del estudio de láminas delgadas petrocalcográficas y de la información mineraloquímica e isotópica existente.

Adicionalmente, se consideraron todos los datos sobre estudios de inclusiones fluidas y de relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la mina Arroyo Nuevo desarrollados por otros investigadores. Finalmente se compilaron datos de distintos yacimientos estratiformes de baritina de diferentes lugares del mundo a fin de efectuar comparaciones y elaborar un modelo geológico-metalogénico ajustado a las características petro-geoquímicas observadas.

Como hipótesis de trabajo se planteó que la mineralización de Arroyo Nuevo se originó en un ambiente sedimentario anóxico, en un fondo marino donde a partir de soluciones hidrotermales exhalativas se produjo la depositación de baritina y los delgados niveles de sulfuros polimetálicos (Fe-Zn-Pb-Cu).

IV) ANTECEDENTES

Son escasos los antecedentes bibliográficos existentes sobre el depósito barítico de Arroyo Nuevo en especial de investigaciones de detalle.

Uno de los primeros trabajos éditos en los cuales se describe esta mina es la contribución de Hayase y Bengochea (1975) quienes señalan que el yacimiento Arroyo Nuevo consiste en un cuerpo mantiforme de 2 metros de potencia compuesto por baritina, calcita, galena, pirita, calcopirita, cuarzo y esfalerita albergado en arcosas, areniscas tobáceas, limolitas, lutitas, calizas y margas del Jurásico Superior, a su vez mencionan la presencia de diques de andesita asociados a actividad ígnea. Estos autores le atribuyen al depósito de Arroyo Nuevo un ambiente de sedimentación entre la transición continental y marino somero y una génesis hidrotermal basada en estudios de inclusiones fluidas.

Posteriormente, Angelelli *et al.* (1976) destacan la existencia en el paraje denominado Cura Mallín de una concentración barítica mantiforme alojada concordantemente en “lutitas oscuras y a veces grises”, de edad jurásica. Consignan además que el depósito está afectado por fallas e intruído por diques de andesita.

Luego, Brodtkorb *et al.* (1982, 1989) mencionan que el depósito consiste en una capa de baritina intercalada en pelitas, las cuales subyacen a las evaporitas de la Formación Tábanos y probablemente correspondan a la Formación Los Molles. Estos mismos autores consideran también que la secuencia está fallada e intruída por diques andesíticos.

Más tarde, Brodtkorb y Danieli (1999) comunican las principales características de la mineralización, obtienen datos isotópicos y esbozan un modelo genético. En ese mismo año, Zappettini (1999) publica una clasificación actualizada de todos los yacimientos minerales de Argentina e incluye al yacimiento Arroyo Nuevo en la tipología 8.D. SEDEX Ba que comprende yacimientos de baritina estratiforme.

Posteriormente, Brodtkorb y Danieli (2011), describen el yacimiento y lo consideran relacionado a procesos volcanogénicos.

Recientemente, de Barrio *et al.* (2014) exponen algunas nuevas concepciones genéticas sobre los depósitos baríticos-celestínicos de la provincia del Neuquén, y plantean un origen sedimentario-exhalativo para la mina Arroyo Nuevo.

V) METODOLOGÍA

Para realizar esta investigación se contó con muestras de minerales y de rocas extraídas durante diversas campañas desarrolladas en el marco de los proyectos de investigación 11N540 y 11N692 correspondientes al sistema de incentivos a la investigación, los cuales han sido acreditados correspondientemente en la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNLP. Asimismo, se tuvo a disposición un conjunto de información geoquímica que se resume en datos mineralógicos provenientes de análisis mineraloquímicos mediante microsonda electrónica, ejecutados en la Universidad de Oviedo y en la Universidad de Barcelona, España. Por otro lado, se contó con datos de isótopos estables de azufre y oxígeno de sulfuros y sulfatos, realizados en el Servicio de Isótopos Estables de la Universidad de Salamanca, España, bajo la dirección del Dr. Clemente Recio Hernández.

Las tareas realizadas comprendieron estudios petrocalcográficos de los minerales transparentes y opacos de la paragénesis mineral identificada, análisis petrográficos de las facies arenosas intercaladas dentro de la Formación Los Molles y de las rocas ígneas correspondientes al magmatismo terciario de la Formación Colipilli. Para estos estudios se utilizó un microscopio petrocalcográfico marca Nikon, modelo Optiphot-Pol. Asimismo, especímenes de mano de minerales y rocas fueron observados bajo lupa binocular, marca Olympus SZH10, a los fines describir y fotografiar los rasgos texturales de las paragénesis baríticas sulfurosas y de las rocas ígneas y sedimentarias examinadas. Asimismo, se efectuó el análisis de la información geoquímica disponible la cual se graficó en diferentes diagramas discriminatorios de caracterización geoquímica y comparativos.

VI) MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cuenca Neuquina se ubica en la región centro-oeste de Argentina, entre los 34° y 41° de latitud sur, desarrollándose en las provincias de Neuquén, Mendoza, Río Negro y La Pampa. Los límites de la cuenca son, al noreste y sudeste, el sistema de La Sierra Pintada y el Macizo Nordpatagónico respectivamente, mientras que el límite occidental lo forma un arco volcánico en ámbito andino (Figura 1).

El relleno de la Cuenca Neuquina está constituido por rocas clásticas, carbonáticas, evaporíticas, piroclásticas y en menor medida rocas magmáticas (Legarreta y Gulisano 1989). Los depósitos comprenden desde el Triásico Superior hasta el Terciario Inferior.

El basamento de la cuenca está integrado, en líneas generales, por plutonitas y volcanitas de composición ácida del Pérmico Inferior-Triásico Inferior del Grupo Choiyoi. Durante el Triásico Tardío al Jurásico Temprano se depositó el Grupo Precuyano, un relleno de sinrift, donde predominan rocas volcánicas y volcaniclásticas gruesas, tobas, brechas, ignimbritas y conglomerados que representan ambientes fluviales y lacustres que comprenden las Formaciones Ñireco y Lapa, entre otras.

Durante el Jurásico Medio se depositó el Grupo Cuyo (Pliensbachiano-Calloviano inferior) conformado por la Formación Los Molles con lutitas negras, limolitas y areniscas depositadas en facies marinas de interior de cuenca, la Formación Lajas (Bajociano-Calloviano) con areniscas finas a gruesas de ambiente marino marginal y la Formación Tábanos (Calloviano) con evaporitas y calizas de interior de cuenca.

Posteriormente al Grupo Cuyo, se depositó el Grupo Lotena, que comprende el lapso Jurásico Medio a Tardío (Calloviano medio-Kimmeridgiano inferior), en facies clásticas marinas y continentales, constituido por las Formaciones Lotena (areniscas, conglomerados y arcillitas), La Manga (Oxfordiano, calizas gris azuladas y areniscas subordinadas) y Auquilco (Oxfordiano, evaporitas yesíferas con calcáreos algales laminados intercalados).

Por encima, se instaló un ambiente continental donde comienza a desarrollarse el Grupo Mendoza que comprende el lapso Jurásico Tardío-Cretácico Temprano que se inicia con la Formación Tordillo (Kimmeridgiano) constituida por areniscas, conglomerados y fangolitas que pasan a un ambiente marino litoral en su parte superior. Sobrepuesta se encuentra la Formación Vaca Muerta (Tithoniano-Berriasiano) con pelitas marinas grises oscuras con intercalaciones de bancos calcáreos depositadas en el límite Jurásico-Cretácico. Por encima se depositaron

conglomerados y areniscas fluviales en ambientes marginales que se interdigitan con areniscas de plataforma y pelitas negras de interior de cuenca de las Formaciones Quintuco y Mulichinco (Valanginiano), relacionadas a una brusca caída del nivel del mar. Luego, se depositó una espesa secuencia de pelitas negras que intercalan niveles de caliza y areniscas de la Formación Agrio (Valanginiano superior-Barremiano inferior) constituida por los Miembros Pilmatué (pelitas y coquinas), Avilé (areniscas y limolitas continentales), Agua de la Mula (pelitas, calizas micríticas y coquinas en facies de interior de cuenca a plataforma costa afuera) y Chorreado (calizas y pelitas).

Posteriormente se desarrolló el Grupo Rayoso o Bajada del Agrio (Méndez *et al.* 1995, Leanza y Hugo 2005) que se compone por las Formaciones Huitrín y Rayoso. La Formación Huitrín (Barremiano superior-Aptiano inferior) comienza con facies fluviales, eólicas y evaporíticas que se dividen en el Miembro Troncoso inferior (areniscas y limolitas continentales), Troncoso superior (calcáreos laminados algales y evaporitas yesíferas), La Tosca (calizas) y Salina (arcilitas y evaporitas). Una espesa unidad clástica-evaporítica se depositó hacia fines del Cretácico Inferior en un ambiente predominantemente continental denominada Formación Rayoso (Aptiano superior-Albiano), integrada por areniscas y arcilitas.

En el Cretácico Superior continúan los depósitos continentales del Grupo Neuquén (Cenomaniano-Campaniano), con conglomerados, areniscas y fangolitas.

Posteriormente, el Grupo Malargüe representa la primera ingresión marina atlántica durante el Maastrichtiano-Daniano, constituida por la Formación Roca.

El Cinturón Andesítico Paleógeno Naunauco (Llambías y Aragón 2011), constituido por las Formaciones Colipilli y Cayanta, representa el magmatismo andesítico del sector septentrional de la provincia del Neuquén, el cual constituye un importante evento tectonomagmático desarrollado entre el Cretácico más Tardío y el Eoceno. La Formación Colipilli está compuesta por facies hipabisales integradas por filones capa y cuerpos diqueiformes de composición intermedia. Por su parte la Formación Cayanta comprende flujos lávicos, también de naturaleza intermedia, que en algunos sectores exhiben filetes laminares de flujo magmático y porciones de autobrechamiento.

La geología de la región de la mina Arroyo Nuevo y sectores de influencia se presenta en la Figura 2.

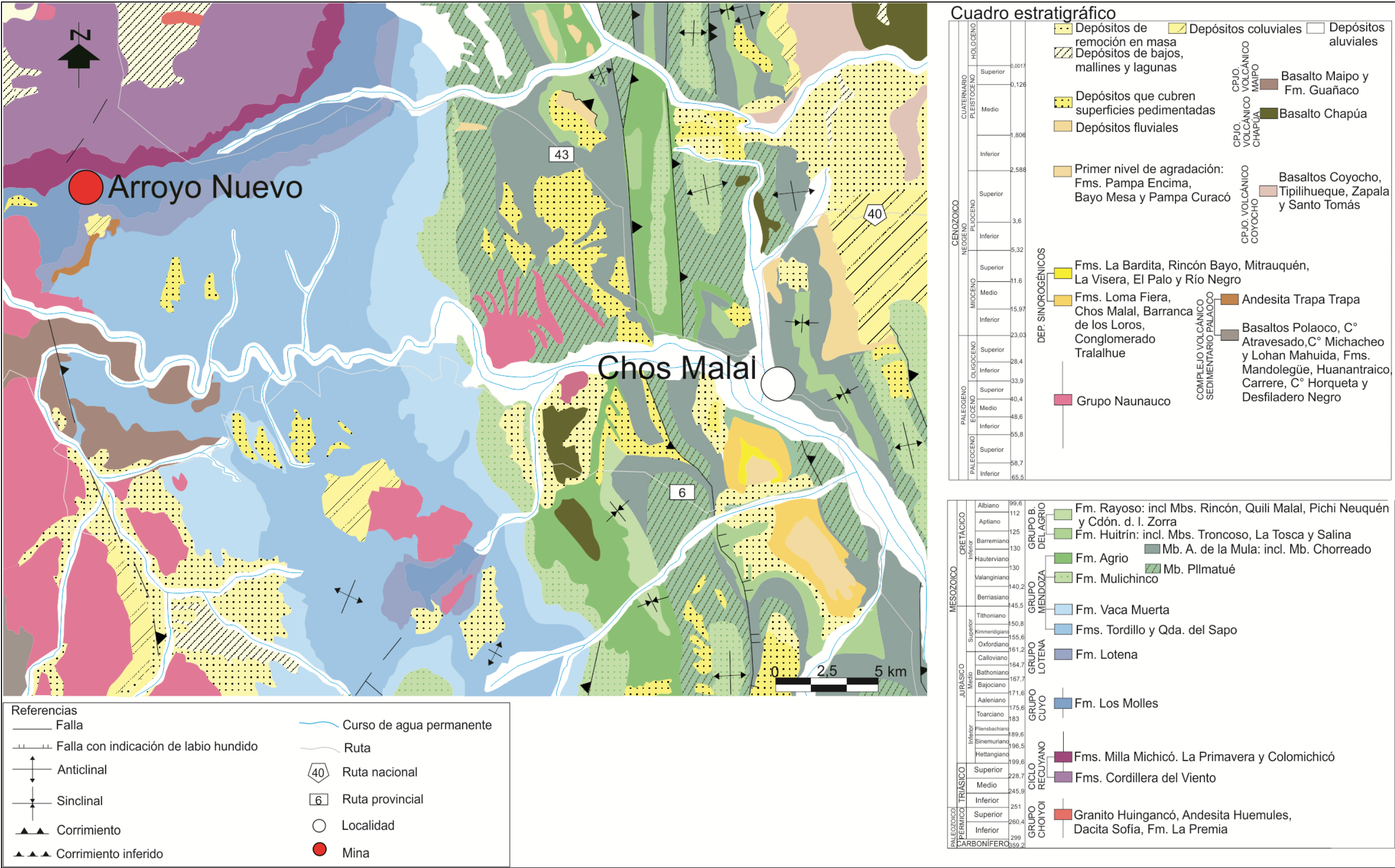


Figura 2. Mapa Geológico de la región estudiada (Extractado de SEGEMAR 2011).

VII) GEOLOGÍA LOCAL

En ámbito de la mina Arroyo Nuevo y área de influencia (Figura 3) se observa una sucesión estratigráfica que comienza con lutitas negras, fangolitas y limolitas, con intercalaciones de tobas dacíticas de hasta 2 metros de espesor, areniscas y areniscas tobáceas, asignadas a la Formación Los Molles de edad jurásica media.



Figura 3. Vista general de la mina Arroyo Nuevo e inmediaciones.



Figura 4. Alternancia de lutitas negras, fangolitas, limolitas, y areniscas de la Formación Los Molles en la localidad tipo de Chacay Melehue.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Una sección estratigráfica clásica correspondiente al Jurásico Medio donde afloran 850 metros de lutitas negras de la Formación Los Molles se encuentra en la localidad de Chacay Melehue, a unos 15 kilómetros al noreste de Arroyo Nuevo en la región noroccidental de la provincia del Neuquén (Figuras 4 y 5). En esa zona, Llambías y Leanza (2005) describen las únicas manifestaciones de volcanismo jurásico de la región, representadas por depósitos laháricos del Toarciano-Aaleniano que se intercalan con los bancos pelíticos que las contienen, evidenciando procesos volcánicos coetáneos con la sedimentación jurásica (Figura 6). Sin embargo, es de destacar que en las inmediaciones de la mina Arroyo Nuevo la espesa sucesión pelítica, con aislados niveles de tobas de caída y areniscas tobáceas de la Formación Los Molles, no presenta niveles lávicos espacialmente asociados a la mineralización barítica.

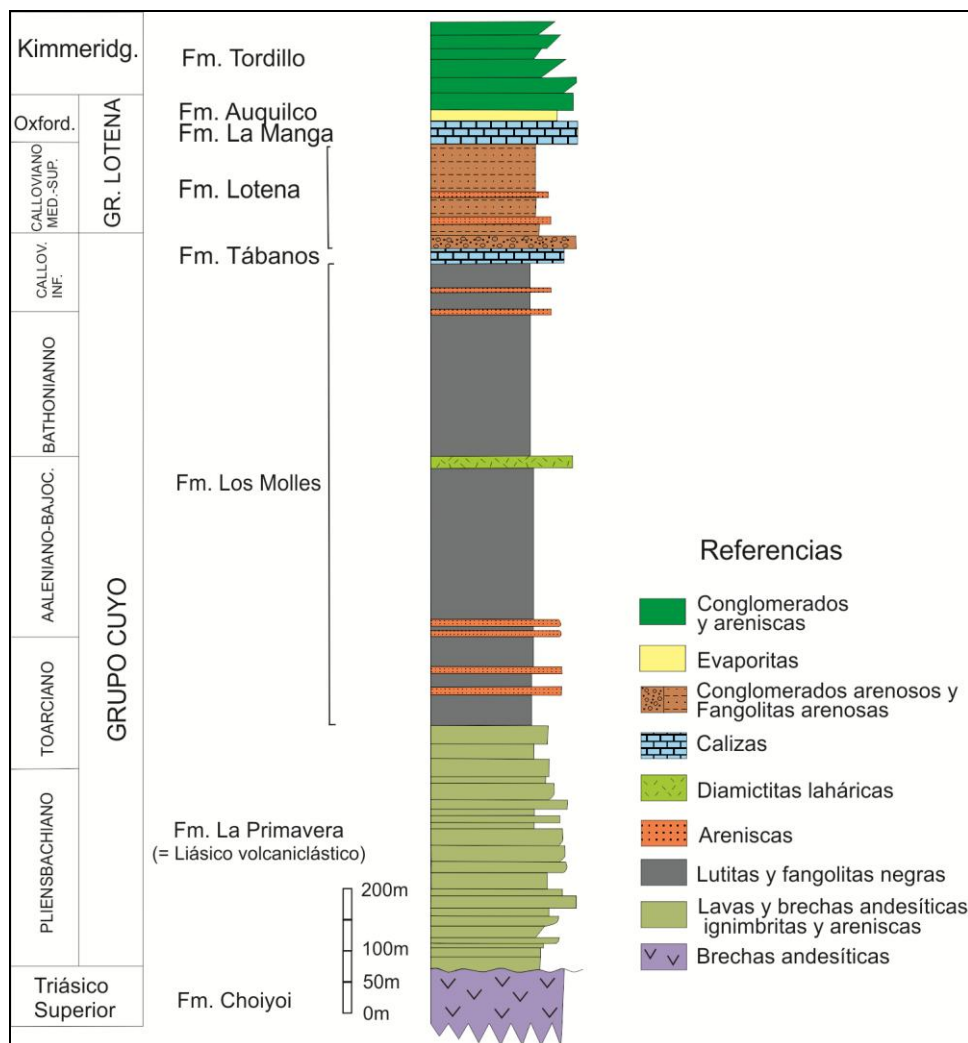


Figura 5. Sección estratigráfica del área de Chacay Melehue. (Modificado de Llambías y Leanza 2005).

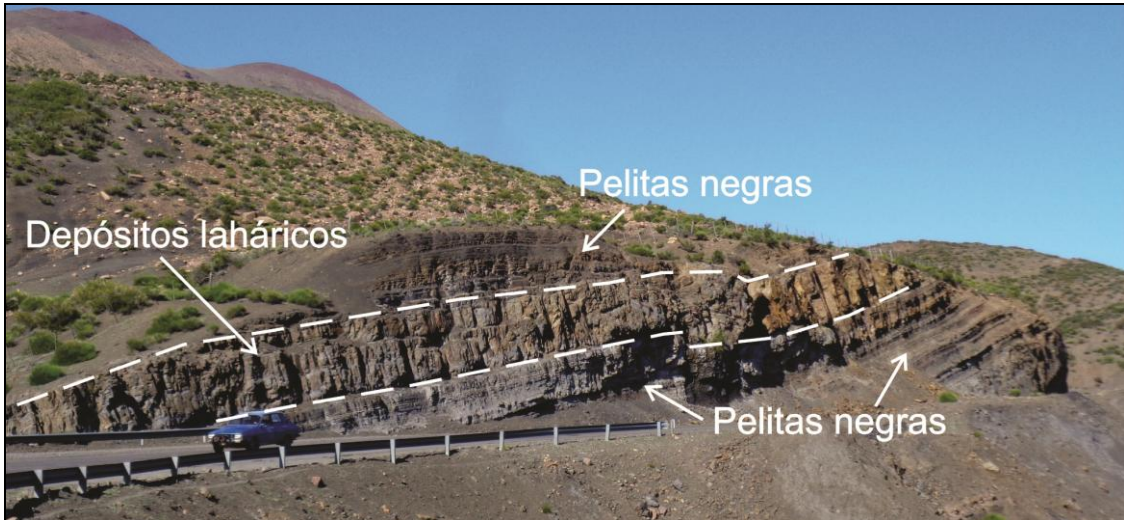


Figura 6. Banco de diamictita lahárica intercalada entre las pelitas negras de la Formación Los Molles en el área de Chacay Melehue.

Dentro de la Formación Los Molles de la mina Arroyo Nuevo se reconoce además un nivel brechoso de naturaleza carbonática con sulfuros asociados como esfalerita, galena y pirita.

La secuencia sedimentaria de la mina Arroyo Nuevo se encuentra intruída por numerosos cuerpos hipabisales concordantes (lacolitos y filones capa) y discordantes (diques) de composición andesítica y de edad terciaria pertenecientes a la Formación Colipilli (Llambías y Aragón, 2011).que se encuentran intercalados y cortando a las pelitas de la Formación Los Molles (Figura 7).



Figura 7. Dique andesítico aflorando en las inmediaciones de la mina Arroyo Nuevo.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Dentro de las lutitas negras del paquete sedimentario se encuentra el manto de baritina concordante que en su base presenta sulfuros laminados como esfalerita, galena calcopirita y pirita (Figura 8). Cabe mencionar que inmediatamente por debajo del manto barítico fue reconocido un pequeño stockwork de aproximadamente 1 metro de espesor, el cual se compone de vetillas milimétricas de pirita y de calcita que según de Barrio *et al.* (2014) podría representar parte de los conductos de alimentación de la mineralización.

Asimismo, en niveles estratigráficos superiores al manto barítico se encuentran cuerpos vetiformes, de unos 0,60 metros de espesor, constituidos mayoritariamente por baritina acompañada por sulfuros minoritarios de Pb, Zn y Fe, que cortan la secuencia jurásica. Su rumbo varía entre N45 y N60 y su inclinación es de 50-70° hacia el NO. La génesis de estos cuerpos se vincula al magmatismo terciario de la Formación Colipilli, y fueron interpretados por Brodtkorb y Danieli (2011) como producto de procesos de removilización del manto barítico, que rellenó fracturas verticales.

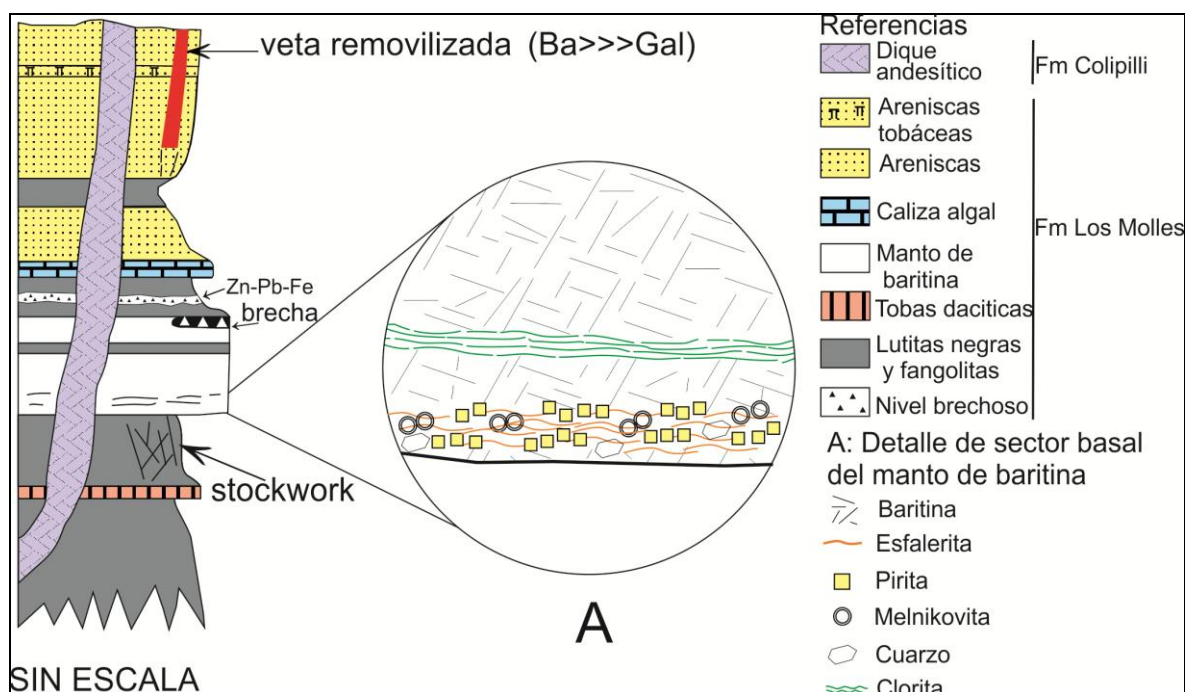


Figura 8. Perfil columnar esquemático de mina Arroyo Nuevo.

VIII) LA MINA ARROYO NUEVO

a) Características generales

El yacimiento está representado por un único manto de baritina (Figura 9 a y b) con potencias variables entre 2 y 8 metros. En su tercio inferior se ha identificado un fino laminado de aproximadamente 30 centímetros de espesor constituido por delicadas láminas de sulfuros, desde algunos micrones a varios milímetros de espesor individual, constituidas por esfalerita, galena, calcopirita y pirita, ésta última, en granos idiomorfos y con hábito coloforme (melnikovita). Asimismo, en ciertos sectores, el manto de baritina se encuentra brechado cementado por baritina y sulfuros removilizados. Inmediatamente por debajo del manto barítico fue reconocido un pequeño stockwork de aproximadamente 1 metro de espesor, el cual se compone de vetillas milimétricas de pirita y de calcita (Figura 10a).

Este depósito ha sido explotado por el método de cámaras y pilares. La producción fue de aproximadamente 425.000 toneladas desde el año 1956 a 1997. Desde 1994 se comenzó con la explotación en retroceso con recuperación de pilares (Brodtkorb y Danieli, 1999).

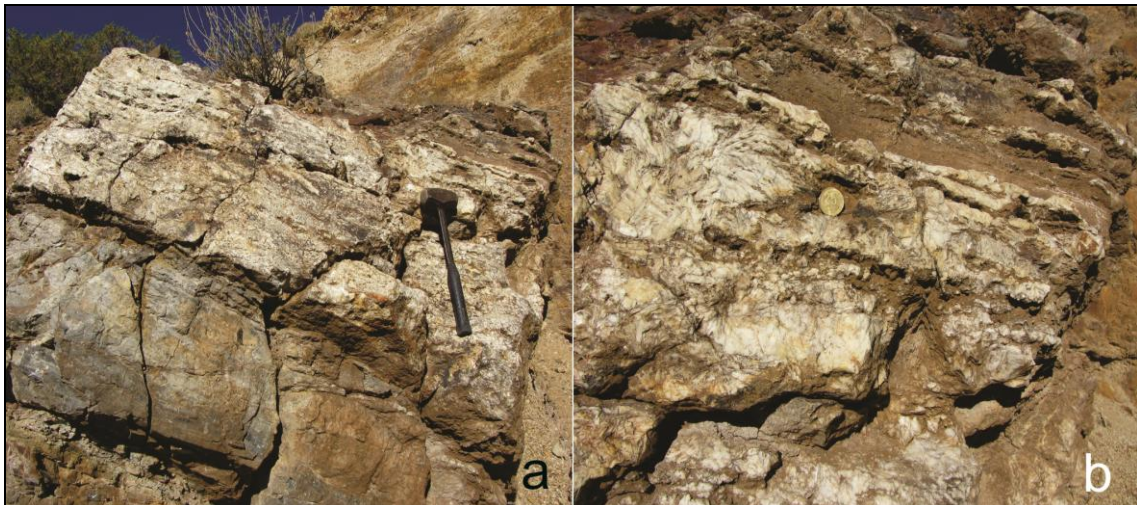


Figura 9. a) Manto laminado de baritina alojado en Formación Los Molles. b) Detalle de la parte superior del manto.

La mineralización barítica de Arroyo Nuevo se presenta en dos yacencias distintas: mantiforme (explotada a lo largo de varias décadas) y vetiforme (Figura 10b). Ambas yacencias se encuentran alojadas en las pelitas negras de la Formación Los Molles.



Figura 10. a) Stockwork situado inmediatamente por debajo del manto barítico. b) Veta de baritina en niveles superiores del yacimiento.

b) Mineralogía

La mina Arroyo Nuevo presenta una mineralogía sencilla con baritina como mineral ampliamente dominante, acompañada de proporciones minoritarias de sulfuros como galena, esfalerita, pirita y calcopirita junto a calcita y cuarzo.

La baritina es esencialmente de color blanco a grisáceo en muestra de mano, de grano fino a grueso del orden de centímetros, con delgadas intercalaciones de niveles cloríticos verde-grisáceos (Figura 8A), posee alto peso específico y hábito tabular a radial.

El cuarzo se presenta de color grisáceo, euhedral con hábito prismático hexagonal en tamaños de 3 milímetros.

Los sulfuros identificados en el tercio inferior del manto de baritina, que presentan texturas finamente laminadas, son principalmente esfalerita que aparece en masas granulares de color caramelo, galena de color gris, brillo metálico y clivaje perfecto la cual se encuentra intercrecida con la esfalerita, y calcopirita en granos alotriomorfos de coloración amarillenta, (Figura 11a). Se destaca además pirita de coloración amarillenta en granos idiomorfos y con hábito coloforme, la melnikovita (Figura 11b).

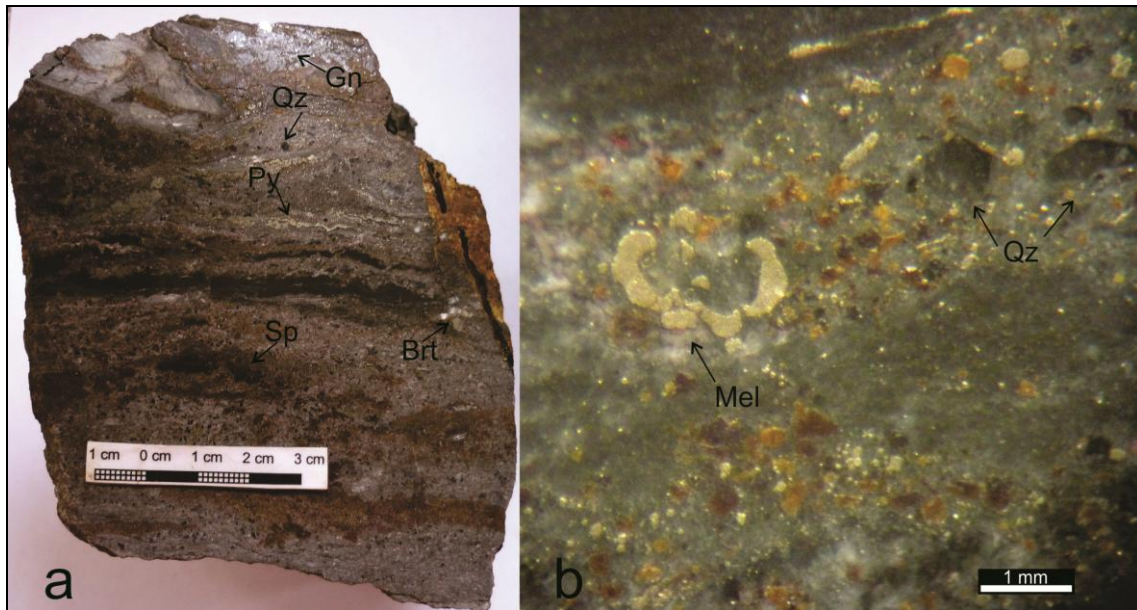


Figura 11.a) Fotografía de muestra de mano donde se observa la estructura laminada de sulfuros del tercio inferior del banco barítico. Pirita (Py), esfalerita (Sp), galena (Gn), cuarzo (Qz) y baritina (Brt). b) Fotografía mostrando pirita coloidal (melnikovita) observada con lupa binocular. Símbolos de minerales según Whitney y Evans (2010).

Melnikovita es un término derivado del Estado de Melnikov en la región de Samara, sudeste de Rusia utilizado por Doss (1911, 1912 en Lepp, 1957) a principios del siglo XX quien reconoció en pelitas de edad miocena finos diseminados y delgadas láminas de un material compacto, negro, magnético de sulfuro de hierro. Niggli (1926 en Watson 1943) consideró el término melnikovita para sulfuros de hierro metacoloidales con variable porcentaje de agua que pasan en último lugar a pirita, marcasita o pirrotina. Por otra parte, Tarr (1927) examinó capas alternantes de pirita y marcasita entre las cuales reconoció un material negro, amorfo, no magnético, que posiblemente correspondía a lo que se pensaba que era melnikovita. Luego, Schneiderhöhn y Ramdohr (1931) usaron el término “melnikovita-pirita” para un material coloforme compuesto principalmente por pirita, la cual es consecuencia de una completa o casi completa cristalización de geles de FeS y $\text{FeS}_2 \pm \text{As}$. Posteriormente, Ramdohr (1980) reserva la denominación de “melnikovita-pirita” a una mezcla de FeS y FeS_2 en parte arsenífera y con cierta cantidad de agua, con textura coloforme, inestable y generada a partir de la cristalización de material coloidal, muy común en depósitos formados a bajas temperaturas. La depositación de melnikovita representa por lo tanto un ambiente reductor, de condiciones euxínicas, que ha sido frecuentemente asociado a yacimientos sedimentario-exhalativos como por ejemplo Meggen y Rammelsberg, Alemania (Cox y Singer, 1986). Por su parte en Argentina, Gallard-Esquivel *et al.* (2012) señalan en La Carolina, provincia de San Luis la

presencia de “pirita coloidal” o melnikovita asociada a depósitos hidrotermales de baja temperatura. Recientemente, de Barrio y Ramis (2013) mencionan por primera vez la presencia de melnikovita en la Cuenca Neuquina como sulfuro integrante de la mineralización de Arroyo Nuevo.

La melnikovita-pirita de la mina Arroyo Nuevo es de color blanco amarillento con tinte castaño e isótropa. Los agregados alcanzan diámetros de 50-100 μm en arreglos coalescentes. Constituye texturas finamente laminadas, en diminutas masas botroidales-reniformes con bandeados coloformes. Entre las bandas se intercalan estrechas láminas de material negro, pulverulento, asignables a melnikovitas en parcial estado de cristalización. La textura bandeada progresa a partir de un núcleo anhedral y en otras a partir de cristales euhedrales. Además se observaron melnikovitas en estructuras tipo “Shell like” y piritas framboidales (Figura 28a, ver apartado Análisis de Microsonda Electrónica) indicativas de posible actividad bacteriana. Habitualmente se encuentra asociada a sulfuros como esfalerita, galena y calcopirita.

IX) ESTUDIO PETROCALCOGRÁFICO

El estudio petrocalcográfico llevado a cabo en la mina Arroyo Nuevo se realizó a partir del análisis de 20 láminas delgadas practicadas sobre muestras provenientes del manto barítico, de las estructuras vetiformes, de rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Los Molles y de las rocas magmáticas aflorantes en las inmediaciones.

En los preparados del manto barítico y los cuerpos vetiformes se estudiaron las paragénesis barítico-polimetálicas de la mena (sulfatos y sulfuros) mientras que en los cortes delgados de las rocas sedimentarias se describieron las facies arenosas de la Formación Los Molles. En cuanto a las rocas ígneas se investigaron las características texturales y mineralógicas pertenecientes a las facies intrusivas de la Formación Colipilli.

Yacencia mantiforme

Con respecto al manto barítico se puede observar al microscopio petrográfico texturas bandeadas constituidas esencialmente por esfalerita, pirita y galena, agregados de cristales tabulares de baritina, euhedrales, de color blanco-amarillento, con un tamaño de grano grueso (mayor a $2000\ \mu\text{m}$), clivaje a 90° , un relieve marcado, hábito plumoso-radial (Figura 12) y birrefringencia gris de primer orden. A su vez se observa un agregado de minerales de baritina de grano fino de aproximadamente $10\ \mu\text{m}$ (Figura 13 y 14).

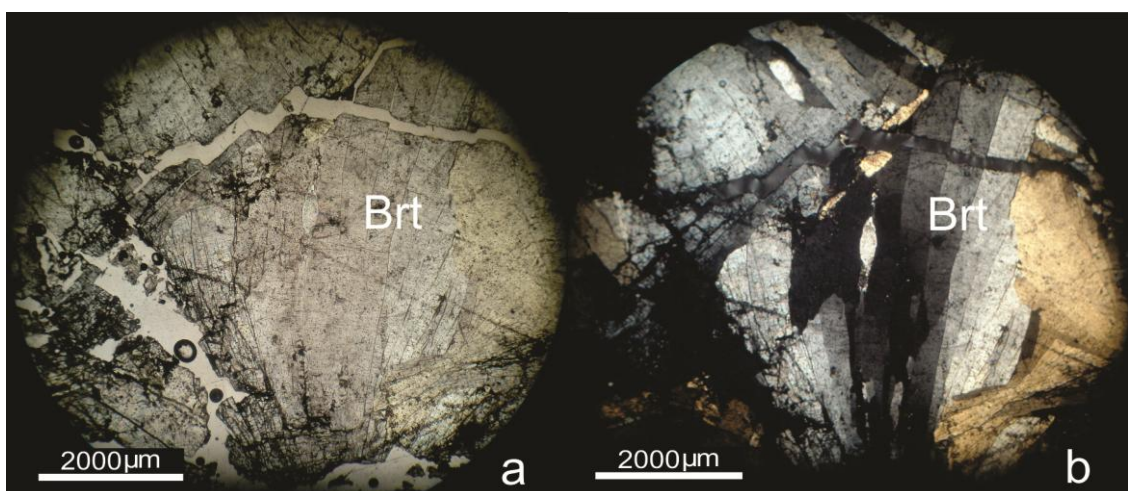


Figura 12. Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme mostrando baritina (Brt) con hábito tabular-radial. a) sin analizador, b) con analizador.

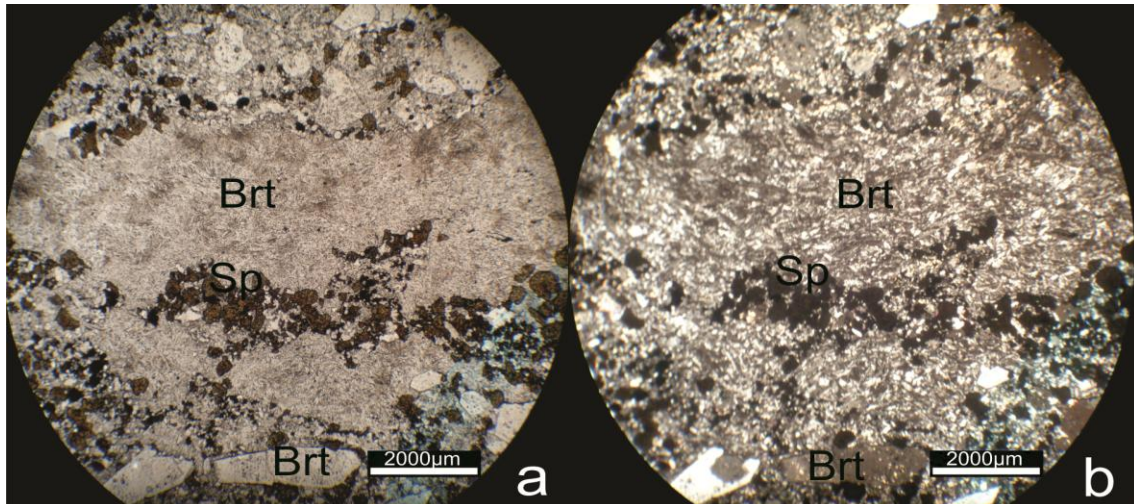


Figura 13. Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme. Textura bandeada con esfalerita color caramelo (Sp), cristales tabulares de baritina (Brt) en una matriz de baritina de grano fino. a) sin analizador, b) con analizador.

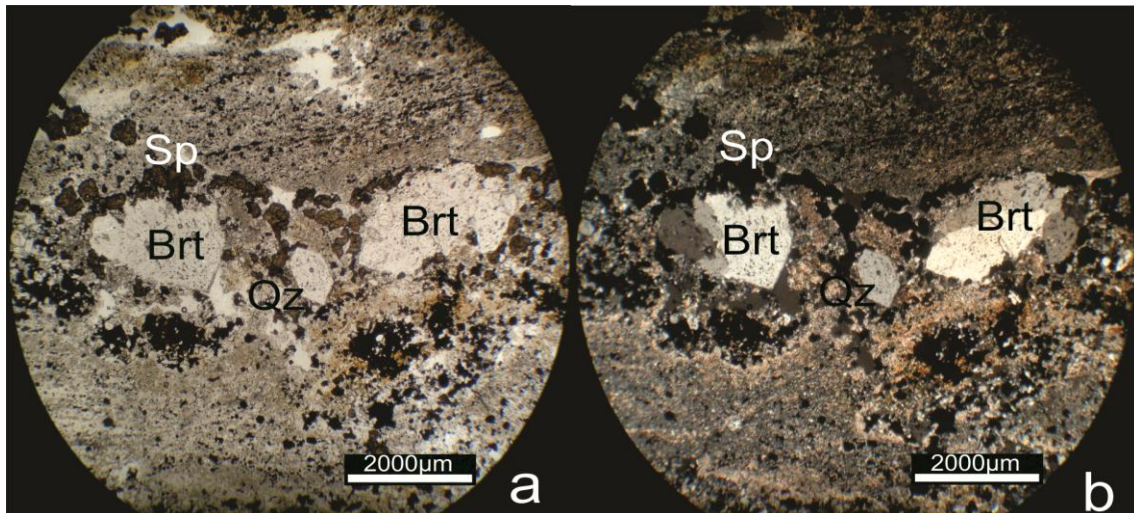


Figura 14. Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme. Textura bandeada con esfalerita color caramelo (Sp), cristales de baritina (Brt) y cuarzo (Qz) en una matriz de baritina de grano fino. a) sin analizador, b) con analizador.

A su vez, se observó sericita, como cristales laminares transparentes a translúcidos en tamaños de 30 µm, muy birrefringente y en íntima relación con el cuarzo. Por su parte, los cristales de cuarzo son de hábito prismático, con un tamaño de grano de 1000 µm, blancos, límpidos y con birrefringencia gris (Figura 15); también se observaron agregados incoloros a castaños de posible calcedonia.

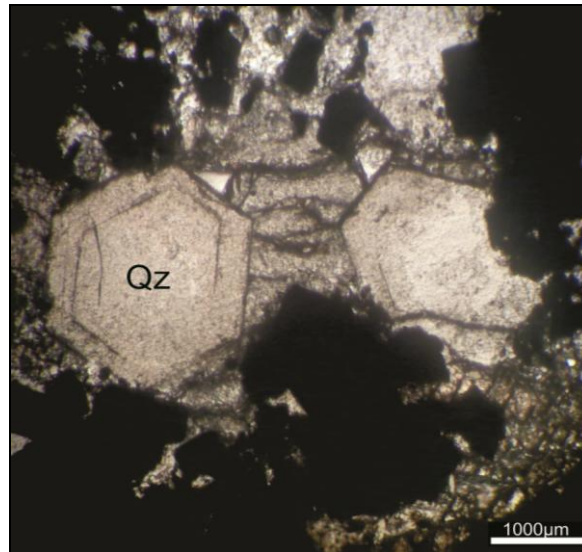


Figura 15. Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme. Cristales en sección basal, euhedrales, de cuarzo (Qz).

En cuanto a los minerales opacos cabe mencionar la presencia de cristales ecuantos de pirita en tamaños de 100 μm a 200 μm (Figura 16a), con coloraciones amarillentas, algunos límpidos, otros con reborde o núcleos que dejan en evidencia que han sido melnikovitas que luego han evolucionado a individuos idiomorfos. En el nivel inferior del manto las piritas se encuentran también rellenando oquedades. La esfalerita se observó como granos anhedrales de 200 μm de tamaño, con coloraciones pardo-castañas que con nicoles cruzados se comportaban como isótropos (Figuras 13 y 14).

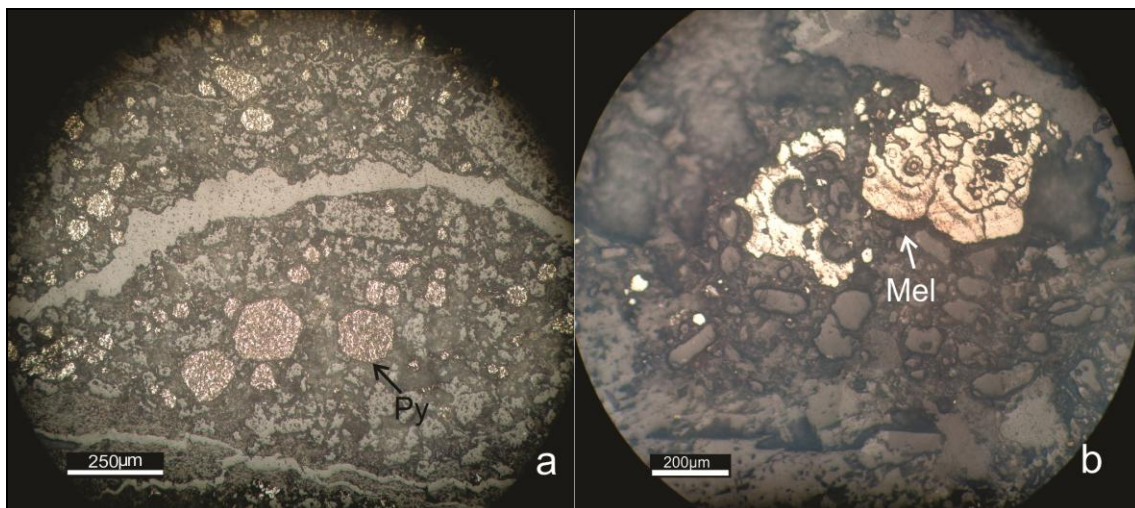


Figura 16. Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme. a) Piritas cúbicas con contornos de seis lados (Py). b) Melnikovita (Mel).

También se identificaron al microscopio calcográfico minerales como calcopirita de coloración amarillenta y desarrollos anhedrales de 200 μm de tamaño; granos anhedrales de marcasita de 100 μm de tamaño aproximadamente, coloración blanquecina, anisótropa y observada con el analizador interpuesto, presenta un color de anisotropía verdoso-azulado; y melnikovita en agregados de hasta 1000 μm de tamaño y en estructuras concéntricas (Figuras 16b y 17a y b).

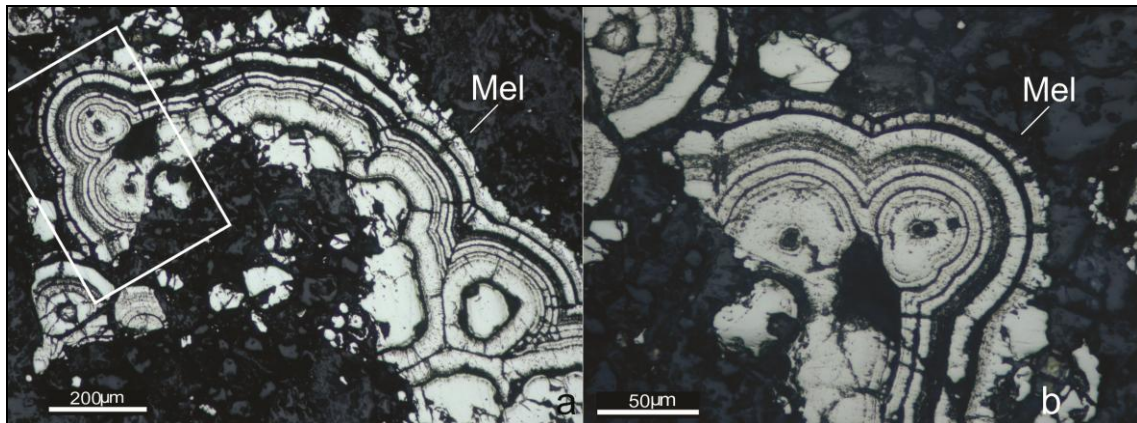


Figura 17. a) Fotomicrografía de sección delgada del depósito mantiforme. Pirita-melnikovita (Mel) coloidal con textura coloforme y hábito botroidal. b) Detalle de la coalescencia de las formas globulares con láminas alternantes de pirita (colores claros) y melnikovita (colores oscuros).

Yacencia vetiforme

Las muestras que corresponden a los depósitos vetiformes contienen baritina y calcita con sulfuros minoritarios. La baritina posee similares características a la baritina mantiforme y la calcita se presenta incolora con clivaje perfecto romboédrico y birrefringencia alta (Figura 18a). Asimismo se reconocieron signos de reemplazo de baritina por carbonato (Figura 18b).

En cuanto a los minerales opacos se identificaron principalmente pirita y galena de coloración gris clara, en tamaños de 3000 μm , con contornos anhedrales y con oquedades de diseño triangular paralelas al clivaje ("pits") (Figura 19).

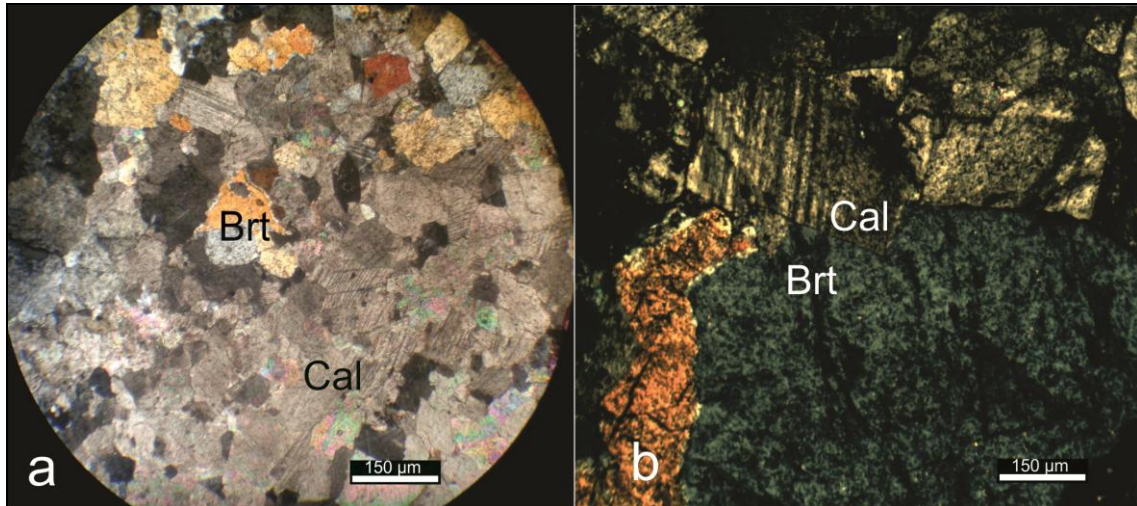


Figura 18. Fotomicrografía de sección delgada del depósito vetiforme. a) baritina (Brt) y calcita (Cal), con analizador. b) calcita reemplazando a la baritina, con analizador.

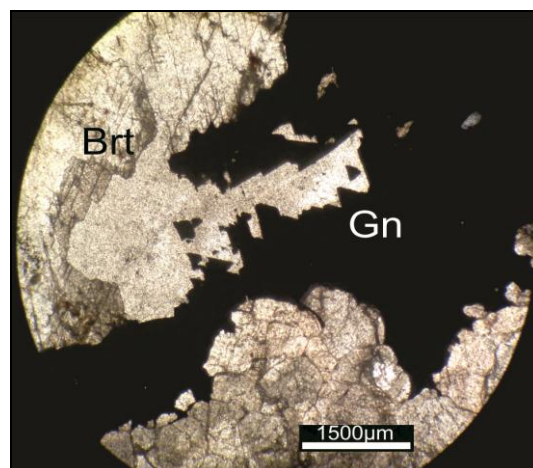


Figura 19. Fotomicrografía de lámina petrocalcográfica del depósito vetiforme. Baritina (Brt) y galena (Gn). Sin nicols cruzados, visión con transparencia.

Formación Los Molles

Se realizaron descripciones petrográficas de especímenes pertenecientes a la Formación Los Molles correspondientes al nivel brechoso situado por encima del manto barítico; a las areniscas intercaladas entre las pelitas negras; y a los depósitos laháricos situados en la localidad de Chacay Melehue.

En la brecha situada en la Formación Los Molles, los clastos son angulosos y de naturaleza carbonática (mudstones gris oscuros), compuestos por calcita de grano fino atravesados por vetillas de calcita de grano más grueso (Figura 20). En este cemento se observaron a la lupa binocular sulfuros, entre los que se pudieron

reconocer esfalerita, galena y pirita. Posiblemente esta brecha corresponda a procesos hidrotermales vinculados al magmatismo terciario que brecharon la caliza gris oscura la cual fue mineralizada.

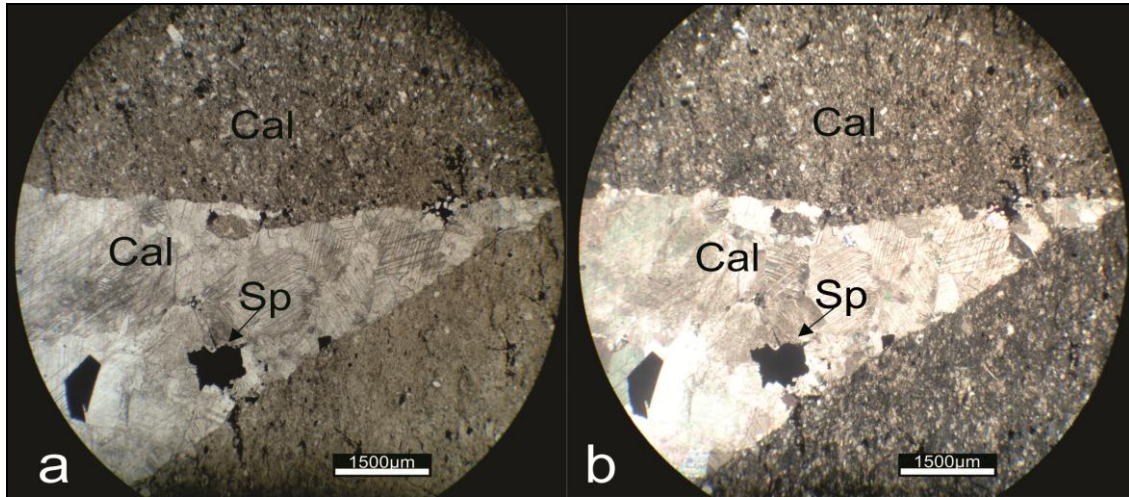


Figura 20. Fotomicrografía de sección delgada del nivel brechoso de la Formación Los Molles. Vetilla de calcita (Cal) con esfalerita en su interior (Sp) y matriz de calcita. a) sin analizador, b) con analizador.

Además se realizaron descripciones petrográficas de las areniscas intercaladas entre las pelitas negras pertenecientes a la Formación Los Molles. Los especímenes consisten en rocas epiclásticas de coloración amarillenta-castaña, matriz sostén, moderadamente seleccionadas a bien seleccionadas compuestas por clastos subredondeados a angulosos de plagioclasa, agregados de cuarzo policristalino, cuarzo monocristalino, con tamaños de grano promedio de 250 μm y un tamaño de grano máximo de 1,5 milímetros. Poseen cemento carbonático (Figura 21).

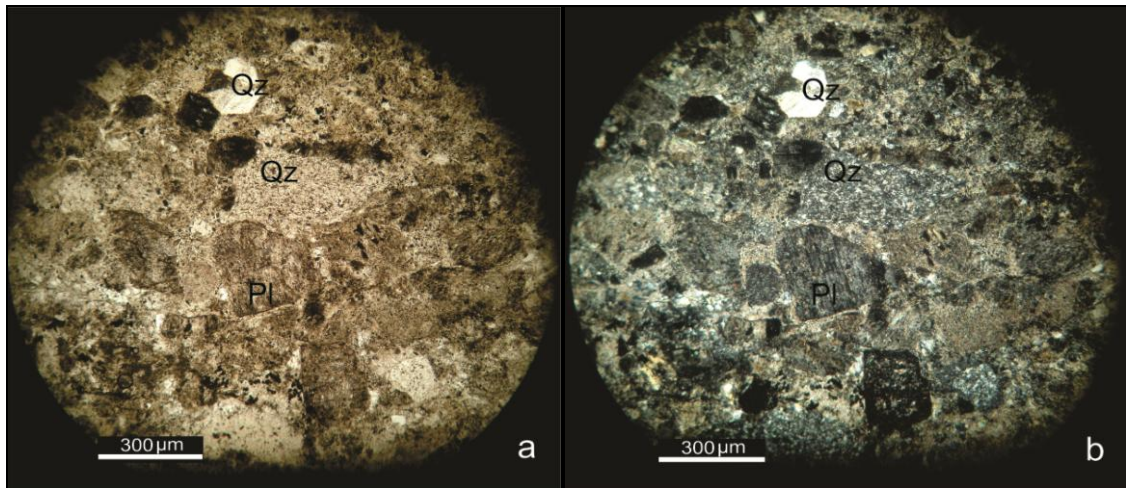


Figura 21. Fotomicrografía de sección delgada de arenisca intercalada en la Formación Los Molles. Se observan clastos de plagioclasa (Pl), cuarzo policristalino y cuarzo monocristalino (Qz)

Estos niveles arenosos representan cambios bruscos en la energía del ambiente, pasándose de condiciones de aguas quietas, euxínicas en las pelitas negras a ambientes de somerización con sedimentos clásticos (areniscas) de mayor granulometría de las areniscas.

Con respecto a los depósitos laháricos citados por Llambías y Leanza (2005) dentro de la Formación Los Molles en la región de Chacay Melehue, se ha descripto petrográficamente una muestra conformada por clastos subangulosos, de tamaño desde 100 µm hasta más de 2000 µm y matriz de composición andesítica, la cual posee mala selección, y en general, los clastos son de naturaleza volcánica. Se observaron clastos de carbonatos, de pelitas y areniscas, fenocristales de plagioclasas y los clastos más abundantes corresponden a andesitas (Figura 22). A su vez se observaron signos de reemplazo de plagioclasa por carbonatos.

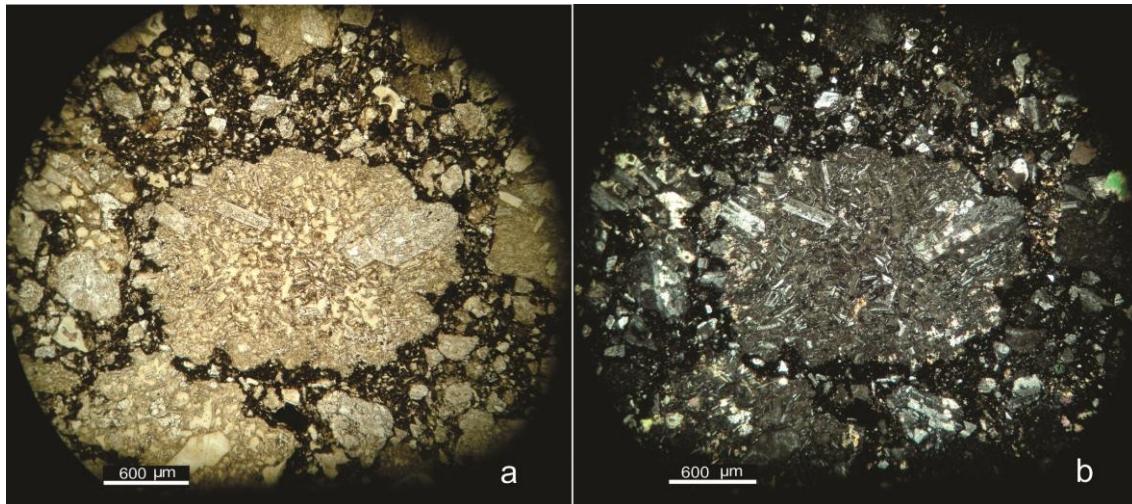


Figura 22. Fotomicrografía de sección delgada de laharita donde se observa un clasto de composición andesítica. a) sin nicoles cruzados, b) con nicoles cruzados.

Estas diamictitas son el resultado de flujos densos, de naturaleza cohesiva, dominados por componentes volcánicos, con aporte de material de derrubio suelto en la superficie del volcán y lubricados con agua. Este depósito sería producto de un volcanismo activo, y contemporáneo a la sedimentación jurásica en el área de Chacay Melehue.

Formación Colipilli

La Formación Colipilli se presenta en el área de la mina Arroyo Nuevo como numerosos cuerpos hipabisales concordantes (lacolitos y filones capa) y discordantes (diques), (Llambías y Aragón, 2011), que representan un verdadero enjambre de cuerpos ígneos. Fueron muestreados dos cuerpos discordantes en sectores estratigráficos superiores a las labores subterráneas.

Petrográficamente, la muestra consiste en una roca ígnea con textura porfírica y pasta afanítica (Figura 23) donde se visualizan fenocristales tabulares, algunos con alteración sericitica, de plagioclasa de 7,5 milímetros de tamaño, además se encuentran piroxenos en tamaños desde 750 µm a 1,5 milímetros, los cuales posiblemente sean augita, (Figura 24 y 25) inmersos en una masa de cristales pequeños de plagioclasa y piroxenos. Se clasifica a esta roca como un pórfido andesítico.

Para determinar la composición de la plagioclasa se utilizó el método estadístico de Michel-Levy, donde se midieron 10 cristales en secciones normales a (010) y se determinó que la composición oscila entre An_{40} y An_{45} correspondiendo a Andesina.

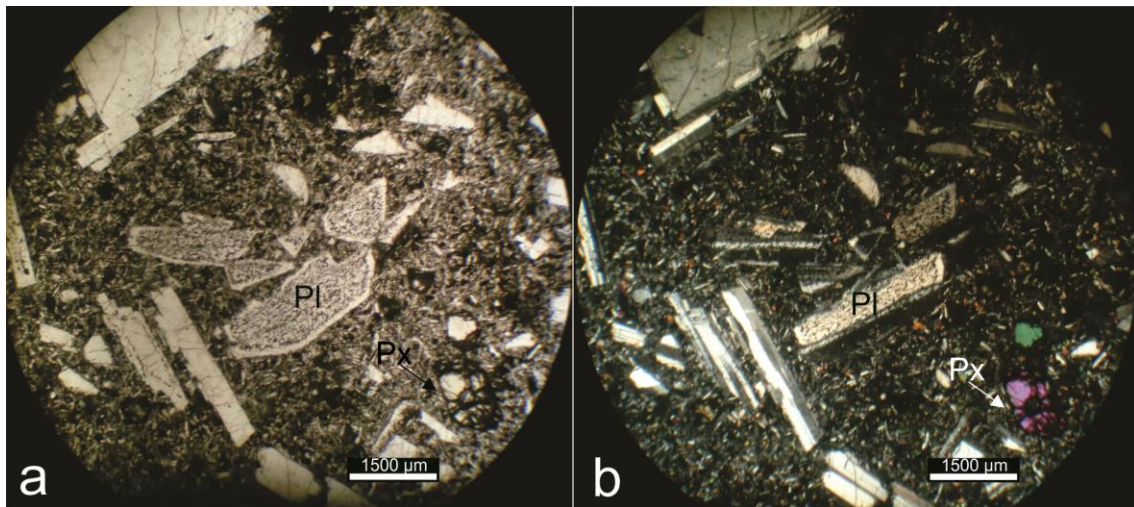


Figura 23. Fotomicrografía de sección delgada del dique de Formación Colipilli. Fenocristales de plagioclasa alterada (Pl) y piroxenos (Px). a) sin analizador, b) con analizador.

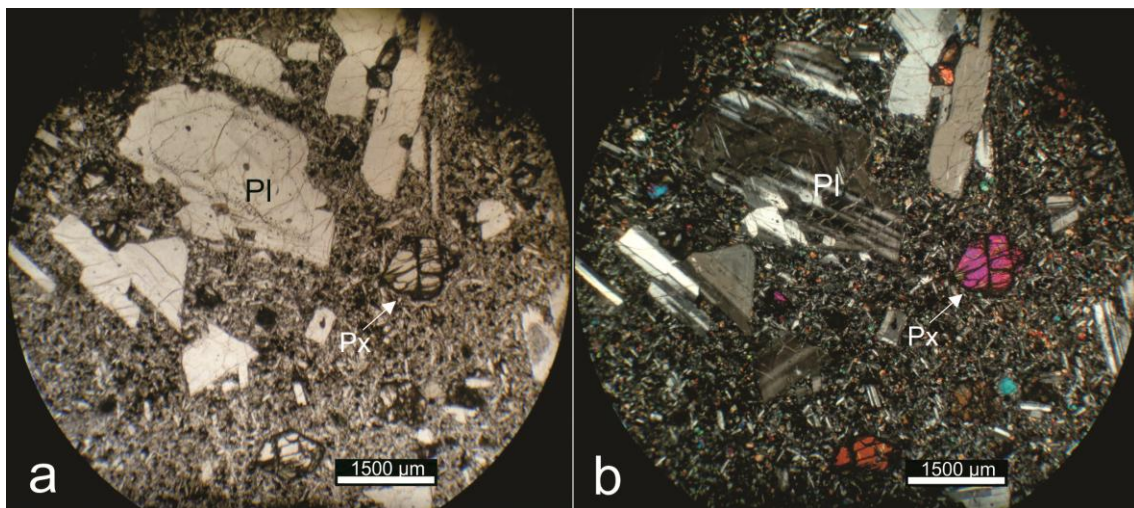


Figura 24. Fotomicrografía de sección delgada del dique de la Formación Colipilli. Fenocristales de plagioclasa (Pl), piroxenos (Px) y matriz. a) sin analizador, b) con analizador.

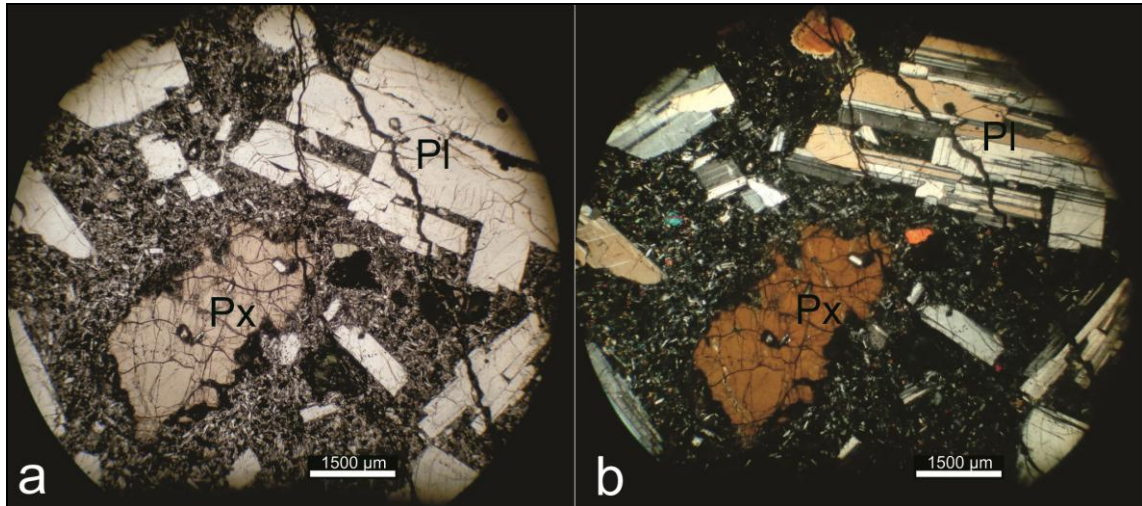


Figura 25. Fotomicrografía de sección delgada del dique de la Formación Colipilli. Fenocristales de plagioclasa (Pl) y piroxenos (Px). a) sin analizador, b) con analizador.

El magmatismo andesítico de la Formación Colipilli ha sido invocado por varios autores (Brodtkorb y Danieli 2011; de Barrio *et al.*, 2014) como el causante de procesos de removilización del manto barítico de Arroyo Nuevo los cuales han dado como resultado la generación de pequeños cuerpos vetiformes de baritina con galena subordinada, que se han alojado en niveles superiores de la columna estratigráfica asociados incluso a áreas de alteración hidrotermal (Figura 26). Estas áreas han sido exploradas mediante la ejecución de varias perforaciones cuyo objetivo fue evaluar recursos de posibles concentraciones auríferas.



Figura 26. Áreas de alteración hidrotermal relacionadas al magmatismo terciario en las inmediaciones de la mina Arroyo Nuevo.

X) ANÁLISIS DE MICROSONDA ELECTRÓNICA

El quimismo de las fases minerales presentes en el depósito barítico de Arroyo Nuevo fue caracterizado a partir de datos provenientes de análisis mineraloquímicos de microsonda electrónica, ejecutados en las Universidades de Oviedo y Barcelona, España.

El método analítico de la microsonda electrónica se basa en que los rayos X se originan como consecuencia de la ionización que sufren los átomos al ser bombardeados por electrones (o por otros rayos X) con suficiente energía para que un electrón de una capa más externa pueda saltar y ocupar el hueco dejado por el electrón expulsado. La pérdida de energía que implica este salto se traduce en la emisión de una radiación electromagnética ($K\alpha$) (López Ruiz 1981).

Según Melgarejo *et al.* (2010) una microsonda electrónica consiste en un microscopio electrónico de barrido que incluye unidades analizadoras adicionales: los espectrómetros dispersivos en longitud de onda que discriminan las radiaciones X por su longitud de onda. Para eso se utilizan cristales analizadores que separan las radiaciones X por medio de la ley de Bragg, detectores de radiación que miden los rayos X dispersados por los cristales y se comparan las intensidades de rayos X emitidos por la muestra con las de patrones de composición conocida.

La muestra que va a ser analizada debe estar bien pulida y plana. Además, se la convierte en un espécimen eléctricamente conductor, mediante un recubrimiento fino o metalizado de algún material conductor: grafito, aluminio u oro. Luego se introduce en la cámara mediante un portamuestra, al vacío, y se busca la zona de interés con el microscopio electrónico. Se enfoca el haz de electrones en ese punto y comienza el análisis. Así, cada uno de los elementos que componen la sustancia responden emitiendo una familia de rayos X característicos. El detector de contadores proporcionales, determina la intensidad de los rayos X, la cual es proporcional a la cantidad de la sustancia que está produciendo la radiación. Y por medio de los cristales analizadores, se discriminan las radiaciones que producen cada uno de los elementos.

En el presente estudio se realizaron análisis en cinco muestras, de las cuales en tres de ellas (15015, 15022 y 15018) se llevaron a cabo análisis de esfaleritas y piritas y en 15022 y 15023 se analizó baritina de la mineralización mantiforme, a su vez en el depósito vetiforme (muestra 21355) se analizó baritina y galena de la mina Arroyo Nuevo.

Para los sulfuros del depósito mantiforme (esfaleritas y piritas) se han determinado 23 elementos: Ti, Sb, Sn, In, Cd, Ag, Pb, S, Au, Cu, Fe, Se, As, Bi, Hg, Zn, W, Ni, Co, Ge, Ga, Te y Tl. Para las baritinas del manto y de las vetas se analizaron O, S, Ca, Co, Sr, Ba y Pb, más Fe, Mn y Mg para la muestra 15023 del depósito mantiforme. Y para la galena del depósito vetiforme se analizaron elementos como S, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Ag, Cd, In, Sb, Pb y Bi.

Los resultados obtenidos (Anexos 1-10) para las esfaleritas del depósito mantiforme (Figura 27a) indican bajos contenidos de Fe (promedio 1,5 % en peso) valores coherentes con las propiedades petrocalcográficas observadas (tonalidad pardo-rojiza acaramelada, translucencia). También es posible destacar los moderados contenidos de Cd, y los contenidos de Au que oscilan alrededor de 0,5 % en peso.

Con respecto a las piritas del depósito mantiforme (Figuras 27b, 28 y 29) se observan moderados a altos contenidos en As con un máximo puntual de 4,55% en peso y un contenido promedio de 1,40% en peso. Son de resaltar los valores anómalos de Pb con un contenido máximo de 0,93% en peso y un promedio de 0,54% en peso.

Es posible destacar que en algunos análisis de melnikovitas-piritas (muestra 15018), el total analítico fue muy bajo cerrando en alrededor del 92% en peso, hecho que se atribuye posiblemente a la presencia de altos contenidos de agua en su composición química, no detectables con la metodología analítica utilizada.

Tanto las baritinas del depósito mantiforme (Figura 30) como las baritinas del depósito vetiforme (Figura 31) exhiben contenidos promedio de BaO del 64% y de SO₃ del 34%, la diferencia se observa en los contenidos de SrO los cuales cambian de 2% para la yacencia mantiforme a 0,56% para la yacencia vetiforme, y el PbO que varía del 0,01% al 0,12%.

Cabe mencionar que las galenas del depósito vetiforme (Figura 32) contienen cantidades apreciables de Sb (0,1% en peso) y en menor medida elementos como Ag (con un máximo de 0,9% en peso).

La disparidad del contenido de SrO entre las yacencias mantiforme y vetiforme está muy posiblemente ligada a los diferentes procesos genéticos involucrados en ambas. En función del menor grado de solubilidad del Ba respecto del Sr, al considerarse los cuerpos vetiformes producto de la removilización del cuerpo barítico estratiforme, es lógico y esperable una disminución del Sr en las vetas, por su mayor movilidad y por lo tanto mayor dispersión.

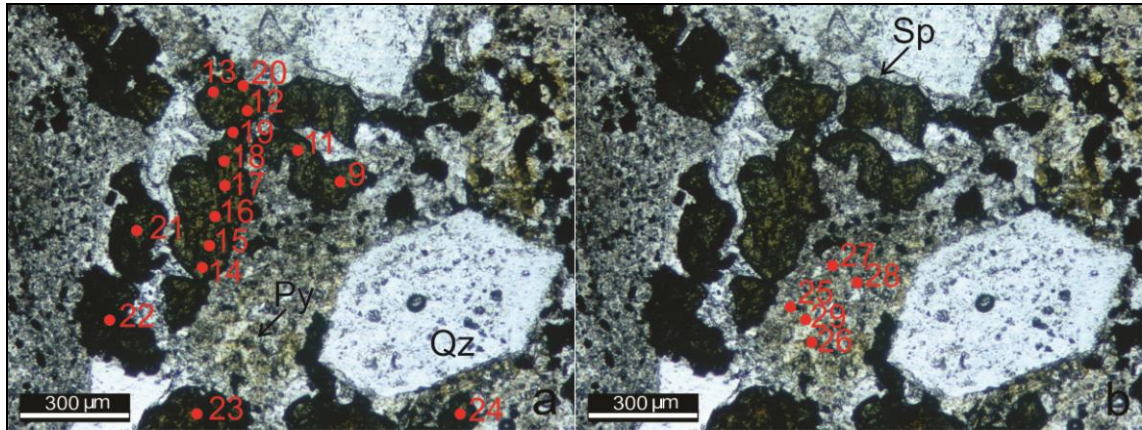


Figura 27. Microsonda electrónica del campo 2 para la muestra 15015 correspondiente al depósito mantiforme. a) Puntos de análisis en esfalerita (Sp), b) puntos de análisis en piritas (Py).

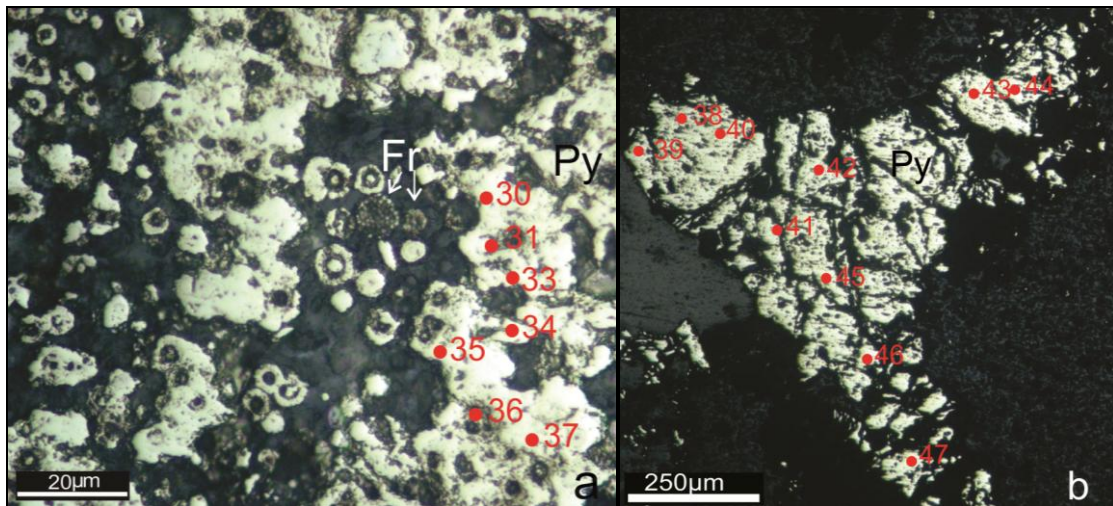


Figura 28. a) Puntos de microsonda electrónica de pirita-melnikovita (Py) del campo 1 de la muestra 15015 correspondiente al manto, se observa pirita-melnikovita en estructuras concéntricas tipo “Shell-like” asociadas a piritas framboidales (Fr). b) Puntos de microsonda electrónica para la muestra 15018 perteneciente al manto en pirita-melnikovita (Py).

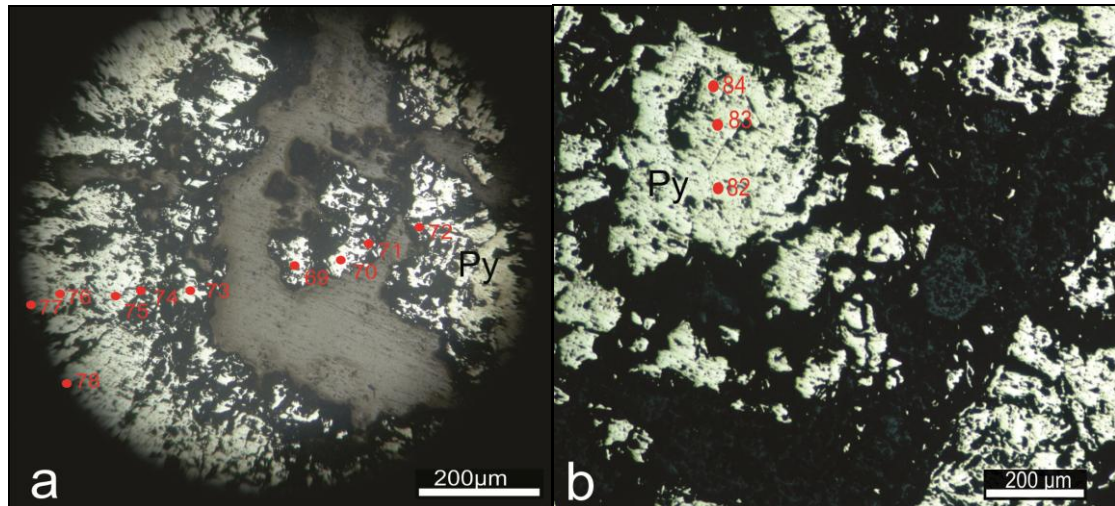


Figura 29. Puntos de análisis por microsonda electrónica de la muestra 15022 del depósito mantiforme en pirita (Py) a) campo 1, b) campo 2.

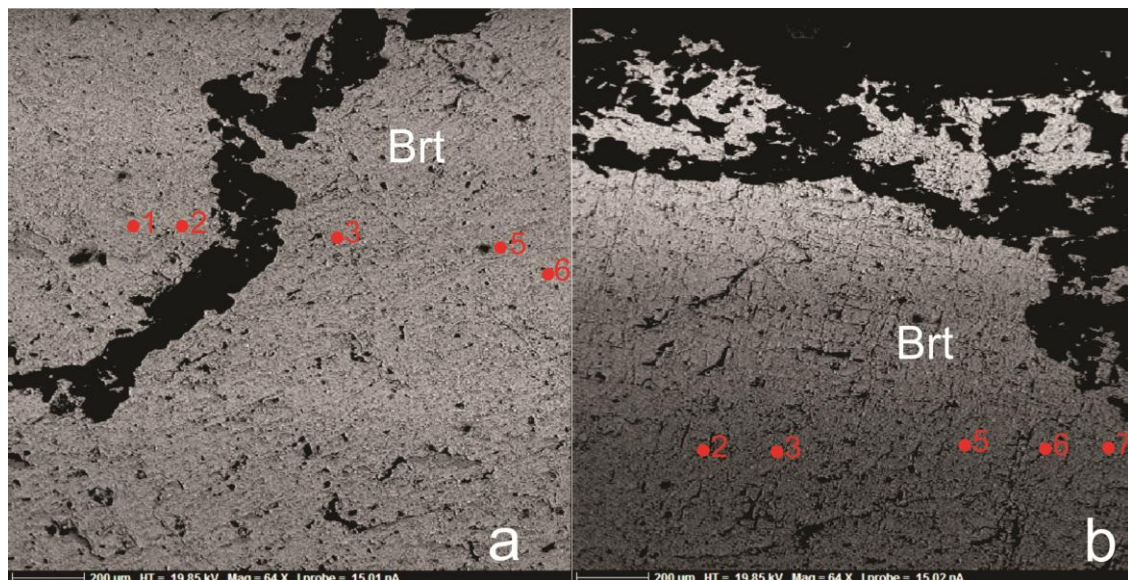


Figura 30. Puntos de análisis por microsonda electrónica de la muestra 15022 del depósito mantiforme en baritina (Brt) a) campo 2, b) campo 1.

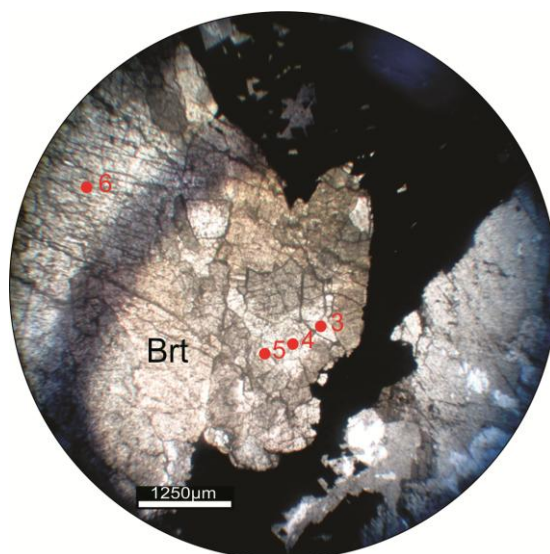


Figura 31. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 21355 correspondiente al depósito vetiforme en baritina (Brt). Nícoles cruzados, por transparencia

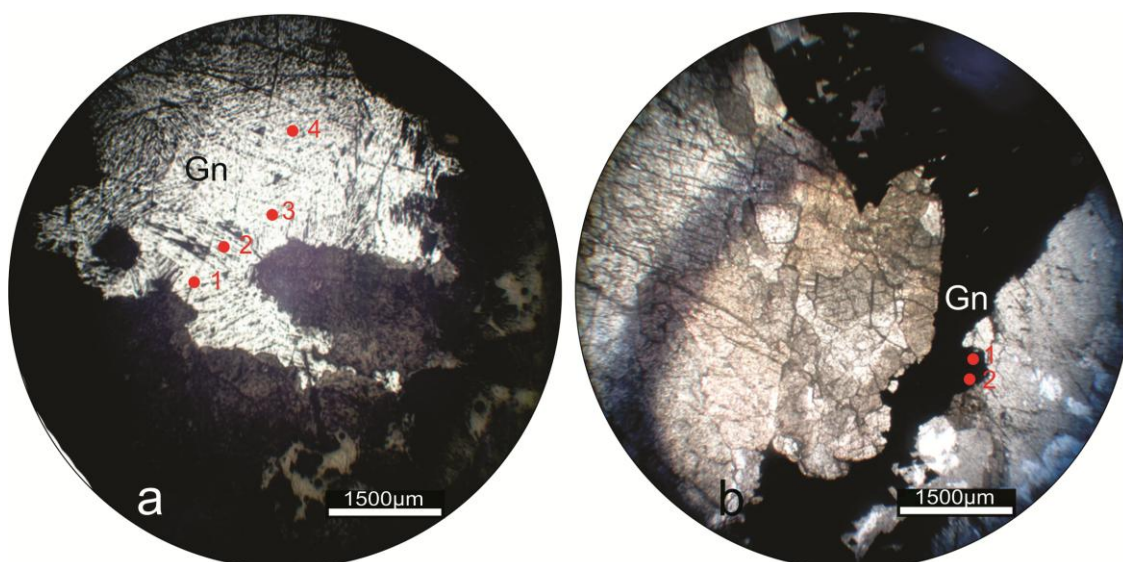


Figura 32. Análisis por microsonda muestra 21355 del depósito vetiforme en galena (Gn), a) campo 1, nícoles paralelos, por luz reflejada, b) campo 2, nícoles cruzados, por luz transmitida.

XI) INCLUSIONES FLUIDAS

Durante los procesos de cristalización y/o crecimiento de los minerales, pequeñas cantidades de los fluidos mineralizantes son entrampadas en el cristal hospedante. Estas porciones de fluido es lo que se denomina como inclusiones fluidas (IF).

El criterio más utilizado para clasificar las IF se basa en el origen, de esta manera se tienen inclusiones primarias, secundarias y/o pseudosecundarias. Las IF primarias son representativas de las condiciones termodinámicas presentes en el momento del entrampamiento del fluido, por su parte, las IF secundarias se originan con posterioridad a la formación del cristal, en tanto que las IF pseudosecundarias se originan cuando un cristal se fractura durante su crecimiento y el fluido a partir del cual está creciendo penetra en la fractura y es entrampado en el cristal.

La importancia del estudio de estas IF radica en que permiten determinar las condiciones físico-químicas reinantes durante la cristalización y/o recristalización del mineral que las contiene. De esta forma, pueden ser establecidas las condiciones límites para la formación de un depósito mineral y la naturaleza del fluido mineralizador. Las IF proveen un registro de los fluidos que han circulado por el sistema y por lo tanto son clave para entender los procesos del pasado geológico. De esta manera las IF juegan un papel importante para estimar temperatura, presión, salinidad y composición de dichos fluidos.

Hayase y Bengochea (1975) fueron los primeros autores en realizar estudios de IF en baritinas de depósitos de Ba-Sr de la Cuenca Neuquina. Efectuaron algunas mediciones microtermométricas en baritinas de Arroyo Nuevo y midieron un rango de temperatura de homogeneización relativamente bajo variable entre 161°C y 187°C, que consideran coherente con el carácter hidrotermal de los fluidos responsables de la mineralización mantiforme.

Por su parte, Collao (1997) realizó mediciones microtermométricas en inclusiones primarias, aisladas dentro del cristal y en familias pseudosecundarias de depósitos de baritina y celestina de la provincia del Neuquén, con el propósito de registrar las condiciones primarias del evento generador de ellas. Los resultados obtenidos evidencian dos poblaciones dominantes que determinan rangos de temperatura media y baja. El primero varía entre 250°C a 425°C en tanto que el segundo fluctúa entre 125°C a 275°C, obteniendo para baritinas de la mineralización mantiforme de Arroyo Nuevo temperaturas de homogeneización variables entre 146°C y 383°C y salinidades mayormente fluctuantes entre 0,2 y 22,6 % en peso equivalente de NaCl. Concluye que estos valores reflejan la presencia de soluciones hidrotermales

procedentes de cuerpos ígneos intrusivos y de procesos hidrotermales quizás exhalativos de baja temperatura.

Del mismo modo, Collao *et al.* (1997) estudiaron las inclusiones fluidas primarias y pseudosecundarias en baritinas y calcitas de las yacencias vetiformes de Arroyo Nuevo, obteniendo temperaturas de homogeneización entre 128°C y 314°C para el sulfato y entre 160°C y 300°C para el carbonato, con bajas salinidades, entre 1 y 5,2 % en peso equivalente de NaCl. Estos valores los consideran indicativos de fluidos hidrotermales relacionados a cuerpos intrusivos correspondientes al magmatismo eoterciario.

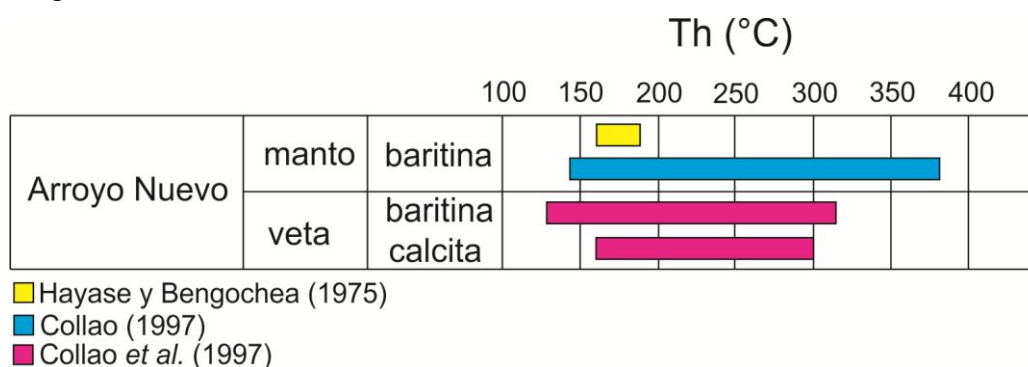


Figura 33. Datos de temperaturas de homogeneización (Th°C) correspondientes a baritinas y calcitas de la mina Arroyo Nuevo.

Como se puede apreciar en la figura 33, los datos de inclusiones fluidas en baritinas y calcitas disponibles para la mina Arroyo Nuevo son contrastantes. Posiblemente, la disparidad de los datos que se observa entre los autores sea la presencia de fluidos orgánicos (como metano) en la fase de burbuja de la inclusión gas-líquido, la cual complica la interpretación del comportamiento de la inclusión obteniendo temperaturas de homogeneización y salinidades superiores (a pesar de la utilización de ecuaciones de corrección) y por lo tanto erróneas. Además, el clivaje perfecto de los cristales de baritina y calcita es un factor propicio para la fuga de los contenidos de las inclusiones durante las mediciones de las temperaturas de homogeneización y de congelamiento, con lo cual queda comprometida la estanqueidad de las cavidades que las contienen. Por lo tanto, la posible existencia de metano en inclusiones fluidas de baritina y calcita de la mina Arroyo Nuevo podría conspirar con la confiabilidad y precisión de los datos obtenidos. No obstante estas consideraciones, los datos generales de Th se sitúan entre 130°C y 380°C revelando un carácter hidrotermal indudable para los fluidos de formación de las mineralizaciones estratiformes y vetiformes del yacimiento Arroyo Nuevo.

XII) ISÓTOPOS ESTABLES

Los isótopos son átomos del mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto difieren en su número másico. Los isótopos se pueden dividir en dos clases fundamentales, estables e inestables (radiactivos).

Se llama fraccionamiento isotópico a toda reacción química o proceso físico por medio del cual se altera la composición isotópica de un elemento concentrando algunos isótopos en determinados compuestos o fases. El fraccionamiento ocurre en elementos cuyos isótopos estables tienen proporcionalmente una importante diferencia en sus masas atómicas.

Para comparar los datos de isótopos estables de diferentes laboratorios, reducir errores y simplificar comparaciones es necesario seguir un conjunto de normas internacionalmente aceptadas, por esto los análisis de isótopos de un elemento pueden ser comparados con el de una muestra estándar. En geoquímica isotópica, es común expresar la composición isotópica en términos de delta-valores (δ), la cual para un compuesto A, se escribe:

$$\delta A = \left(\frac{RA}{R_{st}} - 1 \right) 10^3 (\%)$$

Donde RA son las mediciones de relación isotópica de un compuesto y R_{st} es la relación isotópica definida de una muestra estándar.

El oxígeno es uno de los indicadores isotópicos más importantes en los estudios geoquímicos de procedencia de los fluidos mineralizadores. Es un elemento que constituye el 50% del planeta, formando parte de minerales, rocas y fluidos. El oxígeno tiene tres isótopos estables con las siguientes abundancias: ^{16}O : 99,757%, ^{17}O : 0,038%, ^{18}O : 0,205%. Debido a la mayor abundancia y diferencia de masa, la relación $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ es la que se determina normalmente, y puede variar en muestras naturales en aproximadamente un 10%. Los análisis de isótopos de oxígeno en aguas, silicatos, fosfatos, sulfatos y carbonatos se proporcionan con relación al estándar SMOW (Standard Mean Ocean Water).

Por su parte, el azufre está presente en casi todos los ambientes naturales. Es un componente importante en depósitos minerales, integrando sulfuros y sulfatos, éstos últimos muy frecuentes en ambientes evaporíticos. El azufre tiene cuatro isótopos estables con las siguientes abundancias: ^{32}S : 94,93%, ^{33}S : 0,76%, ^{34}S : 4,29% y ^{36}S : 0,02%.

El estándar de referencia comúnmente utilizado corresponde a la composición isotópica del azufre presente en la troilita (FeS) del meteorito del Cañón del Diablo (CDT).

Dos tipos de mecanismos de fraccionamiento son responsables del origen natural de las variaciones isotópicas del azufre: los efectos isotópicos cinéticos durante los procesos microbiales y las reacciones de intercambio químico entre sulfatos y sulfuros.

Los microorganismos (por ejemplo bacterias) tienen la habilidad de fraccionar isótopos del azufre durante su metabolismo, en particular durante la reducción del sulfato, el cual es uno de los mecanismos más importantes para generar sulfuros a partir del sulfato disuelto. Los microorganismos reductores de sulfato se encuentran ampliamente distribuidos en ambientes anóxicos, tolerando temperaturas de $-1,5^{\circ}\text{C}$ a más de 100°C y salinidades de agua dulce hasta salmueras. Con la reducción bacteriana se produce un fraccionamiento del -30% o -40% dado que las bacterias utilizan ^{32}S .

En contraste con la reducción bacteriana, la reducción termoquímica del sulfato marino es un proceso abiótico donde el sulfato es reducido a sulfuro bajo la influencia de altas temperaturas.

En consecuencia, los isótopos estables de oxígeno y azufre han adquirido en las últimas décadas una significativa importancia aportando datos conducentes a la dilucidación de los ambientes de formación de los distintos depósitos minerales.

Con la información disponible de datos de isótopos estables del depósito mantiforme y vetiforme de azufre en sulfuros (pirita, esfalerita y galena) y en sulfatos (baritina); y de oxígeno en sulfatos (baritina) de la mina Arroyo Nuevo se observaron, graficaron e interpretaron los valores de $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{18}\text{O}$ que se ilustran en la Tabla 1.

Para la baritina tanto del manto como de la veta los valores obtenidos de $\delta^{34}\text{S}$ rondan entre $+16,8\%$ y $+19,9\%$, coincidiendo con los valores correspondientes a los sulfatos marinos del Jurásico, los cuales oscilan, según la escala establecida por Claypool *et al.* (1980), entre los $+13\%$ y los $+19\%$ aproximadamente (Figura 34).

Por su parte, en los sulfuros existe una considerable variación de las cantidades de $\delta^{34}\text{S}$, las cuales fluctúan entre $-7,4\%$ a $+21,9\%$. Los valores negativos presentes fundamentalmente en la pirita podrían corresponder al azufre procedente de la reducción bacteriana o termoquímica abiótica del sulfato del agua de mar, mientras que los valores positivos corresponderían a una fuente hidrotermal.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Mina	Yacencia	Mineral analizado	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} (\text{‰})$ (1)	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} (\text{‰})$ (2)	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} (\text{‰})$ (3)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} (\text{‰})$ (3)
Arroyo Nuevo	mantiforme	baritina	+14/+40	+16,8/+19,9	+17,9/+19,9/ +16,8	+14,27/+11,39/ +14,63/+14,27/ +14,63
		pirita		-7,4/ +7,1/+21,9	+21,9/-2,3/+6/ -7,4/+7,1	
		galena		+3,0	+3	
		esfalerita		+11,4	+11,4	
	vetiforme	baritina	+10/+14		+15,6/+9,3/ +15,2	+16,97/+18,57/ +16,16
		pirita			+4,7	
		galena			-12,1/-12,6/ -13,4	

Tabla 1. Datos de isótopos estables de la mina Arroyo Nuevo. (1) Tomados de Brodtkorb y Danieli (2011). (2) Tomados de de Barrio *et al.* (2014). (3) Este estudio.

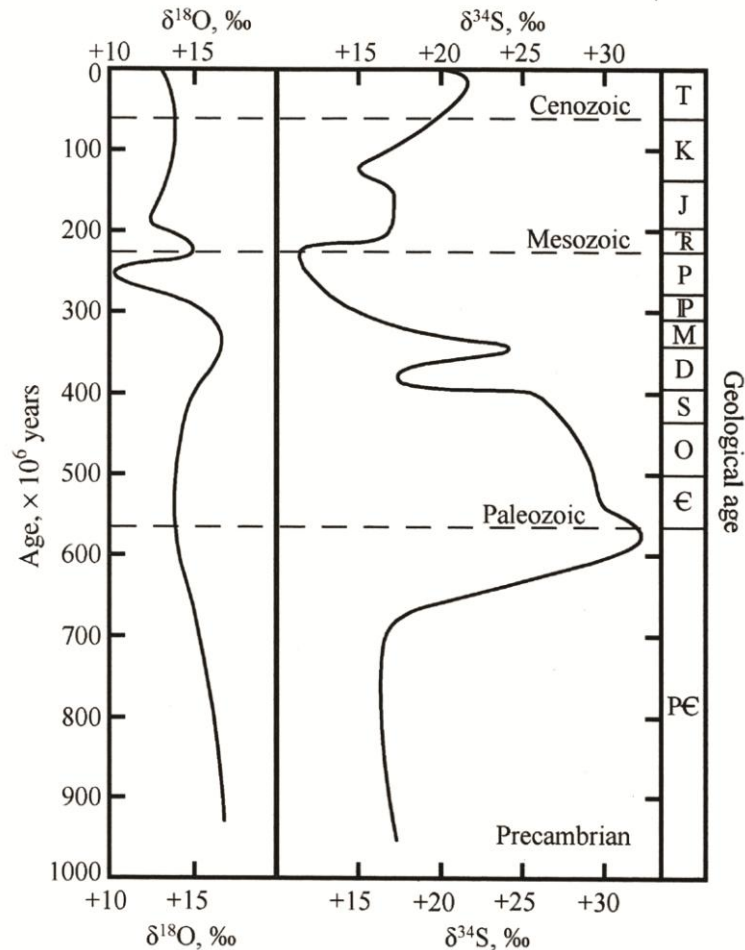


Figura 34. Variaciones en $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{18}\text{O}$ del sulfato disuelto en el mar a lo largo de los tiempos geológicos. Según Claypool *et al.*, (1980).

Respecto de los resultados obtenidos de isótopos estables de oxígeno en baritinas mantiformes y vetiformes de la mina Arroyo Nuevo, éstos se encuentran enriquecidos en el isótopo pesado y oscilan entre +11,39‰ y +18,57‰, siendo semejantes, a los valores que corresponden a los mares jurásicos.

Se graficaron los valores de isótopos estables de azufre y oxígeno obtenidos para la mineralización de Arroyo Nuevo y se los comparó con los valores de azufre y oxígeno de distintas litologías (Hoefs, 2009). En estos diagramas se observa que los valores son similares a los que poseen los depósitos sedimentarios (Figura 35).

Para caracterizar el ambiente de depositación de la mineralización barítica-polimetálica de Arroyo Nuevo, se compararon los valores de isótopos estables obtenidos con valores isotópicos de depósitos que poseen características geológicas similares a las halladas en Arroyo Nuevo.

Hoefs (2009) consigna que los depósitos de sulfuros masivos de Fe, Cu, Pb y Zn asociados a rocas volcánicas submarinas (VMS) poseen valores de $\delta^{34}\text{S}$ en depósitos fanerozoicos que oscilan entre 0‰ y el valor correspondiente al sulfato disuelto en el agua marina de la época. Los fluidos mineralizadores (aguas marinas modificadas) adquieren el azufre en parte por lavado de las rocas del fondo oceánico y en parte por reducción del sulfato del agua de mar. Los valores de $\delta^{34}\text{S}$ en depósitos de sulfuros volcanogénicos tipo Chipre oscilan entre los +2‰ y +8‰ y en depósitos tipo Kuroko varían entre los +5‰ y +8‰.

Por su parte, para los depósitos de Pb y Zn asociados a pelitas y carbonatos (tipo SEDEX) el rango de $\delta^{34}\text{S}$ es más amplio de lo observado para los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (Figura 36). Según Rollinson (1993) para las piritas del yacimiento de Rammelsberg, Alemania se observa que los valores de $\delta^{34}\text{S}$ se disponen en tres grupos (de -17‰ a -10‰; de -3‰ a +3‰ y de +12‰ a +16‰), característica que no se encuentra en los minerales de los sulfuros masivos volcanogénicos. Además, según Leach *et al.* (2005), las galenas y esfaleritas en depósitos SEDEX muestran una dispersión de los datos desde -8‰ a cerca de +30‰, asemejándose a los valores obtenidos para la mina Arroyo Nuevo, sobre todo observando los valores negativos de $\delta^{34}\text{S}$ que poseen depósitos de Alemania y Canadá.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

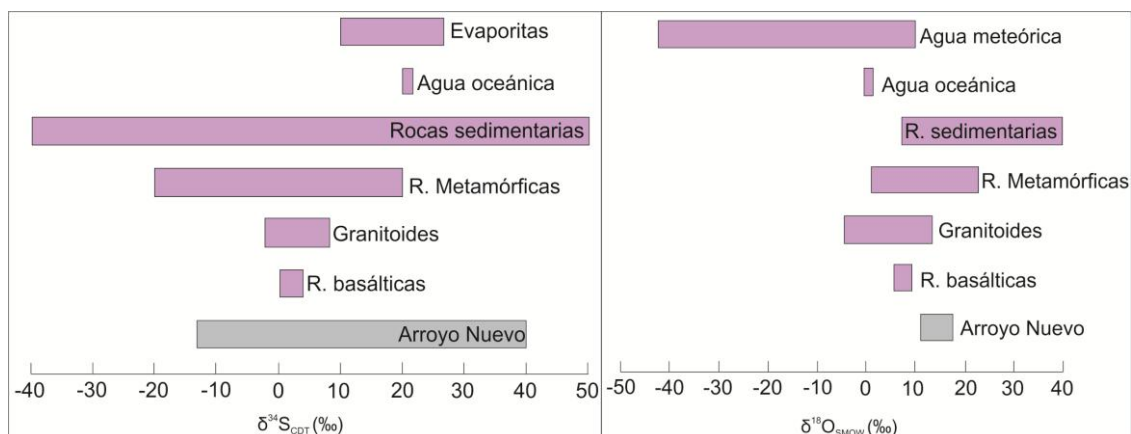


Figura 35. Isótopos estables de azufre y oxígeno. Diagrama comparativo entre la variación de los valores isotópicos de diferentes depósitos, y los obtenidos para la mina Arroyo Nuevo. (Modificado de Hoefs, 2009).

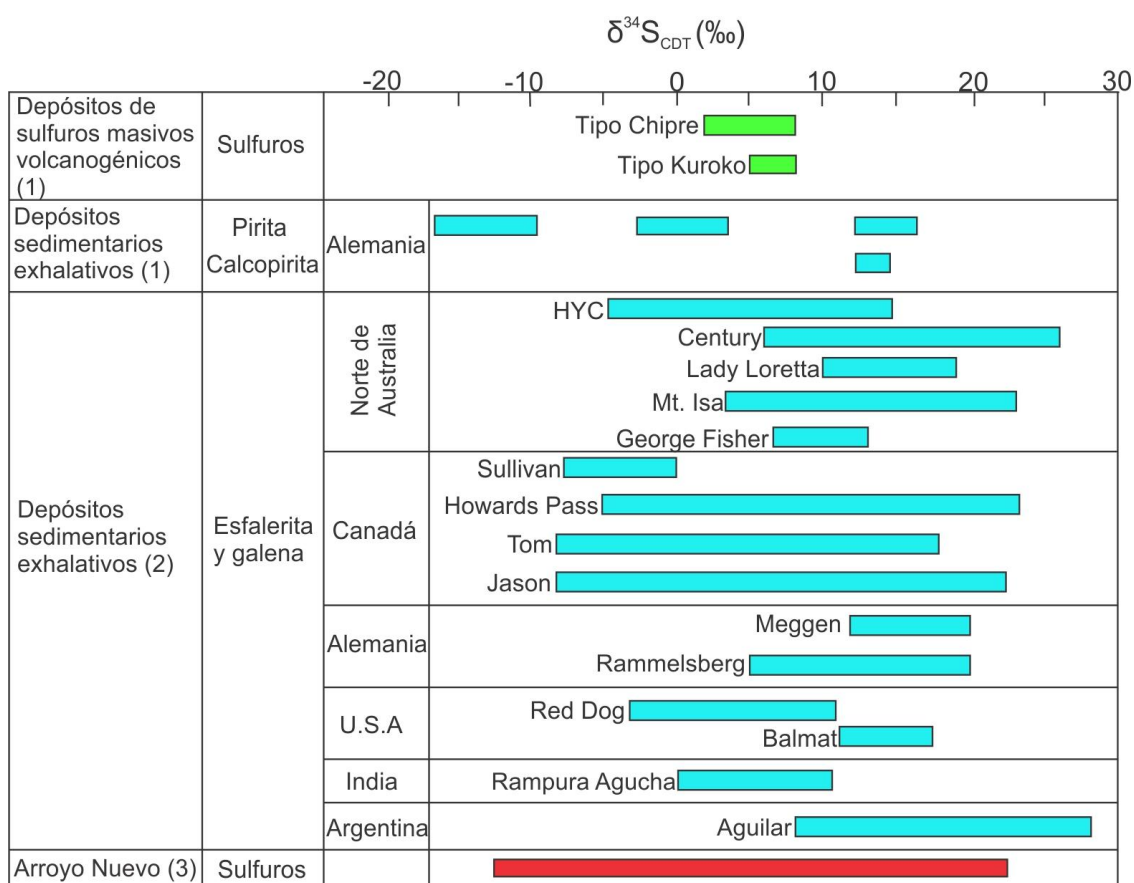


Figura 36. Valores de $\delta^{34}\text{S}$ en sulfuros de diferentes depósitos del mundo comparados con los obtenidos para la mina Arroyo Nuevo. (1) Tomado de Rollinson, (1993) (2) Tomado de Leach *et al.* (2005). (3) Tomado de Brodtkorb y Danieli (2011), de Barrio *et al.* (2014) y valores de este estudio.

Asimismo, se recabaron datos de isótopos estables de azufre de baritinas de depósitos de distintas partes del mundo y de variadas edades. Se graficaron dichos valores y se los comparó con los de la mina Arroyo Nuevo como puede apreciarse en la Figura 37.

Los valores graficados se presentan en dos poblaciones de datos, donde un grupo posee valores de $\delta^{34}\text{S}$ entre 0‰ y +5‰ y son predominantemente de edad arqueana, mientras que el segundo grupo tiene valores de $\delta^{34}\text{S}$ desde +18‰ a +40‰. La mayoría de los valores de isótopos estables de baritinas de la mina Arroyo Nuevo oscilan entre +9‰ y +20‰ situándose en posiciones intermedias de los dos grupos de datos. Estos valores están más cercanos al segundo grupo que al primero. Igualmente, se observa que en depósitos de tipo SEDEX de la India, los valores son semejantes a los de Arroyo Nuevo.

Los valores relativamente bajos de $\delta^{34}\text{S}$ para los depósitos del Arqueano, +2‰ a +5,4‰, sugieren que el fraccionamiento biológico del sulfuro no operaba en el océano Arqueano. El escaso fraccionamiento es atribuido a la oxidación inorgánica del H_2S volcánico o SO_2 en el océano con muy poca concentración de sulfato.

En el Proterozoico, en depósitos de Escocia y de la India, la baritina estratiforme está relacionada a sulfuros masivos exhalativos alojados en secuencias sedimentarias (tipo SEDEX). Los valores de $\delta^{34}\text{S}$, entre +32,3‰ y +36,5‰ de Escocia, son más altos que los arqueanos, lo que evidencia un extenso fraccionamiento biogénico y altas concentraciones de sulfato en los océanos, por su parte, los valores de +18,8‰ de la India son los únicos que se asemejan a los valores isotópicos de Arroyo Nuevo.

En el Paleozoico los valores de $\delta^{34}\text{S}$ rondan desde los +22,7‰ a los +43,5‰, siendo ligeramente mayores a los presentes en la mina Arroyo Nuevo. En general, la baritina se presenta formando depósitos de sulfuros masivos hospedados en rocas sedimentarias (tipo SEDEX) como por ejemplo en el Oeste de Canadá, Alaska y el Oeste de Europa con depósitos en Alemania, Bélgica e Irlanda.

En el Mesozoico son raros los grandes depósitos de baritina estratiforme asociados a pelitas negras, por lo que Jewell, (2000) sugiere una desaparición de condiciones reductoras en los océanos a diferencia con lo que pasaba en el Paleozoico. Valores de $\delta^{34}\text{S}$ de +24,3‰ fueron descriptos para depósitos de reemplazo diagenético, de edad cretácica en México (Kesler y Jones 1981).

Baritinas Cenozoicas de depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos tipo Kuroko poseen valores de $\delta^{34}\text{S}$ que oscilan entre los +21,5‰ y los +28,5‰. La estrecha relación entre los valores de isótopos de azufre en Kuroko y el valor del agua

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

de mar contemporánea indica que la reducción inorgánica del sulfato es un mecanismo posible para la formación del sulfuro (Rollinson, 1993).

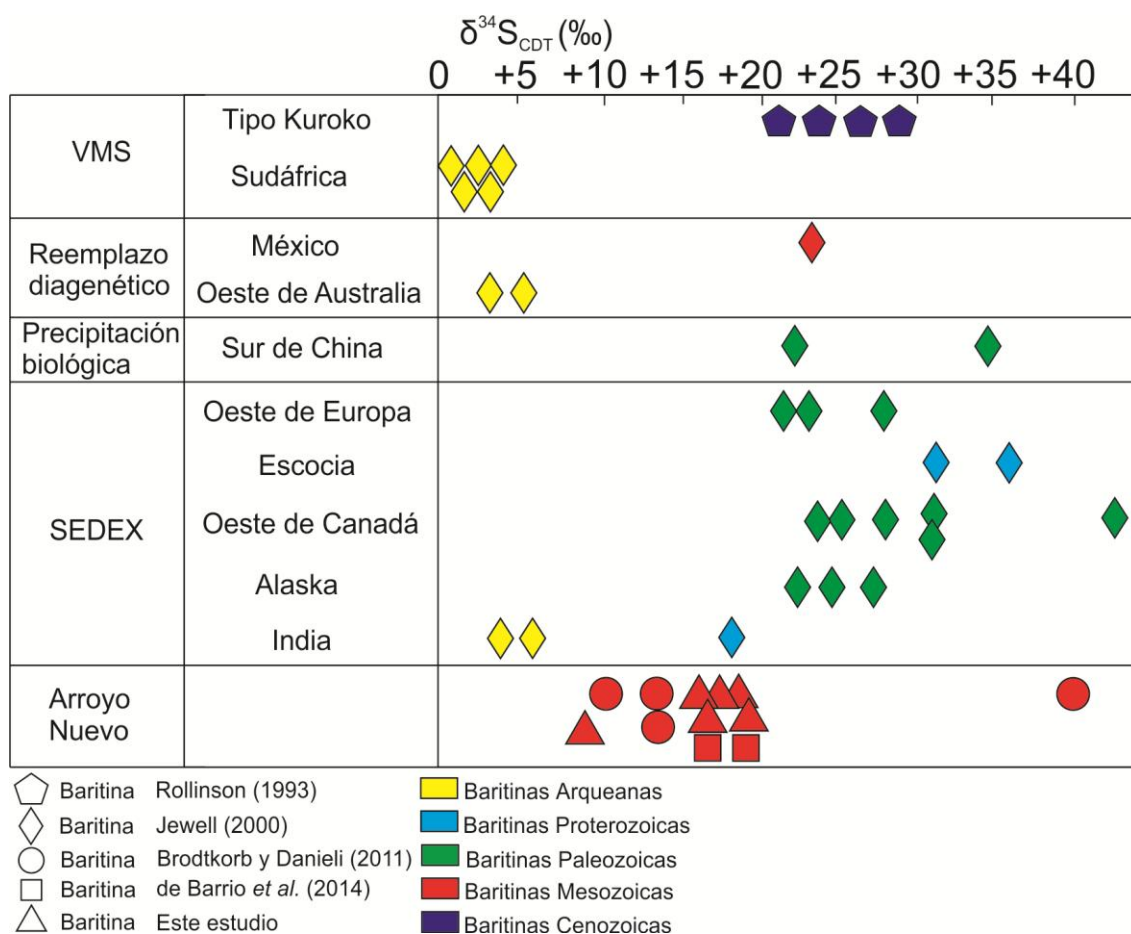


Figura 37. Datos de isótopos estables de $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} (\text{‰})$ en baritinas de diversos depósitos del mundo comparadas a las obtenidas para la mina Arroyo Nuevo.

Los valores de los isótopos estables de azufre y oxígeno obtenidos para la mineralización de Arroyo Nuevo señalan que el sulfato derivó del agua de mar del Jurásico, mientras que valores negativos de $\delta^{34}\text{S}$ indican que el azufre derivó de la reducción bacteriana o termoquímica abiótica del sulfato del agua de mar y además, debido a valores positivos de $\delta^{34}\text{S}$ se distingue una fuente hidrotermal para el azufre.

A su vez, comparando los valores de $\delta^{34}\text{S}$ de sulfuros y sulfatos de la mineralización barítica-polimetálica de Arroyo Nuevo con diferentes depósitos del mundo, en líneas generales, se observa cierta tendencia a ser compatibles con depósitos de baritina alojados en rocas sedimentarias (tipo SEDEX).

XIII) RELACIONES ISOTÓPICAS $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

El rubidio se presenta en la naturaleza con los isótopos ^{86}Rb y ^{87}Rb , éste último es radiactivo y decae a ^{87}Sr por emisión β con una vida media de 50 Ga.

La relación del estroncio inicial es la relación entre el isótopo producido radiactivamente ^{87}Sr y el isótopo ordinario ^{86}Sr , no radiactivo, en el momento en que los minerales cristalizaron. La relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ es una herramienta que sirve para inferir la edad de depositación de sedimentos y para correlacionar sucesiones sedimentarias a nivel tanto global como regional. Esto es posible ya que los sedimentos marinos adquieren la composición isotópica del agua del mar a partir de la cual se precipitan.

La eficacia del método radica en que la composición isotópica de estroncio del agua del mar se ha modificado a través del tiempo. Dichos cambios son el resultado de variaciones en la tasa de meteorización de la corteza continental (enriquecida en el isótopo radiogénico ^{87}Sr) y en la actividad hidrotermal de las dorsales centro-oceánicas que aportan estroncio no radiogénico (^{86}Sr). Esta variabilidad es aprovechada ya que cada tiempo geológico tiene su propio valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, de esta manera al obtener el valor para una muestra podremos comparar su composición con las curvas globales, determinando su edad absoluta y facilitando posibles correlaciones.

En la tabla 2 se detallan los valores isotópicos de la mina Arroyo Nuevo tomados de Brodtkorb y Danieli (2011). La composición de la relación isotópica del estroncio de la baritina mantiforme y vetiforme no presenta diferencias entre ellas lo que explica que no hubo una contribución adicional de estroncio radiogénico relacionado a los cuerpos intrusivos correspondientes al magmatismo eoterciario. Asimismo, las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la mina Arroyo Nuevo comparados con los valores del diagrama de McArthur *et al.* (2001) presentan dos valores más bajos (0,70694 y 0,70689) y un valor levemente superior (0,70752) a los de las aguas marinas del Aaleniano.

Área	Mina	Yacencia	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Cura Mallín	Arroyo Nuevo	Mantiforme	0,70694
		Mantiforme	0,70752
		Vetiforme	0,70689

Tabla 2. Valores de la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en la baritina de la mina Arroyo Nuevo. (Tomado de Brodtkorb y Danieli, 2011).

xiv) DISCUSIÓN GENÉTICA

En las últimas décadas, algunos autores han hecho mención sobre el origen del depósito barítico de Arroyo Nuevo. En general se trata de investigaciones de carácter general pero que no han dado información detallada sobre la mineralización.

Hayase y Bengochea (1975) con observaciones de rasgos de alteración y con datos de estudios microtermométricos, consideraron una génesis de carácter hidrotermal de los fluidos responsables de la mineralización mantiforme.

Por su parte, Collao (1997) obtuvo datos de temperaturas de homogeneización y salinidades en inclusiones fluidas, que según este autor reflejan la existencia de soluciones hidrotermales derivadas de cuerpos intrusivos y de procesos hidrotermales quizás exhalativos de baja temperatura.

Asimismo, Collao *et al.* (1997) estudiaron las inclusiones fluidas en baritinas y calcitas de las vetas de Arroyo Nuevo. Los valores de temperaturas de homogeneización obtenidos fueron considerados indicativos de la existencia de fluidos hidrotermales relacionados a cuerpos intrusivos correspondientes al magmatismo eoterciario.

Zappettini (1999) incluyó a la mina Arroyo Nuevo en la tipología 8.D. SEDEX Ba, que comprende yacimientos de baritina estratiforme, alojados en rocas sedimentarias pelíticas de ambiente euxínico, con baritina, pirita, galena y esfalerita como minerales característicos, con alteración sericitica y un ambiente geotectónico de cuenca epicratónica.

Sin embargo, Brodtkorb y Danieli (1999, 2011) en base a estudios de isótopos de S y Sr, consideran que el bario pudo haber derivado de una fuente volcanogénica submarina asociándose con el sulfato de agua de mar en un ambiente de plataforma distal. No obstante, en las cercanías de la mina Arroyo Nuevo no se exhiben evidencias directas que relacionen espacialmente la mineralización barítica con procesos volcánicos coetáneos.

Recientemente, de Barrio y Ramis (2013) y de Barrio *et al.* (2014) de acuerdo con características mineralógicas, petrográficas, geoquímicas y de inclusiones fluidas apuntan a un origen sedimentario exhalativo para el depósito mantiforme barítico de Arroyo Nuevo, coetáneo con la sedimentación pelítica de la Formación Los Molles. A su vez, consideran el desarrollo de procesos magmáticos sobreimpuestos, asignables a la actividad ígnea eoterciaria, que removilizaron la baritina rellenando fisuras en niveles superiores de la pila sedimentaria.

Para llegar a esbozar un modelo genético que se ajuste a las características mineralógicas, texturales, geoquímicas y termométricas registradas en este trabajo, primeramente se describirán brevemente los dos tipos de yacimientos posiblemente asignables al origen de la mineralización barítica de Arroyo Nuevo, es decir depósitos de Sulfuros Masivos Volcanogénicos (VMS) y del tipo Sedimentario Exhalativo (SEDEX). Las características de cada tipo de depósito se resumen en la tabla 3.

Los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) son acumulaciones de sulfuros estratoligados y singenéticos que se forman en el fondo marino o cercano a él como consecuencia de la mezcla de fluidos hidrotermales ascendentes y el agua de mar (Figura 38). Se encuentran espacial, temporal y genéticamente asociados con un volcanismo contemporáneo alojándose por lo general en rocas volcánicas marinas de composición intermedia a ácida. Los tipos de rocas características son riolitas, dacitas, basaltos subordinados y sedimentos asociados. Se presentan en ambientes de dorsales centro oceánicas, rift, cuencas de retroarco, arcos de isla transicional y arcos de margen continental. Los fluidos hidrotermales que los generan poseen una temperatura que oscila entre los 200°C y los 400°C produciendo depósitos de Cu, Zn y Pb. Su mineralogía está compuesta por pirita, esfalerita, calcopirita, pirrotina, galena y baritina. Los depósitos consisten en dos partes, una de sulfuros masivos concordantes o lentes y otra de sulfuros discordantes tipo venas que subyacen a la mineralización, comúnmente llamados zona de stockwork y que constituyen los canales de alimentación o feeders de la mineralización. Las edades frecuentes de formación son: Arqueano, Paleoproterozoico, Paleozoicos, Mesozoicos (Cox y Singer, 1986; Franklin *et al.*, 2005; Huston *et al.*, 2010).

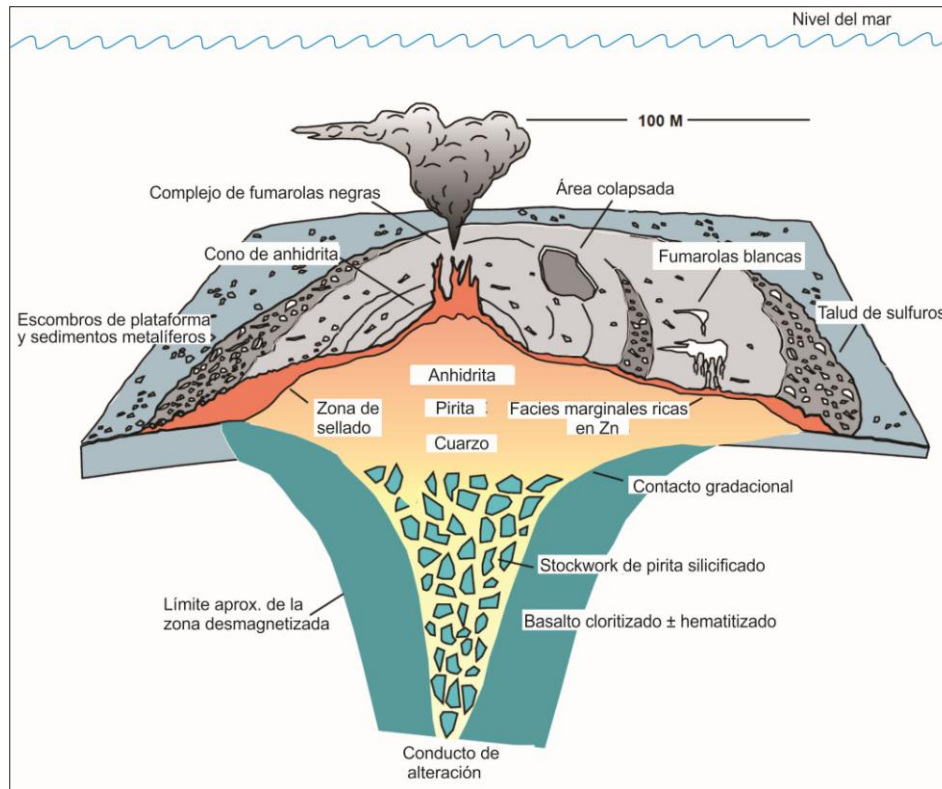


Figura 38. Sección transversal esquemática de un depósito de sulfuros masivos volcanogénicos (del tipo VMS), (Modificado de Hannington *et al.* 1995).

En cambio, los depósitos sedimentarios exhalativos (SEDEX) consisten en acumulaciones de sulfuros laminados y sulfatos alojados generalmente en sedimentos marinos euxínicos en forma de niveles tabulares (Figura 39). Según Leach *et al.* (2005) la presencia de sulfuros laminados paralelos al lecho es evidencia de procesos exhalativos, características comparables con las descritas en el tercio inferior del manto de baritina en Arroyo Nuevo. Los depósitos sedimentarios exhalativos no están asociados espacial o genéticamente a rocas ígneas o su presencia es minoritaria. Las rocas hospedantes generalmente son rocas sedimentarias marinas que incluyen pelitas negras, areniscas, chert, dolomías, calizas y turbiditas. La mineralogía está dada principalmente por sulfuros, carbonatos, sulfatos y cuarzo. Minerales como pirita, en algunos casos pirrotina o marcasita, galena, esfalerita, calcopirita, calcita, siderita, dolomita y baritina son característicos y en cantidades menores se puede encontrar arsenopirita, bismutina, molibdenita, enargita, casiterita y melnikovita. En líneas generales, esta paragénesis mineral es similar a la identificada en la mina Arroyo Nuevo. Las texturas de la mena generalmente son bandeadas, se presentan sulfuros en stockwork, diseminados y alteraciones de minerales que posiblemente representen la zona de alimentación de estos depósitos, comúnmente ubicados por debajo de los depósitos estratiformes. La temperatura del fluido oscila entre los 150°C y los 250°C

produciendo depósitos de Zn-Pb. El contexto tectónico está dado por ambientes de cuencas sedimentarias de retro arco, rift intracontinental y de margen pasivo. Asociados a depósitos sedimentarios exhalativos de Zn-Pb se encuentran depósitos de baritina estratiforme, los cuales consisten en acumulaciones aproximadamente tabulares a lenticulares de baritina interestratificada con rocas sedimentarias como pelitas, fangolitas, mudstones, calizas y dolomías. La mineralogía de la mena está dada por baritina, pirita, galena y esfalerita. La morfología es estratiforme con una mena laminada a masiva con capas asociadas a nódulos de barita o rosetas y presentan alteración de sericita (Cox y Singer, 1986; Leach *et al.*, 2005).

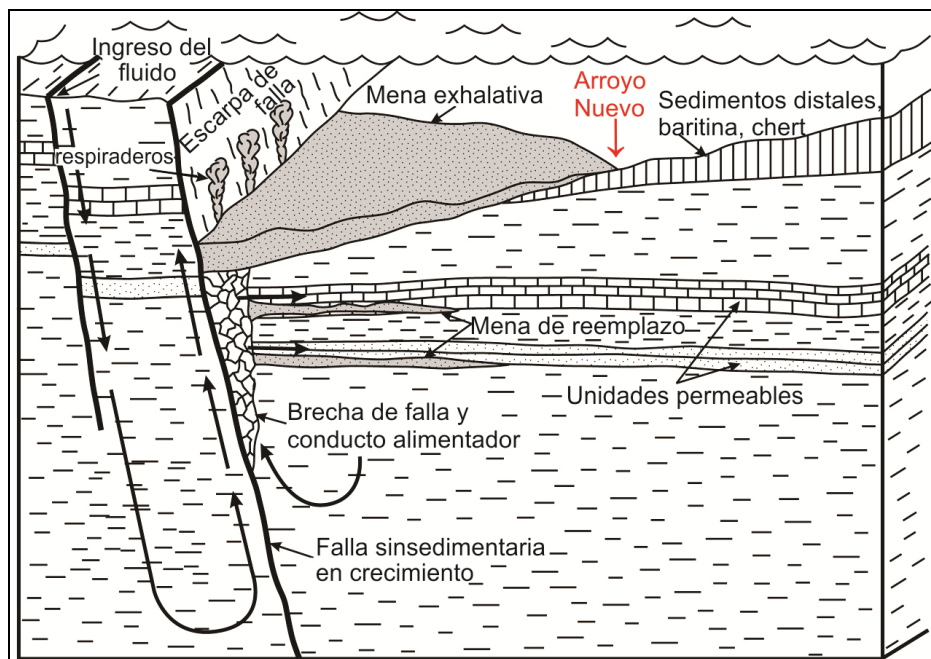


Figura 39. Sección transversal esquemática que ilustra el marco geológico de la formación de un depósito sedimentario exhalativo (SEDEX), (Modificado de Holland 2005). La flecha roja indica la posición que tendría la mina Arroyo Nuevo.

Las yacencias más importantes desde el punto de vista científico y económico de la baritina es estratoligada y en lechos estratiformes. La baritina estratiforme se cree que se formó por emanaciones desde los sedimentos del fondo marino, como reemplazo diagenético de minerales preexistentes, o como precipitaciones directas debido a la fijación biológica de bario en la columna de agua. Grandes depósitos de baritina estratiforme del Paleozoico son típicamente encontrados en granulometrías finas, secuencias silicoclásticas ricas en material orgánico y están asociadas con sulfuros masivos y diseminados, cherts, fosforitas y en menor medida con calizas y rocas volcánicas. El lazo genético entre las baritinas estratiformes paleozoicas y los depósitos de sulfuros de Pb-Zn sedimentarios exhalativos submarinos fue establecido

por estudios de campo y geoquímicos en depósitos del oeste de Canadá y el oeste de Europa (Cox y Singer, 1986).

El origen sedimentario exhalativo de la baritina estratiforme de la mina Arroyo Nuevo podría ser equivalente a lo descrito por Jewell (2000) para los depósitos que están relacionados espacial y temporalmente con sulfuros y se encuentran alojados en sedimentos. Según este modelo, la mineralización se desarrolla cerca de respiraderos hidrotermales del fondo marino, los cuales están asociados a grandes fallas (Figura 40). La circulación restringida de la cuenca marina provee agua anóxica que permite que el bario disuelto migre al sitio de deposición en la zona de transición O_2 - H_2S . Para estos depósitos, la emisión de fluidos hidrotermales está vinculada a la circulación a lo largo de fallas normales en cuencas de rift continental. Las descargas del fondo marino se caracterizan por una temperatura relativamente baja y tienden a formarse en cuencas con alta tasa de sedimentación (como en el Golfo de México) o en cuencas sometidas a subducción (como el margen de Perú).

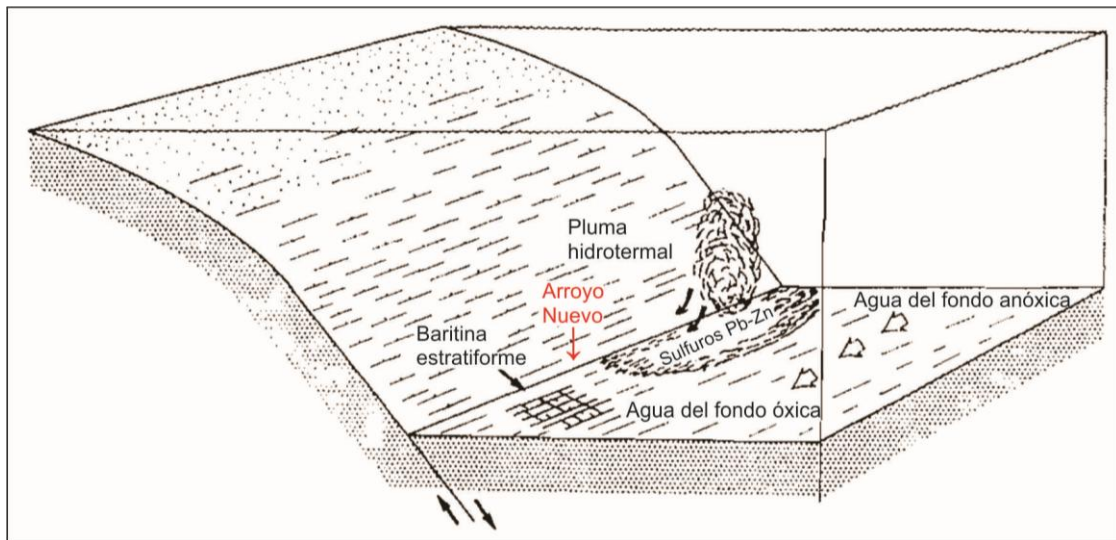


Figura 40. Diagrama de deposición de baritina estratiforme en el modelo sedimentario exhalativo, donde se muestra la posible ubicación del depósito Arroyo Nuevo en situación intermedia entre el sector de deposición de baritina y el sector de deposición de los sulfuros de Pb-Zn. (Modificado de Jewell, 2000).

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS,
PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Sulfuros Masivos Volcanogénicos (VMS)	Sedimentario Exhalativo (SEDEX)
Forma del depósito	Lentes de sulfuros masivos polimetálicos	Estratiforme
Textura de mena	Varían con el grado de recristalización	Bandeada
Roca hospedante	Rocas volcánicas máficas, félsicas y domos	Rocas sedimentarias (pelitas negras, areniscas, chert, dolomías, calizas, turbiditas)
Edad	Arqueano, Paleoproterozoico, Paleozoico, Mesozoico	Arqueano, Proterozoico, Paleozoico, Mesozoico
Ambiente tectónico	Divergente (dorsales), extensional (cuencas de retroarco, antearco) y Arco de islas	Rift Intracontinental o cuencas de retroarco
Actividad ígnea asociada	Siempre	Menor o insignificante
Metales	Cu, Zn (Pb, Au) y < Ag	Zn, Pb, (Ag, Ba) < Cu
Mineralogía	Sulfuros (pirita, pirrotina, calcopirita, esfalerita y galena)	Sulfuros (pirita, pirrotina, marcasita, galena, esfalerita)
Ganga	Cuarzo y baritina. Carbonatos, clorita y sericita ocasionalmente	Chert, cuarzo, baritina, fluor-apatita y carbonatos (calcita, siderita, dolomita). En algunos depósitos la baritina es masiva y económica como en Gamsberg (África del Sur) y Meggen (Alemania)
Origen	Fluidos hidrotermales volcánicos	Fluidos hidrotermales indefinidos (cuencas)
Fuente del sulfuro	Sulfato marino	Sulfato del agua de mar, ya sea directamente desde el agua de mar, de las salmueras, o desde sulfato marino preexistente
Fuente de metales	Rocas hospedantes subyacentes	Derivado desde sedimentos clásticos de grano fino por circulación de salmueras
Fuente del fluido	Agua de mar	Salmueras connatas comúnmente presentes dentro de secuencias sedimentarias
Transporte	Metales lixiviados y transportados en solución. Fluidos hidrotermales ácidos	Circulación hidrotermal, durante rifting o por fallas que controlan el flujo ascendente
Trampa/depositación	Respiradero del fondo marino; o en la zona saturada justo por debajo del fondo marino; fluidos hidrotermales calientes interactúan con el agua de mar fría y precipitan los metales	Enfriamiento; aumento del pH (por fluidos hidrotermales reducidos); reducción (por fluidos oxidados); dilución, la pérdida de salinidad baja el contenido de Cl y baja la solubilidad del metal
Alteración	Sericita, clorita y hacia la parte central contiene el stockwork con calcopirita	Sericita
Salinidad	Baja. 2-4% en peso equiv. NaCl	Valores máximos de 45% en peso equiv. NaCl aunque los más usuales varían entre 10-23% en peso equiv.
Temperatura de fluidos	Entre 250 y 380°C	Las temperaturas máximas son de 400°C comúnmente oscilan entre 100 y 180°C
Análogos modernos	"Black smokers" en fondos oceánicos	Mar Rojo y Salton Sea (USA)

Tabla 3. Diferencias y similitudes entre depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos y del tipo sedimentario exhalativo. (Modificado de Cox y Singer 1986, Franklin *et al.* 2005, Huston *et al.* 2010 y Leach *et al.* 2005).

XV) CONSIDERACIONES FINALES

- El yacimiento barítico Arroyo Nuevo representa una mineralización estratiforme de características únicas en todo el ámbito de la Cuenca Neuquina ya que constituye una depositación primaria vinculada a un fondo marino dominado por una sedimentación pelítica de condiciones euxínicas.
- La mineralogía está integrada por una asociación de baritina acompañada por minoritarios volúmenes de sulfuros de Fe, Zn, Pb y Cu (pirita-melnikovita, esfalerita, galena, calcopirita), carbonatos y cuarzo alojados en lutitas negras y fangolitas con intercalaciones de tobas dacíticas de la Formación Los Molles (Jurásico Medio).
- La presencia de texturas laminadas con baritina y sulfuros polimetálicos (melnikovita, piritas framboidales y esfaleritas color caramelo) es característica de depósitos formados en ambientes sedimentarios de baja energía, donde a partir de soluciones hidrotermales exhalativas se produjo la depositación de la mineralización.
- El quimismo del depósito, tanto en la yacencia mantiforme como en las vetiformes de la mina Arroyo Nuevo, obtenido por microsonda electrónica señala que la paragénesis mineral identificada está compuesta por esfaleritas pobres en Fe (característica que coincide con las determinaciones petrocalcográficas), piritas arsenicales, melnikovitas muy posiblemente con alto contenido de agua el cual no pudo ser detectado por el método analítico usado, galenas con altos contenidos de Sb y baritinas con contenidos variables de Sr y Pb.
- Los datos de inclusiones fluidas disponibles para la mineralización de Arroyo Nuevo son contrastantes. Posiblemente, la variabilidad de los valores obtenidos por diferentes autores sea la existencia de dos poblaciones de datos que respondan a diferentes procesos geológicos superpuestos en el tiempo. Por otro lado la presencia de fluidos orgánicos en las inclusiones fluidas, puede complicar la interpretación de la información obtenida (temperaturas de homogeneización y salinidades) que puede resultar en valores superiores a los reales. Además, el clivaje perfecto de los cristales de baritina y calcita es un factor propicio para la

fuga de los contenidos de las inclusiones durante las mediciones de las temperaturas de homogeneización, con lo cual se agrega un factor más de incertidumbre. De todas maneras, de las dos poblaciones de temperaturas de homogeneización obtenidas por Collao (1997) para el yacimiento Arroyo Nuevo, la de baja temperatura posiblemente se deba a los procesos hidrotermales exhalativos que depositaron primariamente a la baritina, mientras que los datos de temperaturas moderadas a altas podrían estar vinculados a procesos termales relacionados al magmatismo eoterciario que produjo la recrystalización de la baritina en diferentes sectores del manto y su posterior removilización y depositación en estructuras vetiformes.

- Los valores de isótopos estables de azufre y de oxígeno en baritinas coinciden con los valores correspondientes a los mares del Jurásico, lo que podría significar que la baritina se depositó en simultáneo con las pelitas negras de la Formación Los Molles. Los valores negativos de isótopos de azufre en sulfuros representan que el sulfuro procede de reducción bacteriana o termoquímica abiótica del sulfato del agua de mar, mientras que los valores positivos indicarían una fuente hidrotermal. Los valores isotópicos de azufre en sulfuros de Arroyo Nuevo, comparados con los valores isotópicos de diferentes tipos de depósitos en distintas partes del mundo, poseen similitudes con depósitos alojados en rocas sedimentarias tipo SEDEX. Sin embargo, los isótopos de azufre en sulfatos no presentan grandes coincidencias con los depósitos confrontados, encontrándose en situaciones intermedias entre ambas tipologías pero con tendencia a estar más cercanos a los de tipo sedimentario exhalativos. Por su parte, la fuente de los metales podría estar dada por la circulación de salmueras en la pila sedimentaria a través de celdas convectivas que lixiviaron esos metales.
- Con respecto a las relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la mineralización barítica consignados en Brodtkorb y Danieli (1999, 2011), si bien son escasos, al compararse con los guarismos del diagrama de McArthur *et al.* (2001), no son concluyentes ya que dos de los valores se sitúan por debajo del característico del agua de mar del Aaleniano mientras que el restante es superior al valor del agua de mar del Jurásico Medio. Preliminarmente se puede inferir que en el primer caso esta variación podría deberse a una contribución de origen profundo relacionado a los cuerpos intrusivos del magmatismo eoterciario y en el segundo

caso podría deberse a una adición de Sr radiogénico derivada del Rb contenido en la pila sedimentaria. Además, como no se observaron variaciones significativas entre las muestras del manto y las de las vetas se infiere que no hubo una adición de Sr relacionada a los cuerpos intrusivos del magmatismo eoterciario.

- La ausencia total de flujos lávicos en la pila sedimentaria del área de la mina Arroyo Nuevo invalidaría el modelo genético asociado a procesos volcanogénicos. El ascenso de fluidos exhalativos posiblemente se operó a través de conductos asociados a fracturas, quedando en la actualidad el remanente de los mismos en el stockwork presente inmediatamente por debajo del manto barítico.
- En resumen, las características mineralógicas, petrocalcográficas, texturales, geoquímicas y de inclusiones fluidas permiten considerar que el depósito Arroyo Nuevo corresponde a una depositación de baritina y sulfuros en un ambiente anóxico en el fondo marino asociada a la emisión de fluidos exhalativos coetáneos con la sedimentación pelítica de la Formación Los Molles. Además, procesos magmáticos sobreimpuestos vinculados a la actividad ígnea eoterciaria recrystalizaron algunos sectores del manto generándose texturas de cristales tabulares de baritina de apreciable tamaño. También se produjo una removilización del banco barítico, relleno de fracturas en niveles superiores de la columna sedimentaria donde se generaron los cuerpos vetiformes de baritina con sulfuros asociados. Por otra parte, este proceso de removilización brechó el mudstone de la Formación Los Molles situado por encima del manto barítico, el cual fue mineralizado con Fe, Zn, Pb y Cu.
- Por último, el modelo genético que se ajusta a la mayoría de las características descriptas para la mineralización de Arroyo Nuevo sería del tipo sedimentario exhalativo, donde los depósitos de baritina estratiforme están relacionados espacial y temporalmente con sulfuros y se encuentran alojados en sedimentos de fondo marino. Estos depósitos se forman dentro de cuencas con alta tasa de sedimentación y en condiciones de baja energía.

XVI) BIBLIOGRAFÍA

- Angelelli, V., Schalamuk, I.B. y Arrospide, A. 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. Secretaría de Estado de Minería, Anales 17: 1-146, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de, Ramos, V., Barbieri, M., and Ametrano, S. 1982. The evaporitic celestite-barite deposits of Neuquén, Argentina. *Mineralium Deposita* 17:423-436.
- Brodtkorb, M.K. de, Schalamuk, I.B. y Ametrano, S. 1989. Celestite and Barite stratabound orefields in Argentina. En Brodtkorb, M.K. de (ed.) *Non-Metalliferous stratabound orefields*: 41-68, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Brodtkorb, M.K. de y Danieli, J.C., 1999. El depósito de baritina Arroyo Nuevo, Neuquén. En Zappettini, E. (ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 1047-1049, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de y Danieli, J.C., 2011. Yacimientos de baritina y celestina. En Leanza, H., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés, J. (eds.) *Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*, 18° Congreso Geológico Argentino, Recursos Minerales 62: 745-754, Buenos Aires.
- Claypool, G.E., Holser, W.T., Kaplan, I.R., Sakai, H. y Zak, I. 1980. The age curves of sulphur and oxygen isotopes in marine sulphates and their mutual interpretation. *Chemical Geology* 28:199-260.
- Collao, S. 1997. Inclusiones fluidas en los depósitos de barita y celestita de la provincia de Neuquén, Argentina. Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Chile, (inédito), 18 p., Concepción.
- Collao, S., Brodtkorb, M.K. de y Etcheverry, R.O. 1997. Inclusiones fluidas en baritas recristalizadas de los yacimientos de la provincia de Neuquén, Argentina. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas: 901-905, Santiago de Chile.
- Cox, D.P. y Singer, D.A. 1986. Mineral deposit models: U.S.Geological Survey Bulletin 1693, 379p.
- de Barrio, R.E. y Ramis, A.M. 2013. Melnikovita-pirita del depósito barítico Arroyo Nuevo, Cura Mallín, provincia del Neuquén. 11° Congreso de Mineralogía y Metalogenia: 205-210. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNSJ, San Juan.
- de Barrio, R.E.; Etcheverry, R.O.; Del Blanco, M.A.; Domínguez, E.A.; Recio Hernández, C.; Escobar, R.I y Salvioli, M.A., 2014. Nuevos datos y esquemas genéticos de los depósitos baríticos-celestínicos vinculados a la secuencia jurásico-cretácica de la Cuenca Neuquina en la provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (2): 184-200. Buenos Aires.
- Franklin, J.M.; Gibson, H.L.; Jonasson, I.R. y Galley, A.G., 2005. Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology* 100th Anniversary Volume. p. 523-560.
- Gallard-Esquivel, M.C., Urbina, N.E., Sruoga, P. y Japas, M.S. 2012. Depósitos epitermales de baja sulfuración ricos en sulfuros de metales base, distrito aurífero La Carolina, San Luis, Argentina. *Serie Correlación Geológica*, 28 (1): 91-102. San Miguel de Tucumán.
- Hannington, M.D., Jonasson, I.R., Herzig, P.M., and Petersen, S. 1995, Physical and chemical processes of seafloor mineralization at mid-ocean ridges: *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological, and Geological Interactions*, v. AGU Geophysical Monograph 91, p. 115-157.
- Hayase, K. y Bengochea, A.L. 1975. Consideraciones sobre la génesis de algunos yacimientos de baritina-celestina, provincia de Neuquén, República Argentina. 2°

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

- Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 2: 295-314, Buenos Aires.
- Hoefs, J. 2009. Stable Isotope Geochemistry. Springer. University of Göttingen. Germany Goldschmidtstr. Sixth Edition, 293 p.
- Holland, H.D. 2005. 100th Anniversary Special Paper: Sedimentary Mineral Deposits and the Evolution of Earth's Near-Surface Environments. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v, 100, p 1409-1509.
- Huston, D.L.; Pehrsson, S.; Eglinton, B.M. y Zaw, K., 2010. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v, 105, n 3, p 571-591.
- Jewell, P.W. 2000. Bedded barite in the geologic record. Marine authigenesis; from global to microbial: Society for Sedimentary Geology. Special Publication 66, p. 147-161.
- Kesler, S.E., and Jones, L.M. 1981. Sulfur and strontium isotopic geochemistry of celestite, barite, and gypsum from the Mesozoic basins of northeastern Mexico: Chemical Geology, v. 31, p. 211-224.
- Leach, D.L.; Sangster, D.F.; Kelley, L.D.; Large, R.R; Garven, G.; Allen, C.R.; Gutzmer, J. y Walters, S., 2005. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. p 561-607.
- Leanza, H.A y Hugo, C. 2005. Hoja Geológica 3969-I Zapala, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Boletín N° 275, 132 p., Buenos Aires.
- Legarreta, L. y Gulisano, C. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico Superior-Terciario Inferior). En G. Chebli y L. Spalletti (eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas: 221-243, Serie Correlación Geológica N° 6, Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán.
- Lepp, H. 1957. The synthesis and probable geologic significance of melnikovite. Economic Geology, 52: 528-535.
- Llambías, E. J. y Leanza, H. A. 2005. Depósitos laháricos en la Formación Los Molles en Chacay Melehue, Neuquén: evidencia de volcanismo jurásico en la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60 (3): 552-558, Buenos Aires.
- Llambías, E. J. y Aragón, E. 2011. Volcanismo Paleógeno. Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, 18° Congreso Geológico Argentino, Recursos Minerales 62: 256-274, Buenos Aires.
- López Ruiz, J. 1981. La Microsonda electrónica. Fundamentos, características y aplicaciones. Boletín Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 20 (3): 155-163.
- McArthur, J.M., Howarth, R.J., and Bailey, T.R. 2001. Strontium isotope stratigraphy: LOWESS Version 3. Best-fit line to the marine Sr-isotope curve for 0 to 509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. Journal of Geology 109: 155-169.
- Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Galí, S., Llovet, X. 2010. Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62: 1-23.
- Méndez, V., Zanettini, J.C y Zappettini, E.O. 1995. Geología y metalogénesis del Orógeno Andino Central, República Argentina. SEGEMAR, Anales 23: 1-190, Buenos Aires.
- Ramdohr, P. 1980. The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, vol. 2: 806-809. 2nd edition.
- Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Geochemistry Series, 352 p, J. Wiley & Sons, Nueva York.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

- Schneiderhöhn, H. y Ramdohr, P. 1931. Melnikovit-Pyrit Kristallin geowordenes FeS_2 -Gel. Lehrbuch der Erzmicroskopie 2: 170-173.
- SEGEMAR 2011. Mapa geológico de la provincia del Neuquén. República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales. 2011.
- Tarr, W.A. 1927. Alternating deposition of pyrite, marcasite and possibly melnikovite. The American Mineralogist, Journal of the Mineralogical Society of America, 12(12): 417-421.
- Watson, K. 1943. Colloform sulphide veins of Port au Peninsula, Newfoundland. Economic Geology, 38: 621-647.
- Whitney y Evans, 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist 95: 185-187.
- Zappettini, E.O., 1999. Clasificación de depósitos minerales de Argentina. En Zappettini, E.O. (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 75-103, Buenos Aires.

XVII) ANEXO PLANILLAS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 2															
	Punto de análisis															Promedio
E%peso	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Ti	0,0000	0,0028	0,0000	0,0179	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0000	0,0000	0,0000	0,0072	0,0000	0,0146	0,0070	0,0035
Sb	0,0359	0,0087	0,0271	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0167	0,0303	0,0220	0,0316	0,0000	0,0000	0,0130	0,0124
Sn	0,0000	0,0101	0,0044	0,0353	0,0000	0,0000	0,0084	0,0016	0,0000	0,0102	0,0000	0,0000	0,0321	0,0718	0,0000	0,0116
In	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	0,0000	0,0005
Cd	0,2296	0,7039	0,3221	0,7085	0,7111	0,2990	0,3846	0,2886	0,3757	0,7092	0,3283	0,5192	0,8239	0,2984	0,5909	0,4862
Ag	0,0977	0,0463	0,0302	0,0172	0,1524	0,0268	0,0009	0,0000	0,0121	0,0146	0,0026	0,0000	0,0591	0,0000	0,0756	0,0357
Pb	0,0000	0,3007	0,1509	0,2209	0,1391	0,1395	0,3131	0,1042	0,1975	0,0000	0,0000	0,0932	0,2663	0,1734	0,3245	0,1616
S	33,1769	33,0498	33,0716	32,7138	32,8704	33,0076	32,9432	33,2712	32,7040	32,2858	32,8436	32,9733	32,4593	33,3034	32,7490	32,8949
Au	0,5241	0,5200	0,3908	0,4016	0,4758	0,5353	0,3935	0,5657	0,5188	0,4471	0,4933	0,5236	0,5679	0,5314	0,4702	0,4906
Cu	0,0550	0,0839	0,0475	0,1053	0,0095	0,0549	0,0325	0,0158	0,0549	0,0090	0,0594	0,0840	0,0679	0,0000	0,1926	0,7954
Fe	0,3892	0,2246	1,8410	0,4163	2,5064	1,5099	2,1396	3,5490	1,5909	1,0162	2,4224	0,2761	1,6803	2,8899	0,1306	1,5055
Se	0,0237	0,0363	0,0210	0,0323	0,0352	0,0590	0,0134	0,0624	0,0665	0,0397	0,0208	0,0065	0,0588	0,0357	0,0342	0,0364
As	0,0000	0,0086	0,0366	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0165	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0047
Bi	0,0000	0,0457	0,0073	0,0000	0,0000	0,1962	0,0000	0,0000	0,0895	0,0000	0,0000	0,1623	0,1157	0,1595	0,0651	0,0561
Hg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zn	63,6063	64,1640	63,1781	63,9350	61,9679	63,1776	62,6493	61,7619	63,0015	63,6266	62,5459	64,6243	62,9708	61,7934	63,8339	63,1224
W	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ni	0,0080	0,0069	0,0033	0,0076	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0181	0,0000	0,0042
Co	0,0125	0,0000	0,0000	0,0082	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0117	0,0000	0,0069	0,0000	0,0000	0,0048	0,0029
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0405	0,0000	0,0577	0,0938	0,0000	0,0190	0,0070	0,0181	0,0330	0,0000	0,0000	0,0240	0,0195
Ga	0,0468	0,0288	0,0000	0,0000	0,0476	0,0000	0,0158	0,0401	0,0000	0,0252	0,0128	0,0065	0,0000	0,0709	0,0264	0,0214
Te	0,0184	0,0000	0,0767	0,0000	0,0000	0,0000	0,0286	0,0000	0,0277	0,0000	0,0685	0,0072	0,0203	0,0346	0,1139	0,0264
Tl	0,0000	0,0000	0,1151	0,0000	0,0000	0,0374	0,0000	0,1148	0,0000	0,0000	0,0093	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0184
Total	98,2272	99,2408	99,3236	98,6602	98,9154	99,1009	99,0167	99,7954	98,6747	98,2325	98,8469	99,3548	99,1506	99,3993	98,6558	

Anexo 1. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15015 (depósito mantiforme) en esfalerita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 2					Campo 1							
	Punto de análisis												Promedio
Elem. %peso	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	
Ti	0,0021	0,0000	0,0226	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022
Sb	0,0000	0,0214	0,0724	0,0165	0,0041	0,0000	0,0000	0,0811	0,0487	0,0000	0,2081	0,0000	0,0377
Sn	0,0167	0,0000	0,0344	0,0303	0,0000	0,0000	0,0000	0,0419	0,0248	0,0000	0,0454	0,0810	0,0229
In	0,0000	0,0000	0,0000	0,0299	0,0000	0,0711	0,0000	0,0000	0,0000	0,0166	0,0141	0,0000	0,0110
Cd	0,0000	0,0321	0,0000	0,0548	0,0000	0,0000	0,0090	0,0098	0,0292	0,0263	0,0000	0,0598	0,0184
Ag	0,0000	0,0000	0,0000	0,0640	0,0000	0,0515	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0499	0,0142
Pb	0,3795	0,5122	0,4107	0,3884	0,4894	0,6087	0,5418	0,6747	0,5744	0,1789	0,8078	0,9384	0,5421
S	49,9761	48,8872	49,9513	49,6436	49,8046	49,2957	49,1564	49,8661	51,1924	51,5255	49,2936	47,9981	49,7159
Au	0,0000	0,0564	0,0222	0,0000	0,0000	0,0625	0,0000	0,0000	0,0321	0,0000	0,0000	0,0488	0,0185
Cu	0,0000	0,0195	0,0040	0,0016	0,0302	0,0134	0,0194	0,0000	0,0154	0,0218	0,0547	0,0817	0,0218
Fe	48,7734	47,6975	48,9125	48,6289	48,5109	47,7737	48,1334	46,8145	46,8240	48,7065	44,8135	46,5941	47,6819
Se	0,0450	0,0209	0,0371	0,0273	0,0425	0,0152	0,0015	0,0000	0,0000	0,0249	0,0000	0,0000	0,0179
As	0,0000	0,7350	0,0000	0,0000	0,0000	1,0785	1,4247	3,3861	3,2697	0,0000	4,5580	2,4026	1,4046
Bi	0,0954	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1400	0,0398	0,0000	0,1128	0,0000	0,1974	0,0488
Hg	0,0239	0,0829	0,0333	0,0000	0,0000	0,0000	0,1026	0,0386	0,0000	0,0304	0,0000	0,0364	0,0290
Zn	0,0344	0,0158	0,0189	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0375	0,0000	0,0311	0,0308	0,0160
W	0,0019	0,0140	0,0615	0,0408	0,0000	0,0000	0,0019	0,0157	0,0176	0,0826	0,0000	0,0000	0,0197
Ni	0,0000	0,0225	0,0561	0,0432	0,0453	0,0006	0,0013	0,0028	0,0150	0,0076	0,0034	0,0000	0,0165
Co	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ga	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0264	0,0000	0,0022
Te	0,0623	0,0000	0,0294	0,0765	0,0226	0,0266	0,0529	0,0218	0,0000	0,0597	0,0741	0,0780	0,0420
Tl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1453	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0989	0,0204
Total	99,4107	98,1173	99,6665	99,0482	98,9494	99,1429	99,5853	100,9957	102,0859	100,7937	99,9302	98,6960	

Anexo 2. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15015 (depósito mantiforme) en pirita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 2										
	Punto de análisis										Promedio
Elem. %peso	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
Ti	0,0003	0,0000	0,0066	0,0119	0,0233	0,0086	0,0000	0,0000	0,0114	0,0387	0,0101
Sb	0,0810	0,0000	0,0182	0,0000	0,0000	0,0089	0,0093	0,0654	0,0000	0,0372	0,0220
Sn	0,0000	0,0063	0,0214	0,0169	0,0000	0,0000	0,0148	0,0593	0,0000	0,0000	0,0119
In	0,0000	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0201	0,0000	0,0227	0,0000	0,0000	0,0046
Cd	0,0000	0,0195	0,0571	0,0000	0,0195	0,0017	0,0423	0,0452	0,0000	0,0000	0,0185
Ag	0,0293	0,0497	0,0000	0,0141	0,0000	0,0000	0,0000	0,0399	0,0679	0,1903	0,0391
Pb	0,2487	0,2388	0,5073	0,4964	0,2391	0,4491	0,2496	0,1896	0,4356	1,0593	0,4114
S	52,1619	51,9886	51,4212	51,4860	51,6288	51,2294	51,7080	52,2781	52,8504	51,7038	51,8456
Au	0,0000	0,0557	0,0000	0,0581	0,0524	0,0000	0,1118	0,0000	0,0000	0,0108	0,0289
Cu	0,0155	0,0000	0,0139	0,0167	0,0000	0,0115	0,0279	0,0155	0,0250	0,0281	0,0154
Fe	46,9224	47,3272	46,8832	47,0784	47,4486	47,6327	47,4639	48,0182	47,8960	48,4003	47,5071
Se	0,0029	0,0357	0,0473	0,0469	0,0223	0,0312	0,0256	0,0567	0,0315	0,0000	0,0300
As	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4553	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0455
Bi	0,0000	0,1562	0,0000	0,0000	0,0705	0,0453	0,0556	0,0000	0,0000	0,2302	0,0558
Hg	0,0207	0,0141	0,0000	0,0804	0,0000	0,0941	0,0000	0,0000	0,0000	0,0608	0,0270
Zn	0,0000	0,0000	0,0065	0,0000	0,0107	0,0148	0,0000	0,0177	0,0067	0,0000	0,0056
W	0,0075	0,0000	0,0401	0,0000	0,0690	0,0037	0,0000	0,0383	0,0000	0,0019	0,0161
Ni	0,0000	0,0146	0,0000	0,0051	0,0155	0,0145	0,0127	0,0117	0,0003	0,0066	0,0081
Co	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ga	0,0000	0,0000	0,0110	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011
Te	0,0000	0,0000	0,0000	0,0398	0,0000	0,0245	0,0000	0,0000	0,0826	0,0441	0,0191
Tl	0,0000	0,0000	0,0105	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011
Total	98,2272	99,9096	99,0444	99,3505	99,5997	100,0453	99,7216	100,8584	101,4074	101,8121	

Anexo 3. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15018 (depósito mantiforme) en pirita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 1											
	Punto de análisis											Promedio
Elem. %peso	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
Ti	0,0003	0,0215	0,0000	0,0000	0,0157	0,0000	0,0000	0,0036	0,0047	0,0053	0,0000	0,0049
Sb	0,1004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0799	0,0000	0,0011	0,0141	0,0339	0,0048	0,0213
Sn	0,0698	0,0000	0,0386	0,0594	0,0102	0,0000	0,0523	0,0772	0,0417	0,0052	0,0000	0,0322
In	0,00170	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0194	0,0185	0,0000	0,0000	0,0036
Cd	0,0158	0,0000	0,0220	0,0000	0,0705	0,0000	0,0179	0,0000	0,0000	0,0000	0,0364	0,0148
Ag	0,0293	0,0713	0,0392	0,0000	0,0000	0,0205	0,0205	0,0526	0,0000	0,0000	0,0095	0,0221
Pb	0,4544	0,2475	0,2273	0,0894	0,4056	0,3964	0,1878	0,4833	0,2760	0,5340	6,0820	0,8531
S	49,4802	49,3880	49,4061	48,7312	49,8435	49,3720	49,3598	49,4720	49,8365	49,5304	47,4343	49,2595
Au	0,0467	0,0111	0,0000	0,0165	0,0000	0,0000	0,0602	0,0531	0,0000	0,0000	0,0460	0,0212
Cu	0,0195	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0032	0,0000	0,0147	0,0159	0,0282	0,0000	0,0074
Fe	42,2425	42,3540	41,8310	41,7282	41,6390	41,9973	41,4497	41,3802	42,0244	42,0152	40,2010	41,7148
Se	0,0000	0,0205	0,0611	0,0433	0,0000	0,0305	0,0476	0,0299	0,0299	0,0354	0,0316	0,0300
As	0,092	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070	0,0015
Bi	0,1584	0,4031	0,1007	0,1516	0,2147	0,0504	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1782	0,1143
Hg	0,1525	0,0000	0,0697	0,0000	0,0078	0,1710	0,0000	0,0691	0,0774	0,0278	0,0513	0,0570
Zn	0,0000	0,0000	0,0158	0,0086	0,0025	0,0311	0,0000	0,0106	0,0000	0,0000	0,0000	0,0062
W	0,0000	0,0000	0,0121	0,0000	0,0000	0,0000	0,0093	0,0102	0,0000	0,0214	0,0000	0,0048
Ni	0,0032	0,0203	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0240	0,0069	0,0060	0,0000	0,0056
Co	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
Ga	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0382	0,0029	0,0000	0,0037
Te	0,0213	0,0162	0,0000	0,0553	0,0222	0,0000	0,0162	0,0752	0,0000	0,0614	0,0000	0,0243
Tl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0289	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026
Total	92,8080	92,5533	91,8238	90,9125	92,2318	92,1532	91,2214	91,7786	92,3842	92,3071	94,0820	

Anexo 4. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15018 (depósito mantiforme) en melnikovita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 1										
	Punto de análisis										Promedio
Elem. %peso	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	
Ti	0,0107	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0004	0,0000	0,0138	0,0000	0,0000	0,0026
Sb	0,0280	0,0544	0,0380	0,0381	0,0355	0,0126	0,0206	0,0000	0,0204	0,0000	0,0248
Sn	0,0159	0,0407	0,0000	0,0000	0,0019	0,0091	0,0471	0,0000	0,0063	0,0342	0,0155
In	0,0000	0,0000	0,0000	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019
Cd	0,0425	0,0000	0,0117	0,0000	0,0546	0,0290	0,0000	0,0000	0,0299	0,0616	0,0229
Ag	0,0687	0,0811	0,1124	0,0000	0,0000	0,0000	0,0430	0,0000	0,0000	0,0153	0,0321
Pb	0,5945	0,3464	0,3553	0,3260	0,5246	0,4729	0,3075	1,1590	0,2164	0,3759	0,4679
S	49,9669	48,6259	48,7918	48,7588	48,6644	48,5903	49,1697	48,3602	48,7427	49,3849	48,9056
Au	0,0000	0,0000	0,0000	0,0309	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0187	0,0011	0,0051
Cu	0,0203	0,0111	0,0000	0,0251	0,0000	0,0183	0,0272	0,0586	0,0107	0,0000	0,0171
Fe	42,6814	41,3826	40,5902	40,4311	41,0057	40,8509	41,1148	40,6958	40,7017	40,2955	40,9750
Se	0,0136	0,0226	0,0310	0,0463	0,0129	0,0259	0,0240	0,0334	0,0291	0,0103	0,0249
As	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0008
Bi	0,0000	0,0000	0,0000	0,2344	0,2119	0,1382	0,0253	0,0000	0,0000	0,2302	0,0610
Hg	0,0342	0,0000	0,0118	0,0000	0,0239	0,0140	0,0000	0,0794	0,0000	0,0229	0,0186
Zn	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0254	0,0000	0,0189	0,0000	0,0018	0,0046
W	0,0373	0,0335	0,0000	0,0149	0,0131	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0099
Ni	0,0000	0,0000	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089	0,0028
Co	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ga	0,0248	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025
Te	0,0000	0,0166	0,0607	0,0108	0,0281	0,0011	0,0000	0,0596	0,0000	0,0013	0,0178
Tl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0601	0,0060
Total	93,5389	90,6150	90,0219	89,9366	90,5821	90,1882	90,7792	90,4785	89,7780	90,2738	

Anexo 5. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15018 (depósito mantiforme) en melnikovita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Corte 2									Corte 4						
	Campo 1				Campo 2					Campo 1						
	Punto de análisis															Promedio
Óx %	5	6	7	8	10	11	12	13	14	99	100	101	103	105		
Ca	0,0055	0	0,0109	0	0,0485	0,0018	0,0416	0,0360	0,0238	0	0,0058	0	0	0	0,0124	
Fe	0	0	0	0	0,0211	0,0056	0,0238	0,0176	0,0127	0,0382	0,0280	0	0	0	0,0105	
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mg	0	0	0	0	0,0127	0	0	0	0	0,0079	0,0158	0,0017	0	0,0063	0,0032	
Ba	64,5449	65,2210	65,1100	65,5675	62,4562	62,5224	62,5469	63,1534	62,9947	63,8769	65,9685	65,5335	66,4356	64,7730	64,3360	
Sr	0,9275	0,7052	0,7452	0,3264	2,7332	2,7377	2,6591	2,6640	2,6190	2,41	0,7804	0,5990	0,2608	2,4760	1,6234	
S	34,4255	34,0692	33,9518	34,3871	34,9798	35,0925	34,2625	35,0261	34,1049	33,9290	33,5771	33,0857	32,6393	32,3104	33,9886	
Co	0	0,0150	0	0	0,0034	0,0116	0	0	0	0	0,0199	0,0286	0	0,0145	0,0066	
Pb	0,0137	0	0,1164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0093	
Total	99,9172	100,0103	99,9342	100,2810	100,2550	100,3716	99,5338	100,8971	99,7552	100,3461	100,3956	99,2485	99,3357	99,5801		

Anexo 6. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15023 (depósito mantiforme) en baritina.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Campo 2						Campo 1					Promedio
Punto de análisis											
Óxido %	1	2	3	5	6	2	3	5	6	7	
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	33,76	33,37	34,38	34,32	34,29	34,49	33,62	33,53	34,41	33,84	34,001
Ca	0,05	0,02	0,00001	0,06	0,00001	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,023002
Co	0,01	0	0,08	0,05	0,05	0,01	0,03	0,05	0	0,03	0,031
Sr	1,41	2,39	1,53	2,96	2,29	2,29	2,51	1,21	2,21	1,86	2,066
Ba	63,88	62,34	63,7	61,8	63,01	62,71	62,57	64,57	62,9	63,8	63,098
Pb	0,06	0,06	0	0	0,16	0,08	0	0	0	0	0,036
Total	99,18	98,18	99,69	99,19	99,78	99,62	98,76	99,09	99,53	99,55	

Anexo 7. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15022 (depósito mantiforme) en baritina.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

	Campo 1										Campo 2			
	Punto de análisis													Promedio
Elem. %peso	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	82	83	84	
Ti	0,0000	0,0102	0,0000	0,0022	0,0020	0,0193	0,0000	0,0066	0,0000	0,0205	0,0035	0,0000	0,0000	0,0049
Sb	0,0421	0,0450	0,0000	0,0000	0,0175	0,0000	0,0289	0,0000	0,0000	0,0045	0,0000	0,0000	0,0468	0,0142
Sn	0,0348	0,0000	0,0236	0,0388	0,0903	0,0000	0,0000	0,0265	0,0112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0497	0,0211
In	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cd	0,0000	0,0000	0,0058	0,0315	0,0000	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000	0,0456	0,0853	0,0000	0,0174	0,0149
Ag	0,0731	0,0186	0,0089	0,0806	0,0000	0,0337	0,0000	0,0400	0,0000	0,0817	0,0768	0,0249	0,0000	0,0337
Pb	0,1800	0,2989	0,1593	0,3988	0,3690	0,2589	0,4176	0,1495	0,2490	0,2694	0,2177	0,2391	0,1790	0,2605
S	52,5274	52,0684	52,5677	51,9943	52,4475	52,4178	52,1320	52,6014	52,5284	52,2669	51,0874	52,1443	52,6688	52,2656
Au	0,0408	0,0517	0,0551	0,0649	0,0000	0,0000	0,0364	0,0000	0,0000	0,0328	0,0299	0,0450	0,0000	0,0274
Cu	0,0000	0,0072	0,0000	0,0112	0,0216	0,0255	0,0254	0,0136	0,0363	0,0223	0,0000	0,0000	0,0171	0,0139
Fe	46,8766	47,3778	47,3858	47,6284	46,9460	47,7104	46,8273	46,9846	47,1798	47,4763	46,2792	47,0714	47,5064	47,1731
Se	0,0169	0,0200	0,0473	0,0288	0,0284	0,0179	0,0331	0,0456	0,0036	0,0128	0,0087	0,0292	0,0091	0,0232
As	0,5422	0,0964	0,0737	0,1718	0,0548	0,1132	0,4215	0,0000	0,1020	0,2912	0,0652	0,1705	0,0126	0,1627
Bi	0,0000	0,1235	0,1816	0,4588	0,0000	0,0025	0,0578	0,0429	0,1715	0,3505	0,0000	0,0000	0,0000	0,1069
Hg	0,0550	0,1461	0,0816	0,0875	0,0000	0,0000	0,0954	0,0645	0,0000	0,0236	0,0842	0,0075	0,0000	0,0496
Zn	0,0000	0,0052	0,0000	0,0000	0,0000	0,0208	0,0301	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0307	0,0269	0,0088
W	0,0000	0,0000	0,0168	0,0737	0,0000	0,0028	0,0372	0,0056	0,0121	0,0000	0,0222	0,0000	0,0000	0,0131
Ni	0,0000	0,0098	0,0041	0,0067	0,0000	0,0101	0,0161	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0040
Co	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ge	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ga	0,0000	0,0269	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0022
Te	0,0976	0,0000	0,0259	0,0117	0,0002	0,0681	0,0000	0,1202	0,0000	0,0000	0,0444	0,0382	0,0000	0,0313
Tl	0,0000	0,0000	0,0000	0,1372	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0106
Total	100,4863	100,3056	100,6372	101,2268	99,9772	100,7094	100,1587	100,1009	100,2983	100,8981	98,0065	99,8026	100,5338	

Anexo 8. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 15022 (depósito mantiforme) en pirita.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Campo 2			Campo 1				Promedio
Punto de análisis							
Elemento % Peso	1	2	1	2	3	4	
S	13,47	13,07	13,09	13,35	13,07	13,17	13,2033333
Fe	0	0	0	0,06	0	0	0,01
Co	0,1	0	0,01	0,05	0,04	0	0,03333333
Ni	0,06	0,07	0,03	0,02	0,05	0,02	0,04166667
Cu	0	0	0	0	0,05	0,02	0,01166667
Zn	0	0,03	0,04	0,01	0,04	0,01	0,02166667
As	0,04	0	0	0	0,08	0	0,02
Ag	0,08	0,03	0	0,09	0	0,05	0,04166667
Cd	0	0,17	0	0	0	0,06	0,03833333
In	0,02	0,05	0,02	0	0	0,05	0,02333333
Sb	0,12	0,15	0,1	0,12	0,11	0,03	0,105
Pb	88,88	86,23	86,64	87,24	85,23	87,92	87,0233333
Bi	0	0	0	0	0	0	0
Total	102,79	99,82	99,94	100,94	98,67	101,34	

Anexo 9. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 21355 (depósito vetiforme) en galena.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO-GEOQUÍMICO DE LA MINERALIZACIÓN
BARÍTICA ARROYO NUEVO, DEPARTAMENTO MINAS, PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Campo 2					Promedio
Punto de análisis					
Óxido %	3	4	5	6	
O	0	0	0	0	0
S	33,97	33,58	33,7	33,05	33,575
Ca	0	0	0,01	0,02	0,0075
Co	0,06	0,06	0,01	0,04	0,0425
Sr	0,35	0,88	0,37	0,67	0,5675
Ba	65,93	65,12	65,56	65,03	65,41
Pb	0,26	0,1	0,06	0,07	0,1225
Total	100,57	99,75	99,71	98,88	

Anexo 10. Análisis por microsonda electrónica de la muestra 21355 (depósito vetiforme) en baritina.