

EL DISTRITO POLIMETÁLICO GONZALITO, RÍO NEGRO

Eugenio Aragón¹, Luis H. Dalla Salda¹, Mónica López de Luchi²,
Alfredo Benialgo¹ y Carlos D. Pezzotti³

INTRODUCCIÓN

El distrito Gonzalito, previamente conocido como distrito Laguna Grande (Angelelli, 1984), comprende dos fajas mineralizadas con Pb, Ag, Zn, V, [Au], localizadas en el Complejo Igneo Metamórfico Gonzalito. La Faja Oriental incluye las minas Gonzalito, Vicentito, La Querencia y Polito, y la Faja Occidental las minas Tres Marías y María Teresa. Los trabajos mineros previos reconocieron la disposición escalonada de vetas de sulfuros polimetálicos en estas minas. Trabajos recientes establecen que estas vetas están asociadas espacial y temporalmente con esquistos negros metalíferos, e identifican a estos yacimientos como tipo estratoligado, y más específicamente, como SEDEX sujeto a varios eventos metamórficos precámbricos de grado mediano a alto, y posteriormente afectados por removilización hidrotermal durante el Paleozoico superior y Jurásico. El ciclo Precámbrico dió como resultado dos tipos de depósitos: removilizados vetiformes polimetálicos y diseminados estratoligados (esquisto negro), ambos con altos contenidos en Pb, Zn, Ag y V.

UBICACIÓN

El distrito Gonzalito se localiza al sureste de la provincia de Río Negro, inmediatamente al este y sur de la

sierra de Paileman, ocupando un área entre los 41° y 42° de latitud sur y los 65° y 66° de longitud oeste, con excelentes accesos, tanto desde la localidad de San Antonio Oeste ubicada a 120 km al noreste, como desde Sierra Grande a 110 km al sudeste.

LEYES, PRODUCCIÓN Y RESERVAS

Las leyes históricas de los lensoides de sulfuros polimetálicos explotados, según Valvano (1956), fueron: 38% Pb; 1.2% Zn y 437 g/t Ag, con incremento del contenido de Zn en profundidad, en tanto que el contenido metálico de los esquistos negros en la zona de oxidación oscila entre 0,1 y 3% de Pb, 0,2 y 3% de Zn, 0,5 y 4 g/t de Ag y de 150 a 1.500 g/t de V, todos ellos en la forma de óxidos complejos y silicatos.

Con respecto a la producción, durante el período comprendido entre 1953 y 1979 se extrajeron alrededor de 800.000 t de rocas mineralizadas de las que se obtuvieron 70.542 t de concentrados de Pb, Zn y Ag.

Conforme a los ejemplos mundiales conocidos, las expectativas de reservas geológicas en los yacimientos tipo SEDEX son: de 40 a 100 Mt de mena, con contenidos metálicos de 2 a 10 (% en peso). A pesar que para el distrito Gonzalito, tanto las rocas mineralizadas como los lensoides no han sido todavía adecuadamente definidos para una evaluación de reserva formal, algunos indicadores geológicos nos permiten realizar un estimación de la misma. Estos indicadores son dos: 1) de acuerdo con los datos de explotación, se conoce la existencia de lensoides de sulfuros polimetálicos hasta la profundidad de -205 m, 2) la superficie con intercalaciones de esquistos negros en la faja de Gonzalito-Polito supera los 4.000.000 metros cuadrados. Estas dos dimensiones, con las leyes mencionadas para los lensoides de sulfuros polimetálicos y el diseminado en el

¹ Centro de Investigaciones Geológicas, La Plata.

² Centro de Investigaciones en Recursos Geológicos, Buenos Aires

³ Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

esquistos negros, sitúan al área de mina Gonzalito en la categoría geológica de SEDEX de gran tamaño.

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

Si bien las primeras explotaciones fueron por rajos a cielo abierto, siguiendo los cuerpos mineralizados que se disponían en *echelon* con longitudes de 50 a 100 m, el volumen más importante se extrajo de explotaciones subterráneas por intermedio de guinches con balde. El yacimiento Gonzalito posee dos piques principales verticales sobre caja, con guinches que alcanzan las profundidades de -205 m y -140 m y que comunican a un sistema de galerías (-30 m, -54 m, -80 m, -110 m, -140 m, -170 m, -200 m), y numerosas chimeneas que acceden a un sistema de explotación de rajos de corte y relleno, totalizando más de 7.000 m de labores subterráneas. Este sistema de rajos, abastecía una planta con capacidad de 120 t/día con molienda y flotación selectiva. Los restantes yacimientos (María Teresa, Tres Marías, Vicentito, La Querencia, y Polito) fueron explotados esencialmente por rajos a cielo abierto, abortando la explotación subterránea en la etapa preparatoria, con piques principales pero de menor envergadura (del orden de los -33 a -40 m) de los cuales se ejecutaron labores subterráneas preparatorias y exploratorias del orden de los 60 a 100 metros.

HISTORIA DEL DISTRITO

La mina Gonzalito fue descubierta en el año 1951 y explotada por Geotecnia S.A., cerrándose definitivamente por problemas económicos y laborales a principio de los '80. La molienda y concentración por celdas de flotación selectiva se realizaban en una planta construida en el yacimiento con una capacidad de 120 t/día. El personal vivía en la mina en un campamento minero que disponía de viviendas para administrativos obreros, una escuela, dispensario sanitario y usina eléctrica. El agua potable se traía de la localidad de Pailemán (35 km) en camiones cisterna. En la actualidad las minas están inundadas hasta 20 m por debajo de la superficie, y del campamento quedan remanentes de las paredes. Los concentrados de Pb-Ag se llevaban a San Antonio Oeste donde se había instalado una fundición. Los concentrados de Zn se vendían como tal.

DESCUBRIMIENTO Y TAREAS DE EXPLORACIÓN

El descubrimiento del primer yacimiento (mina Gonzalito) del distrito fue realizado por el baqueano Otero en un reconocimiento superficial.

Las tareas de exploración regional del distrito tuvieron dos etapas: la primera durante la década del '60, que fue llevada a cabo por Geotecnia S.A. y consistió en el rastreo sistemático a pie de todos los afloramientos, buscando estructuras con evidencias de mineralización. Esto llevó al descubrimiento de más de treinta manifestaciones dentro del bloque Gonzalito; las mismas son de muy variada naturaleza, encontrándose algunas mineralizaciones de fluorita,

otras de manganeso, wolframita, galena, etc.. La segunda etapa transcurrió a fines de los '70, y fue llevada a cabo por la Dirección de Minería de la Nación en el marco del Plan Patagonia-Comahue, consistiendo en fotointerpretación y mapeo geológico-estructural a escala 1:50.000, con muestreo geoquímico sistemático de sedimento y roca, lo que permitió ubicar extensas áreas anómalas en Pb y Zn en la zona de El Jagüelito.

La exploración detallada del grupo de minas del distrito Gonzalito durante los treinta años transcurridos desde su descubrimiento hasta su cierre definitivo fue bajo el criterio veta en mano, donde cada labor exploratoria cumplía con la función preparatoria para la futura explotación. Por lo tanto las labores exploratorias subterráneas consisten en chiflones y galerías sobre veta. Este concepto asfixió la obtención de reservas, provocando el colapso económico de la empresa, dejando un yacimiento parcialmente explotado y con una incipiente exploración sobre tres estructuras importantes mineralizadas (Vicentito, La Querencia y Polito). Si bien se diagramaron dos perforaciones, éstas nunca se llevaron a cabo.

GEOLOGÍA REGIONAL

La región oriental del Macizo Norpatagónico está constituida por dos complejos metamórficos: a) el Complejo Mina Gonzalito-Yaminué, infracortical, cuyas edades son ca. 800 Ma (Linares *et al.*, 1990), y ca. 780 Ma (edad más antigua) y 650 Ma (Varela *et al.*, 1997), asignándolas estos últimos autores al Ciclo Brasileño, y b) las rocas supracorticales representadas por las metapelitas de bajo grado de El Jagüelito-Nahuel Niyeu (ca. 600 Ma, Linares *et al.*, 1990). Esta última unidad es intruida por granitos del Paleozoico inferior a medio, como la Granodiorita Río Salado cuya edad es 476 ± 4 Ma (edad U-Pb, Varela *et al.*, 1997). Ambas unidades integran el Terreno El Jagüelito, que se consideró parte del cratón autóctono de Gondwana sudoccidental (Dalla Salda, 1990). La deformación, el metamorfismo, y la actividad granítica datada entre 600 y 650 Ma permitió a Chernicoff (1994) incluirla en el Ciclo Pampeano. Datos U-Pb recientes en circón le asignaron una edad de 526 ± 15 Ma a los gneises Mina Gonzalito, sugiriéndose así la extensión posible del Ciclo Orogénico Brasileño en la Patagonia oriental (Varela *et al.*, 1997).

Del Mónaco (1971), Rosenman (1972), Ramos (1975), Vallés (1978) y Giacosa (1987,1997) describieron la geología regional del área. Rosenman (1971) estudió el sector de Arroyo Los Berros y consideró al basamento como integrado por gneises, esquistos micáceos de edad proterozoica y por esquistos cuarcíticos, biotíticos y filitas de edad paleozoica inferior. Ramos (1975) estudió la geología del sector de las minas Gonzalito y María Teresa y definió el Gneis Mina Gonzalito, que constituye los afloramientos más extensos, como un conjunto de gneises migmatíticos, anfíbolitas y esquistos micáceos; y a las Ectinitas El Jagüelito, restringidas al borde occidental y sudoccidental del Bloque Gonzalito, como integradas por esquistos cuarcíticos y pi-

zarras. El contacto entre el gneis y las ectinitas es de tipo tectónico (figura 1). Ambas unidades fueron asignadas con reservas por este autor al Precámbrico. Vallés (1978) al estudiar la geología del área de las minas María Teresa y Tres Marías, describió unidades semejantes pero consideró a las ectinitas como pertenecientes al Paleozoico inferior.

Giacosa (1987,1997) efectuó un estudio regional de las rocas precretácicas de la sierra de Pailemán y denominó Complejo Mina Gonzalito a la secuencia metamórfica integrada por esquistos, gneises inyectados, anfibolitas, mármoles, niveles silicocálcicos y granitoides foliados y masivos. Restringió el término Gneis Mina Gonzalito a la caja de la mina Gonzalito y lo consideró como un gneis de ojos cataclástico generado a partir de un protolito de esquistos o gneises inyectados. Denominó Formación El Jagüelito a las filitas cuarzosas, metagrauvascas y escasos niveles de metabasitas que afloran hacia el oeste del Complejo, separadas del mismo por la Falla El Jagüelito.

GEOLOGÍA DEL DISTRITO

La unidad principal del basamento cristalino del bloque es el Gneis Mina Gonzalito. Esta unidad comprende un conjunto sedimentario-volcánico metamorfizado, integrado por esquistos biotíticos porfiroblásticos, esquistos biotítico-anfibólicos, cuarzosos, biotítico-moscovíticos y cuarzo-feldespatíticos, gneises biotítico granatíferos, sillimaníticos, anfibolitas, niveles calcosilicáticos y granitoides sincinemáticos (anatócticos). La asociación granate, plagioclasa y sillimanita (fibrolita) vinculada a los granitoides sugiere condiciones de pico metamórfico en facies de anfibolita, aunque las rocas mineralizadas presentan una retrogresión a la asociación clorita-moscovita o clorita-granate-moscovita.

El Bloque Gonzalito se interpreta como un pliegue sinforme de 14 km de longitud de la onda, cuyo eje buza hacia el sursureste. En su flanco oriental se localizan las minas Gonzalito, Vicentito, La Querencia, Polito, y Manzano (Faja de esquistos negros oriental); en el occidental se localizan las minas Tres Marías y María Teresa y manifestaciones menores como Curriqueo (Faja de esquistos negros occidental). En la extensión sur de estas fajas predominan mármoles y niveles calcosilicáticos con algunas intercalaciones cuarcíticas, lo cual indicaría por la presencia de un frente carbonático una transición entre facies de aguas someras y más profundas.

En términos generales se reconoce un aumento del grado metamórfico y de la frecuencia y dimensión de los cuerpos granitoides hacia el oeste. La Faja Oriental está integrada por niveles de metavolcanitas ácidas mineralizadas intercaladas en metavolcanitas dacíticas, escasos niveles de anfibolitas y esquistos cloríticos mineralizados. En el flanco occidental se reconocen intercalaciones de anfibolitas bandeadas en niveles de gneises y no aparecen metavolcanitas ácidas ni rocas porfiroblásticas; los granitoides sincinemáticos forman dos plutones concordantes con la estructura regional.

LITOLOGÍA

Los esquistos mineralizados aparecen intercaladas en el Gneis Mina Gonzalito (Dalla Salda y Aragón, 1994) en distintos niveles de la secuencia metamorfizada. Genéricamente han sido denominados esquistos negros, término que incluye esquistos de grano fino, con foliación variablemente marcada, de color gris oscuro a gris verdoso, que habrían derivado de rocas clásticas y volcanoclásticas. Bajo la misma denominación se incluyen metavolcanitas ácidas de color gris verdoso claro, moderadamente esquistosas, y niveles con contenido variable de cuarzo y mica clara que podrían ser metapsammitas asociadas a sedimentos químicos (*chert?*). El término entonces alude a un conjunto portador de mineralización diseminada que como carácter distintivo posee coloración oscura (por el contenido de Mn y de Fe), grano fino, pátinas de alteración rojizo-verdosas, y dentro de un perfil corresponden a los niveles más afectados por la meteorización y alteración hidrotermal jurásica.

Los esquistos negros son desde el punto de vista petrográfico esquistos cloríticos foliados de color negro a castaño oscuro. La foliación está bien desarrollada y se halla definida por la alternancia de folias predominantemente cloríticas con escaso feldespatio potásico y cuarzo, en general de grano más fino y folias más ricas en minerales félsicos de grano un poco más grueso. La composición predominante de los esquistos es de cloritas, agregados de mica clara, cuarzo y minerales opacos. En secciones delgadas muestran una foliación anastomosada (en las facies ricas en mica clara) o bien el desarrollo de una anisotropía planar conspicua remarcada por el bandeamiento y en algunos casos por venas cuarzosas. Esta foliación, definida esencialmente por la disposición de clorita, es remarcada por agregados elongados de mica clara-cuarzo-minerales opacos, que se consideran como niveles lentiformes boudinados que resultarían un rasgo primario del protolito.

Las cloritas son de color castaño oscuro a castaño rojizo y se hallan interlaminadas con agregados finos de óxidos. En todas las muestras estudiadas hay dos tipos de clorita: clorita 1 (pseudomorfa de un clinofibol) que define la foliación mesoscópica y microscópica, y clorita 2 que sobrecrece en general estáticamente esa foliación. El grado de reemplazo del clinofibol varía desde completo donde sólo se reconoce el antecesor anfibólico por sus contornos cristalinos, o bien por casos de menor desarrollo donde se reconocen relictos de clinofibol tanto dentro de las cloritas como en los bordes.

El cuarzo generalmente es de origen detrítico aunque la recristalización en *annealing* hace muchas veces difícil distinguir con claridad un origen clástico, no descartándose la presencia de precipitación química de sílice. La alternancia de folias ricas o empobrecidas en cuarzo sugieren un cambio brusco en el ambiente de depositación (turbiditas). Los agregados de mica clara (sericítico-moscovíticos) son pseudomorfos de feldespatio potásico. Tienen granate y en algunas muestras apatita y esfena. El granate es de hábito poiquilítico y sobrecrece estáticamente la foliación (un

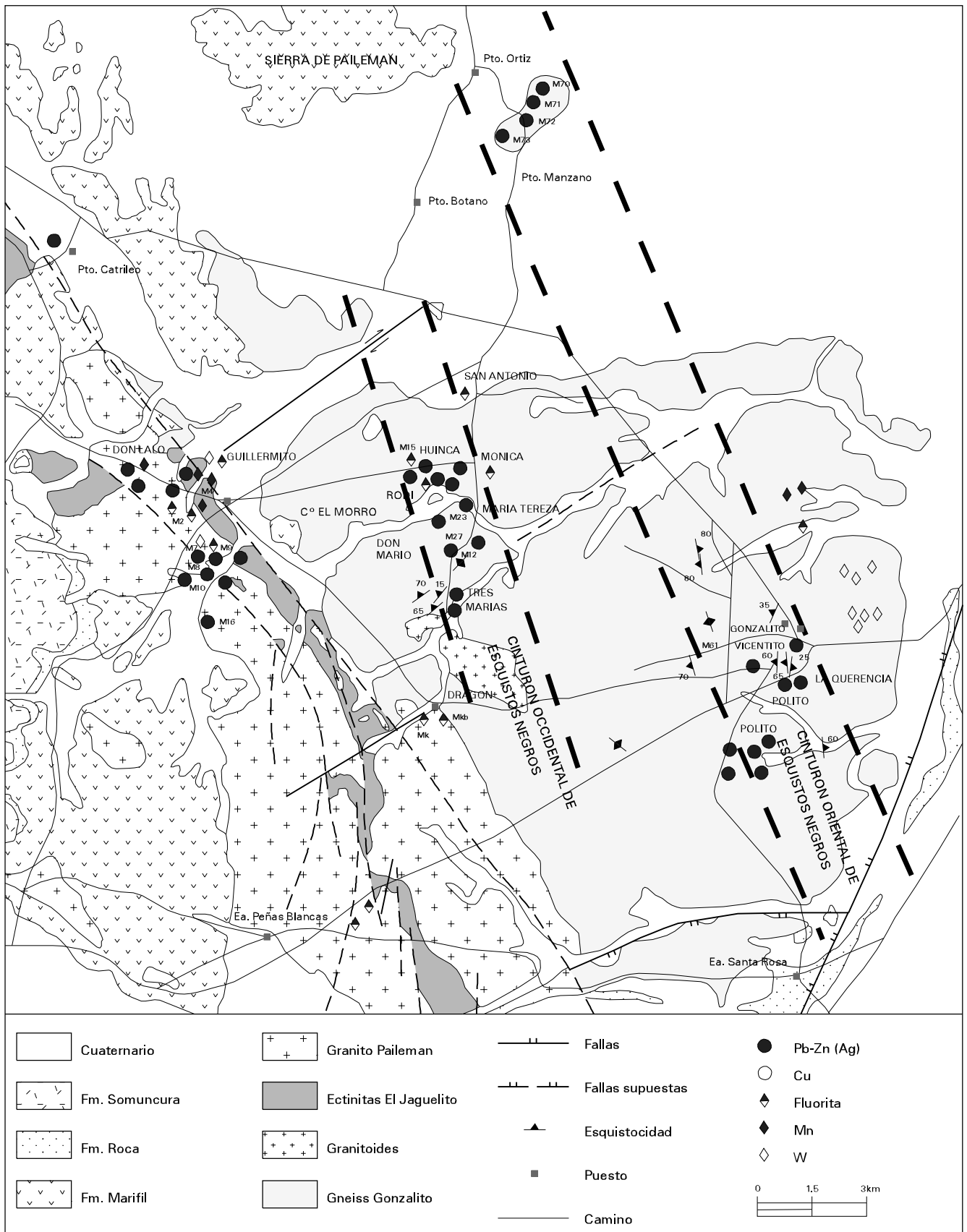


Figura 1. Mapa geológico y de ubicación del distrito Gonzalito.

rasgo textural que aparece en los esquistos porfiroblásticos); las paragénesis retrógradas están representadas por la asociación clorita verde-cuarzo-mica blanca.

Las paragénesis más comunes de los esquistos negros cloríticos son:

-Clorita+ mica blanca+ minerales opacos +grafito, y granate y epidoto en los tipo Zn> Pb.

-Clorita+ mica blanca+ feldespato relíctico+apatita+ circón.

Las restantes rocas mineralizadas ricas en cuarzo constituyen un grupo muy heterogéneo en composición, que incluye metavolcanitas y metasedimentos; algunas rocas son metagrauvacas ricas en cuarzo (metaturbiditas) y cuarcitas micáceas (originalmente arenosas o argiláceas), pero en otros casos es difícil reconocer la naturaleza del protolito especialmente en aquellos casos donde se halló un material volcánico. Las paragénesis más comunes son:

Feldespato+cuarzo+moscovita=clorita=apatita=epidoto± minerales opacos± (fibrolita).

La foliación de los tipos metasedimentarios se define pobremente como folias cloríticas discontinuas, distribuidas en un agregado de cuarzo mal seleccionado. En las rocas metavolcánicas (y/o metavolcanoclásticas), el feldespato aparece como el mineral de mayor tamaño que le confiere un aspecto pseudopiroide. Las sombras de presión alrededor de feldespato indican una deformación dúctil, un poco más joven o simultánea con el desarrollo de los minerales opacos.

Las metavolcanitas poseen fenocristales de plagioclasa sericitizada, escasos fenocristales de feldespato potásico inalterados y cuarzo insertos en una mesostasis granofírica cloritizada y sericitizada. La moscovita aparece en blastos estáticos y la clorita como cristales individuales o en agregados intersticiales asociados a moscovita y sillimanita. Los minerales opacos se asocian a clorita, o están en venillas anastomosadas delgadas restringidas a un cristal de feldespato o en torno al mismo; también se reconocen venas discordantes.

Las cuarcitas argiláceas gris a blanco verdoso y algunos *cherts* recristalizados están compuestas por cuarzo, cantidades variables de mica blanca, y escaso feldespato sericitizado. Tanto la mica blanca como los minerales opacos aparecen en intersticios orientados lo que les confiere una cierta foliación.

Los minerales opacos estudiados en los esquistos mineralizados son óxidos complejos de Zn, Mn, Pb y Fe (con escasos sulfuros de estos elementos), que aparecen en distintas asociaciones, texturas y estructuras:

- 1- en las trazas de clivaje de cloritas y clinoanfíbol relíctico mayormente son óxidos complejos de Zn y Fe o Zn y Pb.
- 2- en cristales aislados con núcleos de color castaño anaranjado birrefringentes.
- 3- en cristales aislados totalmente opacos de distinta morfología:
 - 3- a. de sección cuadrada y reflejos rojizos.
 - 3- b. en cristales rodeados de óxidos de Fe.

3- c. en cristales cribosos de secciones más o menos romboidales dispuestos paralelos a la foliación.

3- d. como cristales opacos distribuidos preferentemente cerca de venas cuarzosas discordantes.

4- en agregados lensoides paralelos a la foliación.

5- en venas:

5- a. paralelas a la foliación.

5- b. discordantes muy delgadas.

ESTRUCTURA DE LAS LENTES Y NIVELES MINERALIZADOS

El basamento del distrito Gonzalito fue afectado por varias fases de deformación dúctil con desarrollo de esquistosidad, que involucraron toda la pila volcano-sedimentaria y que son anteriores a las deformaciones frágiles del Paleozoico superior-Jurásico. En algunas zonas como en las minas María Teresa y San Octavio, la fracturación tardía controló la removilización local de la mineralización proterozoica.

La estructura compleja del basamento y de las rocas mineralizadas fue analizada en distintas escalas. El estudio a escala regional, usando imágenes TM y el programa TNTmips, permitió reconocer lineamientos principales N10° y N350° y N60° y N295° como secundarios. También se reconoció que el Bloque Gonzalito es una estructura sinformal que buza hacia el sursureste. La cartografía estructural y el análisis de estructuras mesoscópicas muestran que estas alineaciones son casi coincidentes con los datos del campo.

Los planos de esquistosidad y bandeamiento se disponen en tres orientaciones principales: N10°-15°, N345° (rumbo principal de los lensoides), y N70°. Las variaciones de inclinación de estas estructuras planares son muy marcadas desde casi horizontales a verticales como se ve en la figura 2. Se debe señalar una relación estrecha entre la verticalización de la esquistosidad y la presencia de lensoides. Esta variación del rumbo e inclinación de la esquistosidad está relacionada con un modelo de interferencia complejo, que muestra cierres y sillas estructurales. Esas estructuras cerradas controlaron la distribución de la mena (figuras 2b y 3). La traza de los planos axiales de los pliegues mesoscópicos del campo varía entre N355°, N15° y N80°. Las conspicuas estructuras lenticulares, apretadas y cerradas, son el resultado de pliegues doblemente buzantes como consecuencia de la interferencia de diferentes fases de plegamiento. Estas charnelas casi norte-sur explican el arreglo escalonado de los lensoides mineralizados que se puede observar tanto en superficie como en los registros mineros de explotación. Los pliegues parasíticos tipo *kink* se relacionarían con un episodio de deformación en la transición frágil-dúctil final. Estos pliegues menores y la fracturación no controlaron la distribución de la mena diseminada. Los diagramas de fábrica permitieron modelar la interferencia de las fases de plegamiento. Usando el ángulo alfa (F1-b2), el ángulo beta (a2-c1) y el ángulo gamma (F1-c2) se define la forma de estructura que controló la mineralización (figura 3).

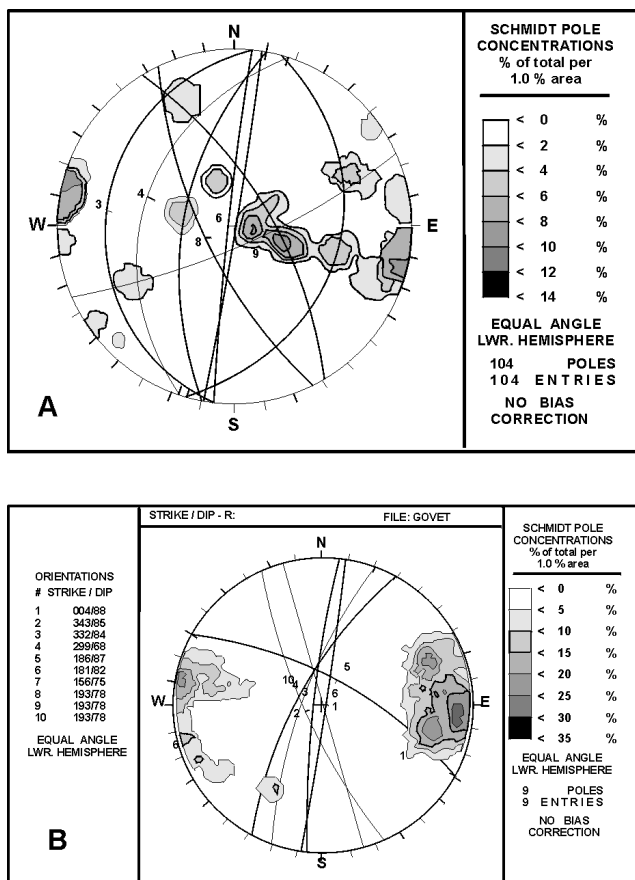


Figura 2. a. Actitud de la esquistosidad en rocas de basamento y esquistos negros. b. Actitud de los lensoides con sulfuros.

La estructura que caracteriza los afloramientos de las rocas de caja, la distribución de las labores mineras y aquella que aparece en los mapas mineros viejos confirma este modelo. Este modelo de interferencia explica la conexión que existe en el distrito entre dos episodios de deformación aproximadamente coaxial y la mineralización. Esta estructura habría controlado la movilización, el entrapamiento sintectónico y la distribución de la mineralización en el área, y explicaría la forma, tamaño e interconexión de los lensoides.

Desde el punto de vista prospectivo, permitiría también predecir la distribución de la mena a profundidad. La disposición estructural es visible en planos horizontales y en cortes verticales que han sido efectuados reconstruyendo datos de laboreo subsuperficial (figura 4).

MORFOLOGÍA

La morfología de los lensoides de sulfuros masivos se resuelve en curvas y lazos cimoides, en cuerpos individuales dispuestos en *echelon* de 50 a 100 m de largo con espesores promedio de 60 a 70 cm y *plunge* al sur. Los esquistos negros acompañan lateralmente a los lensoides de sulfuros.

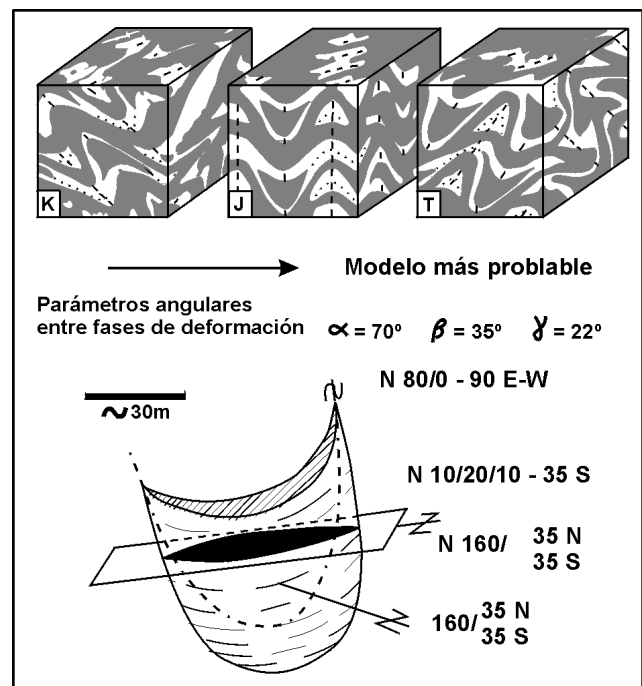


Figura 3. Modelos de la interferencia deformacional polimetálica.

ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Se registran efectos de alteración hidrotermal vinculados a la actividad magmática jurásica. Una isocrona Rb/Sr realizada sobre roca de caja y esquistos negros con los feldespatos alterados a sericita da una edad de 161 Ma. Relacionada a esta removilización se asocian óxidos de manganeso.

MINERALIZACIÓN, DISTRIBUCIÓN DE LA MENA Y OCURRENCIA

Los depósitos en el distrito Gonzalito se hallan de dos maneras: en rocas que genéricamente se denominaron esquistos negros, donde la mineralización es de tipo estratoligado, y en lentes de sulfuros masivos a los que pasan sin transición lateralmente.

Los esquistos negros comprenden dos litologías, una básica y otra mesosilícica a ácida, y se hallan enriquecidos en Zn, Pb, Ag, V y eventualmente Au, los que aparecen en silicatos, óxidos, sulfuros, carbonatos y metales nativos (algunos de los niveles mineralizados pueden considerarse como esquistos negros metalíferos). Se reconocieron además contenidos anómalos de mena en algunas rocas calcosilicáticas. El espesor de los niveles mineralizados varía entre 1,2-2,5 m que se repiten por un apretado plegamiento.

Las lentes constituyen concentraciones de origen metamórfico, controladas por estructuras de menor orden y están compuestas por sulfuros masivos polimetálicos, que se disponen concordantes con la esquistosidad, formando trenes arrosariados de lensoides en *echelon* en dos direcciones: N0°-40° y N320°-360°. La media estadística de la

inclinación fluctúa entre 76°-86° oeste. Su espesor varía entre 0,70 y 1,5 m y su longitud entre 30 y 100 m, con una distancia promedio de alrededor de 50 metros. La zona de oxidación incluye limonita, yeso, óxidos de manganeso, cerusita, anglesita, wulfenita, pyromorfita y vanadinita. En profundidad los lensoides son portadores de minerales primarios como: galena, esfalerita, pirita, calcopirita, arsenopirita, marcasita, rodocrosita y cuarzo. La zona de oxidación (principalmente meteórica) alcanzó 40 m de profundidad. El yeso reviste y rellena cavidades. En estas lentes se observa removilización vinculada al volcanismo jurásico. En el área de María Teresa se reconoce la mineralización de fluorita (jurásica), en una ganga silíceo-carbonática que aparece como una vena de 40 m de largo por 1,6 m de espesor, y que se dispone con rumbo N30°O cortando casi perpendicularmente a la estructura de sulfuros metamórficos, y removilizando a los mismos en la mencionada intersección.

La presencia de esquistos negros no se limita exclusivamente a la caja de las lentes sino que se extiende más allá, como por ejemplo a lo largo de un perfil de 55 m, perpendicular a la estructura con lentes de sulfuros masivos de la mina Gonzalito (figura 5). Allí los esquistos, cuyo espesor medio es de 1,2 m, se repiten; las rocas son ricas en cloritas zincíferas y óxidos de Zn-Mn. El contenido de Zn varía de 1.000 a 30.000 partes por millón. Una muestra de ese perfil mostró 3.210 ppb de Au. Algunos de estos óxidos producen una anomalía de susceptibilidad magnética apreciable en los esquistos negros, lo que permite usarla como guía de prospección.

En ese perfil se reconocieron posibles formaciones de hierro dado que un esquisto negro dió un contenido de hierro de 40,83% y 7 niveles interestratificados mostraron contenidos de alrededor del 17%. Se identificaron también esquistos ricos en manganeso ($Mn > 0.8\%$).

El empobrecimiento relativo en Pb en los esquistos de este perfil hacia el contacto con la lente de sulfuros indicaría la migración del mismo hacia la lente mientras que el Zn ha quedado en óxidos y silicatos.

MINERALOGÍA

Los minerales primarios son:

a) *Sulfuros Masivos*: galena, esfalerita, pirita, calcopirita, ankerita?, en pequeñas proporciones: arsenopirita, pirrotina, marcasita.

b) *Esquistos Negros*: Óxidos complejos de Mn, Fe y Zn (Franklinita?), anfíbol cincífero, clorita cincífera, moscovita cincífera, pequeñas proporciones de esfalerita, galena y pirita.

Los minerales secundarios

a) *Sulfuros Masivos*: cerusita, anglesita, wulfenita, vanadinita, piromorfita, limonitas, óxidos de manganeso etc.

b) *Esquistos Negros*: hidrofranklinita (calcofanita), manganomelano, piromorfita, limonitas ricas en cinc.

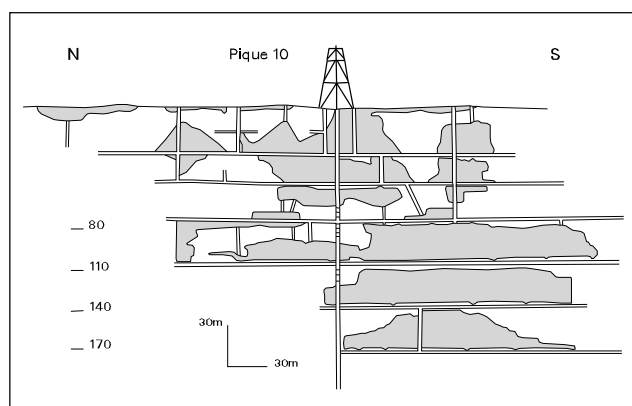


Figura 4. Sección longitudinal de los niveles de explotación en el sector norte de la mina Gonzalito.

Los minerales de ganga

a) *Sulfuros Masivos*: cuarzo, en pequeñas proporciones calcita, rodocrosita.

b) *Esquistos Negros*: cuarzo, biotita, granate, feldespato.

GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS CON MINERALIZACIÓN DISEMINADA

El muestreo superficial de rocas sin evidencia de alteración hidrotermal se utilizó para efectuar análisis químicos. Los contenidos de elementos mayoritarios y minoritarios son normales para rocas volcánicas y para rocas sedimentarias, sean sedimentos químicos o clásticos. Se pueden así diferenciar tres tipos de conjuntos de rocas propios de una cuenca sedimentaria marina. Uno, restringido a una posición marginal, muestra CaO alto y baja sílice (mármoles y/o margas). El otro está constituido por un conjunto de esquistos finos, lutitas, psamitas y niveles volcánicos interestratificados en un ambiente más profundo y un tercero dado por rocas portadoras de mineral (esquistos negros o metalíferos). Los esquistos metalíferos pueden ser fácilmente distinguidos de las rocas estériles por su bajo contenido de Na_2O ($< 0.6\%$), bajo CaO ($< 2.0\%$), y relativamente más alto K_2O (1 a 3%).

Los contenidos de Zn, Pb, Ag, y V son anormalmente alto, y de interés económico. El tenor de Cu con respecto al de Pb-Zn es muy bajo, y en un diagrama Cu-Zn-Pb (figura 6) se localiza en el área un enriquecimiento en Zn-Pb, lo cual es típico de depósitos sedimentarios de Zn-Pb distales.

Así como se distinguieron diversos tipos de rocas mineralizadas también se separaron dos grupos desde el punto de vista químico (tabla 1) sobre la base de su distinta composición mayoritaria y contenido metálico: 1) Bajo sílice-Fe alto. En este grupo la sílice varía de 44 a 55%, y el Fe es $> 12\%$ (media estadística 16%). Algunas de estas rocas serían equivalentes a formaciones de Fe y esquistos mangani-

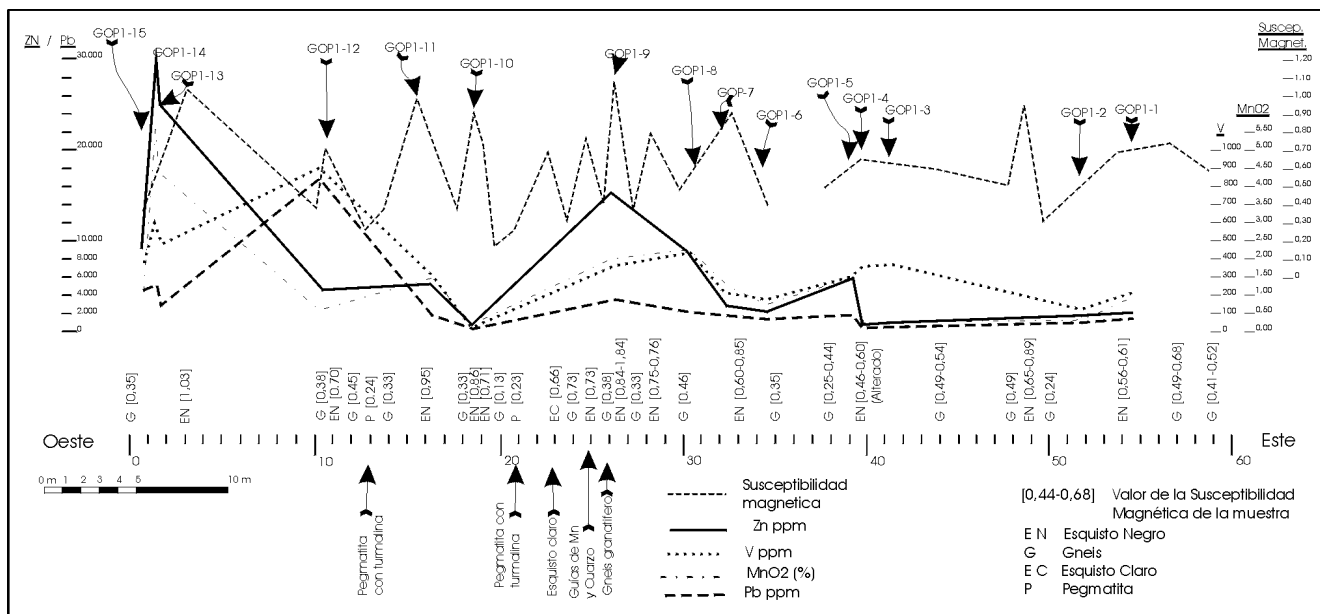


Figura 5. Perfil perpendicular a Gonzalito, vena principal, mostrando contenido metálico y susceptibilidad magnética.

feros. Dentro de este grupo las muestras con alto contenido de CaO son de tipo anfibolítico 2) sílice alta-bajo Fe. En este grupo que incluye algunos esquistos cloríticos ricos en cuarzo y feldespatos sericitizados, metavolcanitas ácidas, cuarcitas y algunos niveles de sedimentos químicos, la sílice varía de 55 a 74%, y Fe es más alto que 3.9%, y más bajo que 10% (media estadística malo 6,25%).

El primer grupo está caracterizado por un contenido medio de 14.000 ppm Zn, 2.600 ppm de Pb, 2,19% de MnO y 518 ppm de V. En el segundo grupo, el Zn presenta tenores medios de 6,100 ppm, el Pb de 7,200 ppm, el MnO de 0,42% y el V de 307 ppm. El contenido más alto de Ag se presenta en este segundo grupo y en general se asocia con el predominio de Pb sobre Zn. Los esquistos cloríticos y las

% Peso	Alta sílice Bajo hierro	Baja sílice Altohierro	Clorita cincífera	Calcofanita (hidrofranklinita)
	Muestra GOP1-15	Muestra GOP1-13	Muestra 14-3	Muestra 14-3
SiO ₂	65,50	48,96	36,14	
TiO ₂	0,51	0,82		
Al ₂ O ₃	12,32	14,04		
Fe ₂ O ₃	10,52	13,85	18,57	0,0-1,0
MnO	0,62	3,80	2,54	50-54
MgO	0,90	5,24	10,92	
CaO	0,72	0,34		
Na ₂ O	0,08	0,07		
K ₂ O	2,82	1,74		
P ₂ O ₅	0,11	0,30		
LOI	4,69	7,26		
ppm			% P.Ox.	% P.Ox.
Cu	353	67		
V	376	493		
Zn	8.734	25.076	4,07	31-34
Pb	4.487	2.713		0,9-3,4
Ag	1,2	1,6		

Tabla 1. Grupos de rocas diferenciados desde el punto de vista químico según su composición mayoritaria y contenido metálico, y composición de clorita cincífera y calcofanita.

anfibolitas mineralizadas muestran una relación $Zn > Pb$, aunque en la zona de María Teresa se encontraron niveles de esquistos cloríticos que tienen microcizallamientos con concentraciones de minerales opacos donde el tenor de Pb es mayor que el de Zn.

En los esquistos negros se reconoce grafito y el contenido de sulfuros es muy bajo. Las anomalías de plata en el segundo grupo parecen asociadas a los mayores contenidos relativos de S que no obstante no superan las 3.200 partes por millón. La presencia de grafito y el V alto están relacionados con un ambiente anóxico rico en materia orgánica. El contenido bajo de sulfuros y el alto contenido metálico en minerales metamórficos son indicativos de que la roca original era deficiente en S; posiblemente se podría aplicar un modelo genético donde factores de Eh y pH en el agua de mar ejercerían un mayor control en la precipitación de los minerales de mena que las soluciones hidrotermales que aportaron los metales. Dicho de otro modo: se trata de yacimientos distales de los focos exalativos, con alta disolución en el agua de mar. En la figura 7 se muestra la variación del contenido metálico en un perfil transversal a la caja de esquistos negros y veta de sulfuros masivos.

La presencia de mármoles calcícticos y dolomíticos, relacionados con esquistos negros, parece sugerir que hacia el sur se localizaría un banco carbonático. Allí se reconocieron escasos niveles con anomalía de Zn, y partículas de oro; los ensayos de activación neutrónica indicaron tenores de 10 a 73 ppb de Au.

Los estudios de la mena estudiada (reflexión, microsonda y microscopio electrónico & EDAX) mostraron que la mena primaria (Zn y Pb) se halla en dos sistemas dife-

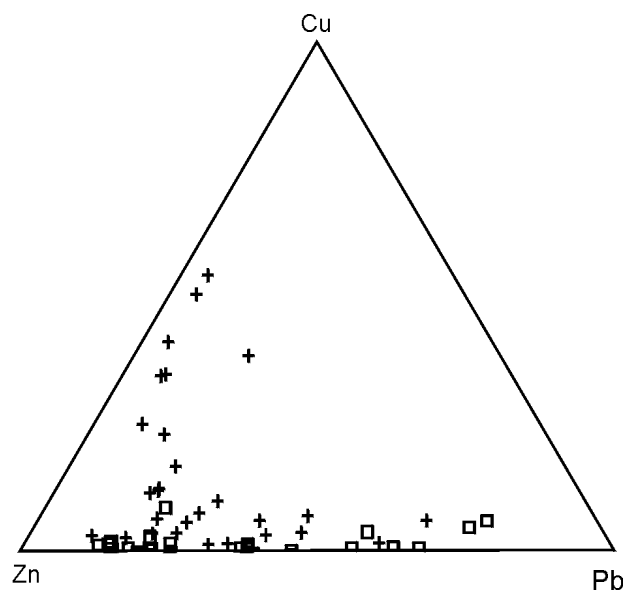


Figura 6. Diagrama Cu-Zn-Pb. Esquistos negros: cuadrados. Gneises y granitoides: cruces.

rentes. Uno es un conjunto de silicatos primarios, principalmente cloritas con hasta 5% de Zn, y el otro es un grupo de óxidos complejos, asociados a calcofanita (hidrofranklinita), escasa pirita, y calcopirita. En una muestra se hallaron partículas finas de Au ($< 1 \mu m$). Los minerales secundarios relacionados con la mena son óxidos complejos ricos en Zn-Pb. La Tabla I muestra la composición de la calcofanita, cuya presencia es bastante significativa, dado que es

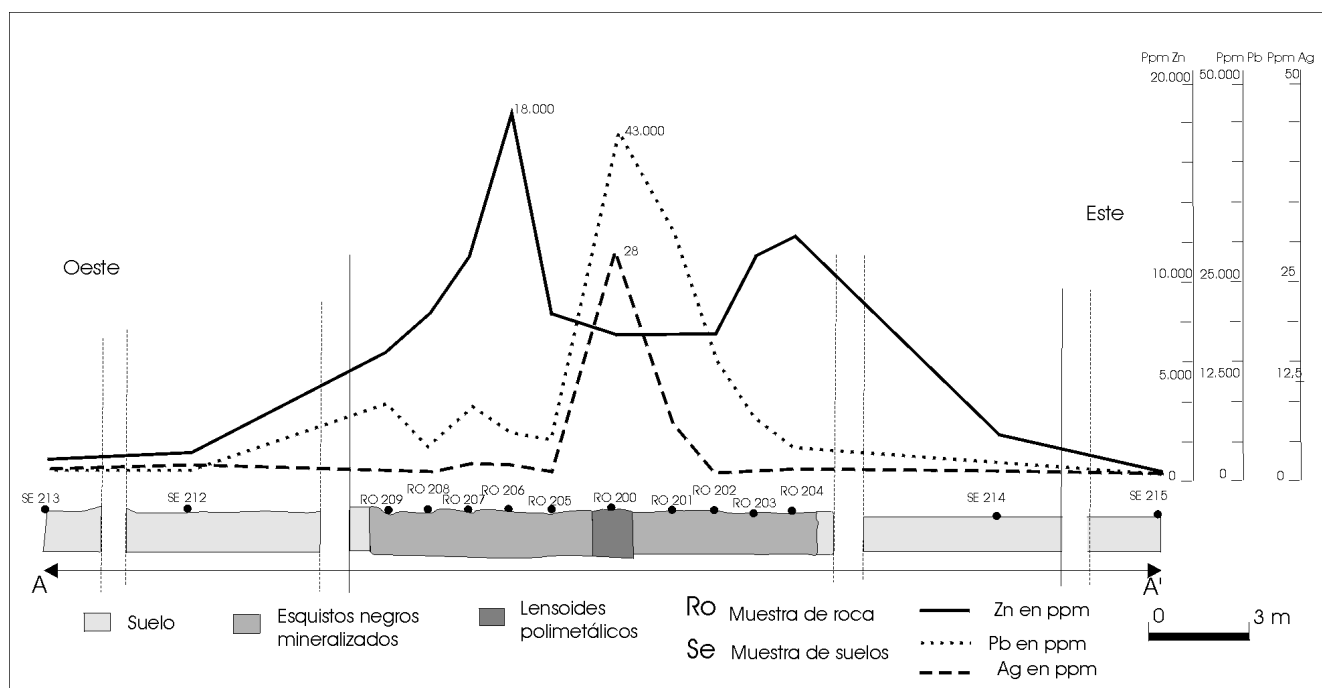


Figura 7. Variación del contenido metálico en un perfil transversal a la caja de esquistos negros y veta de sulfuros masivos. Perfil de vetas y caja.

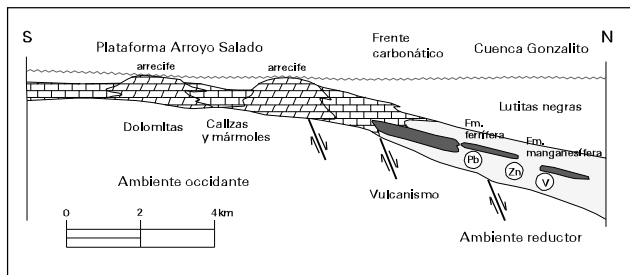


Figura 8. Perfil geológico esquemático sur/norte mostrando variaciones faciales de los depocentros.

un producto de la alteración de franklinita y heterolita, que son minerales de la mena en el distrito cincífero de Franklin (Sussex, New Jersey). Los minerales opacos pueden constituir hasta el 35% modal en las rocas del grupo de baja sílice.

El contenido de Zn en las cloritas varía de 0 a 5%, siendo las variedades con SiO_2 entre 25-35% y FeO alrededor de 20%, las más ricas. Zn/MgO o ZnO/FeO poseen correlación negativa, que indica la localización del Zn como un catión trioctaédrico. En el grupo de alta sílice, las cloritas cincíferas que aparecen asociadas a moscovita tienen un rango composicional más restringido entre 23-29% de SiO_2 y tenores más altos de FeO, siendo así más pobres en Zn.

La distribución espacial del contenido de metales muestra un control metamórfico en términos de disponibilidad de azufre. El Zn quedó principalmente como silicato y en óxidos complejos tanto de Fe como de Mn en los niveles mineralizados diseminados interestratificados en la secuencia metamórfica que constituirían así restitas, mientras que el Pb-Ag y parte del Zn migraron en forma de sulfuro con el azufre disponible en esos niveles hacia los cierres de los pliegues.

MODELO GENÉTICO

Del Mónaco (1971) señaló las relaciones entre el metamorfismo, las pegmatitas y la mineralización. Consideró que la actividad "magmática" representada por las pegmatitas sería responsable de la mineralización y existiría coetaneidad entre el metamorfismo "profundo", la pegmatización y la mineralización. Señaló además la existencia de un control estructural por plegamiento y por parte de fracturas extensionales que se vinculan con ese plegamiento. Este autor clasificó el yacimiento como mesotermal con un período inicial de alta temperatura sobre la base del alto contenido en hierro de la blenda y la presencia de arsenopirita y pirrotina. No obstante no descartó la posibilidad de una génesis posterior donde la concentración mineral se hallaría controlada por las estructuras preexistentes. Zubia (1978) y Valles (1978) concordaron en un modelo hidrotermal que relacionaron al magmatismo pérmico o bien al triásico-jurásico. En particular Vallés (1978) al estudiar las minas María Teresa y Tres Marías

sostuvo la disposición en vetas alojadas en fracturas que cortarían diques triásicos y propuso una zonación producto de la oxidación superficial del yacimiento que determina concentración de Pb y lixiviación de zinc. De Ferrán (1983) y Dalla Salda y Aragón (1994) en base al análisis estructural propusieron una edad premetamorfismo para la mineralización de Zn-Pb-Ag.

Estos últimos autores consideraron sobre la base de evidencias estructurales, petrológicas y metalogenéticas expuestas que el depósito está vinculado a una compleja figura de interferencia que resulta de la deformación polifásica y el metamorfismo asociado de un conjunto sedimentario-volcánico, del que formaban parte las unidades mineralizadas, clasificando al yacimiento como SEDEX.

Se han encontrado dos depósitos mayores. Uno a lo largo de una Faja Oriental que incluye Gonzalito y minas satélite, y otro a lo largo de una Faja Occidental que incluye las minas Tres Marías y María Teresa. El bajo contenido de azufre del depósito SEDEX original, y movilización metamórfica tardía y selectiva de Pb como sulfuro, dejaron una restita protomena, rica en silicatos y óxidos de Zn (esquistos negros). Los minerales secundarios de los esquistos negros meteorizados tales como calcofanita sugieren franklinita y heterolita primarias. Los bajos volúmenes de azufre de la protomena, muestra la naturaleza distal de este SEDEX, y que el ambiente marino controló la zonación en la distribución de los metales.

AMBIENTE TECTÓNICO DEL DISTRITO GONZALITO

Los protolitos de la secuencia metamórfica del Gneis Mina Gonzalito habrían integrado una sucesión con facies costeras y de aguas profundas desarrolladas en una cuenca marina extensional e intracratónica. La mineralización primaria en el distrito se relacionaría con sedimentos clásticos y químicos y facies de talud más profundas que se asociarían a volcanismo de fondo oceánico. En el margen continental somero (figura 8), se habrían formado dolomías y calizas y en aguas más profundas se depositaron sedimentos clásticos, volcánico-clásticos y lavas. Tanto los rasgos estructurales como los protolitos sugieren el modelo de rift intracratónico, como fuera descrito para yacimientos semejantes por otros autores (ej. Maynard, 1991). En yacimientos volcano sedimentarios las rocas volcánicas félsicas son inferiores a las secuencias de carbonatos-pelitas y volcánicas potásicas portadoras de mineralización lo cual se ajustaría a la variación lateral observada. La evolución de la cuenca subsidente llevaría a que las secuencias más jóvenes sean de tipo grauváquico-pelítico.

BIBLIOGRAFÍA

- Angelli, V. 1984. Yacimientos metalíferos de la República Argentina. *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Publicación Especial, 2.*

- Chernicoff, C., 1994. *Estructura del basamento cristalino del área Yamini-Naul Niyeu, Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 1-167.
- Dalla Salda, L., 1990. The origin of Patagonia. *Revista Comunicaciones*, 41.
- Dalla Salda, L. y Aragón, E., 1994. Yacimientos polideformados de Pb, Ag y Zn: Distrito Gonzalito. *7° Congreso Geológico Chileno*, 2: 786-790.
- De Ferrán, A. 1983. *Desarrollo de algunos recursos minerales de la provincia de Río Negro: Ideas y sugerencias*. OEA, Inédito, Río Negro.
- Del Mónaco, A. 1971. Geología económica de los niveles 110 y 140 de la mina «Gonzalito» (provincia de Río Negro). *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 26 (1): 57-66.
- Giacosa, R. 1987. Caracterización de un sector del Basamento metamórfico-migmático en el extremo sudoriental del Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro. *10° Congreso Geológico Argentino, Actas*, 3: 51-54.
- Giacosa, R., 1997. Geología y petrología de las rocas pre-Cretácicas de la región de Pailemán, provincia de Río Negro. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 52, 65-80.
- Linares, E., Osters, H. y Párica, C. 1990. Edades Radimétricas del basamento cristalino de Mina Gonzalito y Valcheta, Río Negro. *11° Congreso Geológico Argentino, Actas*, 2: 251-255.
- Maynard, J. B., 1991. Shale-hosted deposited of Pb, Zn, and Ba: Syngenetic Deposition from exhaled brines in deep marine basins. Sedimentary and diagenetic mineral deposits: a basin analysis approach to exploration. *Reviews in Economic Geology*, 5 : 177-185.
- Ramos, V. 1975. Geología del sector oriental del macizo Nordpatagónico entre Aguada Capitán y la Mina Gonzalito, provincia de Río Negro. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 30 (3): 274-285.
- Rosenman, H. L. 1972. Geología de la región del Arroyo Los Berros (vertiente oriental de la Sierra de Somuncurá), provincia de Río Negro, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 27 (1): 117-137.
- Vallés, J. 1978. Los yacimientos minerales ubicados al oeste de la Mina Gonzalito, Departamento San Antonio y Valcheta, Río Negro. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 33 (4): 325-334.
- Valvano, J. A. 1956. *La Mina de Plomo "Gonzalito", departamento de San Antonio (Río Negro)*. Dirección Nacional de Minería. Buenos Aires. Inédito.
- Varela, R, Cingolani, C., Sato, A., Dalla Salda, L., Brito Neves, B. B., Basei, M., Siga, O. y Teixeira, W. 1997. Proterozoic and Paleozoic evolution of Atlantic area of North-Patagonian Massif, Argentine. *South-American Symposium on Isotope Geology, Brazil*, 326-328.
- Zubia, M. 1978. *Informe preliminar Proyecto 15 BD-Area 13 A, Mosaico 4166IV-BI*. Dirección Nacional de Geología y Minería. Inédito.