



Universidad Nacional de Río Negro

Trabajo Final De Licenciatura en Geología

Caracterización mineralógica y geoquímica de la Veta Rocío, distrito La Paloma, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina

Melisa Aurora Catriquir

Dirección: Dra. María Lis Fernández

Co – Dirección: Dra. María Josefina Pons

2025

RESUMEN

El distrito La Paloma está situado en el sector noreste del Macizo del Deseado, Patagonia, Argentina comprende un complejo sistema de vetas hospedadas en rocas volcánicas de la Formación Bajo Pobre de edad Jurásico Medio. Dentro de este distrito se distinguen varios sistemas vetiformes: el sistema de vetas Sulfuro, conformado por las vetas Sulfuro, Esperanza y Rocío y el sistema de vetas Princesa-Reyna, ambos de rumbo NNO a NO; el sistema de vetas Duquesa de rumbo E-O y el sistema Arco Iris de rumbo NE. La falla El Molino separa el Sistema de Vetas Sulfuro del resto de los sistemas mencionados ubicados hacia el norte y noroeste del distrito (Fernández, 2022).

Los recursos minerales del distrito provienen principalmente del Sistema de Vetas Sulfuro, que cuenta con recursos medidos de 260.566 onzas de oro (Au) y 637.590 onzas de plata (Ag), con leyes promedio de 5,55 g/t Au y 13,58 g/t Ag (Garrone, 2018). La Veta Rocío exhibe una geometría sub-horizontal de los clavos mineralizados y de las áreas de mayor espesor que se ubican en el sector central de la sección analizada. Los clavos de alta ley de los elementos de interés económico (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn y Sb/As) tienen mayor desarrollo en el sector central de la veta. El Au se presenta a niveles someros (120 – 150 m s.n.m) en el sector central. En zonas profundas los elementos Ag, Cu, Mo y Pb, y en zonas someras dentro de este sector los elementos Au y Zn. En el sector norte son clavos pequeños y aislados subsuperficiales de Cu, Mo, Pb y Zn, mientras que en sector sur se observaron clavos pequeños de Au y el resto de los elementos están ausentes o en bajas concentraciones. La alta correlación geoquímica entre Ag, Sb y Se y la identificación de polibasita en el pulso cinco, podría indicar polibasita rica en selenio, la presencia de selenio incorporado en las sulfosales de plata podría estar relacionado a depósitos vinculados a un vulcanismo de tipo andesítico.

Dos pulsos mineralizantes aportan los metales de la Veta Rocío. El pulso 3 contiene $\text{Mo} \pm \text{Cu}$ (molibdenita $\pm$ calcopirita) que precipitó en una banda milimétrica al comienzo del relleno de la veta. El pulso 5 contiene $\text{Cu} \pm \text{Zn} \pm \text{Pb} \pm \text{Fe} \pm \text{Au} \pm \text{Ag}$ (pirita gruesa, calcopirita, esfalerita, galena, tennantita – tetraedrita, polibasita y microinclusiones de oro en pirita). En base al contenido metálico y a la mineralogía de ganga y texturas, la Veta Rocío se clasifica como un depósito epitermal de Au-Ag de baja sulfuración enriquecido en Zn + Pb e

inusualmente rico en Mo. Las texturas del cuarzo (bandeado coloforme-crustiforme, mosaico y *ghost sphere*) indican múltiples eventos de apertura y relleno y la depositación de un gel silícico indicaría enfriamiento y supersaturación de sílice en el fluido.

En zonas distales de la veta los minerales producto de la alteración hidrotermal (clorita, albita, epidoto) podrían representar la alteración propilítica. Los filosilicatos illita y esmectita reemplazan los minerales previos y son coetáneos con los dos pulsos mineralizantes en la veta.

ABSTRACT

The La Paloma district is located in the northeastern sector of the Deseado Massif, Patagonia, Argentina. It comprises a complex system of veins hosted in volcanic rocks of the Middle Jurassic Bajo Pobre Formation. The Sulfuro vein system consists of the Sulfuro, Esperanza, and Rocío veins, and the Princesa-Reyna vein system, both trending NNW to NW. The Duquesa vein system trends E-W, and the Arco Iris system trends NE. The El Molino fault separates the Sulfuro vein system from the other systems mentioned, which are located to the north and northwest of the district (Fernández, 2022).

The district's mineral resources are primarily derived from the Sulfide Vein System, which has measured resources of 260,566 ounces of gold (Au) and 637,590 ounces of silver (Ag), with average grades of 5.55 g/t Au and 13.58 g/t Ag (Garrone, 2018). The Rocío Vein exhibits a sub-horizontal geometry of the mineralized ore shoots, with the thickest areas located in the central sector of the analyzed section. The high-grade ore shoots of the elements of economic interest (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, and Sb/As) are most developed in the central sector of the vein. Au is present at shallow levels (120–150 m a.s.l.) in the central sector. In deep zones, the elements Ag, Cu, Mo, and Pb are present, and in shallow zones within this sector, the elements Au and Zn. In the northern sector, small, isolated subsurface spikes of Cu, Mo, Pb, and Zn are present, while in the southern sector, small spikes of Au were observed, while the remaining elements are absent or present in low concentrations. The high geochemical correlation between Ag, Sb, and Se and the identification of polybasite in pulse five could indicate selenium-rich polybasite. The presence of selenium incorporated in the silver sulfosalts could be related to deposits linked to andesitic-type volcanism. Two mineralizing pulses contribute the metals of the Rocío Vein. Pulse 3 contains $\text{Mo} \pm \text{Cu}$ (molybdenite $\pm$ chalcopyrite) that precipitated in a millimeter band at the beginning of vein filling. Pulse 5 contains $\text{Cu} \pm \text{Zn} \pm \text{Pb} \pm \text{Fe} \pm \text{Au} \pm \text{Ag}$ (coarse pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, tennantite-tetrahedrite, polybasite, and gold microinclusions in pyrite). Based on its metal content, gangue mineralogy, and textures, the Rocío Vein is classified as a low-sulfidation epithermal Au-Ag deposit enriched in Zn + Pb and unusually rich in Mo. The quartz textures (coloform-crustiform banding, mosaic, and ghost sphere) indicate multiple opening and filling events, and the deposition of a silica gel would indicate cooling and silica supersaturation in the fluid.

In distal zones of the vein, hydrothermal alteration minerals (chlorite, albite, epidote) could represent propylitic alteration. The phyllosilicates illite and smectite replace the previous minerals and are contemporaneous with the two mineralizing pulses in the vein.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo final de licenciatura en geología es el resultado final de la participación de un gran número de personas que contribuyeron de forma directa e indirecta y hago menciona a continuación, quiero agradecer:

A todas las instituciones donde pude realizar los estudios de manera Libre, Pública y Gratuita, de excelente calidad profesional y humana. Muchas Gracias a las Universidades Públicas: Universidad Nacional de Río Negro y Universidad Nacional del Comahue, que hicieron posible que éste humilde servidor pueda soñar y lograr un título de grado. Muchas Gracias a Cristina Fernández de Kirchner por acercar la universidad a mi ciudad de origen por medio las decisiones políticas.

A la Dra. Marta Franchini por ponerme en contacto con mi directora y co – directora, y permitirme realizar mi trabajo final de licenciatura enmarcado en el proyecto que dirige. Por su paciencia, por su confianza, por su vocación, y enorme compromiso con la ciencia. Por incluirme en los tres proyectos que permitieron el financiamiento del trabajo

A la Dra. María Lis Fernández por aceptar la dirección de mi trabajo final de licenciatura, por haberme brindado los conocimientos, metodología de trabajo y las herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo. Por su enorme paciencia, su compromiso y comprensión en todo momento.

A la Dra. María Josefina Pons por aceptar la co – dirección de mi trabajo final de licenciatura, por haberme brindado conocimientos y herramientas para el trabajo. Por su paciencia, por su motivación y compromiso, por transmitir su vocación en las clases de mineralogía y metalogénesis.

A los integrantes del Centro de Investigación de minerales arcillosos (CIMAR) Gisela Pettinari, Telma Musso, Maximiliano Mercado y Valeria, por haberme hecho sentir cómoda en el lugar de trabajo y haberme facilitado las instalaciones para trabajar, su colaboración despejando dudas y consultas, y por todos los momentos compartidos. En especial, a Gisela Pettinari por sus palabras en momentos difíciles y por su apoyo y confianza.

A los Jurados de mi Trabajo Final de Grado: Licenciado Maximiliano Mercado, Licenciado Ignacio Hernando y Mg. Martín Arce, sus acotaciones y correcciones para mejorar.

A la Universidad Nacional de Río Negro destacar su apoyo en proyectos de investigación PIU PIU-UNRN, 40-A.1074, y en becas para estudiantes avanzados, por facilitarme el acceso a herramientas fundamentales para la formación profesional tales como: computadoras, Tablet, carpas, piquetas, lupas, brújulas, etc. A todas las personas que componen la universidad, a Victoria y Paola las bibliotecarias por su apoyo y colaboración con bibliografía, publicaciones y charlas muy agradables, a Leandro Mauro por su buena predisposición y gestiones desde oficina de alumnos. A los profesores de la carrera por formarme

a lo largo de los años: a Maisa Tunik, Florencia Bechis, Aldo Montagna, Claudia Garelik, María Teresa Zinelli, Rubén Barbieri, Rodolfo Coria, Silvio Casadío, Norma Cech, Ignacio Canale, Silvina De Valais, Noelia Carmona, Marianela Talevi, Sergio Cersósimo, Josefina Pons, Víctor García, Gabriela Da Poian, Eugenio Aragón, Victoria Sánchez, Juan Ponce, Fernando Archuby, Marien Beguelen, Marta Franchini, Pablo González, Raúl Giacosa, Cecilia Cabana, Nerina Canale, Eduardo Mariño, Marisol Melo, Alberto Caselli, Darío Orts, Marcelo Krause, Rodrigo Claá, Tay Ana Such, Pablo Rolando. En especial a Pablo Rolando, Pablo González y Josefina Pons por facilitarme la realización de la Práctica Profesional Supervisada en empresas mineras vinculadas con la orientación Geología de Yacimientos Minerales.

Al Instituto de Investigación de Paleobiología y Geología – Universidad Nacional de Río Negro, por haberme permitido utilizar sus instalaciones.

A la empresa Minera Don Nicolás, por facilitar el acceso a sus muestras y datos.

A mis compañeros de cursada y a muchos de ellos amigos por los años compartidos, las horas de estudios y por los mates: Guillermo Windholf, Gustavo Meso, Mónica Mezquida, Laura Luengo, Romina Scagliotti, Carola Nori, Valeria Castillo, Gastón Cáceres, Maximiliano Mercado, Gonzalo Azar, Claudio García, Martín Rogel, Cecilia Vidal y Pablo Lahetjuzan.

A mi madre María Geraldina Sanhuesa López por su amor, su enorme apoyo desde que tengo uso se razón, por sus consejos, por su comida, por su compañía, por su comprensión, por su guía, por impulsarme y alentarme muchas veces, y por ser la mejor madre del mundo. A Mi padre Carlos Patricio Catriquir Llancapi por su amor, por su protección, por su tiempo y su ayuda en todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi vida. Ambos me inculcaron principios y valores para ser una mejor persona que pueda mejorar el mundo desde mi humilde lugar, por su enorme fuerza de voluntad, actualmente habitan en mi corazón y en mi memoria, los recuerdo con mucho amor. A mis hermanos Omar, Javier y Daniel por su apoyo incondicional, por cariño y por sus consejos. A mi tío Fernando Sanhuesa, a mi tía Alba Sanhuesa y a mi tía Eugenia Padilla, por esta presente en mi vida y alentarme.

A Raúl Osorio, mi amor y compañero de vida, por acompañarme y apoyarme en todo momento, por celebrar cada logro alcanzado, y por su contención en momentos difíciles, por su paciencia. Gracias por estar en mi vida y ayudarme a superarme y ser mejor cada día.

Muchas gracias a todos y a todas, por formar parte de mi vida y colaborar en mi formación profesional y personal, permitiendo a éste humilde servidor alcanzar una importante meta en la vida.

INDICE

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes mineros	3
1.3 Objetivos del Trabajo de Licenciatura	4
1.4 Actividad y metodología	5

CAPÍTULO 2

GEOLOGÍA DEL MACIZO DEL DESEADO

2.1 Introducción	7
2.2 Geología regional y marco geotectónico Del Macizo Del Deseado	8

CAPÍTULO 3

GEOLOGÍA LOCAL

3.1 Introducción	13
3.1.1 Antecedentes de estudios litológicos en el Distrito La Paloma	13
3.2 Metodología	14
3.3 Resultados	16
3.3.1 Descripción de las rocas volcánicas coherentes	16
3.3.2 Descripción de las brechas volcánicas	19
3.4 Discusión	22

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS, TEXTURALES Y GEOQUÍMICAS DE LA VETA ROCÍO

4.1 Introducción	24
4.2 Metodología	24
4.3 Resultados	26
4.3.1 Caracterización geoquímica	26
4.3.2 Mineralogía, textura y paragénesis de la Veta Rocío	30
4.3.2.1 Paragénesis y descripción de Pulsos	30
4.4 Discusión	40

4.4.1 Correlación entre metales y su distribución en la Veta Rocío	40
4.4.2 Texturas de cuarzo identificadas en la Veta Rocío	42
4.4.3 Correlación de los pulsos mineralizantes de la Veta Rocío con trabajos previos y con la Veta Sulfuro	45
CAPÍTULO 5	
ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DE LA ROCA DE CAJA	
5.1 Introducción	47
5.2 Metodología	47
5.3 Resultados	48
5.3.1 Caracterización de la alteración hidrotermal	48
5.3.1.1 Alteración hidrotermal de la roca de caja distal a la veta Rocío	48
5.3.1.2 Alteración hidrotermal de la roca de caja proximal o en contacto con la Veta Rocío	52
5.3.1.3 Minerales hidrotermales que rellenan la Veta Rocío	54
5.4 Discusión	57
CAPÍTULO 6	
CONCLUSIONES	
6.1 Introducción	58
6.2 Litologías hospedantes de la Veta Rocío	58
6.3 Características en la mineralización en la Veta Rocío	58
Referencias bibliográficas	60

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El distrito La Paloma, situado en el sector noreste del Macizo del Deseado (Fig. 1.1), comprende cinco sistemas de vetas epitermales de Au y Ag, hospedados en rocas volcánicas de la Formación Bajo Pobre. El Macizo del Deseado es una importante provincia geológica productora de oro y plata (Secretaría de Minería Argentina, 2020). La mayoría de las manifestaciones minerales corresponden a depósitos epitermales de baja sulfuración (Schalamuk, 1997; Fernández et. al.,2008) y algunos han sido clasificados como de sulfuración intermedia y polimetálicos (Jovic et al.,2011).

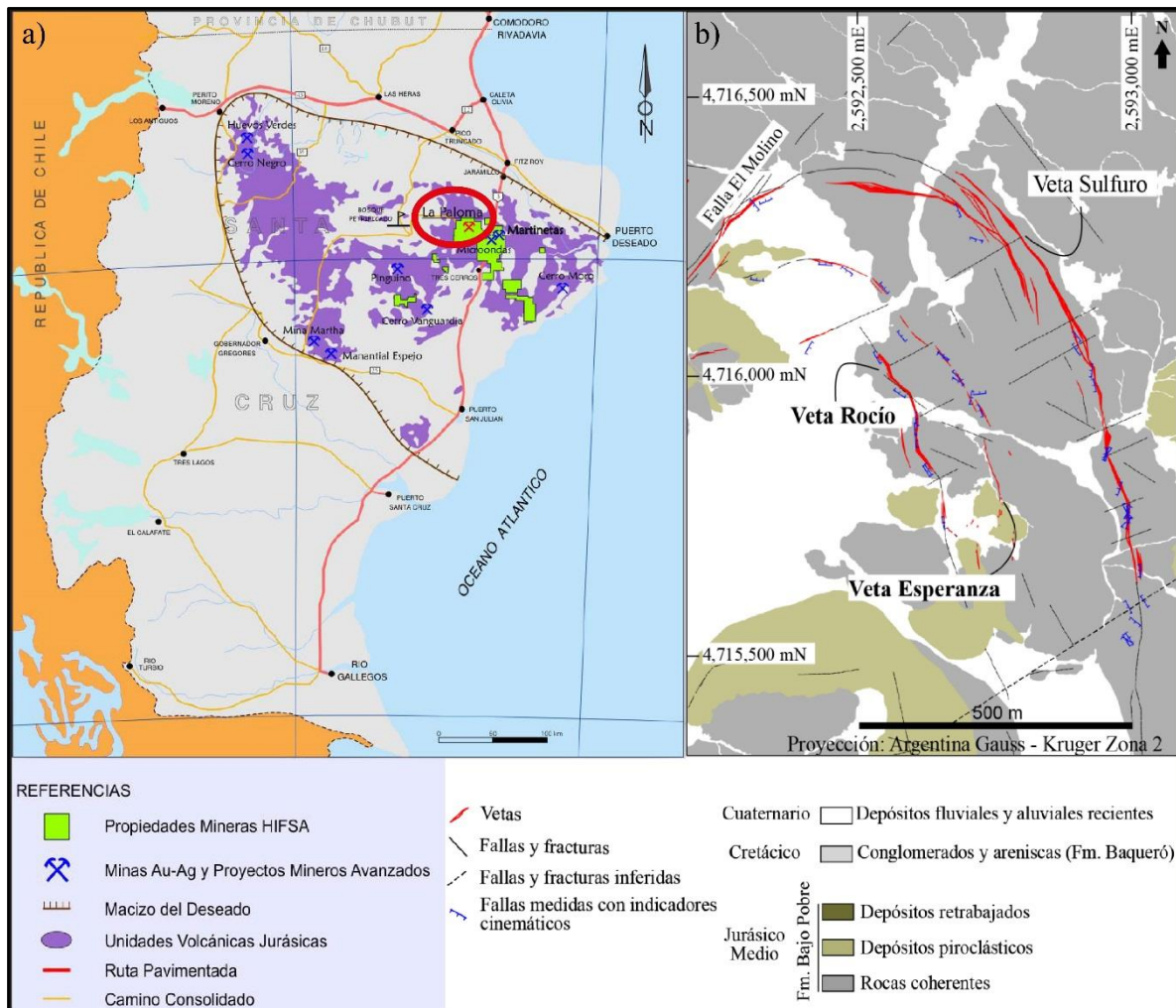


Figura 1.1. a) Mapa ubicación del Distrito La Paloma indicado por un círculo rojo. b) Litología simplificada y detalle de los sistemas de fracturas- fallas para el Sistema de Vetos Sulfuro (modificado de Grant et al., 2012; Fernández, 2022).

Se accede por la ruta nacional N°3 (km 2073), en la intersección con la ruta provincial N°49 y se recorren 28 km en dirección oeste hasta llegar a la estancia La Paloma. Las localidades colindantes son Jaramillo y Fitz Roy, ubicadas a 120 km al norte y el paraje Tres Cerros ubicado a 70 km al sur (Fig. 1.1). La Mina Don Nicolás incluye La Paloma y el distrito Martinetas, que se ubica a 40 km al sureste.

El distrito La Paloma comprende un campo de vetas de 12 km de extensión a lo largo del rumbo que se agrupan en cinco sistemas de vetas conforme a su orientación general y ubicación en el distrito: (1) Sulfuro – Esperanza – Rocío (Sistema de Vetos Sulfuro), (2) Princesa – Reyna, (3) Verde, (4) Arco Iris, (5) Duquesa (Fig. 1.2) (Fernández, 2022).

Los recursos minerales del distrito provienen del Sistema de Vetos Sulfuro (recursos medidos de 260.566 Oz de Au y 637.590 Oz de Ag, con una ley promedio de 5,55 g/t Au y 13,58 g/t Ag; Garrone, 2018) que actualmente es explotado por la empresa minera Cerrado Gold Inc. para la obtención de Au, Ag y otros metales (Zn, Mo, Pb y Cu) como subproducto (Fernández, 2022).

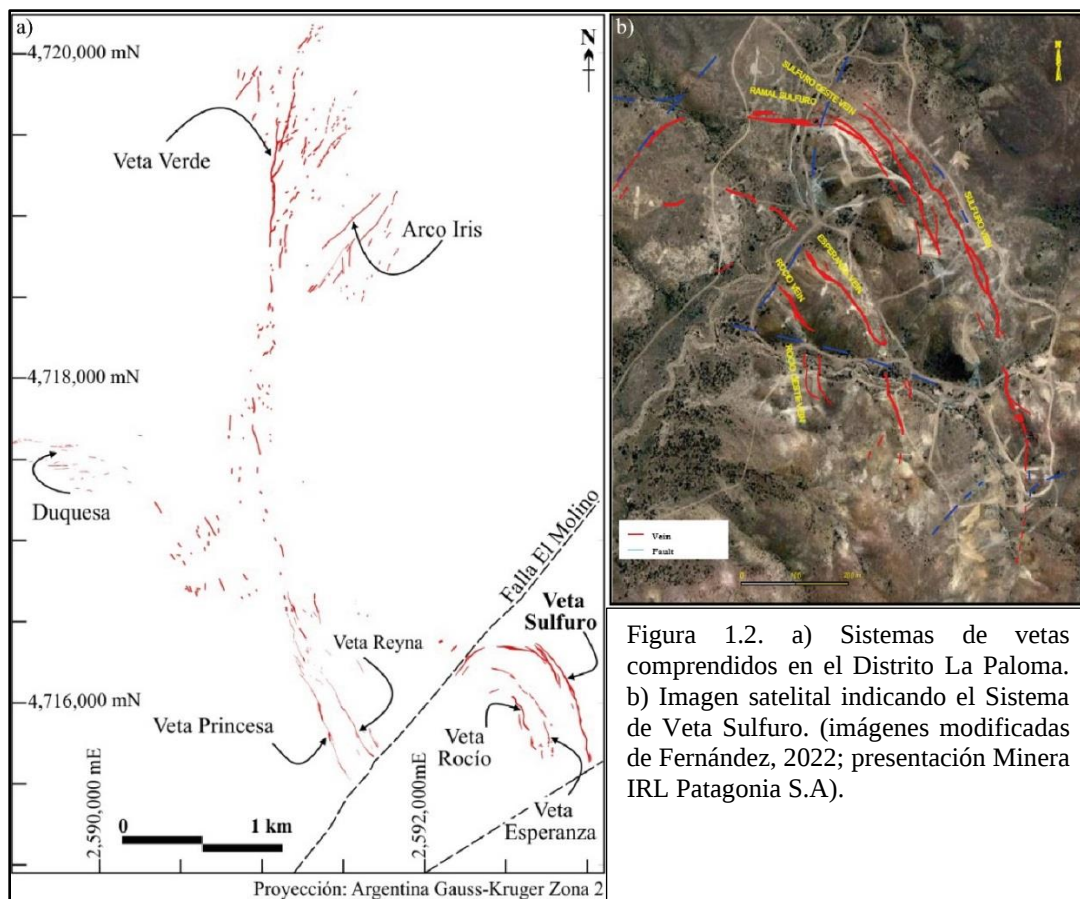


Figura 1.2. a) Sistemas de vetas comprendidos en el Distrito La Paloma. b) Imagen satelital indicando el Sistema de Veta Sulfuro. (imágenes modificadas de Fernández, 2022; presentación Minera IRL Patagonia S.A.).

1.2 ANTECEDENTES MINEROS

Los objetivos o *targets* en Don Nicolás y sus alrededores se identificaron originalmente a principios de la década de 1990 mediante actividades de exploración regional tras el descubrimiento y posterior desarrollo de la mina de oro Cerro Vanguardia por parte de AngloGold Ashanti Limited y Fomicruz (un holding minero de la provincia de Santa Cruz), que actualmente produce aproximadamente 150.000 onzas de oro al año. Entre las empresas que realizaron la exploración inicial en la región se encontraban Newcrest Limited, Yamana Resources y varias empresas conjuntas. Las áreas de concesiones (cateos) dentro y alrededor del Proyecto Don Nicolás fueron exploradas originalmente por varias empresas, entre ellas Newcrest, Minas Buenaventura, Yamana Gold, Rio Algom, Hochschild y Hidefield. Este trabajo de exploración incluyó muestreo de superficie, excavación de zanjas o trincheras y perforación tanto de diamantina (DDH) como de aire reverso (RC). Las primeras exploraciones en el área de La Paloma incluyeron 12 pozos de perforación aire reversa completados por Newcrest en 1996. Entre 2006 y 2009, Hidefield completó un total de 152

pozos de extracción de testigos coronas (HQ) en varias vetas en La Paloma (85 pozos para 11.100 m). Además, se completó un número considerable de zanjas en el área del proyecto. MIRL adquirió el Proyecto Don Nicolás y las propiedades circundantes en diciembre de 2009 como parte de la adquisición de Hidefield Gold Plc (Hidefield) en una transacción íntegramente en las acciones en la Bolsa de Londres AIM. Estas propiedades ahora pertenecen a MIRLP, filial de propiedades absoluta de MIRL, con sede en Buenos Aires. En 2010, MIRL anunció la financiación de un estudio de factibilidad para determinar la viabilidad del Proyecto Don Nicolás. Esto incluyó varios programas de campo de perforación para mejorar los recursos minerales, investigaciones geotécnicas para establecer parámetros de minería y construcción, estudios de línea base ambiental, investigaciones de recursos hídricos y estudios técnicos sobre alternativas de minería y procesamiento. (Grant et al., 2012).

En el año 2014, la empresa Minera IRL Patagonia (MIRLP) vendió su participación en el proyecto a la empresa Minera Don Nicolás CIMANAS. En abril de 2018 comenzó la explotación de la Veta Sulfuro en el *pit* Paloma Sur. Actualmente continúan las labores a cielo abierto u *open pit* en los *pits* Paloma Sur y Esperanza, éste último ubicado en la veta homónima. Las labores a cielo abierto en los *pits* Paloma Norte y Paloma Oeste y en el *pit* en la Veta Arco Iris han culminado y en un futuro próximo se continuará con la segunda etapa de minado en la veta Arco Iris. La explotación es operada por la empresa minera Cerrado Gold Inc, quien adquirió la totalidad de la empresa Minera Don Nicolás CIMANAS en marzo de 2020 (Fernández, 2022).

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general propuesto del estudio es realizar una caracterización geoquímica y mineralógica de la Veta Rocío, paralela a la estructura de mayor interés económico del distrito La Paloma (Veta Sulfuro), en la cual no se han realizado estudios científicos previos. Esto permitirá ampliar el conocimiento de la mineralización en otra veta del área de estudio y se compararán los resultados obtenidos con los estudios previos realizados en el distrito y en la Veta Sulfuro (Fernández, 2022).

1.3.2 Objetivos específicos

- 1 – Descripción y caracterización litológica de las rocas de caja.
- 2 – Determinar las características mineralógicas y texturales de los pulsos de mineralización y de los minerales de ganga presentes en las vetas.
- 3 – Interpretar las anomalías geoquímicas.
- 4 – Determinar las asociaciones de minerales de alteración, sus variaciones laterales y verticales.
- 5 – Correlación con la Veta Sulfuro, establecer similitudes y diferencias.

1.4 ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA

1.4.1 Recopilación de antecedentes – trabajos de campo.

Se recopilaron y analizaron los antecedentes bibliográficos de la geología regional del Macizo del Deseado, y de la geología del Proyecto La Paloma. Se recopiló la información geoquímica de los sondeos, libreta de campo de Fernández M.L. y secciones geológicas del depósito.

1.4.2 Trabajos de laboratorio y gabinete.

En el gabinete se procedió a la digitalización de la información para integrarla con la información regional y de subsuelo, mediante el estudio de los testigos de perforaciones de tres sondeos correspondientes a la Veta Rocío ubicada en las secciones 4715926 mN 60NE y 4715953 mN 60NE y de la información geoquímica provista por la empresa minera. Se describieron diecinueve (19) muestras macroscópicas en detalle en lupa binocular Nikon SMZ745T del Departamento de Geología y Petróleo de la Universidad Nacional del Comahue. Se seleccionaron sectores de las muestras donde se realizaron 6 (seis) cortes y pulidos petro – calcográficos.

Los cortes delgados fueron estudiados con luz transmitida y reflejada con el microscopio petro – calcográfico Nikon Eclipse LV100 POL del Departamento de Geología y Petróleo de la Universidad Nacional del Comahue.

Se realizó un análisis estadístico exploratorio de los datos geoquímicos mediante la utilización del coeficiente de Pearson (r) para conocer el grado de correlación entre los metales analizados y para determinar la asociación de elementos que conforman la mineralización, respectivamente. También se determinó la distribución de los metales en una sección longitudinal de la Veta Rocío y en función de la profundidad.

Para el estudio de la alteración hidrotermal se describieron los testigos corona de los sondajes facilitados por la empresa minera Don Nicolás S.A. Se seleccionaron cuatro (4) muestras correspondientes al sondaje con mayor profundidad en la sección Rocío 475926mN 60NE, dos muestras correspondientes a la roca de caja y dos a la Veta Rocío. Se analizó por difracción de rayos X sobre muestra total y fracción arcilla ($< 2 \mu\text{m}$) en los laboratorios del Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad Nacional de Río Negro.

La identificación de los minerales de mena y de ganga, sus características texturales y relaciones de corte permitieron establecer la secuencia paragenética de relleno de la Veta Rocío y establecer similitudes y diferencias con los resultados previos obtenidos para la Veta Sulfuro. El análisis geoquímico y su correlación con la presencia de uno o más pulsos mineralizantes brindan guías para la exploración y/o incrementar las reservas de los depósitos ya conocido.

CAPÍTULO 2

GEOLOGÍA DEL MACIZO DEL DESEADO

2.1 INTRODUCCIÓN

El Macizo del Deseado está ubicado en la provincia de Santa Cruz, limita al occidente con la Cordillera Patagónica de los Andes, al oriente con el Océano Atlántico y norte con la cuenca del Golfo San Jorge y al sur con la cuenta Austral (Magallanes) (Fig. 2.1).

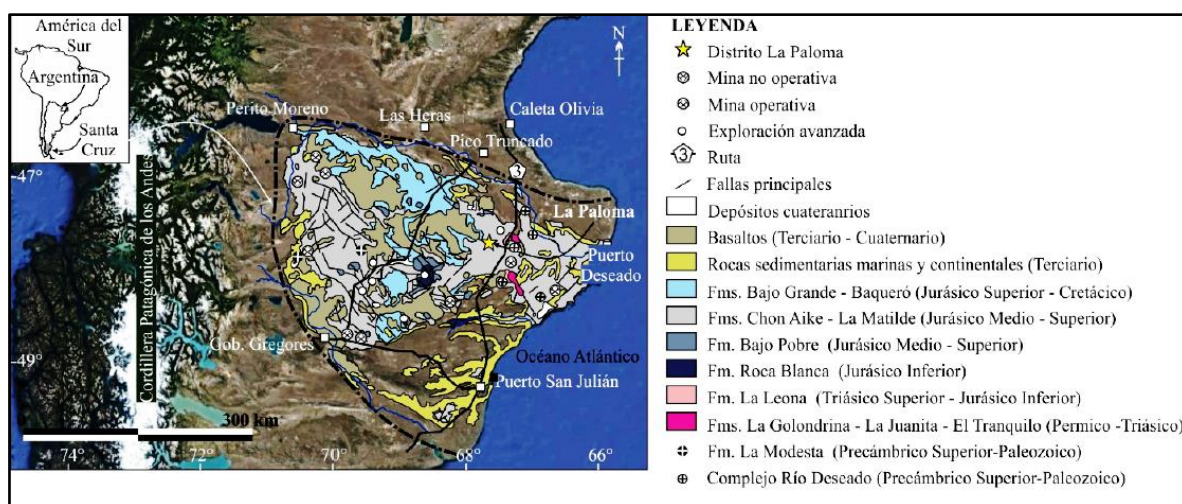


Figura 2.1. Mapa geológico regional del Macizo del Deseado que muestra la ubicación del área de estudio (estrella amarilla), las minas operativas y no operativas y los depósitos epitermales en exploración avanzada (extraído de Fernández, 2022; modificado de Ramos, 2002; Guido et al., 2004).

En el presente capítulo se aborda la evolución tectono – estratigráfica del Macizo del Deseado a partir del contexto geológico haciendo hincapié en los procesos involucrados durante el mesozoico y el vulcanismo jurásico contemporáneo. A manera de resumen se expone (Fig. 2.2) los eventos tectónicos y regímenes tectónicos que controlaron los principales depósitos del Macizo del Deseado. Además, se exponen las características de las principales del basamento ígneo – metamórfico sobre el cual se desarrollaron los principales depocentros que contienen las secuencias jurásicas que hospedan las mineralizaciones de metales preciosos (Fig. 2.2).

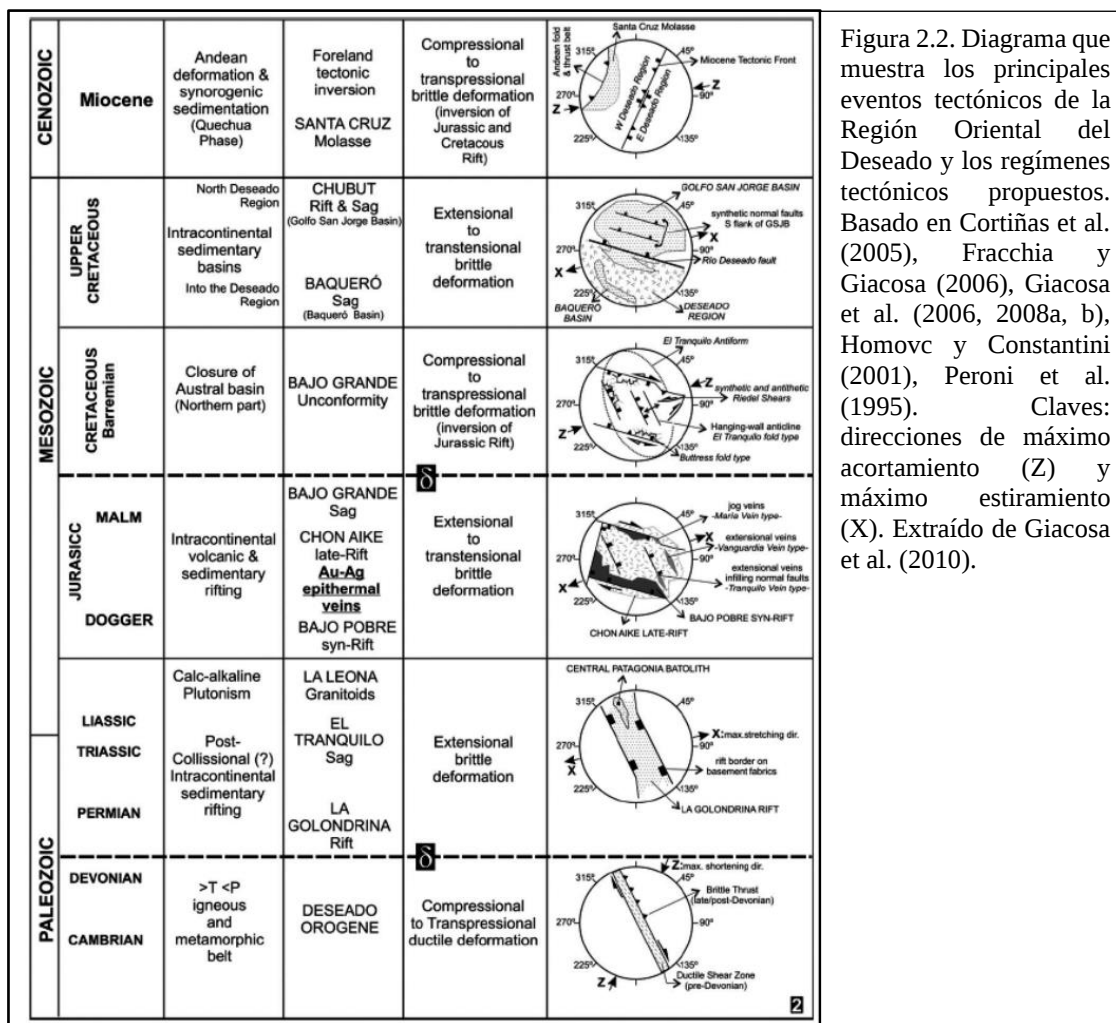


Figura 2.2. Diagrama que muestra los principales eventos tectónicos de la Región Oriental del Deseado y los regímenes tectónicos propuestos. Basado en Cortiñas et al. (2005), Fracchia y Giacosa (2006), Giacosa et al. (2006, 2008a, b), Homovc y Constantini (2001), Peroni et al. (1995). Claves: direcciones de máximo acortamiento (Z) y máximo estiramiento (X). Extraído de Giacosa et al. (2010).

2.2 GEOLOGÍA REGIONAL Y MARCO GEOTECTÓNICO DEL MACIZO DEL DESEADO

Las rocas más antiguas corresponden al basamento ígneo-metamórfico representado por el Complejo Río Deseado (Viera y Pezzuchi, 1976) y Formación La Modesta (Di Persia, 1962) de edad proterozoica tardía – paleozoica tardía.

La Formación La Modesta corresponde al basamento metamórfico en el centro – oeste del Macizo del Deseado, está compuesta por esquistos y metacuarcitas, con rocas calcosilicatadas menores (Moreira et al., 2013). Los circones detríticos de la Formación La Modesta son ígneos y registran edades Ordovícico Inferior 473 Ma (Moreira et al., 2013).

El Complejo Río Deseado es un conjunto de afloramientos de rocas ígneo – metamórficas correspondientes al basamento del sector oriental de la provincia geológica Macizo del

Deseado. Se trata de esquistos, anfibolitas y migmatitas (Guido y de Barrio, 2004). En cuanto a las plutonitas que intruyen a las rocas metamórficas se han obtenido varias edades U/Pb y U/Pb – SHRIMP que ubican al evento ígneo del basamento en el Paleozoico inferior a medio (Ordovícico – Carbonífero inferior) con edades entre 346 y 472 Ma (Pankhurst et al., 2000).

Durante el Pérmico – Triásico se desarrollaron los sistemas de cuencas intracratónicas continentales (Homovc y Constantini, 2001), en respuesta a la extensión tectónica regional que precedió al desmembramiento de Gondwana (Homovc y Constantini, 2001). La cuenca está representada por la Formación La Golondrina (Archangelsky, 1967) y la Formación La Juanita (Arrondo, 1972) depositadas en un sistema de fallas con orientación NO a NNO (Homovc y Constantini, 2001). Los datos palinológicos (Archangelsky y Cúneo, 1984) apuntan a una edad del Pérmico Tardío (Homovc y Constantini, 2001). Las formaciones La Golondrina y La Juanita (Grupo Tres Cerros) son de edad Pérmico, por encima se deposita la Formación El Tranquilo de edad triásica.

La Formación Roca Blanca de edad Jurásica (Homovc y Constantini, 2001) son rocas volcanoclásticas y areniscas que se apoyan sobre la Formación El Tranquilo (Homovc y Constantini, 2001).

Durante el Triásico – Jurásico se emplazó La *Suite* Monzonítica del Deseado ubicada en el sector noreste del Macizo del Deseado (Rapela et al., 2005). Está representada por dos plutones La Calandria edad 203 ± 2 Ma y La Leona edad 202 ± 2 Ma (Rapela y Pankhurst et al., 1996). La *Suite* Monzonítica del Deseado es considerada como el extremo sureste del cinturón de granitoides que forman parte del Batolito Central de la Patagonia, relacionado con la subducción oblicua (dirección NE) a lo largo del margen de Gondwana (Rapela y Pankhurst, 1996). Se emplazaron al inicio de la secuencia tectono – magmática que culminaron en la ruptura de Gondwana durante el Cretácico Inferior (Rapela y Pankhurst, 1996).

Durante el Jurásico Temprano a Medio se produjo un evento magmático representado por un gran volumen de flujos basálticos y basaltos y en menor medida riolitas sobre el supercontinente Gondwana en su etapa inicial de *break – up* (Pankhurst et al., 2000). La deformación extensional del Jurásico, que afectó importantes áreas del sur de Gondwana, fue producto de una importante etapa de *rifting* intracontinental acompañada de volcanismo

sincinemático (Giacosa et al., 2010). Este régimen tectónico se caracterizó por una extensión dirigida SO – NE que generó importantes fallas oblicuas con rumbo ONO (Giacosa et al., 2010).

El emplazamiento de la provincia desde el Jurásico Inferior hasta el Cretácico Inferior coincidió con la extensión de Gondwana durante las primeras etapas de fragmentación o *break – up* hace 184 Ma. (Storey et al., 1992). La generación de las riolitas de la Provincia Silícica Jurásica Chon Aike (Chon Aike SLIP, Pankhurst et al., 1998; 2000) estuvo relacionada con la extensión litosférica, donde se alternaron suites volcánicas bimodales con batolitos calcoalcalinos, cuyos emplazamientos estuvieron relacionadas con el margen de subducción Pacífico (Pankhurst et al., 1998; Rapela et al., 1996).

La Provincia Silícica Chon Aike presenta un volcanismo bimodal representado por riolitas, andesitas y andesitas basálticas (Pankhurst et al., 1998; 2000). En el Macizo del Deseado, estas rocas volcánicas jurásicas se asignan al Complejo Bahía Laura (Guido, 2004; Srouga et al., 2008) y conforman el relleno de *grabens* y *hemi – grabens* con orientación ONO – ESE (Giacosa et al., 2010). Las estructuras corresponden a una fase tectónica jurásica (Jurásico Medio a Superior) con un eje extensional general SO – NE (Giacosa et al., 2010). La extensión cortical produjo una extensión dextral en fallas de primer orden con orientación ONO y una extensión pura en fallas de segundo orden con orientación NO (Giacosa et al., 2010).

El Complejo Volcánico Bahía Laura (CVBL) está compuesto por las formaciones Bajo Pobre, Cerro León, Chon Aike y La Matilde (Guido et al., 2006). Las rocas volcánicas del Jurásico medio – superior del Macizo del Deseado presentan dos modas composicionales (Guido et al., 2006). Las rocas ácidas conforman el Grupo Bahía Laura y las rocas intermedias a básicas se agrupan en la Formación Bajo Pobre, los estudios regionales señalan una génesis conjunta para estas rocas volcánicas bimodales, considerando datos geoquímicos, isotópicos y geocronológicos. (Guido et al., 2006).

La Formación Bajo Pobre (Ar – Ar en plagioclasa 177 ± 4 Ma. Guido et al., 2006) está formada por basaltos, andesitas y aglomerados volcánicos máficos, con escasas rocas sedimentarias y tobas (de Barrio et al., 1999). La Formación Cerro León (Ar/Ar en roca total $180,1 \pm 1,5$ Ma. Panza, 1982) se define como compuesta por rocas subvolcánicas andesíticas

y andesíticas basálticas, representan los equivalentes intrusivos de la Formación Bajo Pobre (de Barrio et al., 1999).

La Formación Chon Aike (168 ± 2 Ma. Pankhurst et al., 1993) cubre un área de 100.000 km^2 en el Macizo del Deseado (Pankhurst et al., 1998). El *plateau* principal está compuesto por rocas volcánicas y volcanoclásticas, cortadas por diques y cubiertas por domos riolíticos (Pankhurst et al., 1998). La distribución de las rocas de las facies efusivas se ajusta a lineamientos ENE – NNO (Guido, 2004).

La Formación La Matilde (De Giusto et al., 1980) consiste en tobas laminadas fosilíferas que se interdigita con la Formación Chon Aike (Panza et al., 1995). Se interpreta que su depositación fue durante una fase tardía o *post rift* dónde el fallamiento disminuyó su actividad (Giacosa et al., 2010).

Durante el Jurásico Tardío – Cretácico Tardío se depositó La Formación Bajo Grande, la cual está dominada por rocas sedimentarias silicoclásticas y volcanoclásticas (Pérez Frassette et al., 2024). Se originó en un entorno tectónico extensional durante $\sim 177 - 155$ Ma, que indujo el desarrollo de una falla normal mayor con rumbo NE y buzamiento NO, denominada la Falla de Bajo Grande (Pérez Frassette et al., 2024). Esta estructura controló la sedimentación sin – *rift* del Complejo Volcánico Bahía Laura (Pérez Frassette et al., 2024). Por ello, la sección inferior del Complejo Volcánico Bahía Laura está controlada por la Falla normal de Bajo Grande.

La Formación Baqueró está compuesta por tobas, areniscas y lutitas tobáceas fosilíferas post – Neocomianas depositadas en el Cretácico Inferior (Archangelsky, 1967). La Formación Baqueró está integrada por una secuencia continental (Panza et al., 1995).

Durante el Cretácico Tardío se depositaron sedimentitas continentales y tufitas con importante aporte de material piroclástico representadas por las formaciones Castillo, Bajo Barreal y Laguna Palacios definidas por Teruggi y Rossetto (1963) y Panza (1982). En el Cretácico Superior se identifican basaltos olivínicos de la Formación Las Mercedes, cubren en discordancia angular a rocas jurásicas y cretácicas (Panza, 1982). Se establecen como lapso de emisión de estas lavas al comprendido entre el Aptiano Superior y el Daniano, y corresponden a la Fase Efusiva Cretácica (Panza, 1982).

Durante el Cenozoico las ingresiones marinas depositaron las sedimentitas de la Formación Salamanca de edad Terciaria (Lesta y Ferello, 1972), en un ambiente marino litoral de aguas poco profundas (Panza, 1982). En el Oligoceno Tardío – Mioceno Temprano se depositaron arcillitas, tobas, coquinas y areniscas de las formaciones San Julián y Monte León (Bertels, 1970). En el Mioceno, predominan las condiciones continentales en el Macizo del Deseado son representadas por el relleno continental sinorogénico de la Formación Santa Cruz (Malumián, 2002).

Los basaltos cenozoicos de Santa Cruz se hallan distribuidos principalmente en el Macizo del Deseado, desde la faja aladaña a la cordillera Patagónica en el oeste hasta el sector centro oriental (Panza et al., 2002). Los autores proponen un modelo de ventana astenosférica como responsable de la generación de las lavas.

Los depósitos aterrazados, mantos de grava arenosas, denominados Rodados Patagónicos, se han asignado al Plioceno Superior y Pleistoceno Inferior (Panza et al., 2002). Comprende a las Formaciones Mata Grande, representadas por gravas, correspondiente al Plioceno Superior y Formación La Avenida, compuesta por gravas y arenas, de edad Pleistoceno Inferior (Panza et al., 2002)

CAPÍTULO 3

GEOLOGÍA LOCAL

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los resultados del reconocimiento y descripciones macroscópicas de las rocas volcánicas que hospedan la veta Rocío.

3.1.1 Antecedentes de estudios litológicos en el distrito La Paloma

La Formación Bajo Pobre (Turic, 1969; Lesta y Ferello, 1972; Tessone et al., 1999; de Barrio et al., 1999; Echeveste et al., 2001; Guido et al., 2006) compuesta por basaltos, andesitas y aglomerados volcánicos básicos, con escasas sedimentitas y tobas constituye la roca hospedante de la mineralización en el distrito La Paloma (Grant et al., 2012; Sánchez et al., 2009; Crawford, 2014; Godoy Prieto y Palluzi, 2020; Fernández et al., 2020).

Las rocas presentes en el distrito La Paloma fueron descriptas por Crawford (2014), Godoy Prieto y Palluzi (2020) y Fernández (2022) con base en el mapeo de campo y logueo de testigos de perforaciones y consisten en las siguientes unidades: 1-lavas de composición andesítica, andesítica-basáltica y riolítica o riodacítica; 2-depósitos de flujos y oleadas piroclásticas y depósitos de caída; 3-depósitos volcanoclásticos reelaborados (flujos de detritos y sedimentitas volcanogénicas). Las lavas y rocas volcanoclásticas de composición andesítica y andesítica – basáltica son las que predominan en el distrito y hospedan los sistemas de vetas (Crawford, 2014; Godoy Prieto y Palluzi, 2020; Fernández et al., 2020; Fernández, 2022).

Previamente, Sánchez et al. (2009) en un informe técnico (inédito) para la empresa Hidefield Argentina S.A., describen y caracterizan las unidades litológicas presentes en el área de La Paloma y específicamente las que hospedan las vetas Rocío y Sulfuro (Fig. 3.1). Estos autores, por medio de trabajos de relagueo de ocho sondajes diamantinos reconocieron una secuencia de rocas volcánicas y piroclásticas que, de base a techo, se constituye de la siguiente manera: La secuencia de rocas volcánicas, se inicia con niveles de andesitas porfíricas con potencias variables de 15 a 40 metros, niveles coherentes y homogéneos. A

continuación, tienen lugar depósitos piroclásticos masivos con elevada proporción de cenizas y clastos, textura matriz sostén y coloraciones grisáceas oscuras, con una potencia inferior a 20 metros, localmente fueron reconocidas brechas volcánicas hacia el techo de la unidad. Sobre las rocas mencionadas y mediante contacto neto, se disponen niveles de andesitas porfíricas con colores que van de verde oscuro a negro. Cabe aclarar que, en algunos sectores por encima de la Veta Rocío, se observa una secuencia de piroclastitas y andesitas porfíricas apoyadas sobre lavas andesitas.

En términos generales, el proceso y evolución del Sector Veta Rocío es equivalente a la del Sector Sulfuro y estaría dada por la siguiente sucesión de eventos, (1) Evento Lávico Inferior: las sucesiones de andesitas porfíricas inferiores, (2) Evento Piroclástico: La unidad piroclástica es un producto de flujos piroclásticos equivalente a los correspondientes al Sector Veta Sulfuro. (3) Evento Lávico Superior: por último, las andesitas porfíricas que coronan la secuencia evidencian otro evento volcánico, con desarrollo de sucesivos flujos lávicos, el cual sería equivalente al Sector Veta Sulfuro (Sánchez et al., 2009).

3.2 METODOLOGÍA

Se describieron un total de 54 muestras distribuidas de la siguiente manera, 18 muestras correspondientes al sondaje R – D16 – 36 sección 4715926 mN_60NE, 20 muestras correspondientes al sondaje R – D16 – 32 sección 4715953 mN_60NE y 16 muestras correspondientes al sondaje R – D16 – 12 sección 4715946 mN_75NE. Los sondajes fueron proyectados en una misma sección para correlacionar las unidades descriptas (Fig. 3.2).

Para la descripción se utilizó lupa binocular Nikon SMZ745T del Departamento de Geología y Petróleo de la Universidad Nacional del Comahue.

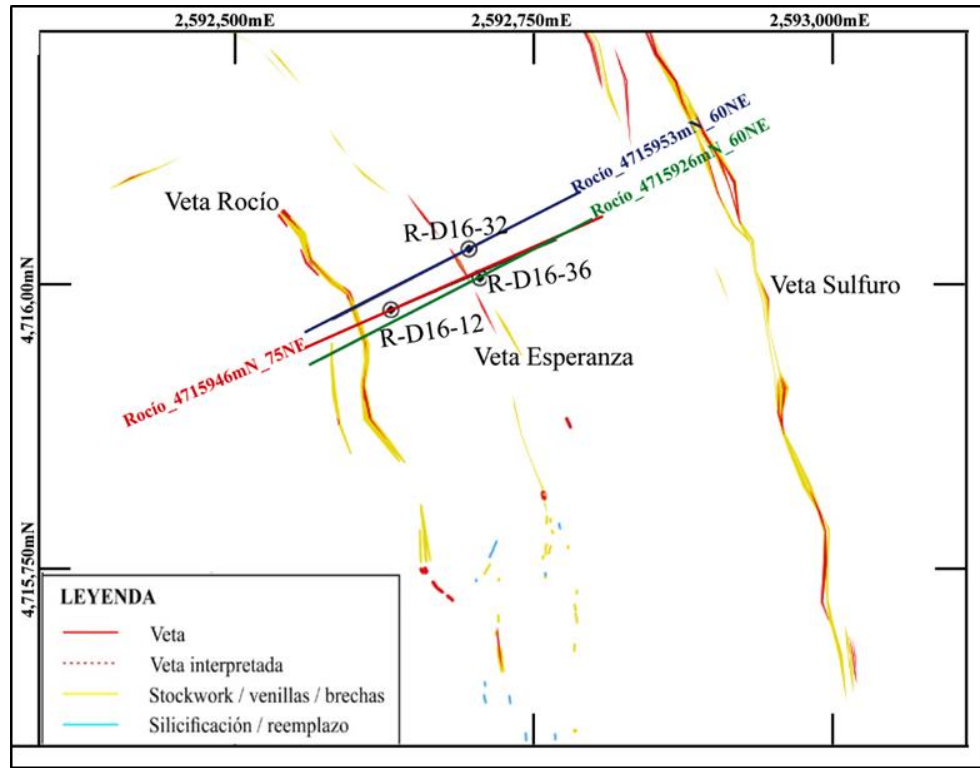


Figura 3.1. Vista en planta dónde se sitúan las tres secciones que contienen los tres pozos que interceptan la Veta Rocío.

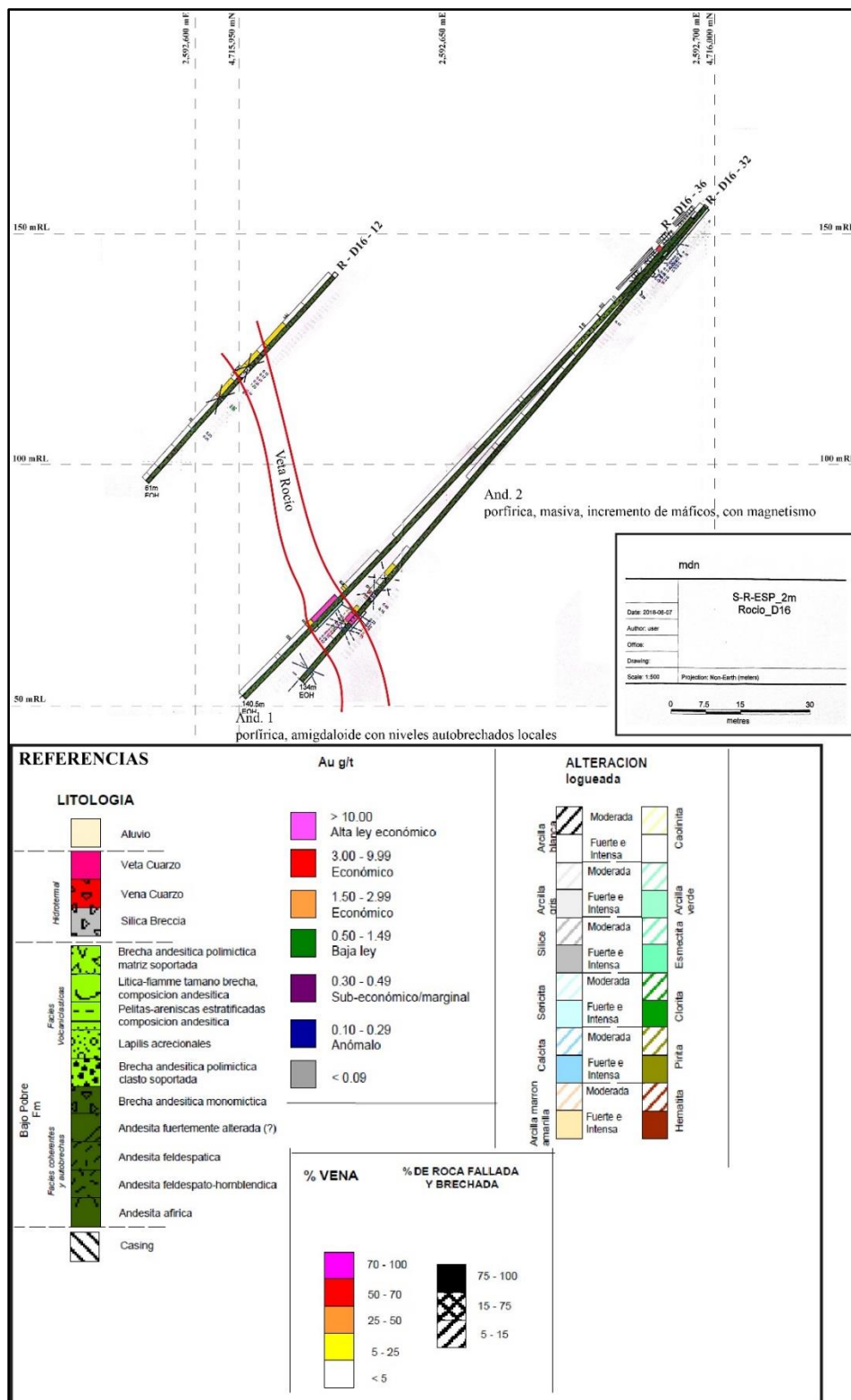


Figura 3.2. La sección transversal que contiene la proyección de los tres sondajes analizados.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Descripción de las rocas volcánicas coherentes

Descripción de las unidades litológicas que hospedan la Veta Rocío

Andesita (1). Se identifica en dos sondajes, en las zonas profundas del sondaje R-D16-36 y a aproximadamente a los 72 metros en el sondaje R-D16-32 (Fig. 3.3 a). Consiste en una andesita de textura porfírica masiva con 10% fenocristales de feldespatos (1 – 3 mm) y de máficos (5%) (0,5 – 2 mm) además de cristales (0,5 mm) de magnetita diseminados. Los fenocristales están insertos en una pasta afanítica, y algunos forman glomérulos. Esta andesita presenta amígdalas (0,5 mm – 1,20 mm) (Fig. 3.3 b, c).

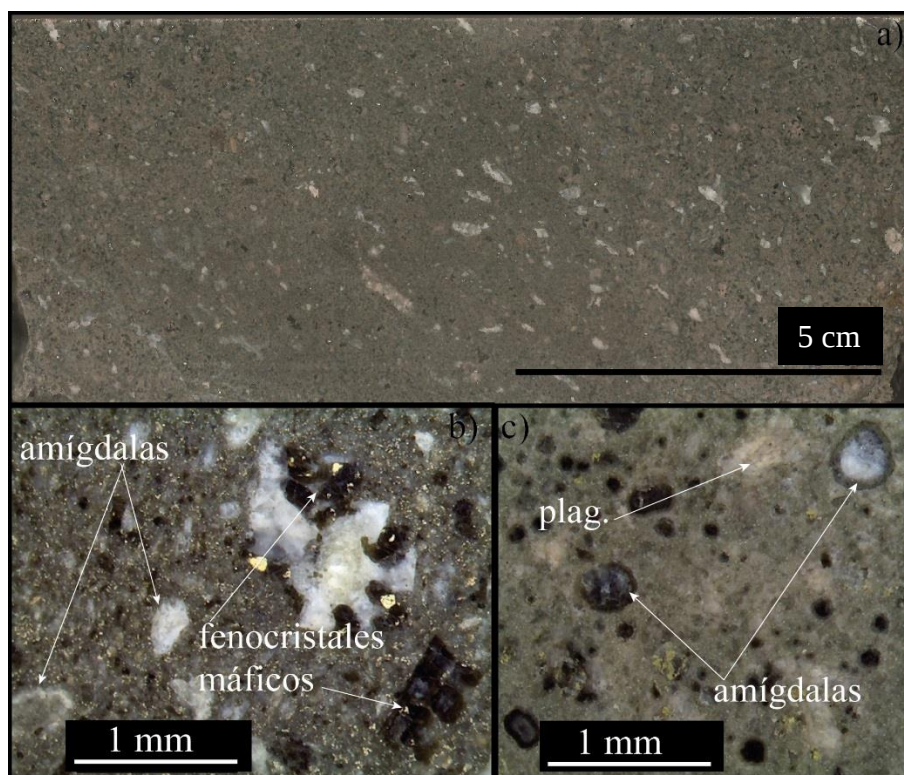


Figura 3.3. Andesita 1. a) textura porfírica masiva con fenocristales de feldespatos y de máficos inmersos en una pasta afanítica con amígdalas elongadas (muestra LPR-618-198 sondaje R-D16-36 en zonas profundas. b) Vista lupa binocular de imagen, glomérulos de minerales máficos y amígdalas rellenas con minerales hidrotermales. d) Vista lupa binocular de feldespatos plagioclasas y amígdalas rellenas con minerales hidrotermales.

Andesita (2). Se identificó una roca andesítica coherente que predomina en los tres sondajes. Presenta diferentes arreglos internos entre los que dominan texturas porfíricas intercaladas con texturas de brecha. Consiste en una andesita de textura porfírica masiva con 7% de

fenocristales máficos (0,5 mm – 1 mm) y 1% de fenocristales de feldespatos (0,5 mm - 2 mm) inmersos en una pasta afanítica de color gris oscura a negro con magnetismo moderado a fuerte (Fig. 3.4. a). Los fenocristales de minerales máficos forman glomérulos (Fig. 3.4 c), foliación marcada y oquedades (Fig. 3.4 c).

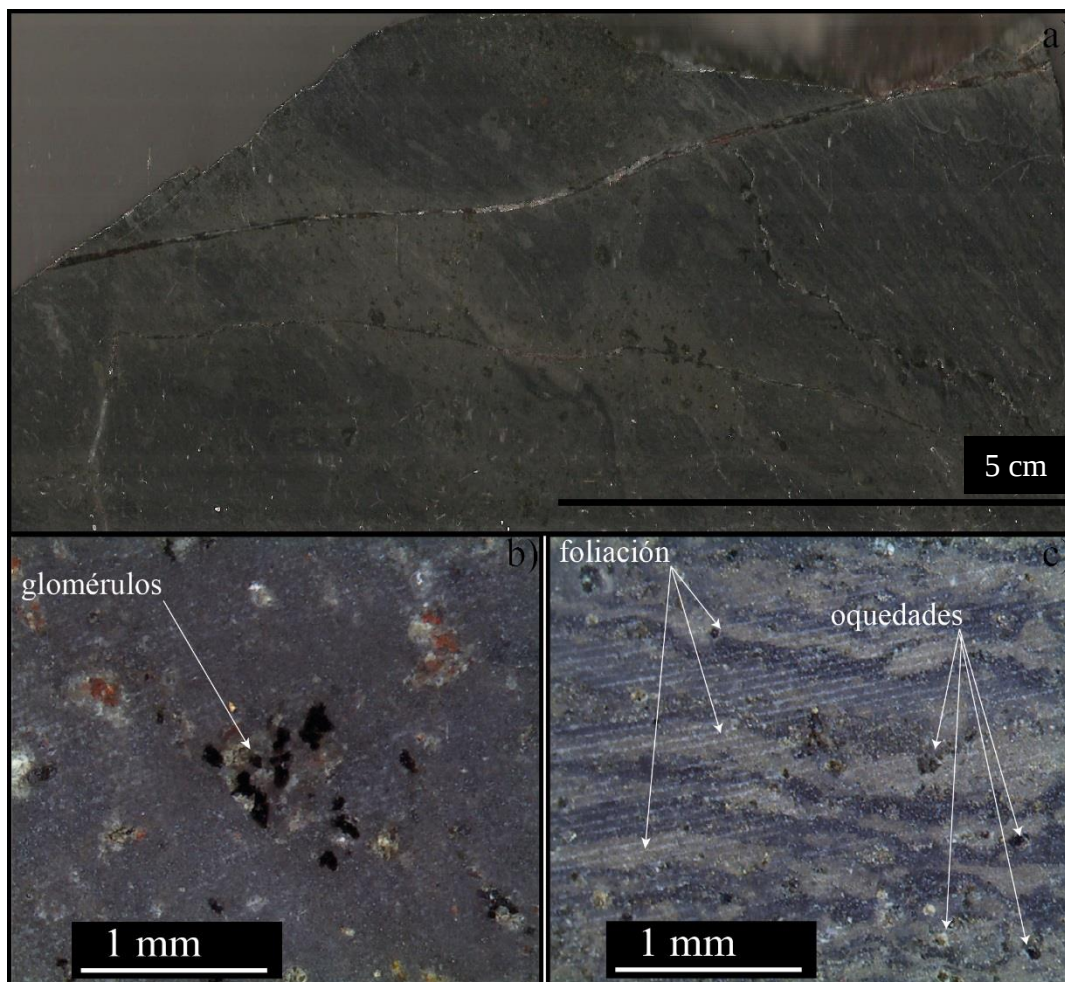


Figura 3.4. Andesita 2. Textura porfírica con incremento en el contenido de máficos. a) muestra LPR-618-157 del sondeaje R-D16-12 ubicada a 48 metros de profundidad, contiene foliación y cortada por venillas tardías. b) Vista lupa binocular de imagen a, máficos formando glomérulos, insertos en una pasta afanítica de color gris. c) Vista lupa binocular de imagen c, foliación marcada por minerales hidrotermales y oquedades (¿vesículas?).

Sill o dique de andesita. Está menos representado en el área de estudio, se encuentra en los sondeos R-D16-32 y R-D16-36. Posiblemente, conforma un *sill* o dique de andesita que corta a la andesita 2. Consiste en una andesita porfírica con 20 %– 25 % de fenocristales de feldespatos (1 mm – 5 mm) y 10 % de fenocristales máficos (2 mm) que forman glomérulos

inmersos en una pasta afanítica de color gris, contiene amígdalas rellenas con minerales hidrotermales (Fig. 3.5).



Figura 3.5. *Sill* o dique de andesita. Incremento en el tamaño y contenido de fenocristales (muestra LPR 618- 186, sondaje R-D16-36).

En el sondaje R-D16-32 se identificó un *sill* o dique de andesita que incorpora fragmentos subangulosos de andesita 2 de color negro de 15 mm – 80 mm de tamaño inmersos en una pasta de color verde con variación en tonalidad de oscuro a claro, pirita diseminada 2%, carbonato en venillas tardías y diseminado en la matriz (Fig. 3.6).

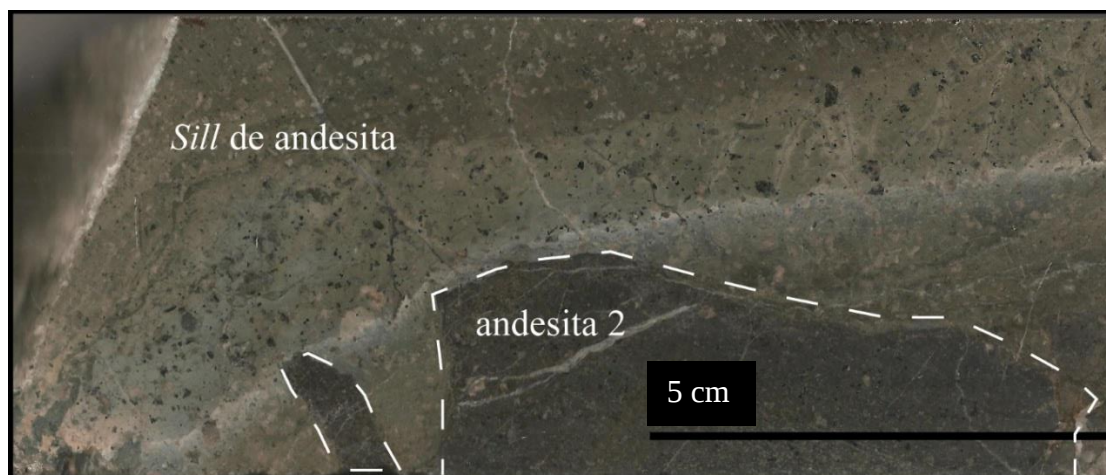


Figura 3.6. a) *Sill* o dique de andesita que incorpora fragmentos subangulosos de andesita 2.

3.3.2 Descripción de las brechas volcánicas

Hacia la parte superior de la secuencia en los sondajes R-D16-36 y R-D16-32 se identificaron niveles de brechas volcánicas intercalados entre la andesita 2 (Fig. 3.7). Consisten en brechas

aparentemente monomíticas matriz sostén formadas por fragmentos redondeados a subangulosos que van desde 1 cm – 10 cm de composición andesítica que exhiben variaciones en la textura e intensidad de alteración y están inmersos en una matriz de granulometría tobacea a lapillítica de color verdoso a gris oscuro con alteración hidrotermal (Fig. 3.7).

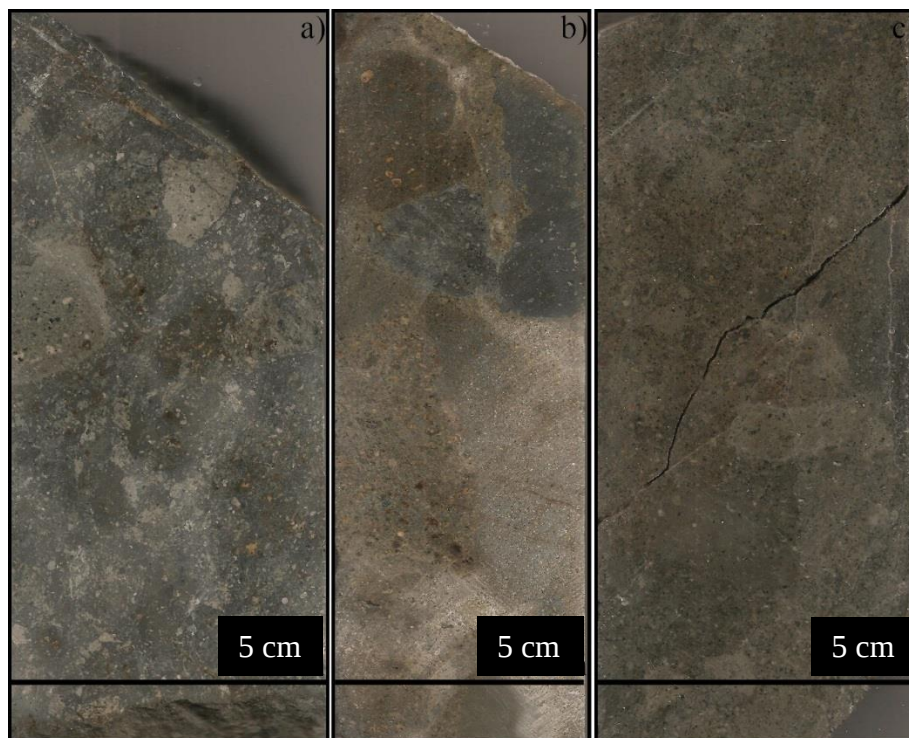


Figura 3.7. Brechas volcánicas identificadas en los sondeos R-D16-36 y R-D16-32. a) brecha volcánica con fragmentos subangulosos a redondeados de andesita con variaciones texturales inmersos en una matriz tobacea a lapillítica gris oscura con pirita. LPR 618-189. b) y c) brecha volcánica con fragmentos subangulosos de andesita con variaciones texturales inmersos en una matriz de granulometría tobacea a lapillítica verdosa. Muestras LPR-618-184 y LPR-618-162, respectivamente.

En el sondeo R-D16-12 se identificó las muestras LPR-618-158 y LPR-618-159 brecha hidrotermal clasto a cemento sostén compuesta por fragmentos subangulosos de andesitas de 4 mm – 80 mm cementados por cuarzo y carbonatos subordinados. Los clastos presentan una alteración hidrotermal intensa con pirita diseminada y en sus bordes (Fig. 3.8 a). En sectores la brecha está cortada por venillas de siderita (Fig. 3.8 b). En las partes más someras del sondeo R-D16-12 se identifica una brecha hidrotermal compuesta por clastos de andesita angulosos con intensa alteración hidrotermal cementados por cuarzo y sulfuros (Fig. 3.8 c).



Figura 3.8. Brechas hidrotermales identificadas en el sondaje R-D16-12. a) brecha compuesta por fragmentos subangulosos inmersos en un cemento de calcita y ¿siderita? Muestra LPR-618-159. b) brecha compuesta por litoclastos subangulosos inmersos en un cemento carbonático, con alteración. Muestra LPR-618-158. c) brecha compuesta por fragmentos de andesita subangulosos cementado por cuarzo con sulfuros. Muestra LPR-618-149.

A partir de las descripciones de las muestras se confeccionaron tres columnas litológicas, ubicando la litología y las muestras en cada sondaje (Fig. 3.9).

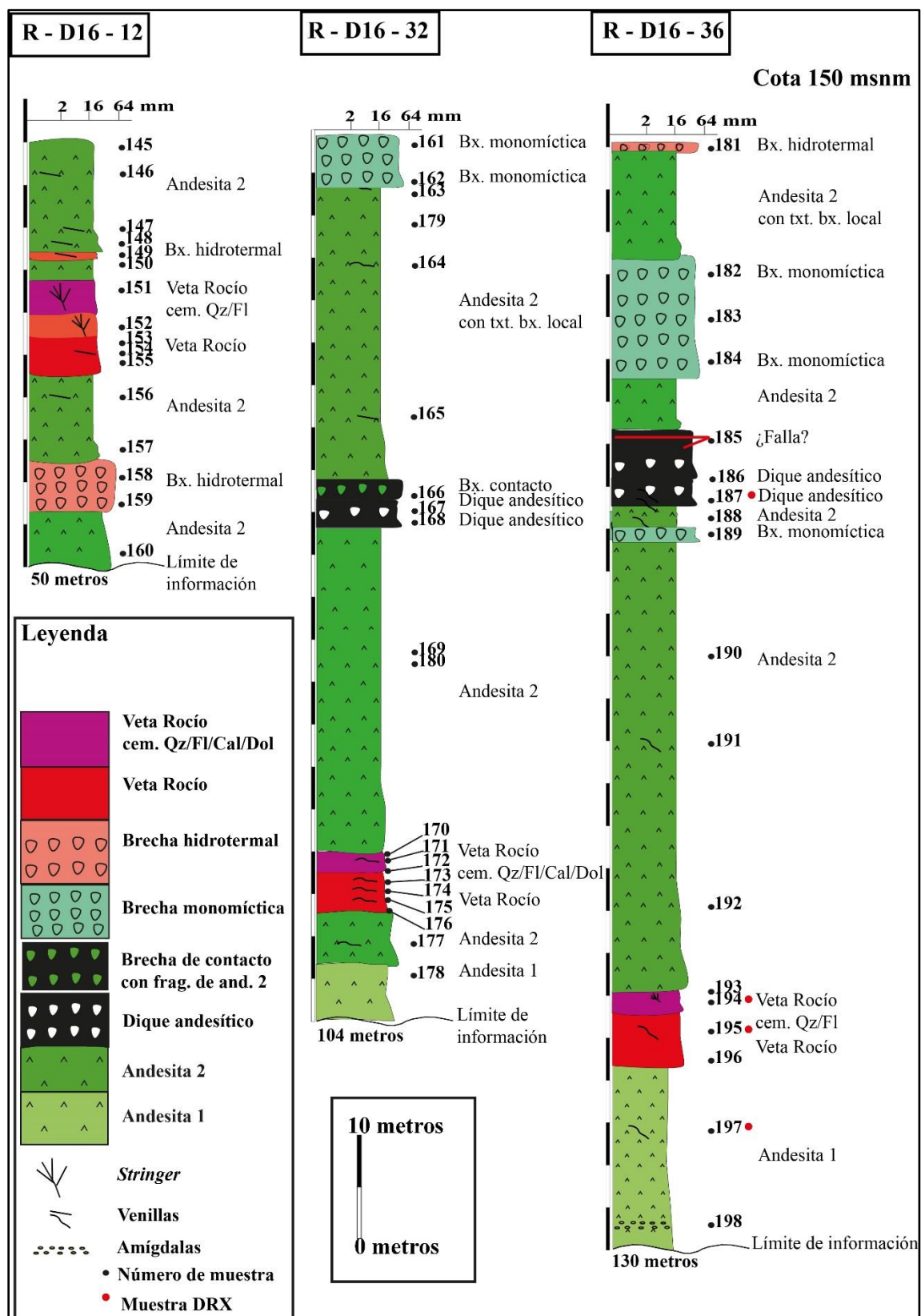


Figura 3.9. Columnas litológicas de los sondajes estudiados.

3.4 DISCUSIÓN

De acuerdo a la geología regional, los depósitos que conforman la roca de caja corresponden a la Formación Bajo Pobre de edad 173 ± 8 Ma (Guido et al., 2006), la cual integra el Complejo Bahía Laura de edad Jurásica. La Formación Bajo Pobre comprende rocas volcánicas representadas por lavas de composición andesítica y andesítica basáltica y rocas volcanoclásticas andesíticas (Fernández, 2022).

De acuerdo a las descripciones de las muestras se reconocieron dos tipos de andesitas coherentes, la andesita 1 más profunda en los sondeos R-D16-32 y R-D16-36 presenta una textura porfírica masiva con fenocristales de feldespatos y de máficos inmersos en una pasta afanítica de color verde y amígdalas. La andesita 2 con textura porfírica y textura en brecha predominante con incremento en el contenido de minerales máficos, de grano más fino y magnetismo moderado a fuerte, de color gris oscuro a negro con foliación. Se reconocen dos *sills* o diques de andesita (Figs. 3.5 y 3.6) de grano más grueso con incremento en porcentaje y tamaño de fenocristales de feldespatos y de mafitos, contienen amígdalas y venillas milimétricas rellenas con minerales hidrotermales.

La andesita 1 de acuerdo a su composición y textura podría ser equivalente a las andesitas inferiores que hospedan a la Veta Sulfuro, descritas por Fernández (2022).

El rasgo distintivo de la andesita 2 que se describe en el presente trabajo es la textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa y abundancia de minerales máficos en la pasta afanítica de color oscuro. Localmente, exhiben una textura de bandeamiento por flujo. Esta unidad sería similar a la descrita por Sánchez et al. (2009).

En el sur de la Veta Sulfuro (al sureste de la falla El Molino) afloran lavas de composición andesítica que despliegan una morfología en lomadas suaves con texturas porfíricas (10 – 15% de cristales de tamaño de grano fino a medio) con fenocristales de plagioclasas reemplazados por filosilicatos y piroxenos por clorita, en una pasta afanítica de color verde oscuro a negro con magnetismo moderado (Fernández, 2022). La unidad descrita se podría correlacionar con la andesita 2 de este trabajo.

En la parte superior de la secuencia, la andesita 2 intercala con niveles de brechas volcánicas aparentemente monomícticas. Estas brechas se podrían correlacionar con las brechas

identificadas en los trabajos realizados previamente por Sánchez et al. (2009) y Fernández (2022), quienes identificaron en el sector norte y sur de la Veta Sulfuro brechas de naturaleza monomíctica matriz sostén, con clastos de lavas andesíticas porfíricas y fluidales (1 a >6 cm) en matriz tobácea a lapillítica con tonalidades grises oscuras a negro afectadas por una intensa alteración hidrotermal (cuarzo, pirita y filosilicatos).

En el sondeo R-D16-12, se identificaron brechas hidrotermales con cemento representado por cuarzo, carbonatos (calcita y siderita) y sulfuros que podrían representar ramificaciones de la estructura principal (Veta Rocío).

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS, TEXTURALES Y GEOQUÍMICAS DE LA VETA ROCÍO

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los distintos pulsos de minerales de mena y de ganga que rellenan la Veta Rocío, su distribución y variación espacial, su paragénesis y las texturas de sulfuros y sulfosales. También se presentan los resultados del análisis estadístico de los datos geoquímicos de los sondeos estudiados mediante la aplicación del coeficiente Pearson. Finalmente, se discute la correlación entre los metales y su distribución en una sección longitudinal de la Veta Rocío.

La Veta Rocío, perteneciente al sistema de vetas Sulfuro, es una estructura mineralizada que se desarrolla paralela a la Veta Sulfuro, ubicada hacia el oeste a una distancia que varía entre 320 y 350 metros. Presenta una orientación aproximada de N335°, con una inclinación entre 65° y 85° hacia el este, y una longitud de 350 metros (Arranz, 2013). Los recursos minerales del distrito provienen principalmente del Sistema de Vetos Sulfuro, que cuenta con recursos medidos de 260.566 onzas de oro (Au) y 637.590 onzas de plata (Ag), con leyes promedio de 5,55 g/t Au y 13,58 g/t Ag (Garrone, 2018).

4.2 METODOLOGÍA

Se describieron diecinueve (19) muestras macroscópicas procedentes de 3 sondeos ubicados en las secciones 4715926 mN 60NE, 4715953 mN 60 NE y 4715946 mN 75 NE (Fig. 3.1). La totalidad de las muestras seleccionadas se describieron en detalle en lupa binocular Nikon SMZ745T del Departamento de Geología y Petróleo de la Universidad Nacional del Comahue.

Se seleccionaron seis (6) muestras representativas de los distintos pulsos de la veta y se realizaron cortes delgados en el Laboratorio de Cortes del Depto. de Geología de la Universidad Nacional de San Luis. Para la descripción de los cortes petro – calcográficos se

utilizó el microscopio óptico con luz transmitida y reflejada Nikon Eclipse LV100 POL del Departamento de Geología y Petróleo de la Universidad Nacional del Comahue.

Para el análisis de los datos geoquímicos mediante el coeficiente de Pearson se seleccionó una población de 49 datos ($n=49$) provenientes de dos sondajes R-D16-32 y R-D16-36 de un rango de 79 y hasta 63 m s.n.m., correspondiente a la profundidad donde los sondajes estudiados interceptan a la veta. Los datos geoquímicos de los sondajes fueron proporcionados por la empresa Minera Don Nicolás S.A. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS Chemex localizado en Mendoza (actualmente ALSglobal) para Au, Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Y, Zn y Zr. Para la confección de las secciones longitudinales y parte del análisis estadístico se trabajó con las muestras compositadas a 1 metro de longitud. En zonas con espesores reducidos de vetas se redujo la longitud de los compósitos a 0,4m. Los compósitos se realizaron con el software Datamine Studio RM. Las secciones longitudinales y transversales se confeccionaron con el software Leapfrog Geo® 5.0 y con Mapinfo 12, respectivamente, en coordenadas originales (Gauss Kruger Faja 2).

Los minerales reconocidos de origen magmático e hidrotermal correspondientes a la mena, ganga y alteración se indican en las imágenes de acuerdo a las abreviaturas propuestas por Whitney y Evans (2010). En tabla 4.1 se expone a continuación el nombre del mineral, la abreviatura y su fórmula química.

Mineral	Abreviatura	Fórmula química
Adularia	Adl	$KAlSi_3O_8$
Calcopirita	Ccp	$CuFeS_2$
Caolinita	Kln	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
Cuarzo	Qz	SiO_2
Dolomita	Dol	$CaMg(CO_3)_2$
Esfalerita	Sp	$(Zn,Fe)S$
Fluorita	Fl	CaF_2
Galena	Gn	PbS
Illita	Illt	$K_{0.65}Al_{2.0}[Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}](OH)_2$
Molibdenita	Mol	MoS_2
Pirita	Py	FeS_2
Polibasita	Pob	$(Ag,Cu)_{16}Sb_2S_{11}$
Sericita	Ser	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Siderita	Sd	$FeCO_3$
Tennantita - Tetraedrita	Tnt - Ttr	$(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13} - (Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$

Tabla 4.1. Abreviatura de minerales descriptos en los capítulos siguientes.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Caracterización Geoquímica

Los metales identificados en la Veta Rocío incluyen oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), molibdeno (Mo), plomo (Pb), zinc (Zn), arsénico (As) y antimonio (Sb), con concentraciones variables: el contenido de Au varía entre 0,0025 y 76 ppm; Ag entre 0,03 y 64,9 ppm; Cu entre 0,6 y 1496 ppm; Mo entre 0,5 y 6167 ppm; Pb entre 1 y 2799 ppm; Zn entre 0,5 y 10.000 ppm; As entre 10 y 1920 ppm; y Sb entre 0,3 y 92 ppm.

El análisis estadístico se realizó con la población de datos procedentes de todos los sondeos que interceptan a la Veta Rocío, empleando el coeficiente de Pearson (r) que mide la magnitud y la dirección de las relaciones lineales entre dos o más variables aleatorias (Howarth y Sinding-Larsen, 1983; Paine, 1998; Bluman, 2003). Varía entre -1 y +1, donde -1 indica una correlación negativa perfecta, +1 indica una correlación positiva perfecta y 0 indica que no hay correlación. Se aplicó el coeficiente de correlación Pearson (r) para conocer el grado de correlación entre los metales analizados en la veta, se establecieron rangos en los cuales se definieron correlaciones bajas ($r= 0 - 0,4$), medias ($r= 0,4 - 0,6$), altas ($r= 0,6 - 0,9$) y perfectas ($r= 0,9 - 1$) (Tabla 4.2).

Se obtuvo la siguiente correlación entre los metales preciosos con otros elementos químicos presentes en la veta, el Au tiene una correlación positiva alta con Ag, Cd y Zn; positiva media con Cu, Mo, Se y Te, positiva baja pero próxima a 0,4 con Pb y Sb; y negativa con el resto de los elementos analizados.

La Ag presenta una correlación perfecta con Mo; positiva alta, próxima a 0,9, con Pb, Sb, Se y Te; positiva media con Cu; y una correlación positiva baja con Zn. y Cd.

El Fe presenta una correlación alta con Co, Cr, Ni y Ti, una correlación baja con Sn. Además, los elementos Co, Cr, Fe, Ni y Ti tienen también una correlación positiva entre sí, y mientras que el Co tiene una correlación positiva media con Sb.

Hay una correlación positiva perfecta entre Sb con Mo y Pb, una correlación positiva alta entre Sb con Se, Te y Ag, una correlación positiva baja entre Sb con Au y Cu. Se presenta

una correlación positiva alta entre Se con Ag, Mo, Pb, Sb, Te y Tl, una correlación positiva media entre Se con Au, Cd y Zn, una correlación positiva baja entre Se con Cr, Cu y Ni. Se presenta una correlación positiva alta entre Te con Ag, Tl, Mo, Pb, Sb y Se, una correlación positiva media entre Te con Au, una correlación positiva baja entre Te con Cd, Cr, Cu y Ni.

(ppm)	Au	Ag	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Te	Ti	Tl	Zn
Au	1,00																
Ag	0,67	1,00															
Cd	0,62	0,37	1,00														
Co	-0,51	-0,43	-0,24	1,00													
Cr	-0,28	-0,12	-0,21	0,66	1,00												
Cu	0,50	0,46	0,71	-0,25	-0,13	1,00											
Fe	-0,59	-0,52	-0,28	0,81	0,62	-0,37	1,00										
Mo	0,44	0,91	0,15	-0,26	0,02	0,27	-0,36	1,00									
Ni	-0,22	-0,13	-0,11	0,84	0,77	-0,11	0,69	-0,02	1,00								
Pb	0,35	0,86	0,04	-0,21	0,04	0,15	-0,27	0,94	0,02	1,00							
Sb	0,30	0,82	-0,03	-0,16	0,10	0,15	-0,22	0,93	0,06	0,98	1,00						
Se	0,56	0,83	0,41	-0,17	0,01	0,34	-0,22	0,80	0,06	0,87	0,83	1,00					
Sn	-0,27	-0,26	-0,14	0,41	0,30	-0,17	0,30	-0,17	0,24	-0,16	-0,16	-0,15	1,00				
Te	0,51	0,83	0,25	-0,16	0,02	0,33	-0,25	0,74	0,02	0,77	0,73	0,82	-0,10	1,00			
Ti	-0,62	-0,59	-0,31	0,79	0,54	-0,41	0,86	-0,41	0,55	-0,34	-0,30	-0,29	0,47	-0,26	1,00		
Tl	0,30	0,75	-0,02	-0,09	0,10	0,06	-0,13	0,81	0,10	0,96	0,93	0,89	-0,11	0,77	-0,20	1,00	
Zn	0,61	0,35	0,99	-0,24	-0,21	0,67	-0,26	0,13	-0,11	0,02	-0,05	0,40	-0,14	0,24	-0,29	-0,03	1,00
REF.	Perfecta	Altas			Medias	Bajas											
r=	0,9-1,0	0,6-0,9			0,4-0,6	0-0,4											

Tabla 4.2. Matriz de Pearson.

(Ppm)	Au	Ag	Cu	Mo	Pb	Zn	As	Sb
Au	1							
Ag	0,37	1						
Cu	0,35	0,71	1					
Mo	0,22	0,66	0,61	1				
Pb	0,08	0,63	0,63	0,62	1			
Zn	0,35	0,32	0,51	0,04	0,29	1		
As	0,09	-0,14	-0,06	-0,03	-0,12	0,02	1	
Sb	0,12	0,45	0,43	0,62	0,57	-0,05	0,09	1

Tabla 4.3. Matriz de Pearson a partir de compósitos con la misma población de datos que la tabla 4.2.

Se confeccionó la matriz de Pearson a partir de datos geoquímicos compositados que fueron provistos por la empresa y se hicieron para un número acotado de elementos de interés económico (Tabla 4.3).

Se determinó una correlación positiva baja pero próxima a 0,4 entre Au con Ag, Zn y Cu. El Au presenta una correlación positiva baja con el resto de los elementos (Mo, Pb, As y Sb).

Se observó una correlación positiva alta entre Ag con Cu, Mo y Pb, y media con Sb. Una correlación positiva alta entre Cu con Mo y Pb, positiva media con Sb y Zn. Una correlación positiva alta entre Mo con Pb y Sb, y correlación positiva baja con Zn. Una correlación positiva media a alta entre Pb y Sb, y correlaciones positivas bajas con Zn.

La distribución de los metales Au, Ag, Cu, Mo, Pb y Zn, la morfología y las dimensiones de los clavos mineralizados y la variación de espesor se analizaron en una sección longitudinal de la Veta Rocío (Fig. 4.1).

Los mayores espesores (>2,5 hasta 7 m) de los clavos mineralizados se encuentran en el centro de la sección próximos al límite norte (Fig. 4.1 a) y se extienden desde los 40 m s.n.m. hasta la superficie 150 m s.n.m. En el sector centro-sur y sur los sectores de mayor espesor son aislados.

El Au se distribuye en clavos mineralizados aislados de alta ley (> 5 ppm Au). El de mayor tamaño y valores mayores a 10 ppm Au se ubican en la zona central de la veta y se extiende desde 120 m s.n.m. hasta la superficie (Fig. 4.1 b). En el sector sur se observan dos clavos pequeños y aislados de alta ley (> 5 ppm Au) ubicados entre 100 – 140 m s.n.m.

Los clavos de Ag se ubican en el sector central de la veta se ubican entre 60 – 120 m s.n.m. con leyes >15 ppm Ag, son pequeños y aislados (Fig. 4.1 c).

La razón Sb/As (Fig. 4.1 d) es elevada desde zonas profundas (40 – 100 m s.n.m.) en el sector centro de la veta hasta zonas someras (130 m s.n.m.) en el límite del sector central y sur. En la zona central la razón más elevada coincide con los clavos de Ag, Mo y parcialmente con Cu y Pb.

Los clavos de Cu de alta ley son aislados y pequeños, alcanzan máximos de 750 ppm y se concentran entre las cotas 60 – 100 m s.n.m. en el sector central de la veta. Estos clavos están rodeados por zonas más extensas con menores leyes (entre 100 y 350 ppm) que se extienden hasta 100 m s.n.m. La distribución de Cu coincide con la distribución de Ag en el sector central (Fig. 4.1 e).

Los clavos de Mo (Fig. 4.1 f) superan los 1000 ppm y forman dos clavos separados, el de mayor tamaño se distribuye desde la cota 50 m s.n.m. hasta 120 m s.n.m. en el límite centro-

norte de la veta En el límite centro - sur el clavo es de menor tamaño y se distribuye entre 80 m s.n.m. – 120 m s.n.m. Además, un pequeño clavo se observó en el sector norte a los 100 m s.n.m.

Los clavos de Pb y Zn muestran una distribución coincidente en la zona norte de la veta desde la cota 100 m s.n.m. hasta la superficie. En la zona central de la veta los clavos de Pb alcanzan máximos de 1500 ppm en zonas profundas a 60 m s.n.m. y la ley disminuye hacia zonas próximas a la superficie (Fig. 4.1 g). Los clavos de Zn de alta ley (> 750 ppm) que se ubican en el sector central de la veta forman dos clavos, uno a profundidades entre 80 – 100 m s.n.m. hacia el límite con el sector sur y otro que se ubica entre 100 – 140 m s.n.m. (Fig. 4.1 h) próximo al límite con el sector norte.

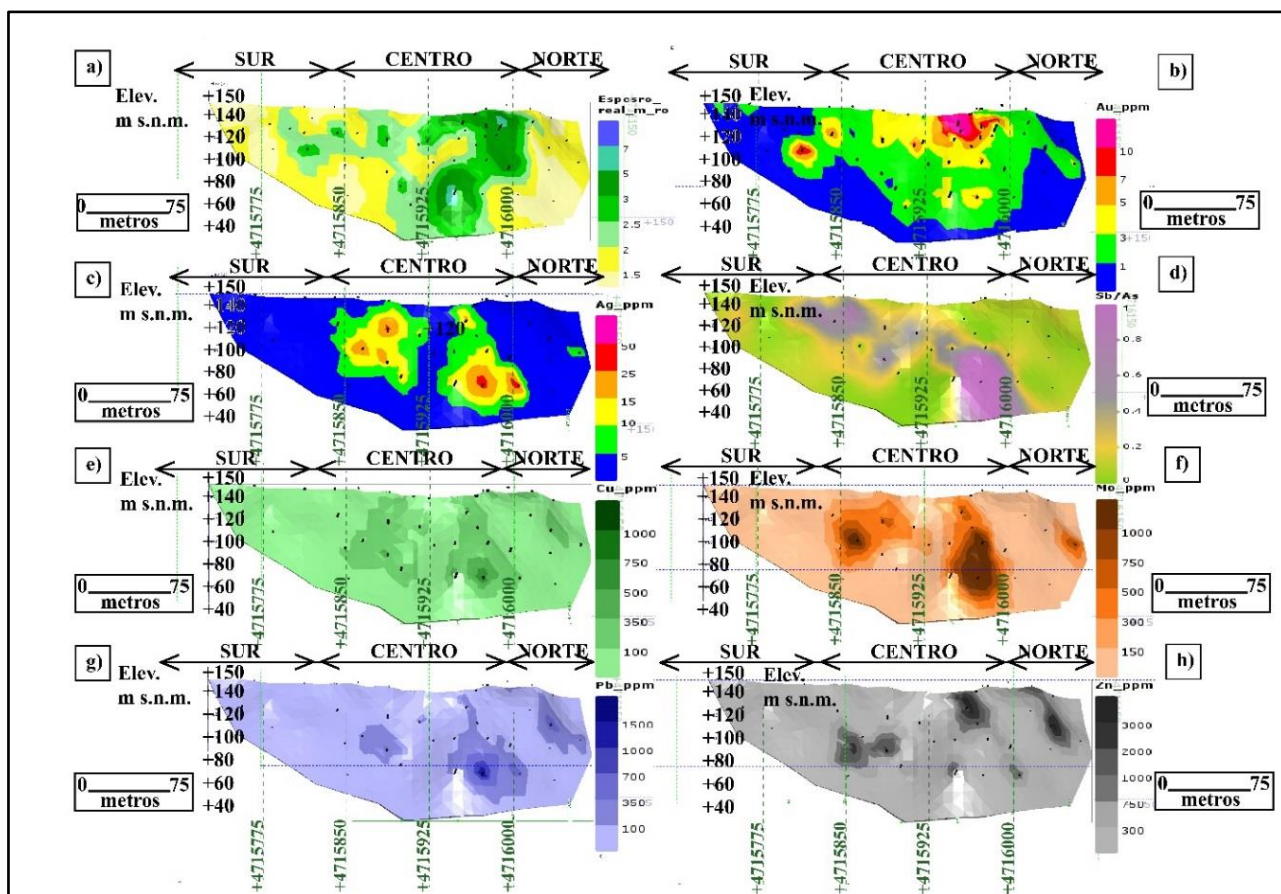


Figura 4.1. Distribución de los metales en la sección longitudinal de la Veta Rocío.

4.3.2 Mineralogía, textura y paragénesis de la veta Rocío

La secuencia paragenética identificada en muestras macroscópicas de la veta Rocío consiste en ocho (8) pulsos determinados en base a las características texturales, mineralógicas y sus relaciones de corte observados en muestras de mano y en secciones delgadas (Tabla 4.4).

4.3.2.1 Paragénesis y descripción de pulsos

	Pulso 1	Pulso 2	Pulso 3	Pulso 4	Pulso 5	Pulso 6	Pulso 7	Pulso 8
Cuarzo								
masivo	— — —					— — —		
drusiforme					— — —			
calcedónico				— — —				
Coloforme				— — —				
grano grueso					— — —	— — —		
en peine					— — —	— — —		
zonado					— — —			
mosaico			— — —	— — —				
ghost - sphere				— — —				
lattice - bladed		— — —						
Adularia		— — —						
Illita					— — —			
Sericita					— — —			
Fluorita								
incolora							— — —	
violeta							— — —	
marrón (caramelo)							— — —	
Carbonatos								
Dolomita/calcita/siderita								— — —
Pirita								
euhedral	— — —		— — —		— — —			
coloforme				— — —				
Molibdenita			— — —	— — —				
Calcopirita				— — —				
Oro					— — —			
Tetraedrita - tennantita					— — —			
Esfalerita					— — —			
Galena					— — —			
Polibasita					— — —			

Siempre	— — —	Frecuente	— — —	No siempre	
---------	-------	-----------	-------	------------	-------

Tabla 4.4. Paragénesis de la Veta Rocío.

Descripción de pulsos

Pulso 1. Este pulso se identificó en los tres sondajes en zonas profundas. Consiste en cuarzo + pirita que reemplazan la roca de caja (Fig. 4.2 a). En las tobas sigue los planos de

estratificación donde la pirita es abundante (Fig. 4.2 b, c). En rocas porfíricas forma venillas milimétricas con halos de alteración.

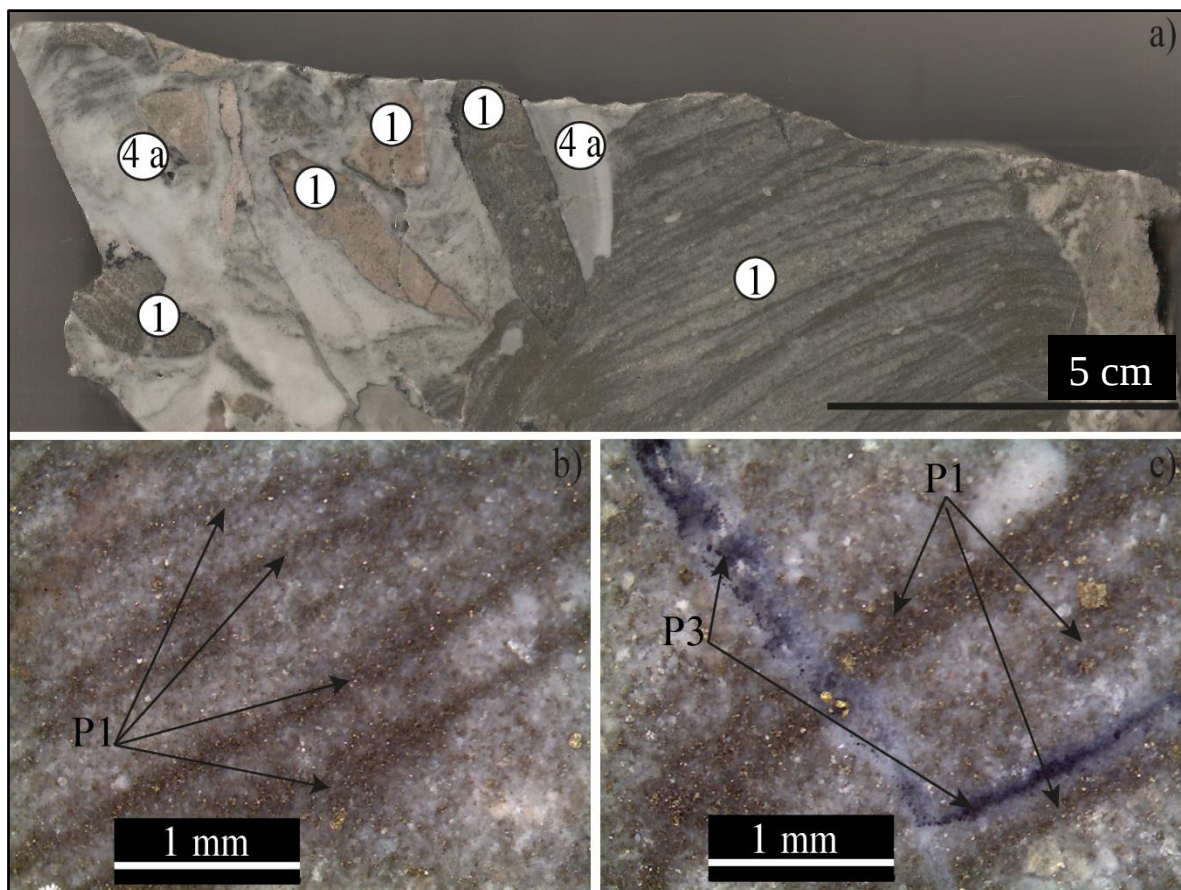


Figura 4.2. a) Brecha polimíctica con fragmentos de toba laminada silicificada cuarzo + pirita (P1) fragmentos de cuarzo calcedónico (pulso 4 a) y fragmentos roca de caja silicificada(P1). B) cuarzo + pirita siguiendo planos de estratificación de la roca de caja (P1). C) Pulso 1 siguiendo la estratificación de la roca de caja cortado por pulso 3. Muestra LPR-618-175 sondaje R-D16-32.

Pulso 2. Este pulso sólo se identifica en una muestra en zonas profundas (entre 68 y 115 m s.n.m.). Consiste en cuarzo con textura *lattice – bladed* (Fig. 4.3 a, b) y cristales rómbicos de adularia (Fig. 4.3 c, d). Este pulso también está como clastos o fragmentos en brechas hidrotermales polimícticas (Fig. 4.3 c).

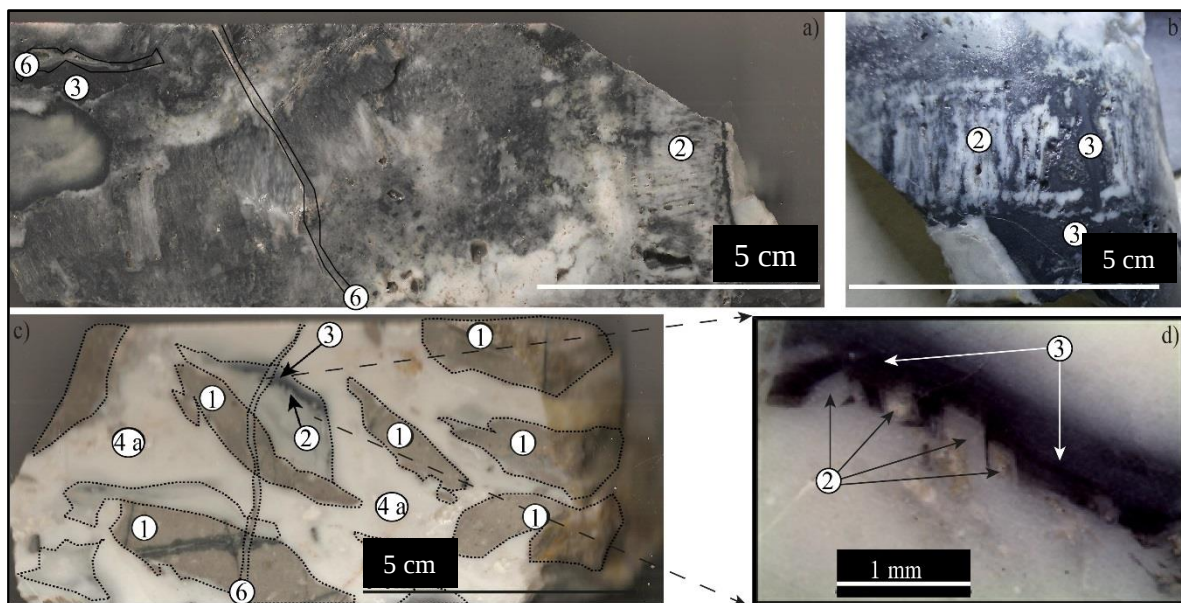


Figura 4.3. a) Brecha hidrotermal con fragmentos de cuarzo y roca de caja cementados por molibdenita + pirita + calcopirita (pulso 3), cuarzo *lattice bladed* (pulso 2), cortada por venillas de cuarzo drusiforme (pulso 6) este último también rellena y tapiza oquedades. b) Detalle de pulso 3 relleno los espacios abiertos de pulso 2. Muestra LPR-618-176 sondaje R-D16-32. c) Brecha hidrotermal con fragmentos de roca de caja silicificada (pulso 1, nótese venilla de pirita con halo de alteración), cristales de adularia (pulso 2), cementando cuarzo y venillas de cuarzo drusiforme (pulso 4 a). d) Detalle con lupa binocular de cristales rómbicos de adularia previos a la molibdenita. Muestra LPR-618-155 sondaje R-D16-12.

Pulso 3. Este pulso se identifica en los tres sondajes, entre 63 – 118 m s.n.m. Consiste en cuarzo + molibdenita, calcopirita y pirita subordinada como cemento en brechas (Figs. 4.3; 4.4 a). En lupa binocular se identifica la banda de cuarzo $\pm$ molibdenita (Fig. 4.4 b). Al microscopio el cuarzo es de grano fino con textura mosaico contiene molibdenita intercrecida y en cemento (Fig. 4.4 c, d, e)

Es uno de los principales pulsos portadores de la mineralización aurífera, los valores de oro detectados por análisis puntuales con Niton alcanzan un máximo de 12,8 ppm y un mínimo de 2,51 ppm, la plata presenta un valor máximo de 5696, 41 ppm, el molibdeno un máximo de 35025,88 ppm (Tabla 4.5).

Muestras	Au ppm	Au Error	Ag ppm	Ag Error	Mo ppm	Mo Error
196 (36)	5,67	3,1	13,9	5,04	286,15	3,88
196 (36)	0	0	17,98	5,18	562,02	5,31
196 (36)	0	0	0	0	656,67	5,7
195 (36)	12,8	7,97	222,12	22,01	14734,71	38,18
195 (36)	0	0	2324,51	96,4	35025,88	77,62
195 (36)	10,43	5,43	114,41	6,12	35,83	2,73
195 (36)	12,44	3,78	14,06	4,35	1279,57	8,15
194 (36)	0	0	288,1	19,01	12255,57	38,13
194 (36)	0	0	2661,4	100,61	23113,09	57,55
176 (32)	0	0	32,66	4,82	1643,73	8,91
176 (32)	0	0	1624,36	91,75	20493,59	51
175 (32)	0	0	31,88	4,6	3945,19	15,45
175 (32) Geoq.	2,51	0	17	0	771	0
174 (32)	0	0	120,34	7,34	6762,66	25,19
174 (32)	0	0	139,56	8,38	3806,09	16,22
173 (32)	0	0	1500,05	86,79	18192,13	47,37
173 (32)	0	0	5696,41	193,65	24725,72	61,97
155 (12) Geoq.	0,66					
153 (12)	8,52	3,89	17,53	4,84	2382,29	11,33
153 (12)	6,34	3,12	40,6	1,96	11,35	4,22

Tabla 4.5. Expone valores de Niton correspondientes al pulso 3. Se realizan varias lecturas de los metales (Au, Ag y Mo) sobre una misma muestra.

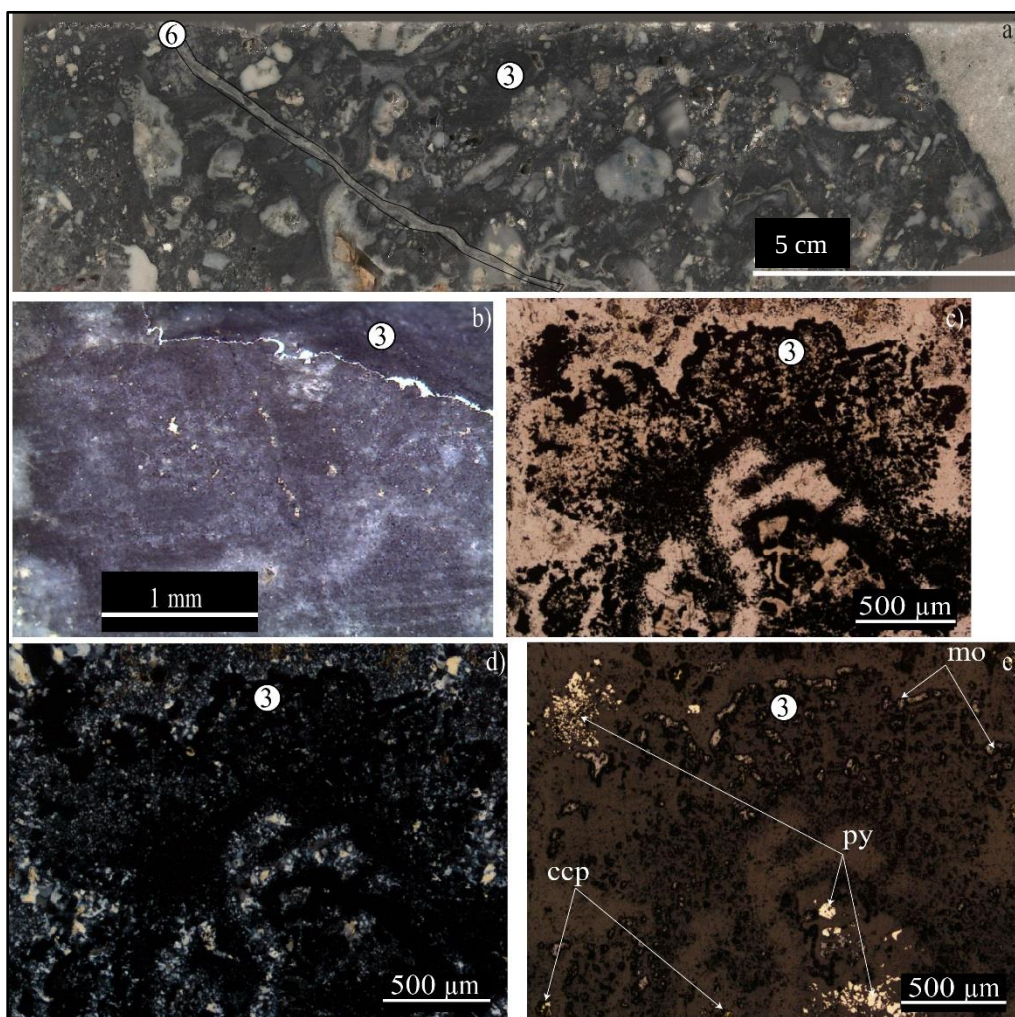


Figura 4.4. a) Brecha hidrotermal polimíctica con fragmentos de la roca de caja silicificada y venillas de cuarzo drusiforme (pulso 6), muestra LPR-618-173 sondaje R-D16-32. c) Vista lupa binocular correspondiente a la misma muestra, cemento de molibdenita. d) Fotomicrografía con luz transmitida y nicoles paralelos, se observa pulso 3 cuarzo mosaico con molibdenita. d) Fotomicrografía luz transmitida y nicoles cruzados, se observa cuarzo grano fino textura mosaico contiene molibdenita del pulso 3. e) Fotomicrografía con luz reflejada se identifica molibdenita.

Pulso 4. Este pulso constituye el relleno más abundante de la veta en todos los sondajes analizados, tiene un alto contenido sulfuros removilizados y se reconocieron diferentes texturas de cuarzo. En muestra de mano y mediante observación con lupa binocular se diferenció en: 4 a que consiste en cuarzo microcristalino con aspecto calcedónico con texturas bandeadas coloforme – costriforme y masiva. Se alternan en bandas de cuarzo gris, cuarzo lechoso, cuarzo gris – verde pálido, que incorpora escasos fragmentos milimétricos de la banda de molibdenita (Fig. 4.5 a, b); y 4 b que consiste en cuarzo cristalino gris con un aspecto turbio que incluye fragmentos de 4 a y contiene abundantes fragmentos de la banda de molibdenita (de hasta 1,2 cm) (Fig. 4.5 c) y de roca de caja (0,2 cm– 2 cm) alterados a filosilicatos (Fig. 4.5 d). El pulso 4 b contiene sulfuros removilizados corta al cemento de molibdenita (Fig. 4.5 e, f, g).

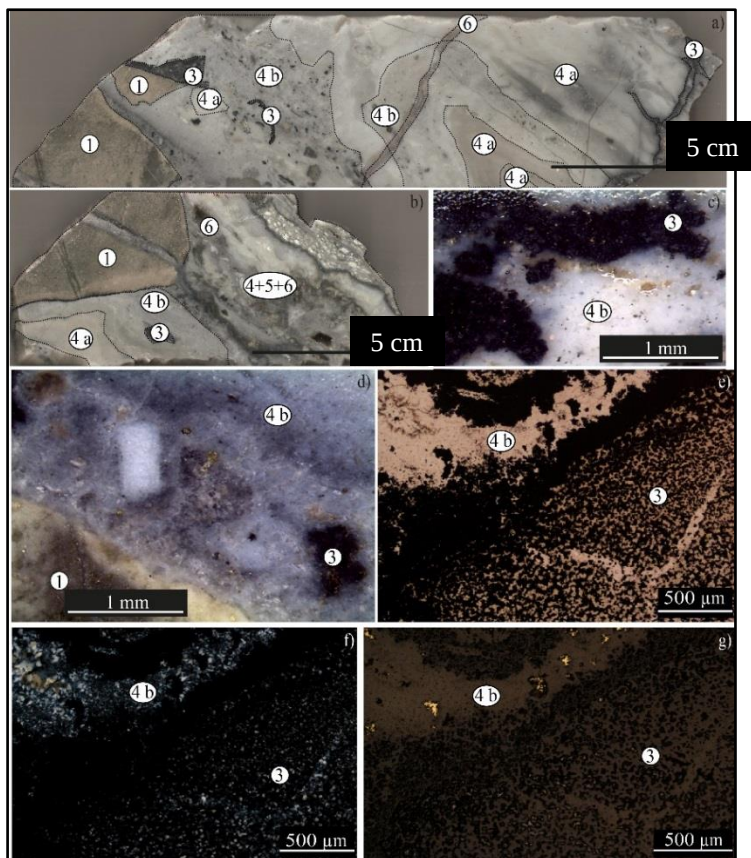


Figura 4.5. a) Muestra macroscópica se identifican fragmentos de la roca de caja silicificada (pulso 1) y fragmentos de la banda de molibdenita (pulso 3), variaciones texturales de pulso 4 y venilla tardía del pulso 6 que corta a la secuencia anterior. b) Muestra macroscópica se identifican fragmentos de la banda de molibdenita (pulsos 3), cuarzo calcedónico de pulso 4 a y b, y cuarzo tipo cristalino (tardío) que intruye al pulso anterior, en sectores desarrolla textura en peine y drusiforme que tapizan las oquedades (pulso 6). c) Vista lupa binocular detalle de pulso 4 b cuarzo con fragmentos de la banda de molibdenita. d) Vista lupa binocular detalle de pulso 4 b cuarzo con fragmentos de la banda de molibdenita y roca de caja. e) Fotomicrografía con luz transmitida y nicoles paralelos, se observa pulso 3 cortado por pulso 4 b con sulfuros. f) Fotomicrografía luz transmitida y nicoles cruzados, se observa cuarzo grano fino textura mosaico contiene molibdenita del pulso 3 y cuarzo grano medio textura mosaico contiene sulfuros. g) Fotomicrografía con luz reflejada se identifica molibdenita de pulso 3 y calcopirita de pulso 4 b.

Pulso 5. Este pulso se identifica en el sondeaje R-D16-32 a 69 m s.n.m. Contiene variedad en texturas de cuarzo, incluye filosilicatos intercrecidos con el cuarzo y relleno de oquedades. En muestra de mano se reconoce en forma de venilla irregular de 1 – 5 mm de espesor (Fig. 4.6 a). En lupa binocular se observa cuarzo cristalino con gran contenido de sulfuros y de diferentes tamaños (Fig. 4.6 b). En microscopio, desde la roca de caja, el pulso está representado por un cuarzo microcristalino, que comienza con el desarrollo de una textura en mosaico y localmente *ghost sphere*. Hacia el centro de la venilla grada a cuarzo cristalino de grano más grueso euhedral a subhedral, localmente zonado asociados a filosilicatos (illita/sericita) y con sulfuros intersticiales de grano medio a grueso. Cuarzo drusiforme tapiza espacios abiertos en pulsos previos y forma venillas con textura en peine. La sericita/illita rellena huecos y forma agregados con hábito fibroso radial (Fig. 4.6 c, d, e, f).

Al microscopio se identificaron pirita, calcopirita y molibdenita con texturas botroidal a coloformes asociadas a cuarzo microcristalino calcedónico con textura *ghost sphere* (Fig. 4.7 a, b, c, d). Intersticial al pulso de cuarzo grueso se observaron cristales de pirita gruesa euhedrales, calcopirita, esfalerita, galena, tennantita – tetraedrita, polibasita y oro.

La molibdenita es temprana, está incluida por pirita botroidal coloforme de grano fino y ésta última está parcialmente reemplazada por calcopirita con esfalerita subordinada.

Asociado a la textura de cuarzo grueso hay agregados de pirita temprana euhedral con microinclusiones de oro (3,11 μm - 9,57 μm), relleno de huecos y en los bordes de los cristales individuales (Fig. 4.8 a, b, c, d). La calcopirita se presenta en cristales anhedrales que reemplazan parcial o totalmente a la pirita a través de sus fracturas y bordes (Fig. 4.8 a, c, d, e, f). La calcopirita contiene además microinclusiones de galena y de Au (Fig. 4.8 e). La

esfalerita con textura calcopirita *disease* es intersticial a la calcopirita anhedral y localmente la reemplaza e incluye (Fig. 4.9 a, b, c). La tennantita – tetraedrita y polibasita reemplazan y rodean a los sulfuros previos (Fig. 4.9 d).

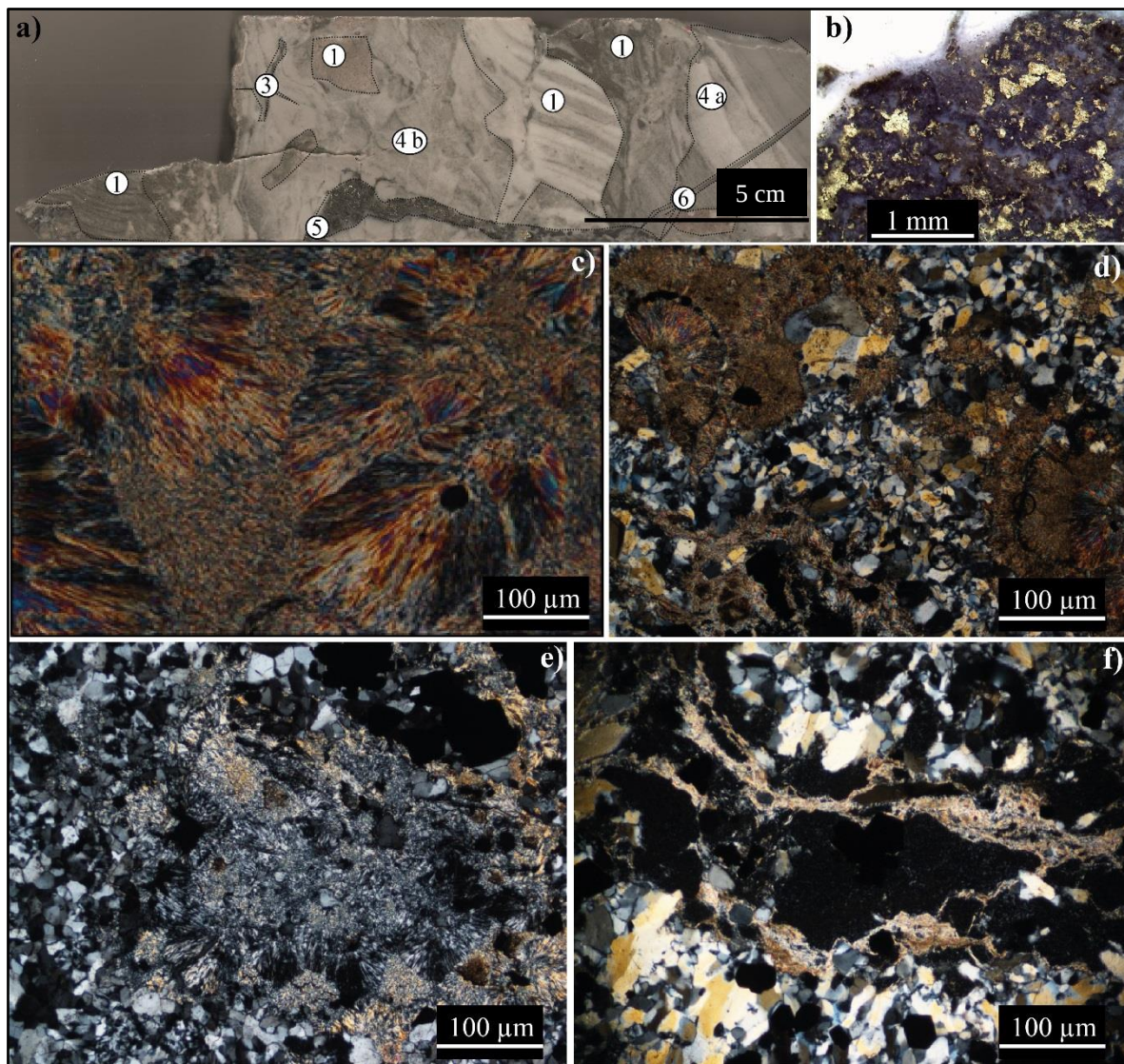


Figura 4.6. a) Muestra de mano contiene pulso 5 en venilla irregular. b) Vista lupa binocular de la venilla rellena con cuarzo microcristalino con sulfuros. c) Fotomicrografía con luz transmitida y analizador illita/sericita relleno huecos. d) Fotomicrografía con luz transmitida y analizador illita/sericita forma agregados con hábito fibroso radial. e) Fotomicrografía con luz transmitida y analizador illita/sericita formando agregados con hábito fibroso radial con sulfuros de grano medio a gruesos intersticiales. f) Fotomicrografía con luz transmitida y analizador filosilicatos en agregado relleno huecos con sulfuros intersticiales.

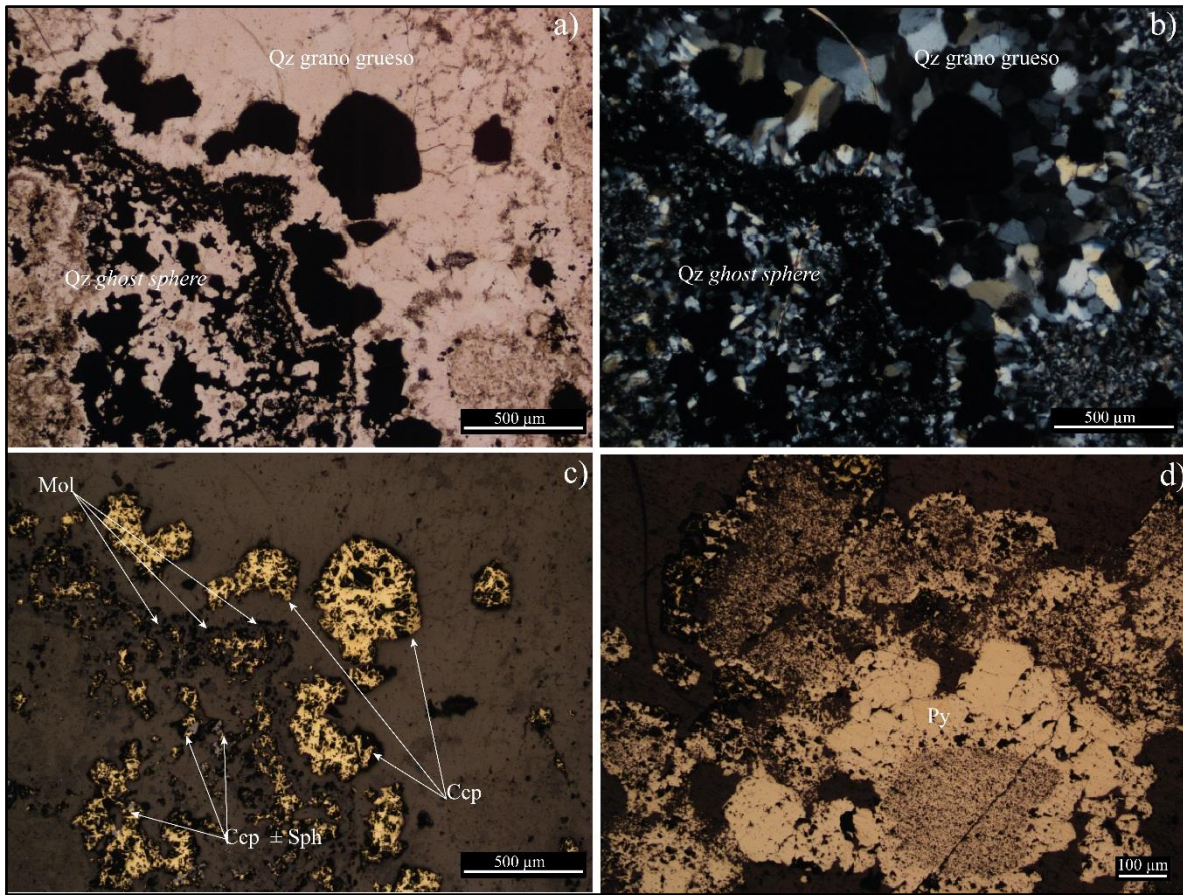


Figura 4.7 Fotomicrografías: a) Con luz transmitida y sin analizador cuarzo *ghost sphere* con sulfuros de grano fino a medio, cuarzo de grano grueso con sulfuros de grano grueso. b) Con luz transmitida y analizador, cuarzo *ghost sphere* con aspecto turbio con sulfuros de grano medio a fino, cuarzo de grano grueso con sulfuros gruesos. c) Con luz reflejada, calcopirita $\pm$ esfalerita y molibdenita de grano fino a medio, y calcopirita de grano grueso. d) Con luz reflejada pirita con textura coloforme relíctica.

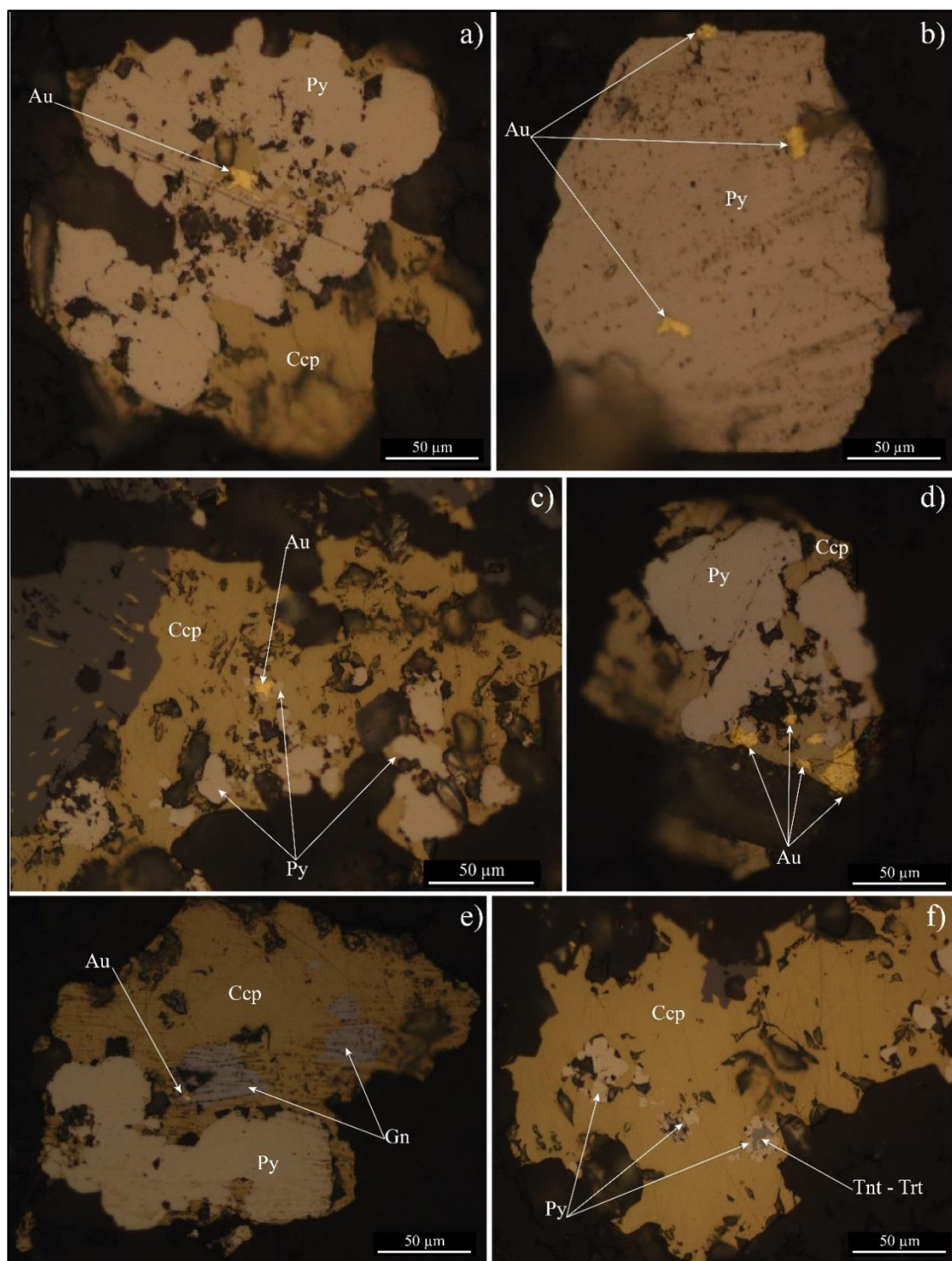


Figura 4.8. Fotomicrografías con luz reflejada: a) Piritohedro contiene microinclusión de oro (9,57µm) y calcopirita en los bordes. b) Piritita con microinclusiones de oro (5,10 µm y 4,19 µm) y oro intersticial (3,69 µm). c) Piritita con trazas de oro (7,10 µm) rodeada por calcopirita, esfalerita y calcopirita *disease*. d) Calcopirita + Piritita + oro (microinclusiones 8,75 – 3,11 µm). e) Calcopirita, piritita, galena y oro (microinclusión). F) Piritita con trazas de tetraedrita – tennantita. (20 µm) y rodeando se encuentra calcopirita y esfalerita.

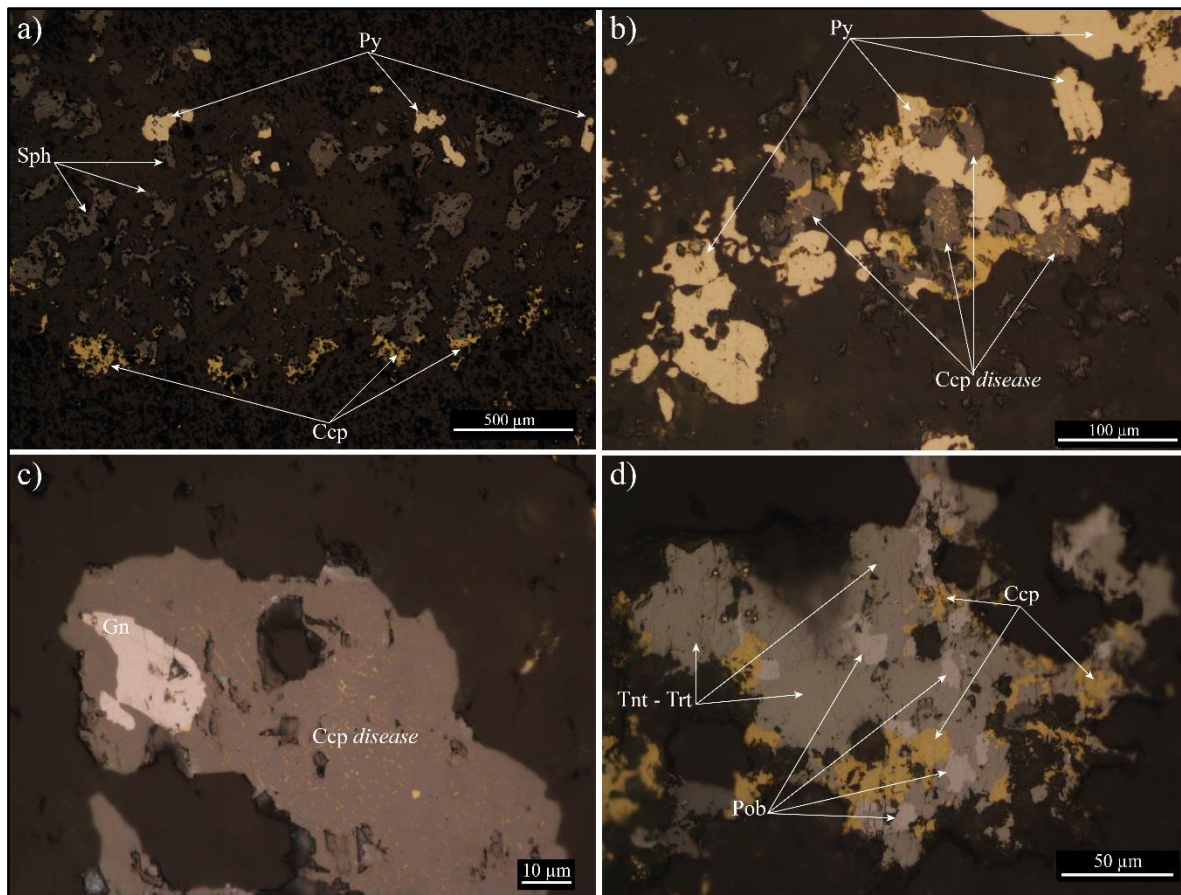


Figura 4.9. Fotomicrografías con luz reflejada: a) Sulfuros gruesos, esfalerita, calcopirita, pirita, calcopirita *disease*. b) Pirita reemplazada por esfalerita y calcopirita *disease*. c) Calcopirita *disease* con microinclusión de galena (30 µm). d) Calcopirita ± tennantita – tetraedrita ± polibasita, muestra LPR-618-174 sondaje R-D16-32.

Pulso 6. Este pulso se identifica en la mayoría de las muestras descriptas en los tres sondajes consiste en un cuarzo estéril cristalino de grano medio a grueso con textura masiva, en peine, localmente con textura drusiforme. Forma venillas milimétricas que corta a todos los pulsos previos (Figs. 4.3 a, c; 4.4 a; 4.5 a, b; 4.6 a).

Pulso 7. Este pulso se identificó en muestras macroscópicas en los tres sondajes a 69 m s.n.m. en el sondaje R-D16-36, a 73 m s.n.m. en el sondaje R-D16-32 y a 27 m s.n.m. en el sondaje R-D16-12. Consiste en fluorita de variedades violeta, incolora y posterior fluorita de color caramelo como cemento en brechas hidrotermales (Fig. 4.10 a, b).

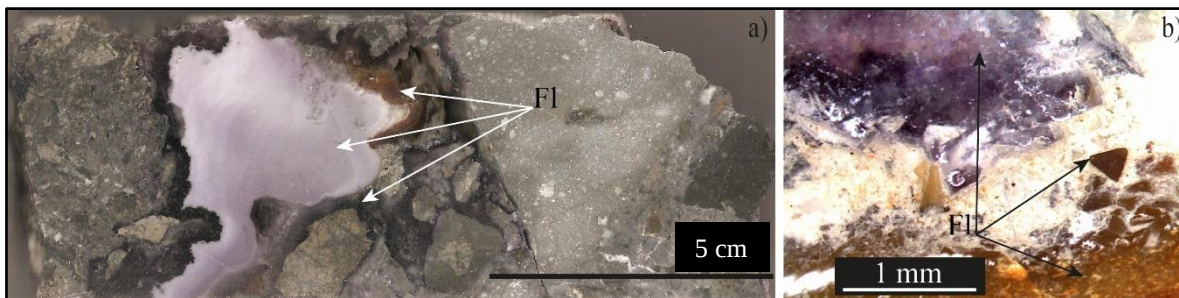


Figura 4.10. a) muestra macroscópica con fluorita de variedad violeta, incolora y caramelo cementando brechas hidrotermales. Muestra LPR-618-194 sondaje R-D16-36. b) c) Vista lupa binocular fluorita de variedad violeta, incolora y caramelo.

Pulso 8. Este pulso se reconoció en una sola muestra a 73 m s.n.m. Consiste en carbonatos de color blanco con tonos anaranjados y marrones, posiblemente dolomita/siderita que brecha los pulsos previos y rellena huecos (Fig. 4.11 a, b).

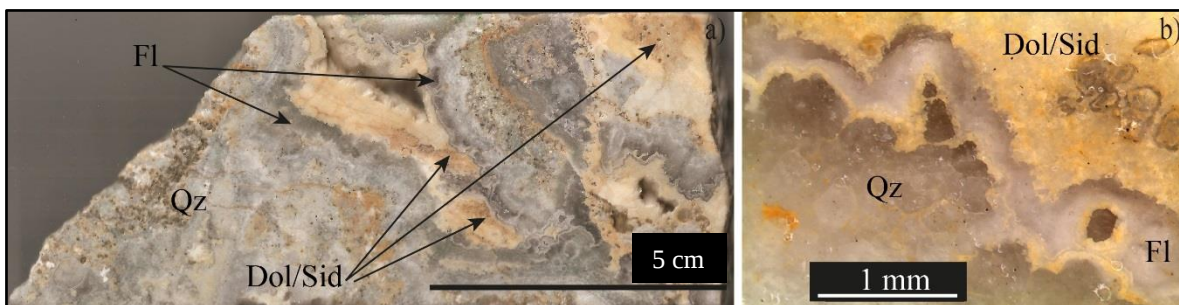


Figura 4.11. a) Muestra macroscópica carbonato de color beige cubriendo la fluorita, muestra LPR -618-172 sondaje R-D16-32. b) Vista lupa binocular carbonato beige cubre la fluorita y rellena huecos o espacios.

4.4 DISCUSIÓN

4.4.1 Correlación entre metales y su distribución en la Veta Rocío

La zonificación vertical y lateral de los metales es una característica común de los depósitos epitermales. La distribución y zonificación de los metales en los depósitos minerales puede ayudar a determinar las vías de migración de los fluidos y las condiciones fisicoquímicas del transporte y la precipitación de metales. Los metales preciosos en sistemas de baja sulfuración son más abundantes a poca profundidad, con una transición a mayores contenidos

de metales base a medida que aumenta la profundidad en respuesta a la evolución de las condiciones fisicoquímicas (Clark y Gemmell, 2018).

En la Veta Rocío el Au tiende a presentarse a niveles someros (120 – 150 m s.n.m.) en el sector central de la veta. La distribución de la Ag coincide parcialmente con los mayores valores de Sb/As, Mo y Pb en la zona central de la veta. En la matriz de correlación de Pearson se registran correlaciones altas entre estos elementos.

Al analizar la población de datos geoquímicos, la correlación positiva alta del Au con Ag, Cd, Zn, Cu, Se y Mo podría obedecer a que el pulso 5 enriquecido en Au es portador de esfalerita, calcopirita y molibdenita. La correlación positiva alta de Ag con Mo, Pb, Sb, Se y Cu es consistente con la presencia de molibdenita, tetraedrita, calcopirita y polibasita en el pulso 5, y la correlación positiva alta entre Cu y Zn con la presencia de esfalerita con calcopirita *disease* en este mismo pulso. La correlación positiva alta entre Sb con Mo, Pb, Se, Ag y Te indicaría la presencia de trazas de Se asociado a molibdenita, galena, polibasita en el pulso 5. La correlación alta a perfecta entre Cd y Zn indicaría la presencia de Cd en la estructura de la esfalerita. La correlación positiva alta entre Co, Ni y Fe posiblemente corresponda a la sustitución de Fe por estos elementos en la pirita y/o calcopirita.

Los clavos de alta ley de todos los elementos (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn y Sb/As) y de las zonas de mayor espesor tienen mayor desarrollo en el sector central de la veta. En este sector, en las zonas profundas se distribuyen principalmente los elementos Ag, Cu, Mo y Pb, y en las zonas someras los elementos Au y Zn. En el sector norte solo se observaron clavos pequeños y aislados subsuperficiales de Cu, Mo, Pb y Zn, los cuales se correlacionan parcialmente. Mientras que en el sector sur solo se observaron dos clavos muy pequeños de Au que coinciden con las zonas de mayor espesor y el resto de los elementos están ausentes o en muy bajas concentraciones.

El Au presenta una clara distribución en la zona central de la veta y a profundidad somera (120 m s.n.m.). Este comportamiento podría haber obedecido a una disolución de los sulfuros y sulfosales durante la alteración supergénica y liberando el Au (Thornber, 1985).

Las relaciones entre metales preciosos y metales base indican que los metales base son menos solubles precipitan de los fluidos a mayores temperaturas (Buchanan, 1981; Hedenquist et

al., 2000; Simmons et al., 2005). Los metales base se concentran en las partes más profundas de la veta. Mientras que el Au y la Ag muestran una distribución más amplia en las zonas superficiales. La Ag también forma clavos pequeños en zonas profundas donde coincide parcialmente con otros metales base (Cu, Mo, Pb, Zn). El Zn también se encuentra en zonas superficiales en el sector centro y centro – sur debido a que este elemento puede permanecer en solución y precipitar a menores temperaturas (Hemley y Hunt, 1992).

La alta correlación geoquímica entre Ag, Sb y Se (Tabla 4.2) y la identificación de polibasita en el pulso 5 (Fig. 4.9 d) podría corresponder a una polibasita rica en selenio. Marquéz – Zavalía et al. (2008) caracterizan polibasita con contenido en selenio asociada con galena, calcopirita, esfalerita, tetraedrita, electrum y cuarzo en mina Martha, y señalan que el contenido de cobre en minerales del grupo pearceita – polibasita puede ser muy bajo en presencia de selenio. Por otra parte, Permuy et al. (2013) describen sulfuros y sulfosales de plata portadoras de selenio en el depósito epitermal Au – Ag Cerro Negro, Macizo del Deseado, incluyendo minerales de la serie polibasita – pearceita, pirargirita y acantita portadores de selenio. La presencia de selenio en depósitos epitermales de alta ley de oro y plata es relativamente frecuente. En el distrito Cerro Negro este elemento se puede encontrar en dos tipos de mineralogía: como seleniuros de oro y plata (ej: naumanita y aguilarita), o incorporado en sulfosales de plata (tetraedrita, polibasita, etc.). Estas dos paragénesis suelen ser mutuamente excluyentes (Cocker y Mauk, 2013). La presencia de selenio incorporado en las sulfosales de plata se relacionaría a depósitos vinculados a un vulcanismo de tipo andesítico (John, 2001). En este sentido, las rocas de caja de las vetas estudiadas, principalmente de composiciones andesíticas, concuerdan con la paragénesis mineral encontrada, lo que permite relacionar este tipo de vulcanismo con la génesis de los fluidos hidrotermales que dieron lugar a los minerales portadores de selenio asociados a altas leyes de oro y plata (Permuy et al., 2013).

Las edades Re/Os ($169,72 \pm 0,88$ Ma) en molibdenita de la Veta Sulfuro y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ($168,48 \pm 1,21$ Ma) en illita producto de la alteración hidrotermal en la roca de caja, obtenidas por Fernández (2022), permitió restringir la actividad hidrotermal que da inicio al relleno de la veta Sulfuro al Jurásico Medio (Fernández, 2022.). Por otro lado, las andesitas de la Formación Bajo Pobre fueron datadas por Guido et al. (2006) y Tessone et al. (1999) y

arrojaron una edad de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 177 ± 4 Ma y de Rb/Sr 173 ± 8 Ma respectivamente. Estas edades permiten especular una relación temporal y espacial entre la mineralización y el magmatismo andesítico de la Formación Bajo Pobre.

4.4.2 Texturas de cuarzo identificadas en la Veta Rocío

Las texturas de cuarzo permiten inferir las condiciones del fluido hidrotermal que dio origen al depósito. En la Veta Rocío se reconocieron texturas primarias de relleno (masivo, calcedónico, coloforme, zonado, en peine y drusiforme), texturas de recristalización (mosaico y *ghost – sphere*) y texturas de reemplazo (*lattice – bladed*). La paragénesis consiste en ocho pulsos determinados en base a las características texturales, mineralógicas y sus relaciones de corte observados en muestras macro y microscópicas.

El primer pulso, consiste en la silicificación de la roca de caja con cuarzo masivo y pirita. Mientras que el segundo pulso presenta texturas que indicarían condiciones de ebullición (Dong et al., 1995; Moncada et al., 2012). La textura *lattice bladed* se produce por el reemplazo de la calcita reticular por cuarzo. Simmons y Christenson (1994) describieron una estrecha asociación entre la textura *lattice bladed* y la ebullición en sistemas geotermales y atribuyen esta morfología al rápido crecimiento de la calcita a medida que el dióxido de carbono se separa a la fase de vapor durante la ebullición. La adularia que se identifica presenta una morfología rómbica, lo cual implica condiciones de cristalización rápida (Dong et al., 1995b). Tanto la evidencia de campo como de las condiciones de formación deducidas sugieren que la presencia de adularia rómbica es un buen indicador de ebullición (Dong et al., 1995b). En la etapa inicial del sistema la ebullición es uno de los principales mecanismos que causan la precipitación de los metales en depósitos epitermales (Hedenquist et al., 2000; Simmons et al., 2005)

El tercer pulso, consiste en cuarzo de grano fino con textura mosaico que contiene molibdenita $\pm$ calcopirita. La textura en mosaico de grano fino indicaría la recristalización a partir de sílice amorfa a temperaturas $>180^\circ\text{C}$ (Dong et al., 1995).

El cuarto pulso (4a y 4b), se caracteriza por la presencia de cuarzo microcristalino con aspecto calcedónico con texturas bandeadas coloforme – costriforme y masiva, y al microscopio presenta texturas en mosaico. La depositación de sílice amorfa o geles de sílice requiere altos

grados de sobresaturación de sílice y generalmente indica un enfriamiento rápido que refleja cambios grandes y rápidos en la naturaleza física o química de los fluidos y afectan a la capacidad de una solución para transportar elementos (Dong et al., 1995).

Este enfriamiento rápido puede ser el resultado de un rápido ascenso del fluido, que no permiten que la sílice precipite durante el ascenso, el fluido se enfría a temperaturas menores de 100°C, se sobresatura en sílice y precipita sílice amorfa y/o calcedonia.

A mayores temperaturas próximas a 220°C un fluido para depositar sílice amorfa tiene que tener una concentración de 1070 ppm, para sobresaturarse y precipitar sílice amorfa. Esta concentración sólo se alcanza cuando el fluido entra en ebullición, es decir, cuando la pérdida de presión y agua a la fase vapor provocando la sobresaturación del fluido en sílice amorfa y rápida depositación del gel silícico en profundidad (Dong et al., 1995; Moncada et al., 2012). Es decir, que la presencia de texturas de cuarzo heredadas de un silica gel, es un buen indicador de ebullición en el ambiente epitermal (Dong et al., 1995; Moncada et al., 2012).

El quinto pulso, comienza con desarrollo de textura en mosaico y localmente *ghost – sphere* portador de pirita, calcopirita y molibdenita, que grada a cuarzo cristalino de grano más grueso euhedral a subhedral, localmente zonado asociado a filosilicatos y con sulfuros gruesos, pirita gruesa, calcopirita, esfalerita, galena, tennantita – tetraedrita, polibasita y oro. La textura *ghost – sphere* se deposita a partir de sílice amorfa coloidal. Presenta la característica distribución esférica de impurezas dentro de las fases de sílice. La *textura ghost – sphere* puede evolucionar gradualmente a una textura mosaico, donde las impurezas se eliminan gradualmente y los límites cristalinos se interpenetran (Dong et al., 1995). Ambas, tal como se explicó anteriormente son indicadoras de ebullición. Según Dong et al., (1995) y Moncada et al., (2012) la textura cuarzo zonado implica entornos ligeramente fluctuantes durante el crecimiento del cristal, marcados por zonas de inclusiones fluidas y/o sólidas en el cristal (Dong et al., 1995). Esto indicaría que el comienzo de este pulso estuvo marcado por un proceso de ebullición que posiblemente dio lugar a la desestabilización de los complejos que transportan los metales y la subsecuente precipitación de sulfuros junto con cuarzo con texturas *ghost sphere* y mosaico, los cuales continuaron precipitando hacia las etapas finales de este pulso a partir de fluidos apenas sobresaturadas en sílice en condiciones estables y relativamente lentas hasta que el fluido estuvo exhausto en metales.

El sexto pulso de relleno consiste en cuarzo estéril cristalino de grano grueso con texturas masiva, en peine y drusiforme que precipita a partir de fluidos estables. De acuerdo a Dong et al. (1995) y Moncada et al. (2012), la textura en peine o *comb* es una textura primaria que se forma en espacios abiertos a partir de una solución hidrotermal ligeramente sobresaturada en sílice, debido a un enfriamiento lento del fluido hidrotermal y al crecimiento uniforme de múltiples cristales a lo largo de la pared de la veta (Dong et al., 1995).

4.4.3 Correlación de los pulsos mineralizantes de la Veta Rocío con trabajos previos y con la Veta Sulfuro

En el presente trabajo se describen ocho pulsos de relleno de la veta, dos de los cuales son portadores de la mineralización aurífera y de metales base (pulso tres y pulso cinco) que se puede correlacionar con los descritos en el informe técnico de Arranz (2013) dónde se reconocen cinco pulsos en la Veta Rocío, y con los pulsos descritos en la Veta Sulfuro por Fernández (2022).

El pulso dos correspondiente a la Veta Rocío consiste en cuarzo textura *lattice bladed* y adularia rómbica, se correlaciona con el pulso uno de la Veta Sulfuro descrito por Fernández (2022).

El pulso tres consiste en cuarzo $\pm$ molibdenita se presenta en forma de bandas y como cemento en brechas hidrotermales. En la Veta Sulfuro corresponde al pulso tres descrito por Fernández (2022) y se observa en bandas y clastos de molibdenita y en venillas.

El pulso cuatro correspondiente a la Veta Rocío contiene cuarzo calcedónico con texturas coloforne – costriforme, masiva y contiene fragmentos de la banda de molibdenita, sulfuros, se correlaciona con el pulso dos descrito por Arranz (2013). En la Veta Sulfuro el pulso cuatro descrito por Fernández (2022) que consiste en cuarzo cristalino fino textura masiva en muestra de mano, contiene fragmentos de molibdenita y cristales de piritas diseminados.

El pulso cinco de este trabajo consiste en cuarzo microcristalino en mosaico, localmente *ghost sphere*, cuarzo cristalino grano grueso, zonado asociado a filosilicatos, hay sulfuros, sulfosales y elementos nativos, podría corresponder al pulso cuatro descrito por Arranz

(2013). También, se puede correlacionar con el pulso ocho de la Veta Sulfuro (Fernández, 2022) que contiene similitudes en las texturas de cuarzo, en los sulfuros y sulfosales.

El pulso seis consiste en cuarzo cristalino estéril de grano grueso con textura masiva, en peine y drusiforme, forma venillas que cortan los pulsos anteriores, correspondería al pulso cinco descrito por Arranz (2013).

El pulso siete consiste en fluorita de variedad violeta, incolora y caramelo. Se puede correlacionar con el pulso seis descrito por Arranz (2013) para la Veta Rocío. En la Veta Sulfuro corresponde al pulso diez descrito por Fernández (2022).

El pulso ocho consiste en carbonato dolomita/siderita. Se puede correlacionar con el pulso seis descrito por Arranz (2013) para la Veta Rocío, aquí engloba venillas y espacios rellenos por fluorita y carbonatos. En la Veta Sulfuro corresponde al pulso once descrito por Fernández (2022), el cual consiste en dolomita, calcita y siderita como relleno tardío de la veta y forma venillas tardías.

CAPÍTULO 5

ALTERACIÓN HIDROTERMAL DE LA ROCA DE CAJA

5.1 INTRODUCCIÓN

La alteración hidrotermal de las rocas refleja la interacción de las rocas con un fluido, generalmente dominado por agua, a temperaturas que varían de templadas ($<100^{\circ}\text{C}$) a altas ($>500^{\circ}\text{C}$) (Thompson et al., 1996). Esta alteración se documenta a través de los cambios mineralógicos que se dan en las rocas por donde circularon los fluidos hidrotermales (Thompson et al., 1996). Por lo tanto, la mineralogía de la alteración hidrotermal y su distribución proporcionan información valiosa para vectorizar y caracterizar el fluido hidrotermal (Thompson et al., 1996).

En el presente capítulo se identifican los minerales hidrotermales de las rocas volcánicas alteradas que hospedan la veta Rocío.

5.2 METODOLOGÍA

Para identificar la alteración hidrotermal de las rocas de caja de la veta Rocío se describieron los testigos corona de los sondeos facilitados por la empresa Minera Don Nicolás S.A. Se seleccionaron cuatro muestras correspondientes al sondeo R-D16-36 ubicado en la sección Rocío 475926mN 60NE.

Se describieron los testigos corona con lupa binocular. Se analizaron secciones delgadas con microscopio petrográfico con luz transmitida y reflejada del laboratorio de la Universidad Nacional del Comahue. Este método permitió identificar los principales minerales secundarios y relaciones paragenéticas.

Se seleccionaron cuatro muestras de testigos corona correspondientes dos a la roca de caja y dos al relleno de la veta Rocío, se analizó por difracción de rayos X sobre muestra total y fracción arcilla ($<2\ \mu\text{m}$) en los laboratorios del Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad Nacional de Río Negro. Para el análisis de roca total, los trozos de rocas fueron

disgregados, cuarteados y molidos (2 g) en mortero de ágata pasante tamiz 200 y se montaron en un porta muestras para su análisis con el equipo de difracción de rayos X de 2° a 70° 2θ Rigaku SmartLab 3kW del Instituto de Paleobiología y Geología de la Universidad Nacional de Río Negro.

Para el análisis de minerales arcillosos (fracción <2 μm) las muestras fueron desagregadas, tratadas con ácido, y agitación mecánica. Luego, del lavado, se realizó el centrifugado y/o decantación de la fracción <2 μm y depositados como una delgada película sobre un portaobjeto de vidrio. Posteriormente se secaron a temperatura ambiente (seca al aire) se sometieron a vapores de etilenglicol durante 72 horas a 60°C y se calcinaron las muestras en una mufla a 550°C.

5.3 RESULTADOS

De las cuatro muestras analizadas, dos muestras corresponden a la roca de caja distal a la veta Rocío (andesita 1), una al sector proximal, en contacto con la veta y una muestra corresponde al relleno de la veta Rocío (Fig. 3.9). A continuación, se describen los minerales de alteración que se identificaron.

5.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

5.3.1.1 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DE LA ROCA DE CAJA DISTAL A LA VETA ROCÍO

Para identificar los minerales de alteración hidrotermal en la roca de caja distal a la Veta Rocío se seleccionaron dos muestras corresponden a la andesita 1, la muestra LPR-618-197 ubicada a 64 m s.n.m. y la muestra LPR-618-187 ubicada a 117 m s.n.m.

En la muestra macroscópica LPR-618-197 se identificó clorita producto de alteración de minerales máficos (Fig. 5.1 a). El carbonato y la pirita (Fig. 5.1 b) se identificaron rellenando venillas. En la muestra macroscópica LPR-618-187 se identificaron los siguientes minerales: clorita, carbonato y pirita

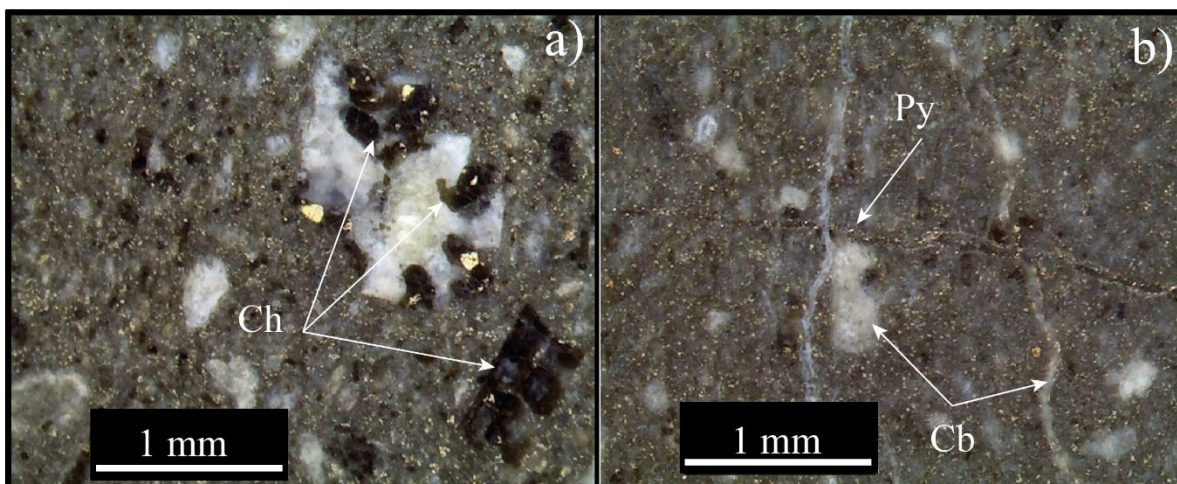


Figura 5.1. Vista a lupa binocular de andesita 1. Referencias: Cb – carbonato; Ch – clorita; Py – pirita.

Resultados difracción de rayos X

En la muestra LPR-618-197, el difractograma de roca total (RT) se identifican los siguientes minerales de alteración por orden de abundancia: cuarzo, clorita, calcita, epidoto, esmectita y pirita. También, se identificó titanomagnetita (Fig. 5.2).

El difractograma de la muestra LPR-618-187 andesita 1 roca total (RT) se identificaron los siguientes minerales de alteración por orden de abundancia: cuarzo, clorita, calcita, albita, esmectita y pirita (Fig. 5.3).

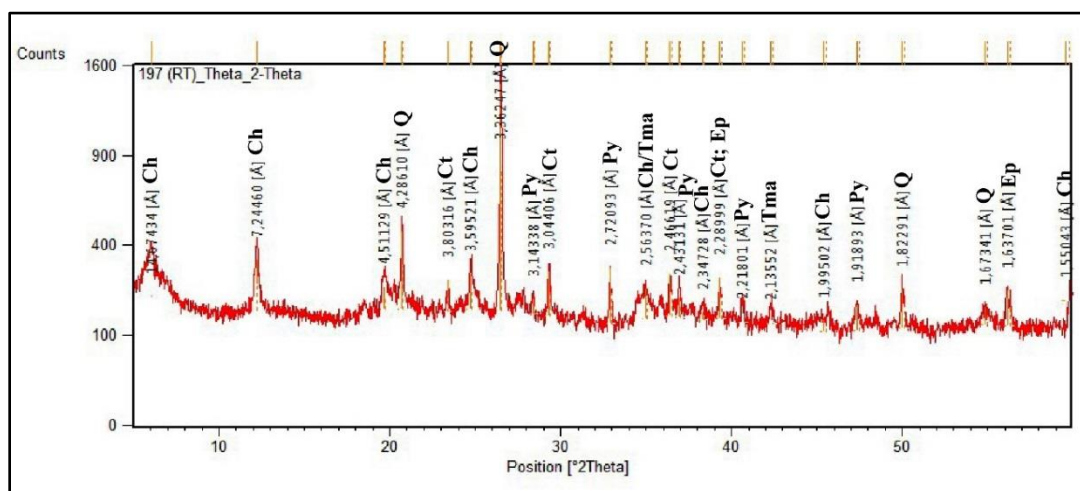


Figura 5.2. Difractograma roca total correspondiente a muestra LPR-618-197. Referencias: Ct – calcita; Ch – clorita; Ep – epidoto; Py – pirita; Q – cuarzo; Tma – titanomagnetita.

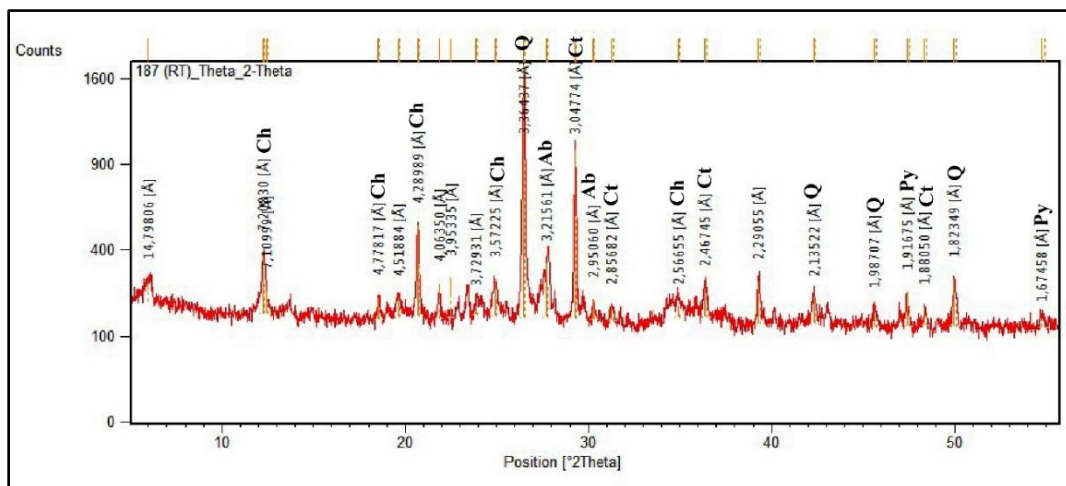


Figura 5.3. Difractograma roca total correspondiente a muestra LPR-618-187. Referencias: Ab – albita; Ct – calcita; Ch – clorita; Py – pirita; Q – cuarzo.

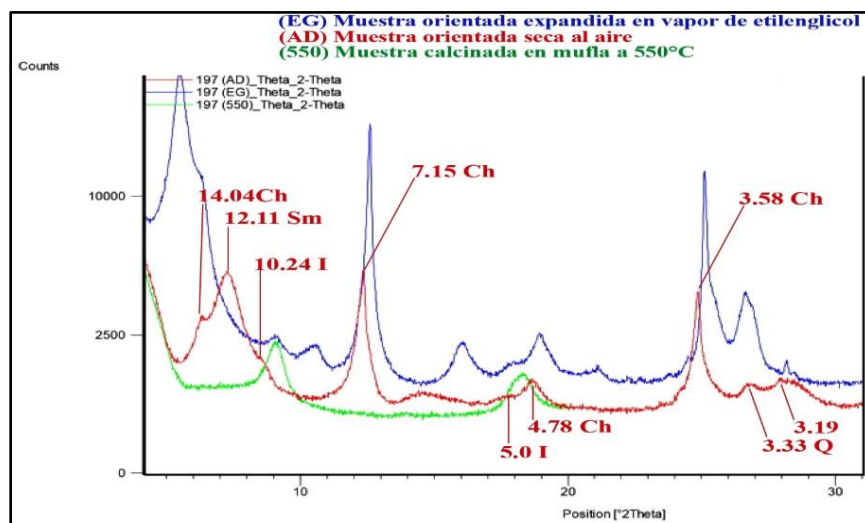


Fig. 5.4. Difractograma de la muestra LPR-618-197 orientada expandida en vapor de etilenglicol (EG), orientada seca al aire (AD) y calcinada a 550°C (550). Referencias: Ch – clorita; I – illita; Q – cuarzo; Sm – esmectita.

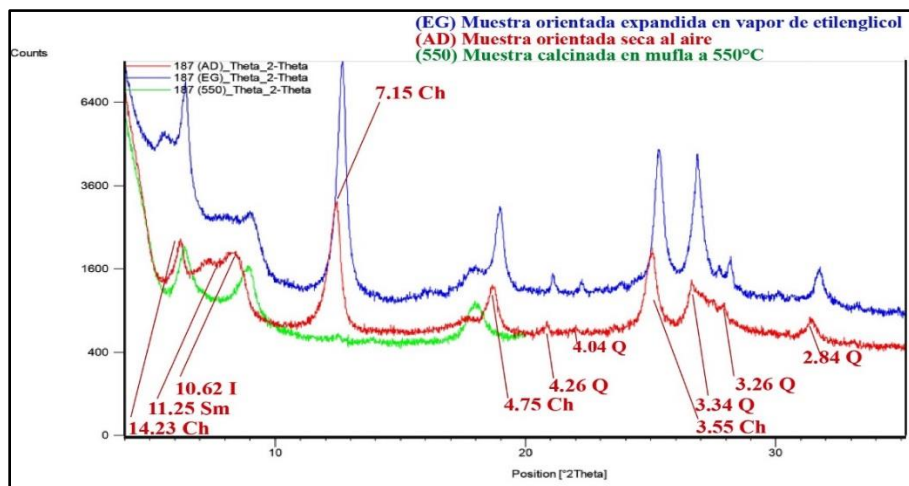


Figura 5.5. Difractograma de la muestra LPR-618-187 orientada expandida en vapor de etilenglicol (EG), orientada seca al aire (AD) y calcinada a 550°C (550). Referencias: Ch – clorita; I – illita; Q – cuarzo, Sm – esmectita.

Minerales no arcillosos

En los preparados de roca total de ambas muestras se identificaron cuarzo, feldespatos, minerales arcillosos, epidoto y carbonatos además de titanomagnetita y piritita.

El cuarzo se identificó por sus reflexiones 3.34 Å, 4.04 Å, 4.26 Å 2.84 Å. Se reconoció albita por sus reflexiones 3.21 Å y 2.95 Å, la calcita por las reflexiones 3.80 Å, 3.04 Å, 2.46 Å, 2.28 Å. El epidoto fue reconocido por las reflexiones 2.28 Å, 1.63 Å. Piritita por las reflexiones 3.14 Å, 2.72 Å, 2.43 Å, 2.21 Å, 1.91 Å, 1.67 Å, la titanomagnetita se identifica por la reflexión 2.13 Å.

Minerales reconocidos en la fracción menor a 2 micrones

Se reconocieron clorita, illita, clorita y esmectita (Figs.5.4; 5.5). La clorita se identificó en ambas muestras por la presencia de las reflexiones 14.04 Å, 7.15 Å, 4.78 Å, 3.58 Å.

La illita se reconoció en ambas muestras por sus reflexiones 10.24 Å y 5.0 Å en AD y en EG. La esmectita se reconoció por la reflexión aproximada a 12 Å, que expande a 16 Å luego de glicolar (Figs. 5.4; 5.5).

5.3.1.2 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DE LA ROCA DE CAJA PRÓXIMAL O EN CONTACTO CON A LA VETA ROCÍO

Para identificar los minerales de alteración hidrotermal en la roca de caja proximal a la Veta Rocío se seleccionó la muestra LPR-618-195 ubicada a una profundidad de 67,05 m s.n.m y en contacto con la veta.

En la muestra LPR-618-195, al microscopio en el fragmento de andesita en contacto con la veta, se identificaron fenocristales de feldspatos alterados a sericita en el halo de alteración de una venilla de molibdenita (Fig. 5.6 a.b.c,d), también, se observó agregados radiales de illita (Fig. 5.6 e) e interestratificados illita-esmectita rellenando huecos (Fig. 5.6 f, g).

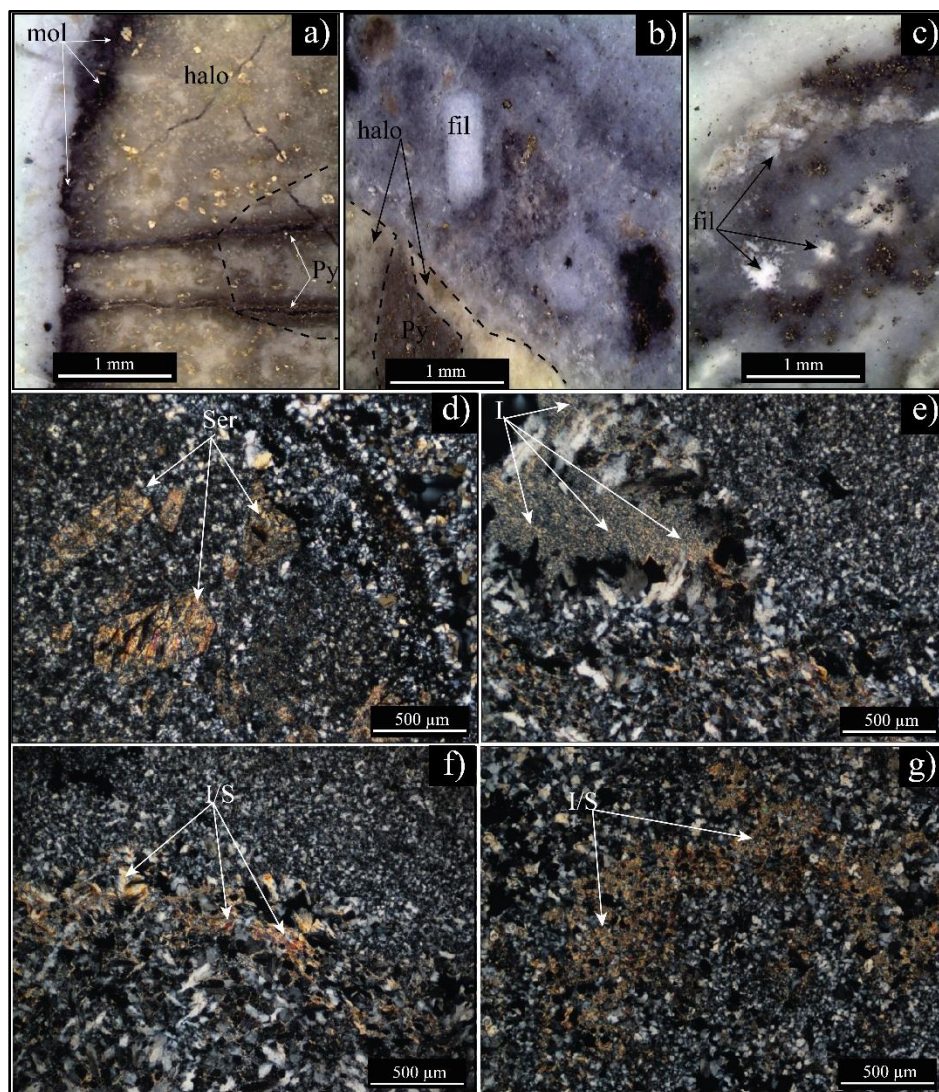


Figura 5.6. Muestra LPR-618-195. a) lupa binocular, fragmentos de andesita de relleno en la veta, con halo de alteración en contacto con molibdenita y pirita en venillas. b) Vista lupa binocular, fragmento de andesita de relleno en la veta, con halo de alteración en los bordes, feldespatos alterados a filosilicatos. c) Filosilicatos alterando al fragmento de la roca de caja. Fotomicrografía con luz transmitida: d) Dentro del halo de alteración se identificó feldespatos alterados a sericita. e) Illita forma agregados radiales f) Interstratificados illita- esmectita relleno huecos. g) Interstratificados illita- esmectita relleno huecos.

Resultados difracción de rayos X

En el difractograma de roca total (RT) de muestra LPR-618-195 se identificaron los siguientes minerales por orden de abundancia: cuarzo, albita y pirita (Fig. 5.7).

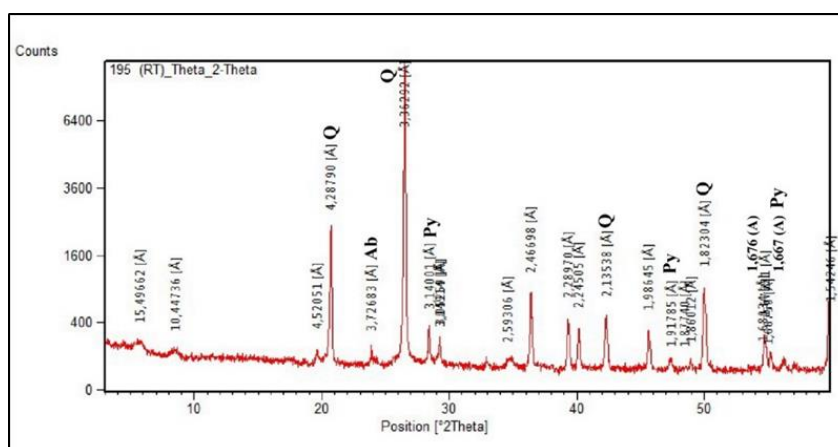


Figura 5.7. Difractograma de la muestra LPR-618-195 roca total (RT). Referencias: Ab – albita; Py – pirita; Q – cuarzo.

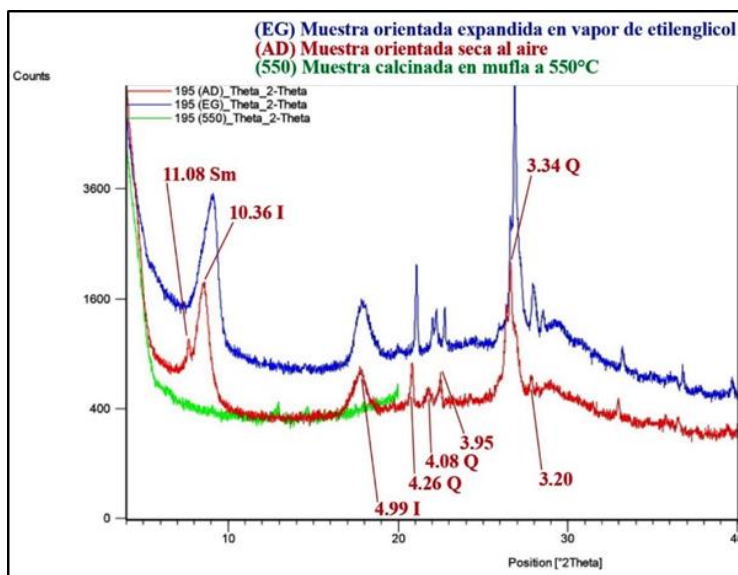


Figura 5.8. Difractograma de muestra LPR-618-195 muestra orientada expandida en vapor de etilenglicol (EG); muestra orientada seca al aire (AD); muestra calcinada a 550°C (550). Referencias: I – illita; Q – cuarzo; Sm – esmectita.

En el difractograma compuesto por los resultados de la muestra secada al aire (AD), muestra saturada en etilenglicol (EG) y muestra calcinada a 550°C (Fig. 5.8) se identifican los grupos minerales que se describen a continuación.

Minerales no arcillosos

Se identificaron cuarzo, feldespatos y pirita.

El cuarzo se identificó por sus reflexiones 3.35 Å, 4.27 Å. Se reconoció albita por su reflexión 3.71 Å y Pirita.

Minerales reconocidos en la fracción menor a 2 micrones

Se reconocieron, illita y esmectita (Fig. 5.8). La illita se reconoció por sus reflexiones 10.36 Å y 4.99 Å en AD y en EG.

La esmectita se reconoce en la reflexión 11.08 Å que se expanden a 16 Å al glicolar (Fig. 5.8).

5.3.1.3 MINERALES HIDROTERMALES QUE RELLENAN LA VETA ROCÍO

Para identificar los minerales hidrotermales que rellenan la Veta Rocío se seleccionó la muestra LPR-618-194 ubicada a una profundidad de 69,41 m s.n.m.

Al microscopio se identifican sericita (Fig. 5.9 a) posible interestratificado illita –(Fig. 5.9 b) posible esmectita relleno huecos (Fig. 5.9 c) y mineral tabular sin identificar (Fig. 5.9 d).

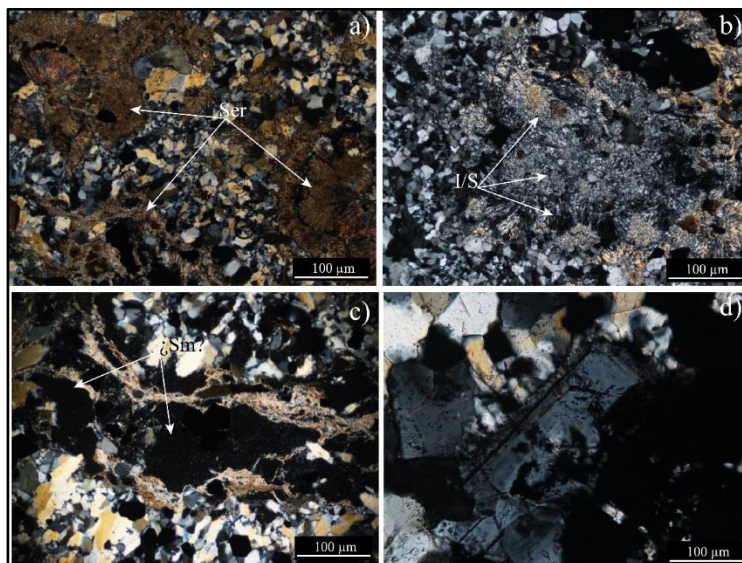


Figura 5.9. Fotomicrografías con luz transmitida muestra LPR-618-194. a) Sericita. b) Interestratificados illita –(I/S). c) posible esmectita relleno de huecos. d) Mineral tabular sin identificar.

Resultados difracción de rayos X

En el difractograma de roca total (RT) de muestra LPR-618-194 se identificaron los siguientes minerales por orden de abundancia: cuarzo y pirlita (Fig. 5.10).

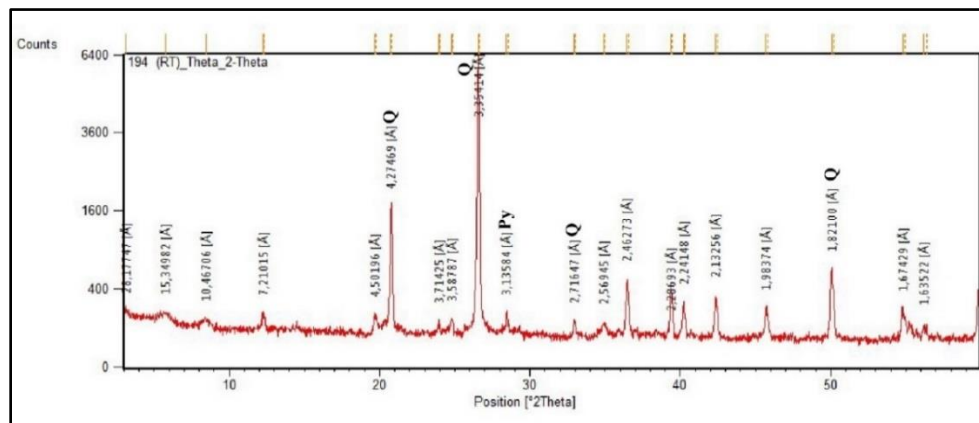


Figura 5.10. Difractograma roca total (RT) de muestra LPR-618-194. Referencias: Py – pirlita; Q – cuarzo.

En el difractograma compuesto por los resultados de la muestra secada al aire (AD), muestra saturada en etilenglicol (EG) y muestra calcinada a 550°C (Fig.5.11) se identifican los grupos minerales que se describen a continuación.

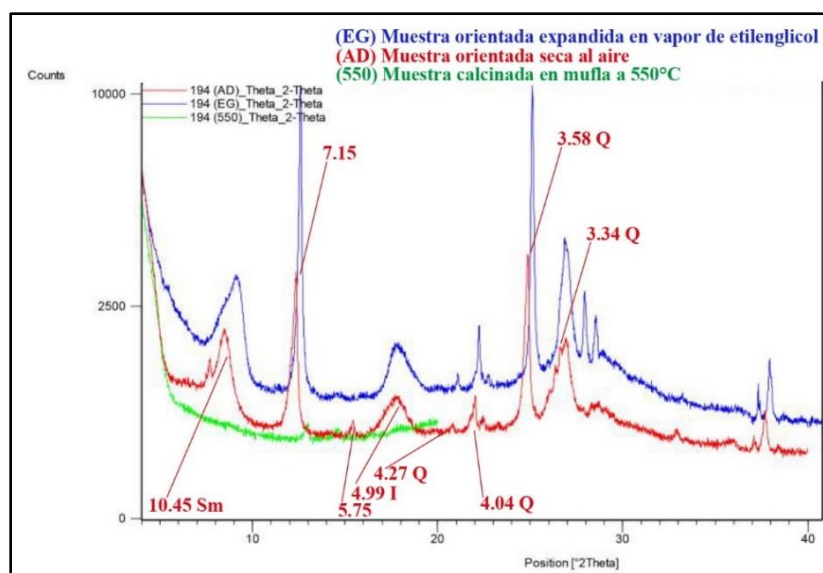


Figura 5.11. Difractograma de muestra LPR-618-194. Muestra orientada expandida en vapor de etilenglicol (EG); muestra seca al aire (AD); muestra calcinada a 550°C (550). Referencias I – illita; Q – cuarzo; Sm – esmectita.

Minerales no arcillosos

El cuarzo se identificó por sus reflexiones 3.35 Å, 4.27 Å, 2.71 Å (Fig. 5.10).

Minerales reconocidos en la fracción menor a 2 micrones

Se reconocieron, illita y esmectita (Fig.5.11). La illita se reconoció por su reflexión 4.99 Å en AD y en EG.

La esmectita se reconoció en la reflexión 10.45 Å que se expanden a 16 Å al glicolar (Fig. 5.11).

5.4 DISCUSIÓN

En sistemas geotermales, como es el caso de la veta Rocío, los halos de alteración en torno a la zona de aporte y ascenso de fluidos incluyen una gran variedad de filosilicatos que permiten estimar las condiciones de pH y temperatura de los fluidos hidrotermales (Simmons y Browne, 2000; Hedenquist et al., 2000; Simmons et al., 2005).

Se reconoció la alteración propilítica (Corbett y Leach, 1998) representada por clorita, albita, carbonato, cuarzo, esmectita y epidoto en las dos muestras más distales correspondientes a la roca de caja, esto podría representar la alteración propilítica regional relacionada con la fuente de calor magmático en distrito, previo al inicio del sistema hidrotermal de la veta Rocío y Sulfuro (Fernández, 2022).

En la zona proximal o en contacto con la veta se reconoció la alteración argílica representada por illita y esmectita, indicando disminución en el pH de los fluidos durante la mineralización (Corbett y Leach, 1998). Estos minerales de alteración serían el resultado de la interacción de los fluidos hidrotermales que rellenaron la veta, con la roca de caja.

Entre los minerales hidrotermales que acompañan al cuarzo en el relleno de la veta se reconocieron illita, y esmectita.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se resumen las conclusiones del trabajo que consistió en caracterización mineralógica y geoquímica de la veta Rocío.

6.2 LITOLOGÍAS HOSPEDANTES DE LA VETA ROCÍO

Las rocas volcánicas que hospedan a la veta Rocío corresponden a la Formación Bajo Pobre del Jurásico medio (Ar – Ar en plagioclasa 177 ± 4 Ma. Guido et al., 2006) y comprenden dos grupos litológicos: (1) lavas y rocas intrusivas y (2) brechas. En las primeras se identificaron dos tipos de andesitas y un dique andesítico. La andesita 1 presenta una textura porfírica masiva con 10% de fenocristales de feldespatos y 5% de máficos y cristales de magnetita diseminados. Los fenocristales están insertos en una pasta afanítica y algunos forman glomérulos, también presenta amígdalas. En las zonas profundas se identifica andesita 2, que se apoya en concordancia sobre andesita 1, presenta una textura porfírica masiva, con incremento en contenido de máficos y disminución en contenido de feldespatos. Contiene 7% de máficos y 1% de fenocristales de feldespatos, estos forman glomérulos y se identifica una foliación marcada y oquedades.

Se reconocieron dos tipos de brechas: ígneas monomícticas e hidrotermales. Las brechas ígneas monomícticas reconocidas contienen fragmentos de andesitas con diferente grado de alteración. Las brechas hidrotermales contienen diferentes cementos compuestos en general por carbonatos (calcita y siderita), y cuarzo.

6.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALIZACIÓN EN VETA ROCÍO

En la Veta rocío se reconocieron ocho pulsos de relleno, de los cuales dos son portadores de mineralización económica, el pulso tres y el pulso cinco. El pulso tres contiene cuarzo $\pm$ calcopirita $\pm$ molibdenita y el pulso cinco contiene pirita, molibdenita, calcopirita, pirita con microinclusiones de oro, tennantita- tetraedrita, esfalerita, galena y polibasita.

En la paragénesis de la Veta Rocío los pulsos pre – mineralización consistieron en cuarzo, con textura masiva y *lattice bladed*, presencia de piritita en los planos de estratificación en fragmentos de la roca de caja, y adularia como relleno en la veta, presentándose como cristales rómbicos en el pulso dos.

Los pulsos post – mineralización están formados por cuarzo, fluorita y carbonatos. El cuarzo presenta texturas masivas, drusiforme, de grano grueso, y en peine. Se presenta tapizando espacios abiertos por pulsos previos y rellenando venillas. Por su parte la fluorita se presenta como cemento en las brechas. En cuanto a los carbonatos invaden los pulsos anteriores, y forman venillas y cemento en las brechas.

La precipitación de los metales pudo ser iniciada por cambios bruscos en las condiciones del fluido (Simmons et al., 2005). Las brechas presentes en la Veta Rocío también son indicadores de ebullición del sistema hidrotermal (Jébrak, 1997).

Los clavos de Au de alta ley (>5 ppm Au) son aislados y los de mayor tamaño se ubican en el sector central de la veta, en zonas someras (120 – 150 m s.n.m.), mientras que en el sector sur son pequeños y aislados. Los clavos de Ag, Cu, Mo, Pb y Zn tienen mayor ley y desarrollo en el sector central de la veta y en zonas profundas (50 – 100 m s.n.m.). En el sector norte los clavos de Mo, Pb y Zn son pequeños y aislados. Los clavos de Mo se ubican entre 80 – 120 m s.n.m. mientras que los clavos de Pb y Zn se ubican entre 100 – 140 m s.n.m.

De acuerdo a los pulsos mineralizantes, la veta Rocío pertenece a un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

La alteración hidrotermal de la roca de caja muestra que los primeros minerales hidrotermales (clorita, epidoto) pudieron haberse formado a partir de fluidos con cloruros, de pH neutro y a temperaturas comprendidas entre 350 y 220°C. Las muestras más alejadas de la veta se reconoce la alteración propilítica (Corbett y Leach, 1998) representada por clorita, albita y epidoto. En las zonas proximales a la veta se reconoció la alteración argílica representada por illita y esmectita. Los minerales hidrotermales que rellenan la veta predominan el cuarzo, illita-sericita y esmectita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archangelsky, S., y Cuneo, R. (1984). Zonación del Pérmico continental Argentino sobre la base de sus plantas fósiles. III Congreso Latinoamericano de Paleontología, 143 – 153.
- Archangelsky, S. (1967). Estudio de la Formación Baqueró, Cretácico inferior de Santa Cruz, Argentina. Rev. Museo de La Plata, Paleontología 5, 63-171.
- Arranz, J. (2013). Paragénesis de las vetas Sulfuro y Rocío – Prospecto La Paloma – Proyecto Don Nicolás. Minera IRL Patagonia S.A. Informe técnico inédito.
- Arrondo, O. (1972). Estudio geológico y paleontológico de la zona de la Estancia La Juanita y alrededores, provincia de Santa Cruz, Argentina. Revista Museo de La Plata, Paleontología 7, 1 – 194.
- Bertels, A. (1970). Sobre el “Piso Patagoniano” y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia austral (República Argentina). Revista de la Asociación Geológica Argentina 25 (4): 495-501.
- Buchanan, L. (1981). Precious-metal deposits associated with volcanic environments in the Southwest. En: Dickinson, W.R. and Payne, W.D. (eds.), Relations of tectonics to ore deposits in the Southern Cordillera: Arizona Geological Society Digest 14: 237-262.
- Bluman, A. (2003). Elementary Statistics, A step by step Approach (2 nd Ed.) Mc Graw-Hill, N. York.
- Clark, L., y Gemmell, J. (2018). Vein Stratigraphy, Mineralogy, and Metal Zonation of the Kencana Low-Sulfidation Epithermal Au-Ag Deposit, Gosowong Goldfield, Halmahera Island, Indonesia. Economic Geology 113: 209-236.
- Cocker, H., Mauk, J., Rabone, S. 2013. The origin of Ag-Au-Se-S minerals in adularia-sericite epithermal deposits: constrains from the Broken Hills deposit, Hauraki Goldfield, New Zealand. Mineralium Deposita 48: 249-266.
- Corbett, G., y Leach, T. (1998). Controls on hydrothermal alteration and mineralization. Society of Economic Geologists. Special Publication N° 6: 69-82.
- Cortiñas, J., Homoc, J., Lucero, M., Gobbo, E., Laffitte, G., y Viera, A. (2005). Las cuencas de la región del Deseado. In: Chebli, G., et al. (Eds.), Frontera exploratoria de la Argentina, 14. Instituto Argentino del Petróleo y Gas, Buenos Aires, 289-306.
- Crawford, A. (2014). Lithogeochemical, Petrographic and Alteration Studies of the La Paloma-Paula Andrea-Matinetas-Microondas-Goleta y Cecilia Vein Fields, Don Nicolas Project, Patagonia. Reporte interno Minera IRL Patagonia (inédito).
- de Barrio, R., Panza, J., y Nullo, F. (1999). Jurásico y Cretácico del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. En: R. Caminos (Ed.). Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29 (17): 511-527.
- De Giusto, L., Di Persia, A., y Pezzi, E. (1980). El Nesocratón del Deseado. II Simposio de Geología Regional Argentina. Tomo 2: 1389 – 1430. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Di Persia, C. (1962). Acerca del descubrimiento del Precámbrico en la Patagonia Extrandina (provincia de Santa Cruz). Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Anales II, 65-68.
- Dong, G., Morrison, G., y Jaireth, S. (1995). Quartz textures in epithermal veins, Queensland—classification, origin, and implication: Economic Geology 90: 1841–1856.
- Dong, G., y Morrison G. (1995b). Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. Mineralium Deposita 30: 11-19.
- Echeveste, H., Fernández, R., Bellieni, G., Tessone, M., Llambías, E., Schalamuk, I., Piccirillo, E., y De Min, A. (2001). Relaciones entre las Formaciones Bajo Pobre y Chon Aike (Jurásico medio a superior) en

- el área de Estancia El Fénix-Cerro Huemul, zona centro-occidental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista Asociación Geológica Argentina* 56: 548-558.
- Fernández, M., Mazzoli, S., Zatti, M., Savignano, E., Genge, M., Garrone, A., y Franchini, M. (2020). Structural controls on Jurassic gold mineralization, and Cretaceous-Tertiary exhumation in the foreland of the southern Patagonian Andes: New constraints from La Paloma area, Deseado Massif, Argentina. *Tectonophysics* 775: 228-302.
- Fernández, M. (2022). Análisis estructural y litológico del Distrito La Paloma. Metalogénesis de la Veta Sulfuro, Macizo Del Deseado, Patagonia. Tesis Doctoral. Doctorado de la Universidad Nacional de Río Negro Mención Ciencias de la Tierra.
- Fernández, R., Blesa, A., Moreira, P., Echeveste, H., Mykietiuik, K., Andrada De Palomera, P., y Tessone, M. (2008). Los depósitos de oro y plata vinculados al magmatismo Jurásico de la Patagonia: Revisión y perspectivas para la exploración. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (4): 665–681.
- Fracchia, D., y Giacosa, R. (2006). Evolución estructural del basamento ígneo-metamórfico en la estancia Las Tres Hermanas, noreste de la Comarca del Deseado, Santa Cruz. *Revista Asociación Geológica Argentina* 61 (1), 118-131, Buenos Aires.
- Garrone, A. (2018). Reporte de Recursos – Sistema Sulfuro. Reporte interno Minera Don Nicolás S.A. (inédito).
- Giacosa, R., Zubia, M., Sánchez, M., y Allard, J. (2010). Meso-Cenozoic tectonics of the southern Patagonian foreland: structural evolution and implications for Au–Ag veins in the eastern Deseado Region. *Journal of South American Earth Sciences* 30: 134-150.
- Giacosa, R., Zubia, M., Martínez, H., Fuentes, J., y Sánchez, M. (2008a). Evolución estructural meso-cenozoica del sector oriental de la región del Deseado (68°00' y 69°30'O, 47°00' y 48°30'S, Santa Cruz, Argentina). 17 Congreso Geológico Argentino, Actas 837-838.
- Giacosa, R., Zubia, M., Sánchez, M., Fuentes, J., y Martínez, H. (2008b). Sistemas auroargentíferos del sector oriental de la región del Deseado: estructura e inserción en la evolución tectónica mesozoica (Santa Cruz, Argentina). 17 Congreso Geológico Argentino, Actas 841- 842.
- Giacosa, R., López, R., y Guido, D. (2006). Evidencias de una zona de cizalla dúctil en el basamento pre-Pérmico de la región del Deseado (Bahía Laura, Santa Cruz). In: Hong, F., Seggiaro, R., Becchio, R. (Eds.), XII Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural. Serie D: Publicación Especial, 6. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 180-185.
- Godoy Prieto, D., y Palluzi, A. (2020). Estratigrafía de la Veta Sulfuro, Prospecto La Paloma. Reporte interno Minera Don Nicolás S.A. (inédito).
- Guido, D., Escayola, M., de Barrio, R., Schalamuk, I., y Franz, G. (2006). La Formación Bajo Pobre (Jurásico) en el este del Macizo del Deseado, Patagonia Argentina: Vinculación con el Grupo Bahía Laura. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61 (2): 187–196.
- Guido, D. (2004). Subdivisión litofacial e interpretación del volcanismo jurásico (Grupo Bahía Laura) en el este del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (4): 727–742.
- Guido, D., y de Barrio R. (2004). Laguna Dulce: Nuevo afloramiento del Complejo Río Deseado, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (2): 360 – 362.
- Grant, C., Ghaffari, H., De Ruijter, A., Corley, D., Guzmán, C., Cadden, A., Sanford, A., y Osterberg, S. (2012). Technical Report Don Nicolás Gold Project, Santa Cruz, Argentina.
- Hedenquist, J., Arribas, A., y Gonzalez-Urien, E. (2000). Exploration for epithermal gold deposits: Reviews in *Economic Geology* 13: 221–244.
- Hemley, J., y Hunt, J. (1992). Hydrothermal Ore-Forming Processes in the light of Studies in Rock-Buffered Systems: II. Some General Geologic Applications. *Economic Geology* 87: 23 – 43.

- Homovc, J., y Constantini, L. (2001). Hydrocarbon exploration potential within intraplate shear-related depocenters: Deseado and San Julian basins, southern Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 85 (10): 1795-1816.
- Howart, R., y Sinding-Larsen, R. (1983). Multivariate analysis, in *Handbook of exploration geochemistry*, Vol. 2, Statistics and data analysis in geochemical prospecting (G.J.S, Govett: Editor), Elsevier, Amsterdam.
- Jébrak, M. (1997). Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Review* 12: 111-134.
- Jovic, S., Guido, D., Schalamuk, I., Ríos, F., Tassinari, C., y Recio, C. (2011). Pingüino In-bearing polymetallic vein deposit, Deseado Massif, Argentina: Characteristics of mineralization and ore-forming fluids. *Mineralium Deposita*, 46: 257-271.
- Jhon, D. 2001. Miocene and Early Pliocene epithermal gold-silver deposits in the northern Great Basin, western United States: characteristics, distribution, and relationship to magmatism. *Economic Geology* 96: 1827-1853.
- Lesta, P., y Ferello, R. (1972). Región Extraandina de Chubut y norte de Santa Cruz, en: Leanza, A. (Ed.), *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 602-687.
- Malumián, N. (2002). El Terciario Marino sus relaciones con el eutatismo, en *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*, in: Haller, M.J. (Ed.), XV Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, 237 – 244.
- Márquez – Zavalía, M., Bindi, L., y Márquez, M. (2008). Se – bearing polybasite – Tac from the Martha mine, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *Mineralogy and Petrology*, 94:145 – 150.
- Moncada, D., Mutchler, S., Nieto, A., Reynolds, T., Rimstidt, J., y Bodnar, R. (2012). Mineral textures and fluid inclusions petrography of the epithermal Ag-Au deposits at Guanajuato, Mexico: Application to exploration: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 114: 20–35.
- Moreira, P., Fernández, R., Hervé, F., Fanning, M., y Schalamuk, I. (2013). Detrital zircons U–Pb SHRIMP ages and provenance of La Modesta Formation, Patagonia Argentina. *J. S. Am. Earth Sci.* 47: 32– 46.
- Paine, M. (1998). *Manual on statistical analysis of environmental data*, Vol II: CANMET/MMSL-INTEMIN.
- Pankhurst, R., Riley, T., Fanning, C., y Kelley, S. (2000). Episodic silicic volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: chronology of magmatism associated with the break-up of Gondwana. *Journal of Petrology* 41(5): 605-625.
- Pankhurst, R., Leat, P., Sruoga, P., Rapela, C., Márquez, M., Storey, B., y Riley, T. (1998). The Chon Aike province of Patagonia and related rocks in West Antarctica: a silicic large igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 81: 113–136.
- Pankhurst, R., Sruoga, P., y Rapela, C. (1993). Estudio geocronológico Rb/Sr de los Complejos Chon Aike y El Quemado a los 47 30' LS. XII Congreso Geológico Argentino, Mendoza. 171- 178.
- Panza, J., y Franchi, M. (2002). Magmatismo Basáltico Cenozoico Extraandino, en *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*, in: Haller, M.J. (Ed.), XV Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, 259-284.
- Panza, J., Marquez, M., y Godeas, M. (1995). Hoja Geológica 4966 - I y II Bahía Laura, provincial de Santa Cruz. Dirección Nacional del Servicio Geológico. 83 p. Buenos Aires.
- Panza, J. (1982). Descripción geológica de las Hojas 53e, Gobernador Moyano y 54e Cerro Vanguardia, provincia de Santa Cruz. Servicio Geológico Nacional (1982), Buenos Aires.

- Pérez Frasette, M., Navarrete, C., Bastías-Silva, J., Valle, M., Chew, D., Iglesias, M., Suárez, M., Márquez, M., Drakou, F., y Folguera, A. (2024). The Bajo Grande Basin: Late Jurassic (?)–Early Cretaceous syn-orogenic depocenters in southwestern Gondwana. *Tectonophysics* 874: 230 – 241.
- Peroni, G., Hedegus, A., Cerdan, J., Legarreta, L., Uliana, M., y Laffitte, G. (1995). Hydrocarbon accumulation in an inverted segment of the Andean foreland: *Asociación Americana de Petróleo y Gas*, 403- 419.
- Permuy Vidal, C., Guido, D., y Melgarejo, J. (2013). Sulfuros y sulfosales de plata portadoras de selenio en el depósito epitermal Au – Ag Cerro Negro, Macizo del Deseado. 11° Congreso de Mineralogía y Metalogenia 2013. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – U.N.S.J. Artículo. 107 – 110.
- Ramos, V. (2002). Evolución Tectónica. En: M. Haller (ed): *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*. El Calafate, 23: 235-387.
- Rapela, C., y Pankhurst, R. (1996). Monzonite suites: the innermost Cordilleran plutonism of Patagonia. *Trans. R. Soc. Edinburgh. Earth Sci.* 87: 193 – 203.
- Rapela, C., Pankhurst, R., Fanning, C., y Hervé, F. (2005). Pacific subduction coeval with the Karoo mantle plume: the Early Jurassic Subcordilleran belt of northwestern Patagonia. *Geological Society London., Spec. Publ.* 246: 217–239.
- Sánchez, V., Zazzetti, M., Grill, D., Suarez Funes, L., y Valente, G. (2009). Análisis Estratigráfico del Área La Paloma, Proyecto Don Nicolás, Santa Cruz, Argentina. Reporte interno Hidefield Argentina S.A. (inédito).
- Schalamuk, I., Zubia, M., Genini, A., y Fernandez, R. (1997). Jurassic epithermal Au – Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Reviews.* 12 (3): 173 – 186.
- Secretaría de Minería. (2020). Sistema de Información Abierta a la Comunidad sobre la Actividad Minera en Argentina (SIACAM) website <https://www.argentina.gob.ar/economia/mineria/siacam>
- Simmons, S., White, N., y John, D. (2005). Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. *Economic Geology 100th Anniversary*: 485-522.
- Simmons, S., y Christenson, B. (1994). Origins of calcite in a boiling geothermal system. *American Journal of Science* 294 (3): 361 – 400.
- Sruoga, P., Busteros, A., Giacosa, R., Kleiman, L., Japas, S., Maloberti, A., y Martínez, H. (2008). Análisis litofacial y estructural del Complejo Bahía Laura en el área El Dorado - Monserrat, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (4): 653–664.
- Storey, B., Alabaster, T., Hole, M., Pankhurst, R., y Wever, H. (1992). Role of subduction – plate boundary forces during the initial stages of Gondwana breakup: evidence from the proto – Pacific margin of Antarctica. *Geological Society London, Special Publications* 68: 149 – 163.
- Teruggi, M., y Rosetto, H. (1963). Petrología del Chubutiano del codo del río Senguer. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 354: 18-35.
- Tessone, M., Del Blanco, M., Macambira, M., y Rolando, A. (1999). New Radiometric Age of the Chon Aike and Bajo Pobre Formations in the Central Zone of the Deseado Massif, Argentina. II Simposio de Geología Isotópica de América del Sur, Villa Carlos Paz, Argentina, 132-135.
- Turic, M. (1969). Perfiles estratigráficos al sur del curso medio del Río Deseado, entre Punta España y Meseta Baqueró, provincia de Santa Cruz. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. (inédito).
- Thornber, M. (1985). Supergene alteration of sulphides. VII. Distribution of elements during the gossan-forming process. *Chem. Geol.* 53: 279-301.
- Thompson, A. y Thompson, J. (1996). *Atlas of Alteration, A Field and Petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals*. Editor: Dunne Geological Association of Canada. Mineral Deposits Division,

- Viera, R., y Pezzuchi, H. (1976). Presencia de sedimentitas pérmicas en contacto con rocas del Complejo metamórfico de la Patagonia extrandina, Ea. Dos Hermanos, provincia de Santa Cruz. *Rev. Asoc. Geol. Argentina* 31(4): 281-283.
- Whitney, D., y Evans, B. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95 (1): 185-187.