

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Evaluación geológica del proyecto de exploraciones Colquemayo Target

Amata Este y Coripuquio - Moquegua - Perú

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Freddy Ivan ANDRADE LOPEZ

Asesor:

Dr. José Fermin HINOJOSA DE LA SOTA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Evaluación geológica del proyecto de exploraciones Colquemayo Target

Amata Este y Coripuquio - Moquegua - Perú

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Mg. Saturnino Eleuterio FLORES COAGUILA
PRESIDENTE

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 134-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO DE EXPLORACIONES
COLQUEMAYO TARGET AMATA ESTE Y CORIPUQUIO - MOQUEGUA – PERÚ**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. ANDRADE LOPEZ, Freddy Ivan

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. HINOJOSA DE LA SOTA, José Fermin

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

3 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 11 de junio del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154655046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.06.2024 17:10:19 -05:00

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a los geólogos apasionados, que contribuyen con su invaluable aporte en la búsqueda de respuestas de esta grandiosa creación. El mundo natural es un misterio, como geólogos tenemos la responsabilidad de entenderla, valorarla y conservarla. Principalmente, lo dedico a mi familia, que es mi fortaleza, a mi querida madre, a mi amada esposa, hijos y mis hermanos. Por ser mi gran inspiración.

RESUMEN

El trabajo de evaluación geológica que se detalla, describe el proceso y demuestra el valor geológico y económico en el depósito epitermal de alta sulfuración de Oro, Plata y Cobre, con minerales accesorios de Arsénico y Antimonio del proyecto de exploraciones Colquemayo, *targets* Amata y Coripuerto (incluye Yanarico), ubicado en el borde occidental de la franja de los depósitos epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno en el Sur del Perú, cercana a los yacimientos: Aruntani, Tucari y San Gabriel; los mismos, guardan cierta similitud a Colquemayo, adyacente a la franja de los pórfidos de Cu-Mo del Paleógeno: Cuajone, Quellaveco, Toquepala y Cerro Verde; por lo tanto, los alcances generales de esta evaluación, proponen nuevos objetivos sujetos a la coyuntura del precio de los *commodities* y las prioridades de la Compañía de Minas. La información geológica contenida en este documento es de carácter pedagógico, los resultados de la aplicación sistemática de buenas técnicas y conocimientos adquiridos; tales como, la cartografía geológica, la litoestratigrafía del complejo volcánico, los estudios de alteración hidrotermal, la interpretación cinemática estructural, estudios de petromineraografía, muestreo de rocas y suelos, aplicación de los controles y aseguramiento de la calidad y por último, la interpretación geoquímica de superficie y sondajes diamantinos, constituyen elementos importantes en la determinación del modelo genético de este yacimiento y su potencial económico. A partir de los primeros resultados la compañía ha decidido continuar con las etapas de exploración avanzada y la adquisición de 28000 Has de propiedades mineras y en la última etapa, con los resultados de la perforación diamantina se determinó la suspensión de las actividades de exploración. Finalmente, el suscrito ha demostrado su experiencia en el desempeño profesional como geólogo de exploraciones.

Palabras clave: Evaluación geológica, Colquemayo Target Amata Este y Coripuerto

ABSTRACT

The detailed geological evaluation work describes the process and demonstrates the geological and economic value of the high sulfidation epithermal deposit of Gold, Silver and Copper, with accessory minerals of Arsenic and Antimony of the Colquemayo exploration project, targets Amata and Coripucuio (including Yanarico), located on the western edge of the belt of epithermal Au-Ag deposits of the Mio-Pliocene in southern Peru, near the deposits: Aruntani, Tucari and San Gabriel; the same, keep some similarity to Colquemayo, adjacent to the Paleogene Cu-Mo porphyry belt: Cuajone, Quellaveco, Toquepala and Cerro Verde; therefore, the general scopes of this evaluation, propose new objectives subject to the juncture of the price of commodities and the priorities of the Mining Company. The geological information contained in this document is of a pedagogical nature, the results of the systematic application of good techniques and acquired knowledge; such as geological mapping, lithostratigraphy of the volcanic complex, hydrothermal alteration studies, structural kinematic interpretation, petromineragraphy studies, rock and soil sampling, application of controls and quality assurance and finally, surface geochemical interpretation and diamond drilling, constitute important elements in the determination of the genetic model of this deposit and its economic potential. From the first results the company has decided to continue with the advanced exploration stages and the acquisition of 28,000 Has of mining properties and in the last stage, with the results of the diamond drilling it was determined to suspend the exploration activities. Finally, the undersigned has demonstrated his experience in the professional performance as an exploration geologist.

Keywords: Geological assessment, Colquemayo Target Amata East and Coripucuio

INTRODUCCIÓN

Un proyecto de exploraciones en nuestro país puede durar desde algunos meses hasta más de 05 años; hoy en día, solo obtener la autorización lleva 2 años.

Durante el periodo de trabajo, como geólogo en el área de exploraciones, el suscrito ha desempeñado diferentes actividades en todos los espacios de un proyecto de exploraciones, para el caso, tomado como principal referencia al Proyecto de Exploraciones Colquemayo de la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

El presente informe se ha realizado con el objetivo de demostrar las competencias profesionales adquiridas durante la carrera profesional como geólogo de exploraciones.

La finalidad del presente informe es describir los resultados de la exploración y las actividades desempeñadas en una empresa dedicada a la extracción y comercialización de minerales, con un objetivo sostenible de reponer reservas con nuevos recursos; además, de fácil acceso, dócil a la recuperación metalúrgica y económicamente rentable.

La compañía minera que permitió el desarrollo de esta actividad, es una empresa responsable, legalmente organizada, basada en su pilar fundamental que es la exploración geológica, esto ha permitido ser una de las empresas líderes a nivel nacional y estar ubicada entre los primeros a nivel mundial.

El equipo de geólogos de la Cía. se encarga de planificar los objetivos de exploración en muchos casos, están ubicados cercanas a los yacimientos en operación de extracción o las unidades operativas (UP) a esta frente se le denomina *Brownfield Exploration*.

Otros objetivos pueden estar ubicados en cualquier latitud del país; además, fuera de las (UP) en condiciones consideradas esenciales para la generación de nuevas áreas o

targets, este grupo es denominado *Greenfield Explotarion*, el suscrito se ha desempeñado en ambos frentes de trabajo.

De toda la experiencia adquirida como geólogo de exploraciones, considero importante hacer mención de las condiciones ideales para la generación de nuevas áreas de prospección; estas son las siguientes:

- a) Los posibles *targets* deberán de estar ubicadas dentro franjas metalogénicas reconocidas, por ejemplo: edad de mineralización y tipo de mineralización; además, de otros aspectos geológicos de carácter regional.
- b) Ubicadas adyacente o cercanas a fallas regionales como grandes controles estructurales.
- c) Ubicadas dentro de estratigrafías favorables a la deposición de minerales.
- d) Condicionalmente de estudios de imágenes satelitales, deberá presentar anomalías espectrales en combinaciones de bandas; además, incluir información geoquímica de estudios regionales, etc.
- e) Accesible en términos sociales.
- f) Ubicadas, fuera de las áreas protegidas, reservas naturales y proyectos especiales (estado).

Con la finalidad de demostrar la experiencia adquirida durante estos años de desempeño profesional; el suscrito, presenta el informe intitulado “Evaluación Geológica del Proyecto de Exploraciones Colquemayo *Target* Amata Este y Coripuerto” que está ubicado dentro de la Franja XII de los Volcánicos Terciarios (Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno) cuenta con los permisos para exploración avanzada (DDH) de parte de las Comunidades Campesinas de Amata y Palcamayo en el distrito de Coalaque, provincia de General Sánchez Cerro, región Moquegua.

De un estudio de imágenes *ASTER* el proyecto se ubica dentro de una anomalía de color para óxidos y arcillas de alta temperatura (Alunita, Dickita) al Este del sistema de fallas Incapuquio de rumbo NW-SE con proyección al SW de Colquemayo, los primeros resultados geoquímicos son positivos para los elementos *pathfinder* (*As, Hg, Bi, K*) de epitermales *High Sulfidation (HS)*.

Por último, se ha realizado la cartografía geológica a diferente escala, esto permitió reducir ampliamente las áreas de exploración.

Finalmente, la perforación diamantina en los *targets* Cerro Amata y Coripuquio ha demostrado la continuidad de las estructuras mineralizadas en Amata y Coripuquio, con interceptos en profundidad y en extensión, también se ha determinado los niveles de mineralización (óxidos y sulfuros) y con estudios mineragráficos hemos planteado la inclusión de más de un evento hidrotermal.

Se recomienda necesario continuar con la exploración geológica en profundidad y en extensión con taladros de mayor alcance, en la búsqueda de minerales con contenidos de Au y Ag y minerales de Cu con menor As. Finalmente, concluimos, que la ciencia en la exploración geológica es el conjunto de conocimientos que pueden ser verificables y sistemáticamente organizados, metodológicamente obtenidos otorgan los resultados que muchas veces son el inicio de nuevos objetivos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

I.	Datos Generales.....	1
1.1.	Título del trabajo de suficiencia profesional.....	1
1.2.	Delimitación del trabajo de suficiencia profesional.....	1
1.3.	Fecha de Inicio y Fecha de Terminó.....	2
II.	Planificación de trabajo.....	4
2.1.	Descripción del trabajo de suficiencia profesional.....	4
2.2.	Justificación.....	10
2.3.	Objetivo del trabajo de suficiencia profesional.....	12
2.3.1.	Objetivo General.....	12
2.3.2.	Objetivos Específicos.....	13
III.	MARCO TEÓRICO.....	15
3.1.	Antecedentes.....	15
3.2.	Bases teóricas científicas.....	26
3.2.1.	Litoestratigrafía Complejo Volcánico Colquemayo.....	27
3.2.2.	Metalogenia y Tectónica Regional.....	28
3.2.3.	Anomalías y Alteración Hidrotermal en el Proyecto Colquemayo.....	30

3.3.	Definición de términos básicos	35
IV.	Desarrollo de la experiencia	49
4.1.	Intervención.....	49
4.1.1.	Target Coripuerto (Au).....	49
4.1.2.	Target Cerro Amata (Ag-Cu-Au).....	51
4.1.3.	Target Yanarico (Au – Ag).....	52
4.1.4.	Resultados de la Perforación Diamantina; Target Coripuerto y Amata Este.....	55
4.1.5.	Target Coripuerto Perforación Diamantina (DDH).....	58
4.1.6.	Target Amata este Perforación Diamantina (DDH).....	61
4.1.7.	Aseguramiento y Control De Calidad.....	64
4.2.	Programación específica.....	75

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sondajes diamantinos (DDH). Target Coripuerto Proyecto Colquemayo.	56
Tabla 2 Sondajes diamantinos (DDH). Target Cerro Amata Proyecto Colquemayo....	57
Tabla 3 DDH Coripuerto (Informe de suficiencia profesional).....	58
Tabla 4 DDH Amata Este (Informe de suficiencia profesional).	61
Tabla 5 Frecuencia de inserción de muestras de control.	67
Tabla 6 Frecuencia de inserción de muestras de control.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de los depósitos tipo Pórfido en el Perú F. Rivera 2,012	16
Figura 2 Lansad TM, Anomalías de Alteración y Lineamientos A. Costra, 2004.....	17
Figura 3 Mapa Geológico y Dataciones Tucari - Santa Rosa.	18
Figura 4 Modelo Genético (Hedenquist and Taran, 2013) Adaptado F. Andrade 2023.	19
Figura 5 Yacimiento Aurífero San Gabriel, Sección Esquemática del depósito.....	19
Figura 6 Modelo 3D dominios y Proyecto de Rampa de Acceso Proy. San Gabriel....	20
Figura 7 Geología del Complejo Volcánico Chucapaca (F. Remigio, UNI 2,012).	21
Figura 8 Ubicación.	23
Figura 9 Área de influencia del Proyecto Colquemayo.	26
Figura 10 Estratigrafía Reg. (Tomado INGEMMET, 1978; Mod. F. Andrade 2022). .	28
Figura 11 Mapa Metalogénico del Sur del Perú (INGEMMET 2021).....	29
Figura 12 Modelo de Paragénesis; Mineralización Epitermal Colquemayo.	32
Figura 13 Esquema de muestras de control para programas QA/QC.....	66
Figura 14 Limites Sup. Inf. muestras de control - Blancos.	69
Figura 15 Limites Sup. Inf. muestras de control - Estandar.....	69
Figura 16 Limites Sup. Inf. muestras de control - Duplicados.....	70
Figura 17 Limites Sup. Inf. DDH muestras de control Blancos.....	72
Figura 18 Limites Sup. Inf. DDH QA/QC Duplicados.	73
Figura 19 Limites Sup. Inf. DDH QA/QC Control Externo CE	73
Figura 20 Cronograma de Actividades Informe de Suficiencia Proyecto Colquemayo	75

I. Datos Generales

1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional.

Evaluación geológica del proyecto de exploraciones Colquemayo
Target Amata Este y Coripuquio - Moquegua - Perú

1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional

El proyecto está enmarcado en 28000 has en un polígono de 12 concesiones mineras, geográficamente en la cabecera de la cuenca de los ríos Amarillo y Agua buena, sub-cuencas del río Tambo, sobre los 4000 y 4600 m.s.n.m. en el piso ecológico de región Puna, Cordillera Occidental de los andes Sur Peruanos, dentro de franja de los volcánicos del Paleógeno-Neógeno y depósitos volcánicos del Pleistoceno. *(Anexo 04) Consolidado Propiedades Mineras Cía.*

El trabajo se ha realizado en un periodo de tiempo de 39.2 meses desde enero 2011 hasta febrero 2013 (no incluye la preparación de presente informe).

El proyecto está ubicado dentro de los terrenos superficiales de las Comunidades Campesinas de Amata y Palcamayo, directamente influenciados y beneficiados por la actividad de exploración geológica de la Cía. durante el período mencionado; además ya existía una importante influencia generada por la actividad minera en la región Moquegua de manera indirecta hacia estas comunidades y directa a los gobiernos locales con el canon minero.

En la provincia General Sanchez Cerro, existen otros proyectos mineros el más importante está ubicada en el distrito de Ichuña; Proyecto Minero San Gabriel, actualmente en construcción.

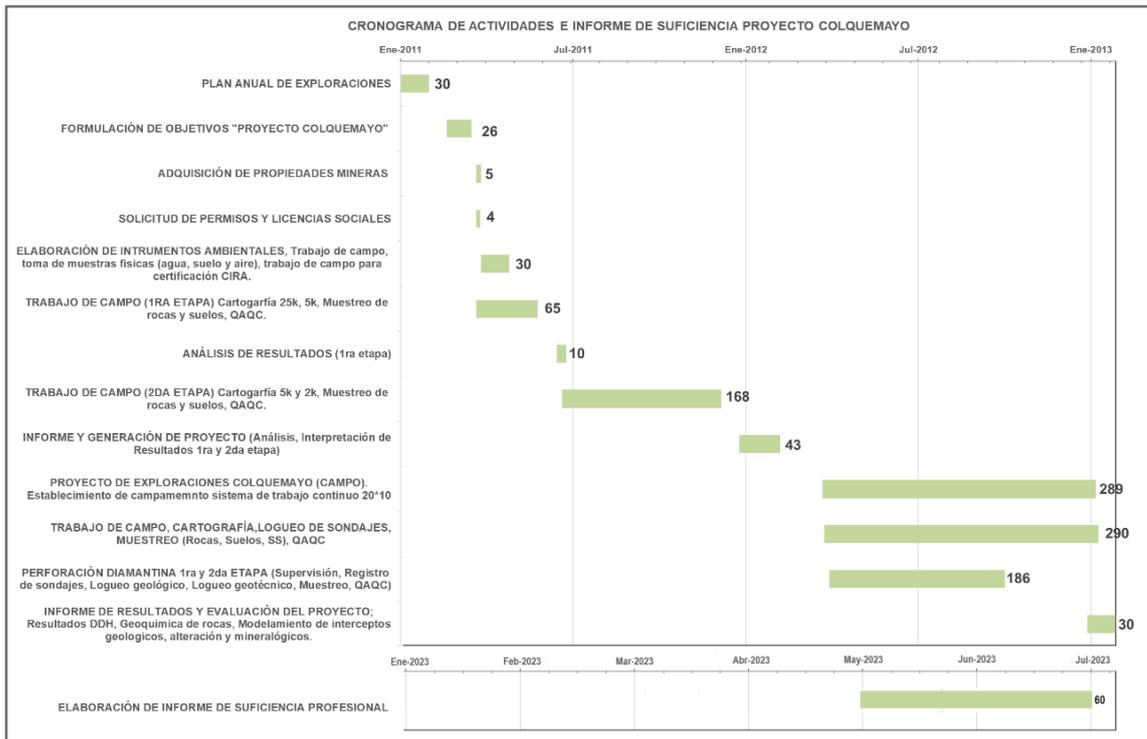
Volviendo, sobre de los beneficios dejados a las comunidades por nuestra actividad Exploración Geológica, sin mayor detalle por fines de confidencialidad podemos mencionar:

- ✓ Generación de trabajo formal.
- ✓ Cumplimiento con acuerdos de bienestar local.
- ✓ Mejoramiento de ambientes para la educación.
- ✓ Donativos de útiles escolares durante y después de finalizar las etapas de exploración.
- ✓ Infraestructura vial, infraestructura de local comunal
- ✓ Participación en actividades sociales, entre otros.

1.3. Fecha de Inicio y Fecha de Terminó

La fecha de las actividades de exploración: inicia en enero de 2011 y finaliza en febrero de 2013, la fecha de elaboración del presente informe de trabajo de suficiencia profesional es de mayo a junio de 2023, cronograma de actividades; incluye, trabajos de campo y la preparación del informe de la evaluación del Proyecto Colquemayo, desde la concepción del área de estudio hasta la generación de los modelos geológicos.

Cronograma de Actividades e Informe de Suficiencia



II. Planificación de trabajo

El plan de trabajo, es elaborado de acuerdo con los objetivos de exploraciones de la Compañía de Minas Buenaventura, teniendo en cuenta los precios de los *commodities* entre los años 2011 y las proyecciones al 2020; para esto, el equipo de exploraciones planifica todas las actividades según la visión de la Cía. A continuación, se describe la estructura de las etapas realizadas en la generación y la descripción de los planes en el Proyecto Colquemayo, cabe aclarar, que los planes varían en el tiempo y son modificados de acuerdo a nuevos objetivos en un período relativo, dependiendo de la coyuntura, en nuestro caso entre los años 2011 y 2013, muchas veces se formulan nuevos planes y en algunos casos son descartados; todo, de acuerdo con los resultados obtenidos en cada etapa de la exploración.

2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional

En esta parte del informe de suficiencia profesional, él suscrito describe las tres primeras etapas y los planes ejecutados, desde la generación del concepto, las posibles hipótesis, hasta la elaboración del informe con los resultados geológico económico del Proyecto de exploración Colquemayo.

- Primero, se compiló la información referida a las áreas de interés, es importante realizar la búsqueda bibliográfica de libre acceso en instituciones nacionales como el INGEMMET, SGP, repositorios, revistas, etc. información de instituciones de investigación extranjera Society Of Economic Geologists (SEG), United States Geological Survey (USGS), British Geological Survey (BGS), revistas, tesis, etc. y finalmente, información de *joint ventures* realizadas con otras empresas.
- Segundo, se depuró la información inconsistente y se valida todo lo consistente; con esto, se preparan los folios y carpetas de acuerdo con el

interés geológico económico, ordenándola en forma cronológica o alfabética, que puedan representen posibles áreas de prospección; Además, que estén ubicadas de preferencia, dentro de las franjas metalogénicas.

- Tercero, se elaboraron folios a escala regional 250k ó100k que incluya toda la información geológica descrita en los párrafos anteriores, sobre franjas metalogénicas, se preparó e interpretó imágenes satelitales a la misma escala, planos, secciones geológicas, láminas (temáticas), etc. Además, se realizó un informe resumido o una presentación en PPT con las recomendaciones de posibles puntos de cateo y prospección a cargo de un profesional con amplio conocimiento de geología nacional, regional, distrital (Geólogo *Senior*), recomendó áreas para la evaluación geológica económica.

El cumplimiento de estas etapas, son denominadas la línea de base para la generación de nuevos blancos de exploración *Greenfield*. Adicionalmente, describiremos los planes estratégicos, considerados en su momento (año, 2011) para actividades de campo y de gabinete, teniendo en cuenta las exigencias operativas y los compromisos de producción de la Cía. Antes de continuar con la descripción de estas actividades. Él suscrito, hizo un comentario adicional, considerado importante.

En nuestra legislación “Ley general de minería” para actividades de exploración, primera etapa “Cateo y prospección”; menciona que, esta actividad se debe realizar sin afectar el medio ambiente, las costumbres y actividades socioeconómicas del entorno; para esto, no se requiere permisos de parte de las instituciones del estado. Sin embargo, es necesaria la obtención

de la licencia social y permiso de accesibilidad, de forma escrita de parte de los propietarios de los terrenos superficiales o de las Comunidades Campesinas, para nuestro caso; Comunidad Campesina de Palcamayo y la Comunidad Campesina de Amata y de las áreas de influencia directa, tales como: la accesibilidad a los caminos, trochas, fuentes de agua, animales de crianza doméstica, etc. Además, considero importante señalar; que los proyectos de exploración geológica, son considerados de alto riesgo, en inversión de capitales económicos, es por esta razón la Cía. de minas Buenaventura con visión a futuro; establece, que la exploración es un eje fundamental en el sostenimiento de una industria minera, asumiendo todo el riesgo que conlleva su desarrollo.

Por último, definidos los objetivos, se describen los siguientes planes desarrollados en el Proyecto Colquemayo 2011 a 2013.

- En primer lugar, existió un presupuesto general de exploraciones generada por la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A, está considerado las actividades de prospección geológica, en los sectores denominados *Greenfield and Brownfield* año 2011, incluyó el costo de las actividades preliminares en el proyecto generativo Colquemayo, con la participación del suscrito.

Es importante hacer mención que el proceso de evolución del Proyecto Colquemayo ha sido ejemplar, desde la formulación del concepto, hasta la ejecución de dos etapas de perforación diamantina DDH, 3.2 años en tiempo récord.

- Posterior a las primeras actividades, se designó el presupuesto para exploraciones, denominado, AGI “Proyecto Colquemayo” con un monto superior a \$2 Millones de dólares, con este presupuesto se diseñaron los

nuevos planes de trabajo; esta vez con perforación diamantina, en el corto y mediano plazo; quiere decir, extensible, que dio inicio a las actividades de exploración avanzada para el proyecto.

Un plan es un mapa de procedimientos que contienen todas las actividades, separándolas en dos espacios: labores de campo y trabajo de oficina; este último, es el soporte fundamental de las labores de campo que se encarga de la elaboración de los informes para los trámites y la obtención de los permisos correspondientes, mientras que en el campo se recoge toda la información geológica, información física (elemental), datos socioeconómicos, datos técnicos de ingeniería e información histórica.

En esta sección del informe, se describe las actividades geológicas que precisa los trabajos de suficiencia profesional del suscrito, Bach. En Geología Freddy Iván Andrade López en el proyecto de exploraciones Colquemayo, de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

En el primer bloque se ha descrito el proceso corporativo para la generación del proyecto Colquemayo, seguidamente se describieron las etapas de la actividad profesional; propiamente, como geólogo de exploraciones en evaluación del proyecto Colquemayo; finalmente, se elaboró el informe con las recomendaciones y conclusiones finales.

- Primero, una vez fijado el presupuesto y definido el objetivo de exploración del yacimiento epitermal de alta sulfuración de Au, Ag y Cu en el Sur del Perú, que resulta de la adquisición de propiedades mineras, en una primera etapa 9 concesiones 9 600 Ha y posterior consolidación con 18 400 Ha, este sector cobra un importante interés luego del descubrimiento del depósito epitermales High Sulfidation Au-Cu

proyecto San Gabriel y los conocidos depósitos de Au-Ag Aruntani y Arasi.

- El suscrito pertenece al grupo de exploraciones que realizó la cartografía geológica a diferente escala 25k, 10k, 5k y 2k esto permitió interpretar eventos hidrotermales y controles estratigráficos, estructurales del complejo volcánico Colquemayo.
- Luego se ejecutó una campaña de muestreo selectivo y sistemático en los afloramientos de rocas alteradas y suelos alóctonos, con la finalidad de ubicar nuevos targets de exploración, dentro de las concesiones mineras.

La cartografía geológica es la descripción taxonómica de las evidencias superficiales y sus proyecciones, orientados a reconocer, describir, graficar e interpretar los afloramientos de rocas, estructuras aflorantes, mineralogía, alteraciones y la ocurrencia de regolitos, todo sobre un plano topográfico o imagen satelital (Ortofoto).

- Luego de la ubicación de los nuevos targets de exploración, se amplió la escala, 5k y 2k para este trabajo, se utilizaron dos o más hojas de papel transparente (capas o layer), la descripción se detalla de acuerdo con la escala de trabajo; se realizó, una constante interpretación geológica con la finalidad de determinar niveles litoestratigráficos en los terrenos volcánicos que dominan el área; volcánicos Colquemayo.
- Se describieron los controles litológicos y estructurales dominantes y por último se definió la alteración hidrotermal de origen hipógeno y lixiviación supergénica.
- El muestreo geoquímico fue un procedimiento esencial, en todas las etapas de exploración, estos nos otorgó información físico - químico del área de

estudio, los resultados de este trabajo fueron considerados ejes fundamentales para sostener la hipótesis y los planteamientos de modelos geológicos de estudio; además, con las evidencias recogidas a partir de la cartografía, se definieron; los diseños, modelos y métodos de muestreo en rocas o suelos.

- La extracción de muestras se realizó por personal calificado (técnico en muestreo geológico), también participó personal de zona, con una constante supervisión. En el proyecto se ha realizado, muestreo en malla (rock Chip), muestreo en canales (Canal Chip), muestras escogidas o de orientación y el corte y muestreo de sondajes diamantinos.
- El peso mínimo de una muestra fue aproximadamente 2 kg como mínimo, las muestras tienen que ser representativas del área, estructura, cuerpo, veta o alteración, etc. Estas fueron preparadas, embolsadas (bolsas de polietileno), codificadas y ensacadas, luego se acumula un lote de más o menos 100 muestras y se trasladaron al laboratorio en preparación de la ciudad de Arequipa, de ahí fueron secadas, molidas y pulverizadas a malla -200 (Pulverizadas - pulpas de 200 gr - 300 gr), continuando con el proceso de traslado a la ciudad de Lima por vía aérea al laboratorio CERTIMIN – PERÚ.
- Los resultados del laboratorio fueron procesados y analizados por los geoquímicos y geólogos de campo, finalmente son representados en planos a diferente escala; además se realizaron estudios geoestadísticos con la finalidad de buscar posibles asociaciones o disociación de elementos que nos permitan centrar o aclarar distorsiones iniciales

producto del muestreo de orientación o tal vez mejorar la densidad de muestras y la orientación de la malla o canales.

- La etapa de exploración avanzada culminó con la perforación diamantina, el registro geológico (logueo) de centros de perforación, la toma de muestras y el resultado del laboratorio, finalmente la revisión y validación de los controles, solo de esta forma se valora el resultado; por último, la interpretación geológica, geoquímica y el cálculo de recursos se elaboró el informe final de exploraciones.

2.2. Justificación

La importancia del presente trabajo, es la descripción de todas las fases en la generación y el desarrollo de un proyecto de exploraciones, Proyecto Colquemayo; Además, como lo mencionado en la primera parte del sub capítulo anterior: descripción e interpretación geológica en capas o *layers* a escala 250k y 100k; que incluyen, imágenes satelitales, datos geoquímicos de muestreo de suelos, rocas, la litoestratigrafía, la interpretación estructural, el estudio de la metalogénia y otras como información histórica, muestran claramente, el enorme potencial geológico en esta región.

Es importante continuar con esta práctica, que justifica las primeras etapas en la generación de los proyectos *Greenfield*.

La Cía. requiere de la renovación de nuevos recursos minerales, la demanda de la industria y la tecnología es cada vez mayor, debido a esta coyuntura a nivel mundial el requerimiento de las materias primas y sus derivados son más grandes; por ejemplo, la mediana minería hace solo 2 décadas producía alrededor de 200 a 1500 THM/día; hoy en día, una mina considerada mediana, produce un mínimo de 400 a 2000 THM/día y deberá de

tener como reserva por lo menos 2 Millones de toneladas en el corto y mediano plazo, todo esto justifica la ubicación de nuevas áreas para la exploración, solo así se garantizan los compromisos de Cía. con sus clientes y la continuidad de la misma, este informe aporta las técnicas utilizadas para la evaluación de un proyecto minero.

El suscrito y el equipo de exploraciones de la Cía. determinaron que la exploración circundante al lineamiento del sistema fallas Incapuquio, es el control estructural de mayor importancia en esta latitud, para los depósitos tipo pórfidos de Cu-Mo de edad Paleógeno medio superior, considerado una importante franja; sin embargo, los volcánicos del Pleistoceno, Grupo Barroso cubren una gran parte NE de la región Moquegua, entre las localidades de Omate y Palcamayo (geología regional INGEMET); además, en este informe se detalla la geología distrital, a partir de la cartografía geológica 25k y 10k como una de las principales herramientas utilizadas en áreas de estudio, esta de paso mencionar que a partir de esto mejora la expectativa, demostrando con la geología de campo que hay una menor ocurrencia de flujo volcánico cuaternario, está abre la posibilidad de encontrar nuevos targets que justifique la idea inicial de exploración.

Con toda la información adquirida que es un aporte significativo a la investigación, se iniciaron las primeras etapas de exploración (año 2011), determinando los posibles blancos que justificaron realizar el programa de perforación. La exploración geológica en esta región abrió la posibilidad a otras empresas mineras para la búsqueda de nuevos depósitos relacionados a epitermales y pórfidos, para Cía. de Minas Buenaventura, se creó una nueva cartera de negocio en esta región, con los estudios de investigación se pudo

demostrar el tipo de yacimiento, los controles lito estratigráficos y estructurales para el desarrollo de un epitermales *High Sulfidation*.

Durante todas las etapas de exploración, las comunidades y poblaciones cercanas han sido beneficiadas con fuente de acceso laboral formal, desarrollo de infraestructura, apoyo social y la posibilidad de generar una nueva actividad económica “minera formal” todo esto justificaría el desarrollo y la generación de nuevos proyectos de exploración, sumando de esta manera a la lista de proyectos mineros en nuestro país.

2.3. Objetivo del trabajo de suficiencia profesional

2.3.1. Objetivo General

Demostrar, que la aplicación y el buen uso de las técnicas para la exploración de minerales, otorguen resultados viables que permitan la continuidad en las siguientes etapas del proceso de evaluación geológica económica de un proyecto minero, desde la de generación, la consolidación de propiedades mineras y el desarrollo de un proyecto de exploraciones avanzadas. Además, la ubicación de nuevos *targets* de exploración y la determinación del tipo de depósito y elaboración preliminar de un modelo genético.

Con los trabajos de campo, principalmente la cartografía y el muestreo, configurar zonas que indiquen asociaciones geoquímicas en estructuras geológicas favorables que muestren un estilo de mineralización y posibilidad de concentración de minerales metálicos que presenten un valor económico y posibilidades para generación de la prospección de métodos indirectos que nos permitan proyectar una continuidad en profundidad como la Geofísica y la

Geoquímica, finalmente la exploración directa o exploración avanzada, perforación diamantina.

Determinar la accesibilidad y el potencial geológico de este depósito con los trabajos de campo y gabinete; que además incluyan, la observación y descripción de aspectos de la sociedad, el medio ambiente, el entorno económico y el sentimiento social a la minería formal, con el único objetivo de sensibilizar que la asociación de una industria minera formal y la sociedad de influencia es el mejor camino al desarrollo; finalmente, encontrar formas más acertadas para las relaciones con las Comunidades Campesinas y organismos civiles del entorno.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar planos geológicos o denominados folios a escala regional y distrital, luego cartografiar los niveles litoestratigráficos, alteraciones hidrotermales y mineralización del “Complejo volcánico Colquemayo” escala 1:25000.
- Determinar nuevos blancos de exploración, dentro de la extensión del proyecto.
- Desarrollar la exploración en los targets Cerro Amata, Coripuerto, incluye el prospecto Yanarico; igualmente, cartografiar y ampliar la escala 1:5000, determinar el ambiente geológico; la geomorfología, la estratigrafía local, el análisis cinemático estructural, alteraciones hidrotermales, estudio geoquímico y correlación geoestadística.
- Ejecutar un programa diseñado para la perforación diamantina en los targets Cerro Amata y Coripuerto, siguiendo los parámetros

indicados para un proyecto de exploraciones avanzadas, demostrar la solvencia y experiencia adquirida a lo largo de la carrera profesional en la especialidad de geología de exploraciones.

- Diseñar, a partir de los resultados de la exploración avanzada los posibles modelos geológicos y económicos de este depósito.
- Determinar los Stakeholders y desarrollar los planes de actividades de integración con las comunidades campesinas del entorno, finalmente obtener la licencia social.
- Elaborar los informes y resúmenes de los resultados obtenido en la exploración utilizando los formatos preestablecidos y además de la presentación a los ejecutivos y evaluadores del trabajo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

El presente informe de suficiencia profesional ha sido elaborado a partir de las actividades de exploración geológica (gabinete y campo) con la intervención directa del suscrito, de esta forma, demuestra la experiencia como profesional, geólogo de exploraciones en la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

Otro aspecto importante que debemos considerar, es que durante la búsqueda de información y preparación de los folios, surgieron nuevas ideas, conceptos y teorías y a partir de estas se muestran posibilidades en áreas que solo estaban consideradas para la exploración de yacimientos tipo pórfidos, por ejemplo: del Jurásico Tía María Cu-Mo con 155 Ma, del Cretácico Zafranal Cu-Au con 82 Ma y los pórfidos del Paleoceno, como: Cerro Verde Cu-Mo con 59 Ma, Cuajone Cu-Mo con 52 Ma, Toquepala Cu-Mo con 57 Ma y Quellaveco Cu-Mo con 54 Ma. (*Fig. 01*)

Precisamente el proyecto Colquemayo está ubicado muy cercano a la “Franja VI de pórfidos de Cu-Mo del Paleoceno” INGEMMET 2012, además, no registraba evidencia de un posible epitermal (*HS*); ahora, se conoce el depósito epitermal *High Sulfidation* Colquemayo (~2.7 – 3.0 Ma) al Noreste de la región Moquegua.

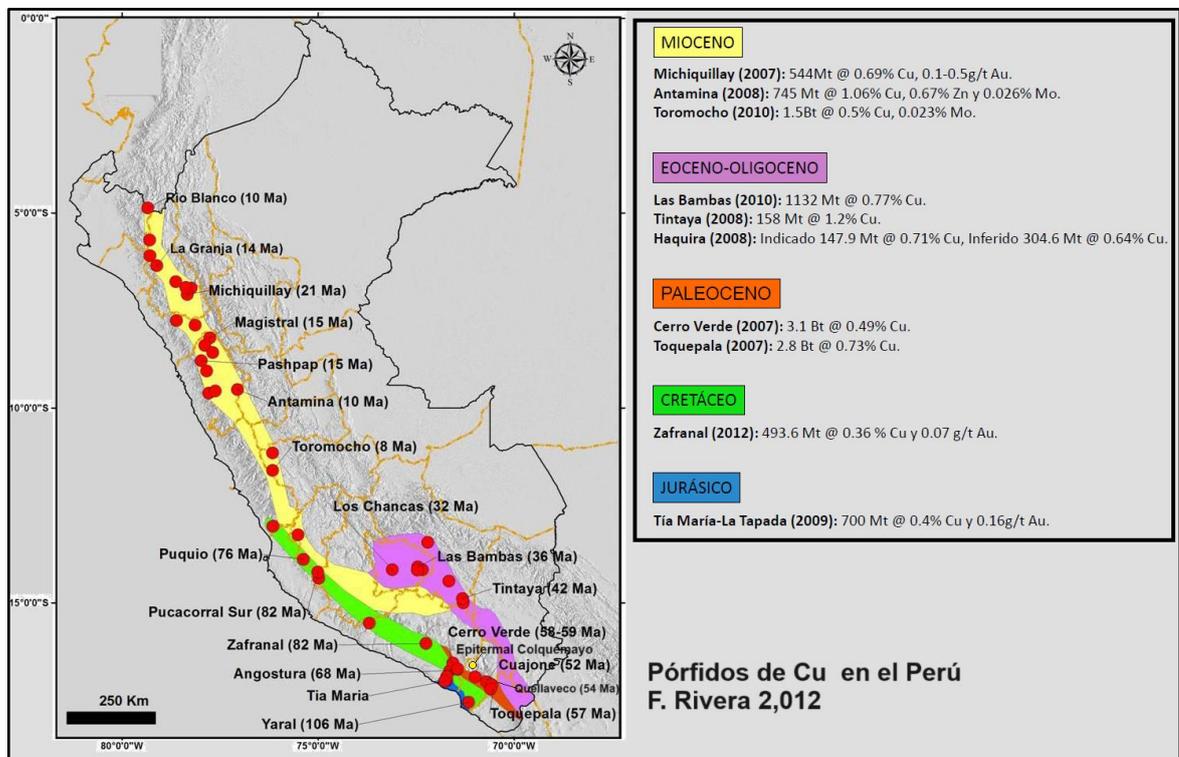
La actividad de exploración más reciente en el área fue realizada por la empresa de *RTZ Minerals* entre los años 2,002 y 2,003 (05 taladros DDH) con objetivos de exploración de pórfidos de Cu-Mo.

Como referencias importantes de orden regional, hemos tomado como ejemplo, el estudio de yacimientos con similares características al proyecto

Colquemayo: los epitermales (Au-Ag) *High Sulfidation* Tucari y Santa Rosa y el *Intermediate Sulfidation* (Au-Ag y Cu)

proyecto minero San Gabriel, ex Chucapaca, ambos yacimientos están ubicados adyacentes al Dominio Geotectónico Avancay Condoroma (DGAC), Colquemayo se ubica muy cerca al Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) de rumbo andino (Fig 11 Mapa Metalogénico del Sur Perú L 14 -18°30" S, INGEMMET).

Figura 1 Ubicación de los depósitos tipo Pórfido en el Perú F. Rivera 2,012

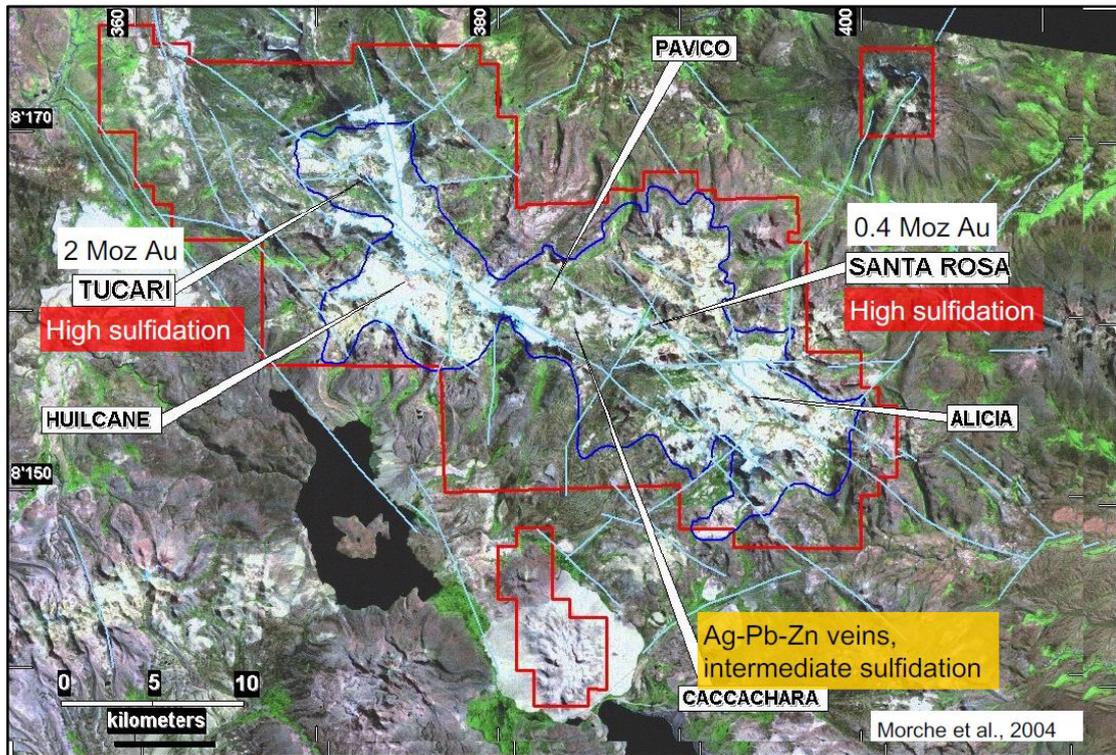


Describiremos estos dos depósitos epitermales como referencia y tomaremos como ejemplo para el estudio del proyecto Colquemayo.

Los epitermales Tucari y Santa Rosa se ubican en el distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, sobre los 4,600 metros de altitud, este yacimiento está emplazado en el arco volcánico del Cenozoico del sur peruano, precisamente en la secuencia volcánica del grupo

Barroso, la ocurrencia manifiesta una anomalía de color de gran extensión, al Noroeste en Tucari (15 km x 10 km) y al Sureste en Santa Rosa (20 km x 10 km) rumbo andino. (Fig. 02)

Figura 2 Lansad TM, Anomalías de Alteración y Lineamientos A. Costra, 2004

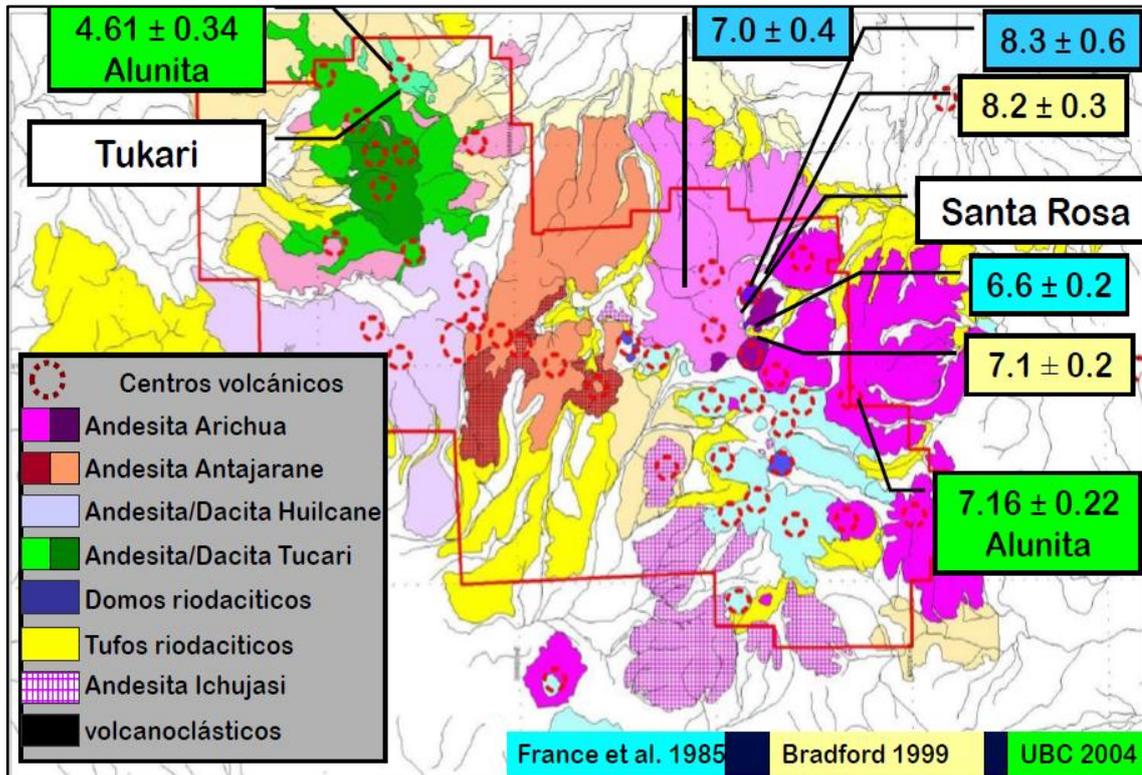


En el sector Tucari, la mineralización se desarrolla sobre un domo de naturaleza dacítica, los estudios de datación por K/Ar aproximan una edad de mineralización $\sim 4.61 \pm 0.34$ Ma, el control estructural más importante se desarrolla dentro del domo, formando estructuras tipo *ledges* (clavos escalonados) con dirección Norte – Sur, asociados a eventos polifásicos (diferentes fases) de alteración y mineralización; a veces, sobreimposición de estas; sin embargo, las fallas y fracturas se muestran como poli direccionales con preferente predominio andino.

Al Sur Este se ubica el depósito Santa Rosa, no menos importante que el anterior, este manifiesta similitudes de alteración y mineralización; solo que,

en condiciones diferentes, están restringidas a flujos volcánicos andesíticos del grupo barroso, la edad de mineralización es más antigua $\sim 7.16 \pm 0.22$ Ma. (Fig. 03).

Figura 3 Mapa Geológico y Dataciones Tucari - Santa Rosa.



Esto nos hace pensar que el nivel económico se ha erosionado; además, están ausentes estructuras favorable como los domos en la formación de trampas estructurales, como se puede observar en el modelo genético (Hedenquist and Taran, 2013). (Fig. 04).

El volumen histórico de mineralización en Tucari es de 2M Oz de Au equivalente y en Santa Rosa es de 0.4M Oz de Au equivalente.

Otro claro ejemplo es el descubrimiento de Buenaventura, epitermal Intemediate Sulfidación Canahuire; (Fig 05).

Al igual que el ejemplo anterior, este está ubicado en la región Moquegua, provincia de General Sanchez Cerro, distrito de Ichuña.

Proyecto minero de propiedad de Cía. de Minas Buenaventura S.A.A, yacimiento aurífero – polimetálico. El proyecto San Gabriel se descubrió hace 15 años en el año 2,008.

Figura 4 Modelo Genético (Hedenquist and Taran, 2013) Adaptado F. Andrade 2023.

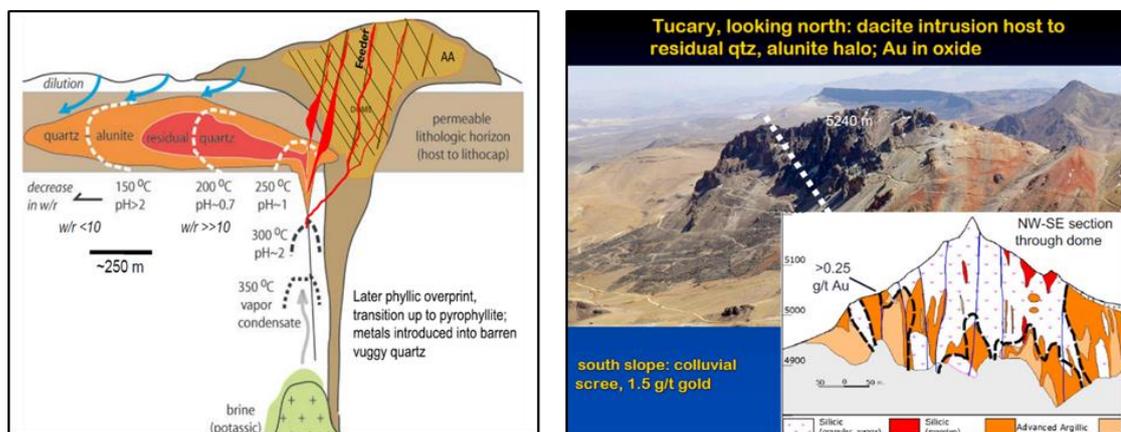
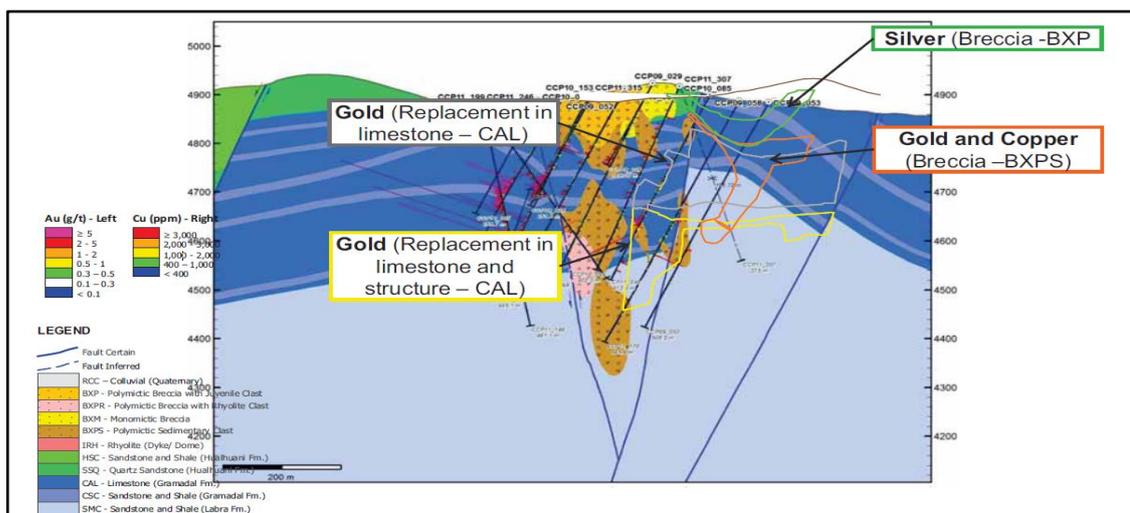


Figura 5 Yacimiento Aurífero San Gabriel, Sección Esquemática del depósito.



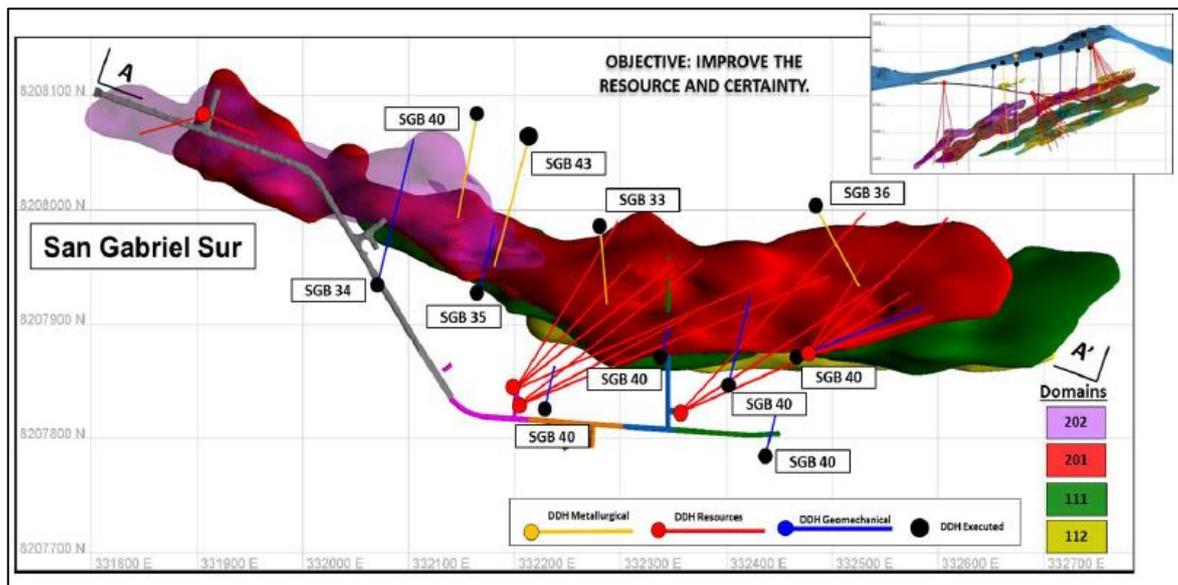
Hasta diciembre del 2016 Buenaventura ha reportado un recurso de 7.7

MTM @ 5.7 g/t Au (1.4 M Oz Au) Medidos e indicados y 5.3 MTM @ 4.6

g/t Au (0.8 M Oz Au) Inferido. (Página Web Buenaventura 2023). (Fig. 06).

El yacimiento aurífero está relacionada a una serie de eventos volcánicos previos a la actividad hidrotermal que es el origen de la mineralización, en algunos casos coetáneos a su formación.

Figura 6 Modelo 3D dominios y Proyecto de Rampa de Acceso Proy. San Gabriel.

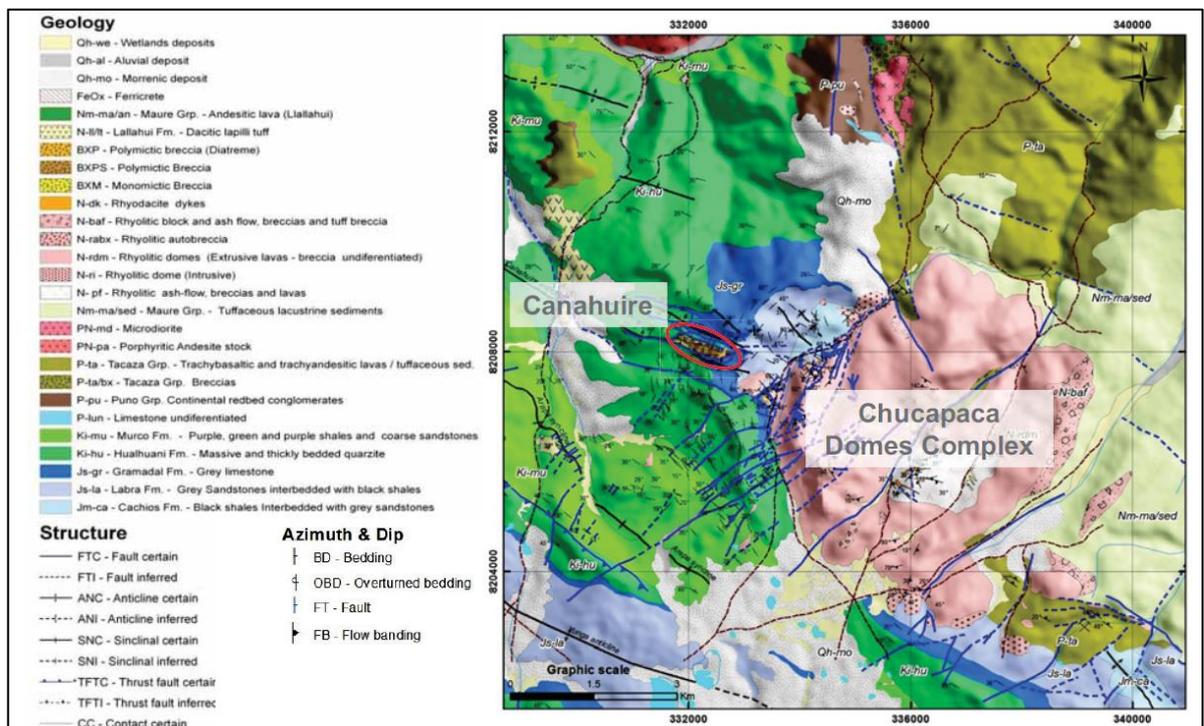


El complejo volcánico Chucapaca, es la representación mejor expuesta del vulcanismo sucedido en la región, durante el Mioceno inferior. Además, correlaciona muy bien con los volcánicos Sillapaca emplazadas sobre los 4,500 a 5,200 m.s.n.m. de altitud, configurado por un complejo de domos riolíticos que intruyen a la secuencia clástica, calcáreas del Grupo Yura (Jurásico medio al Cretáceo inferior) que a su vez suprayace a la secuencia de areniscas microconglomeráticas y lutitas de la Formación Murco, del Cretáceo inferior, seguida por el vulcanismo máfico del Grupo Tacaza, representada en la zona por la Formación Pichu.

En el trabajo de tesis “Domas, Diatremas y Piroclastos del Complejo Volcánico Chucapaca, Evidencias de Sistemas Epitermales” presentado por F. Remigio, UNI, 2,012.

Hace referencia a los estudios geocronológicos de dos muestras que representan la cronología absoluta del complejo volcánico Chucapaca y se asume la edad de la mineralización de Canahuire. (Fig. 07)

Figura 7 Geología del Complejo Volcánico Chucapaca (F. Remigio, UNI 2,012).



La primera muestra está ubicada en el techo del Grupo Tacaza superior $\sim 16.1 \pm 0.3\text{Ma}$ (Bellon & Lefevre, 1976) y la segunda, en la Formación Llallahui $\sim 8.6 \pm 0.4\text{Ma}$ (Martínez & Cervantes, 2003). Respectivamente entre el techo y piso del Grupo Maure, entonces concluimos que dicho Complejo Volcánico “Chucapaca” estaría cronológicamente ~ 14 a 12Ma (intra-Maure) pertenecientes al vulcanismo Sillapaca.

Los primeros datos obtenidos para la generación de nuevos sectores en la prospección *greenfield* es del sector “Amata” se dio entre los años 2,002 y 2,003 con la empresa Minera Rio Tinto (RTZ) el mismo que realizo una campaña de perforación diamantina.

El área de trabajo está localizada, entre las comunidades campesinas de Palcamayo y Amata, distrito de Coalaque, provincia General Sanchez Cerro, región Moquegua.

El proyecto consiste en un yacimiento caracterizado por minerales de alteración y elementos geoquímicos que indican el tipo epitermal de alta sulfuración en rocas volcánicas de edad terciaria con valores importante de elementos Au, Ag, Cu y As.

Posteriormente en el 2010 y 2019 al 2021 la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A, realiza trabajos de exploración con la finalidad de generar nuevas áreas de prospección, logrando ejecutar actividades de exploración avanzada en los *targets* Cerro Amata, Coripuquio, Cayrani, y Yanarico; de los cuales, el suscrito ha participado en la generación de todas estas nuevas áreas, siendo los targets Cerro Amata (Amata Este), Coripuquio y Yanarico, los que detallaremos en este informe.

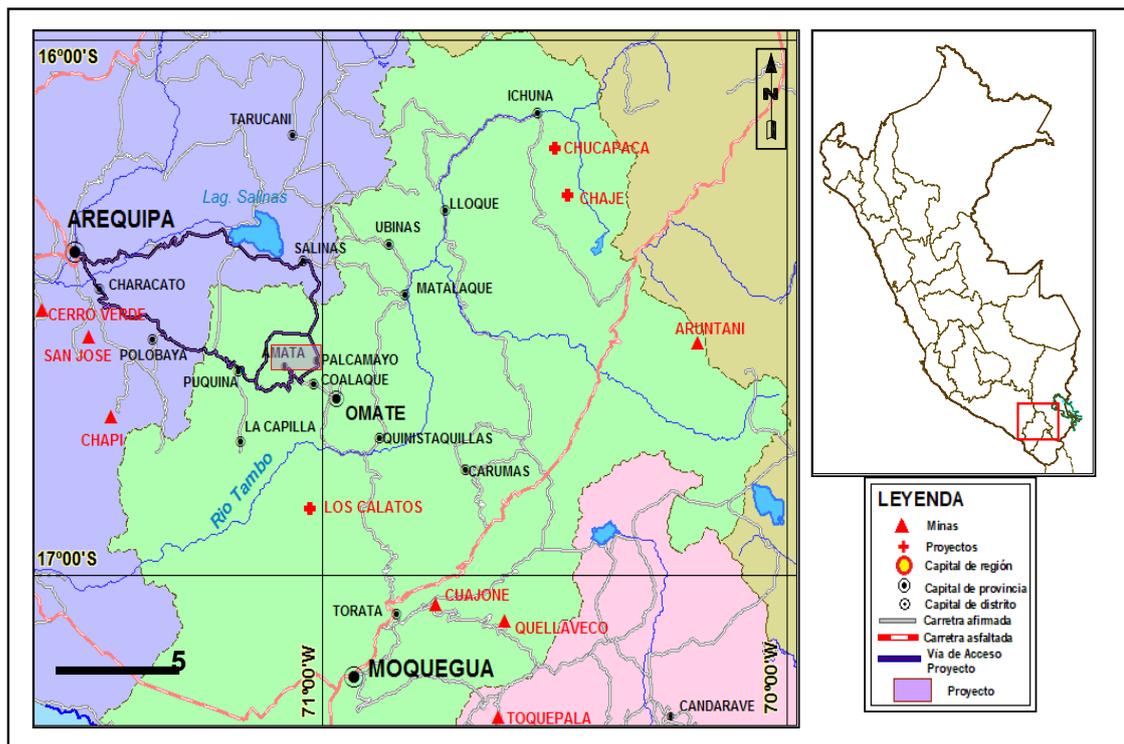
Ubicación del Proyecto Colquemayo

El proyecto minero Colquemayo está ubicado en la cabecera de las subcuencas de los ríos Amarillo y Agua Buena, a la vez pertenecen a la cuenca del río Tambo, sobre los 4,000 y 4,600 m.s.n.m. Dentro de los terrenos superficiales de las Comunidades Campesinas de Amata y Palcamayo, a su vez son anexos del distrito de Coalaque, provincia General Sánchez Cerro, región

Moquegua, es accesible por dos vías (Carretera afirmada y trochas carrozables):

- Vía de acceso 01: Arequipa – Puquina – Proyecto (89 km).
- Vía de acceso 02: Arequipa – Salinas – Proyecto (139 km).

Figura 8 Ubicación.



Área y Factores De Influencia

Influencia Directa

Los factores de influencia directa son las generadas por todas las actividades del sector minero. Para nuestro caso, están comprendidas las actividades involucradas a la exploración de nuevos recursos mineros, potencialmente, pueden ser factibles a la explotación, tratamiento y la comercialización de minerales económicos.

Estas incluyen la actividad humana, tales como: las agrupaciones socioeconómicas, instalaciones de infraestructuras, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de la sociedad civil, organizaciones locales, etc. localizadas dentro de un radio de influencia; denominado, activo – directo, no se considera la distancia porque se trata de un proyecto de exploraciones generativas; es decir, que todavía, no hay un límite espacial geoeconómicamente definido; entonces, consideramos la zona de influencia directa a los siguientes:

- Los propietarios de los terrenos superficiales, Comunidad Campesina de Palcamayo y la Comunidad Campesina de Amata.
- Comités de regantes, beneficiarios de los ríos Agua Buena y río Amarillo, afluentes al río Tambo, este recurso hídrico, usado para la agricultura en el distrito de Coalaque (una referencia adicional es el alto grado de acidez de carácter natural del río Amarillo).
- Propietarios de los terrenos superficiales y terrenos de las comunidades campesinas, en el que está o estaría ubicado el trazo de las vías de acceso carrozable al proyecto Colquemayo.
- La Municipalidad provincial General Sánchez Cerro, la municipalidad distrital de Coalaque, gestiones que involucren la solicitud de permisos ambientales, convenios y otros; además, solicitud de reuniones participativas con la población y la empresa privada.
- El gobierno regional de Moquegua, dirección regional de minería DREM coordinador del desarrollo de talleres para la promoción de la minería, licencias ambientales y autorización de las actividades operativas.

- El recurso socioeconómico aportado por la inversión privada directamente a los habitantes de las comunidades establecidas, tales como: remuneraciones, apoyo con infraestructura y materiales a los sectores de educación y salud, rehabilitación de las vías de acceso, apoyo en programas de alimentación y promoción de la minería, etc.

Influencia Indirecta

Denominamos factores y zona de influencia indirecta a los grupos socioeconómicos que realizan actividades relacionadas a la minera en general; ya sea en calidad de proveedores de servicios, transporte, almacenes, empresas especializadas, abastecimientos, etc.

Consideramos a otro factor de influencia indirecta, por su creciente desarrollo este podría pasar a influenciar directamente; nos referimos a, los conflictos sociales, en muchos casos están relacionados no solo a la minería, sino también, a la actividad de inversión en general.

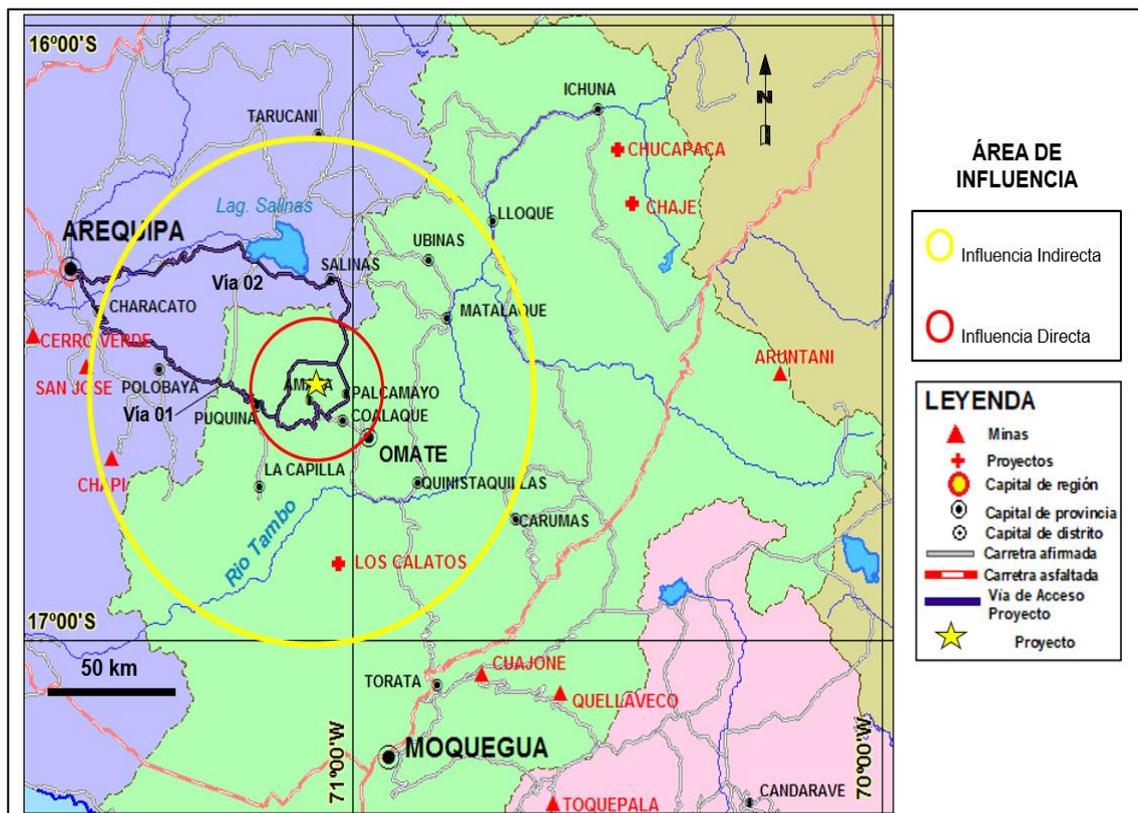
Cercanas al proyecto de exploraciones Colquemayo, algunas de estas actividades están ubicadas, fuera de las áreas cercanas al proyecto; por ejemplo, en la ciudad de Arequipa y parte de la región Moquegua. Entonces, son consideradas zonas de influencia indirecta a los siguientes:

- La ciudad de Arequipa como localización principal de abastecimiento de insumos y materiales; instalación del campamento, combustible para las maquinarias y equipos generadores de energía, alimentación, materiales de escritorio, transporte, entidades financieras, laboratorios para análisis de muestras, almacenes, etc.
- Región y ciudad de Moquegua, se considera por la territorialidad y la influencia burocrática. Además, es una alternativa para el abastecimiento

de materiales e insumos, en caso de que la ciudad más cercana no pueda cumplir con los requerimientos, por su cercanía a la mina de Cuacone y proyectos mineros de envergadura; como, Quellaveco y Los Calatos este se convierte en una posibilidad importante para nuestras necesidades.

- Los conflictos Sociales del proyecto minero Tía María de Southern Perú Copper Corporation, localizado en el valle del tambo de la región Arequipa, como se ha mencionado el proyecto Colquemayo está ubicado en la cabecera de los tributarios del rio Tambo. (Fig. 09).

Figura 9 Área de influencia del Proyecto Colquemayo.



3.2. Bases teóricas científicas

Litoestratigrafía Volcánica, Metalogénica, Tectónica, Alteraciones, Mineralización y Paragénesis en el Proyecto Colquemayo

3.2.1. Litoestratigrafía Complejo Volcánico Colquemayo

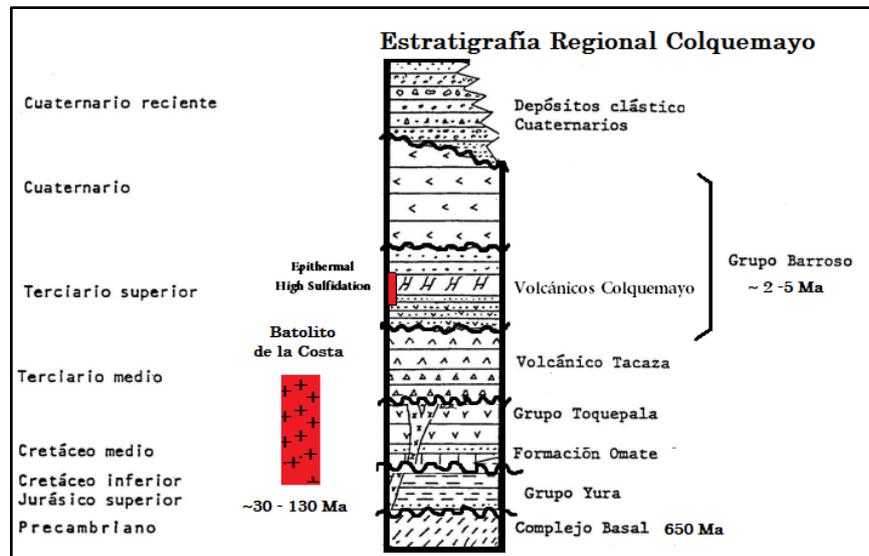
El Proyecto de exploraciones Colquemayo se emplaza dentro del complejo volcánico denominado Amata - Colquemayo, edad Mioceno Superior a Pleistoceno 2-7 Ma. (*Anexo 01*).

El contexto geológico regional, está enmarcado en un área de 150 km² que abarca todos los *targets* con anomalías de color, en algunos casos alteración hidrotermal, con firma geoquímica que tipifica a un yacimiento epitermal tipo *High Sulfidation*.

En la base, se puede observar afloramientos que corresponden al complejo basal de la costa, edad Paleozoica \pm 650 Ma (aproximadamente) constituido por granitos de grano grueso, gneis y ortogneis, producto de metamorfismo regional; en discordancia erosional, descansa con intercalaciones de areniscas y lutitas del grupo Yura y la formación Omate, constituida por niveles estratigráficos de lutitas, calizas negras y areniscas cuarzosas; edad, Cretáceo Medio- Inferior.

Durante la formación de las montañas Andinas, se emplaza un cuerpo intrusivo de magnitud batolítica denominada “El Batolito de la costa” \pm 130 – 30 Ma, Cretácico – Paleógeno que se expone al sureste del área regional, conformado por macizos dioríticos - granodioritas y monzogranitos, presenta indicios de alteración lateral en contacto con las rocas carbonatadas.

Figura 10 *Estratigrafía Reg. (Tomado INGEMMET, 1978; Mod. F. Andrade 2022).*

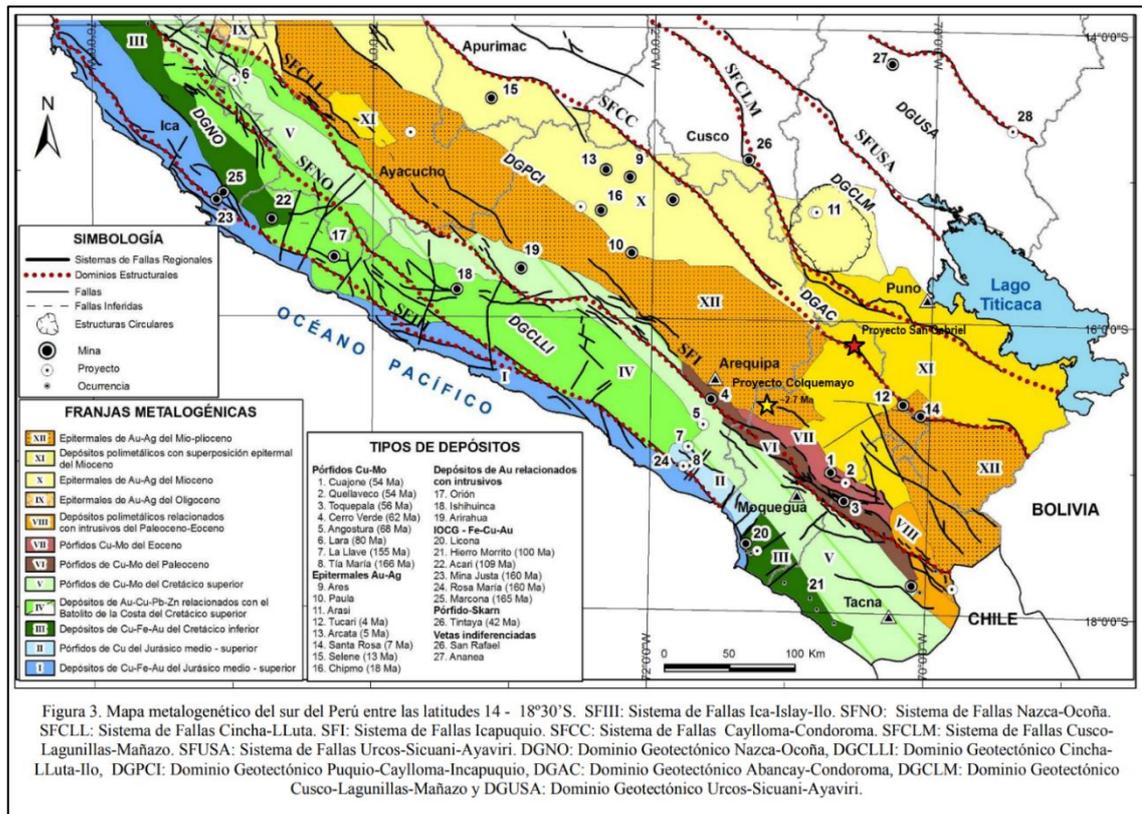


En los niveles superiores, discordante en paquetes de depósitos volcánicos, brechas y conglomerados, intercaladas por lavas andesíticas se emplazan de los volcánicos Chila, corresponde una parte del extenso Grupo Barroso (2 - 5 Ma) Plioceno – Pleistoceno; finalmente, depósitos clásticos, coladas dacíticas, andesíticas y basaltos cuaternarios del Barroso Superior, cortados por domos riolíticos coetáneos y recientes. (Figura 10). *Litoestratigrafía Distrital Complejo Volcánico Colquemayo.*

3.2.2. Metalogena y Tectónica Regional

El marco tectónico regional del proyecto Colquemayo está definida por su localización; ubicada, entre el sistema de fallas Incapuquio (SFI) con dirección NW-SE, este sistema controla los más grandes pórfidos de Cu-Mo del Sur peruano, Toquepala, Cuajone, Quellaveco, Cerro Verde y los proyectos de mayor relevancia; Los calatos en Moquegua y Zafranal en Arequipa; además, el sistema de fallas se extiende al norte en correlación al sistema de fallas Chincha - Lluta (SFCLL). (Figura 11).

Figura 11 Mapa Metalogénico del Sur del Perú (INGEMMET 2021)



Otra referencia de ubicación del proyecto Colquemayo está entre dos dominios geotectónicos de importancia metalogénica, al oriente el dominio geotectónico Abancay-Condorama, relacionado a los depósitos epitermales de Tucari y Santa Rosa (4 y 7 M.a) y al occidente con el dominio geotectónico Chíncha, Lluta, Ilo (DGCLLI), dentro de este dominio están emplazados las vetas relacionadas a intrusivos, post y batolíticos: Ishihuinca.

Los intrusivos hipabisales se emplazan casi en su mayoría en dirección preferente NS, de acuerdo con el Mapa Metalogénico del Sur del Perú el Proyecto Colquemayo se emplaza dentro de la Franja XII de los volcánicos terciarios, epitermales de Au-Ag del Mio Plioceno.

El epitermal *High Sulfidation* Colquemayo, (~2 - 7 Ma), formado a temperaturas mayores a 100° C hasta los 350° C, circunscritos a metales

preciosos de oro y plata, y en algunos casos con presencia de cobre, plomo y zinc, estos son evidenciados en depósitos minerales como: Aruntani (Au); proyecto minero San Gabriel (Au-Cu), Pucamarca (Au), Mina Tambomayo (Au_Ag), Shila - Paula (Au), Cailloma (Ag-Au), Ares (Au-Ag), Poracota (Au), Chipmo (Au-Ag), entre los más importantes del sur del Perú.

3.2.3. Anomalías y Alteración Hidrotermal en el Proyecto Colquemayo

La actividad hidrotermal presenta una aproximada coincidencia con las anomalías de color (Óxidos y Arcillas) observada en la imagen *ASTER* (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer*), esta imagen de espectrometría térmica fue preparada especialmente para este sector, por la importancia de su ubicación y una extensa área de interés exploratoria; además, es una herramienta muy valiosa y relativamente económica para fines de estudios preliminares. (*Anexo 02*) *Imagen Aster Anomalía de Color Óxidos y Arcillas*

La superficie del proyecto Colquemayo, muestra un buen porcentaje de área con escasa o casi nula vegetación, esto favorece a una mejor respuesta térmica en la lectura final de los espectros visuales; sin embargo, hay una dificultad en los depósitos de cenizas de la erupción volcánica del Huaynaputina (Febreo/Marzo del año 1600 d.C), estas acumulaciones muestran una falsa anomalía por la concentración de calor, sin embargo, se ha podido hacer la discriminación y representar solo el contenido de arcillas y óxidos.

La anomalía en la imagen *ASTER* muestra una coloración amarillenta-rojiza, tal vez como los niveles altos de una alteración hidrotermal o tipo *Steam Heated*, se expone en dos segmentos, emplazado en dirección SW – NE a lo

largo de 10 km de longitud por 3 km de ancho aproximadamente, en esta franja se ubican varios sectores con interés, entre ellos: los targets: Copuquio (Au-Ag), Amata (Ag, Cu, \pm Au), Yanarico (Au, Ag), Cairani (Au-Ag), estas anomalías muestran una débil a moderada fuerza hidrotermal, el trabajo de cartografía de superficie ha permitido contornear estos cuerpos irregulares en su mayoría de silicificación residual, masiva, porosa y brechas silíceas con matriz hidrotermal (alunita), cuerpos de sílice vuggy y sílice-alunita están alojados dentro de un halo argílico principalmente alunita-dickita-illita y caolín-esmectita-illita, finalmente gradando a afloramientos propilitizados (epídota, clorita) en la periferia. (*Anexo 03) Alteraciones Hidrotermales.*

Mineralización y Paragénesis del Proyecto Colquemayo

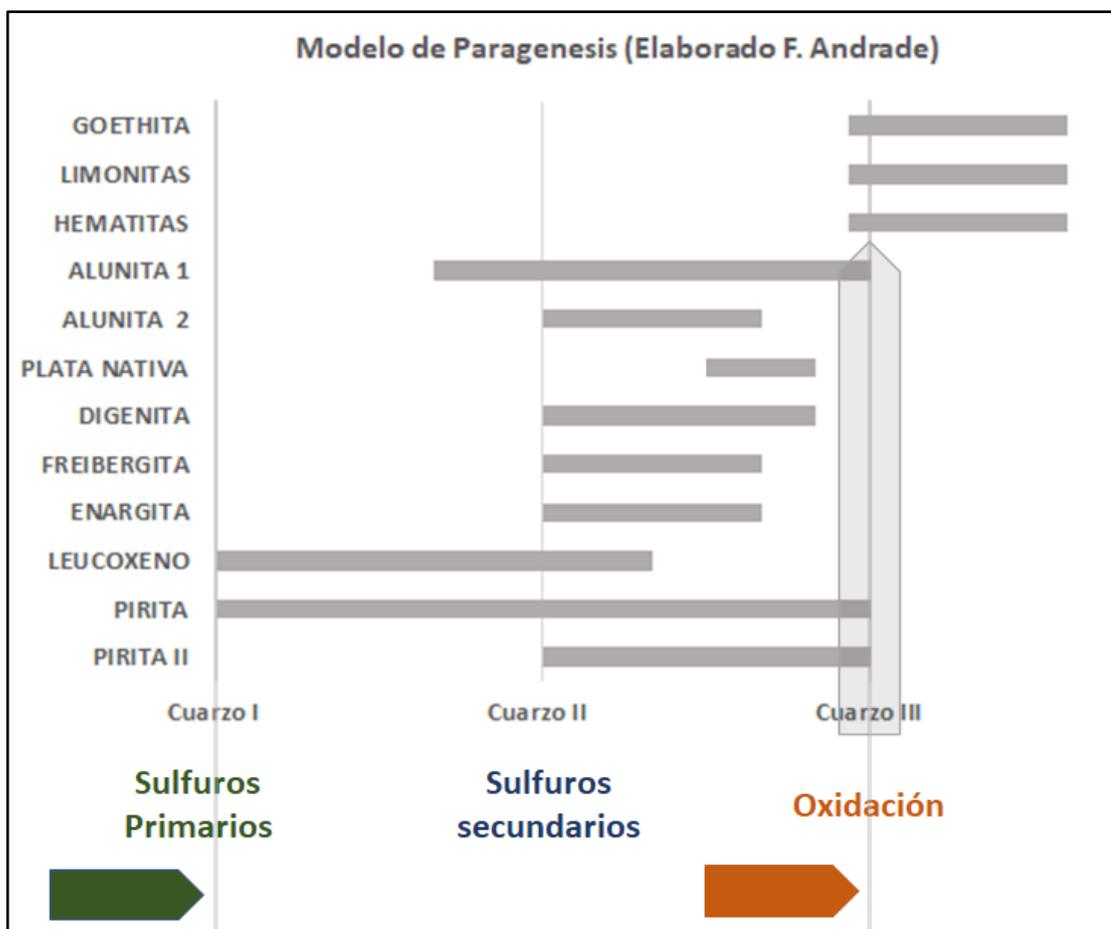
La mineralización en el proyecto Colquemayo, está relacionada a la alteración hidrotermal, representados en los mapas a partir de la cartografía geológica, escalas 5k y 2k que se reflejan muy bien con los resultados del muestreo geoquímico, en malla y en canales (*rock chip*); además, con el estudio microscópico se ha determinado tres generaciones de cuarzo (Cz I, Cz II y Cz III) y el hábito de los minerales opacos.

De las muestras observadas, se ha definido que el (Cz I) a reemplazando la matriz de la roca fresca y lixiviado casi todos sus componentes, el porcentaje de apreciación es de 60% a 75% de pequeños cristales de cuarzo, con tamaños representativos de 0.04 mm, este fluido también ha precipitado minerales primarios diseminados, principalmente la Pirita (Py) como sulfuros primarios.

El (Cz II) corresponde a la alteración de pequeños moldes o cavidades (boxworks), producto de la lixiviación de los fragmentos y fenocristales de las

rocas volcánicas (tufos piroclásticos, brechas y andesitas), este segundo evento se desarrolla al borde de las oquedades, dejadas producto de la lixiviación ácida, los tamaños medidos al microscopio son de 0.07mm. y representa del 10% al 16% de la muestra alterada, conjuntamente a este flujo ácido se observa Pirita (Py) en estado masivo al que hemos denominado: Pirita hidrotermal II; además, se observa Enargita diseminada (En diss) (Fig. 12).

Figura 12 Modelo de Paragénesis; Mineralización Epitermal Colquemayo.



El (Cz III), emplazadas como inclusiones de relleno en fracturas o pequeñas aperturas sinuosas, se aprecia el desarrollo de minerales opacos en los bordes de estas estructuras, en cristales masivos y semi masivos (Enargita, Pirita, Freibergita y Plata nativa) a esto agregamos la presencia obligatoria

Alunita hipógena semi masiva en casi la mayoría de las estructuras mineralizadas, el tamaño de los cristales de cuarzo observado en una muestra es de 2 mm. y representa el 8%.

Los minerales opacos se pueden ver en cristales anhedrales y subhedrales, los cuales llegan a medir hasta 0.25 mm. emplazadas en los bordes de los fluidos hidrotermales y diseminados en la roca alterada, representan el 2% en las muestras observadas.

La disposición estructural del depósito, está conformada por estructuras de relleno (vetas, fallas o fracturas abiertas), brechas hidrotermales y pequeños cuerpos de reemplazamiento en rocas de naturaleza permeable, por último, la característica de minerales económicos en este depósito se clasifica en sulfuros primarios, sulfuros secundarios y óxidos.

Galería Fotominerográfica.

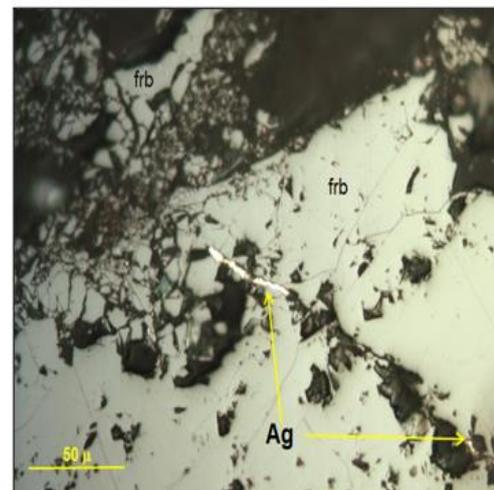
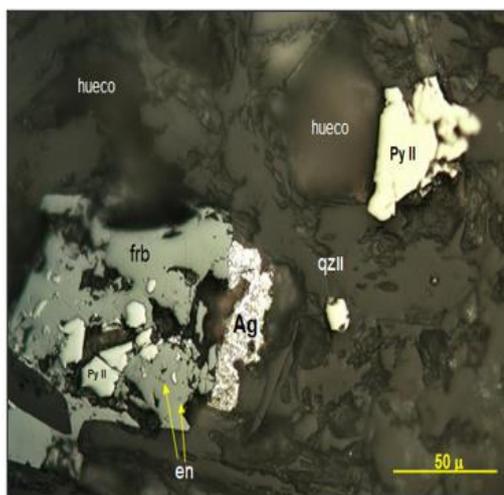


Foto 01. Microfotografía en luz reflejada, nicoles paralelos. Muestra DDH. Vista ampliada, se observa Plata nativa (Ag) e Intercrecimiento simple con Freibergita (frb), el cual contiene algunas inclusiones de Enargita (en) y pirita (Py-II). **Foto 02.** Microfotografía en luz reflejada, nicoles paralelos. Muestra de DDH Estructura mineral en sulfuros. Delgada venilla discontinua de plata nativa (Ag), se observa que la mineralización Argentífera está relleno de espacios abiertos en una playa de sulfuros Freibergita (frb). ¶

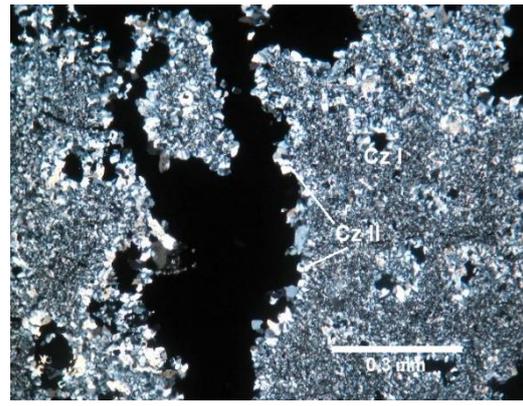
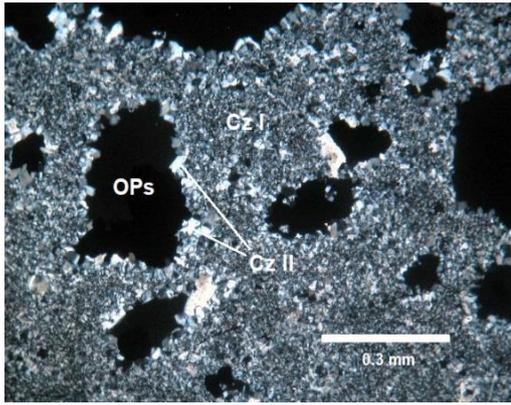


FOTO 03 y 04. Muestra DDH de alteración se puede apreciar la intensa silicificación sufrida por la roca. Nótese las cavidades (Vuggy Sílica) rodeados por granos de cuarzo más grueso que la matriz. Algunas cavidades están rellenas por minerales opacos (OPs).

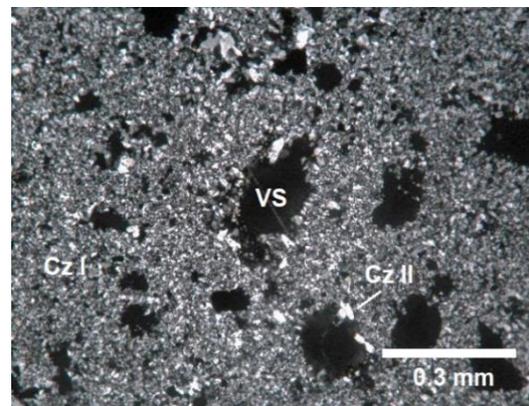
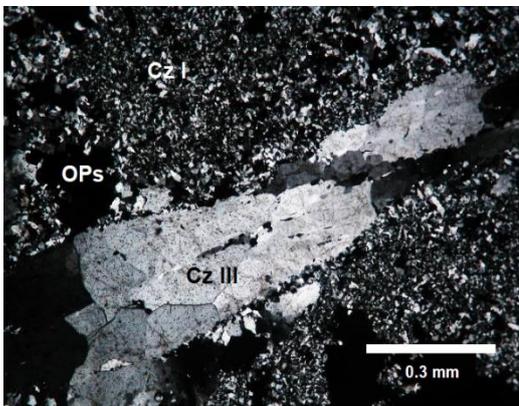


FOTO 05 y 06. Muestra de roca volcánica en estado de alteración con escasa diseminación de sulfuros, en la foto de la izquierda (Microfotografía) se observa una fractura rellena por Cuarzo (Cz III) y rodeado por la matriz alteradas por diminutos granos de Cuarzo (Cz I) y cavidades de Sílice Vuggy (VS) rellenas parcialmente por minerales opacos (OPs). En la foto de la derecha presenta la matriz alterada por cuarzo (Cz I) y porosidades (¿VS?) rellenas parcialmente por minerales opacos (OPs) y con granos de cuarzo (Cz II) en los bordes.

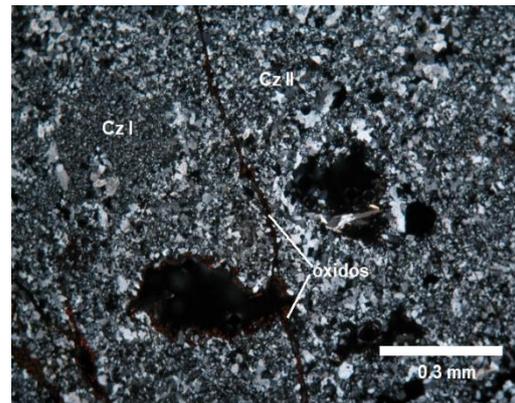
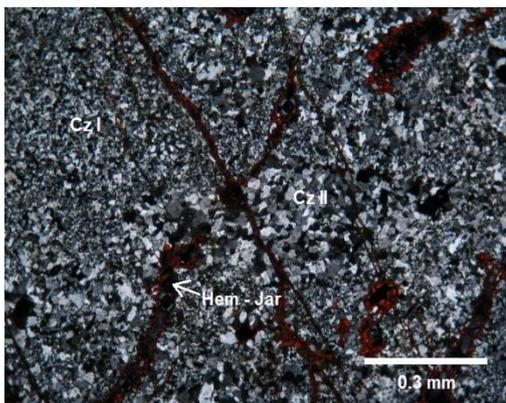


FOTO 07 y 08. Muestra de roca volcánica, ¿¿And?? fuertemente alterada, textura porosa, rellena por óxidos y sulfatos de Fe. En la microfotografía se observan fenocristales alterados por Cuarzo (Cz I), rodeados por la matriz alterada por Cuarzo (Cz II) y cavidades con granos de Cuarzo más gruesos en los bordes y relleno de las fracturas óxidos, Hematita y Jarosita (Hem - Jar)

3.3. Definición de términos básicos

Metalogenia

La metalogenia en el Perú es el estudio de condiciones geológicas semejantes en el tipo de yacimientos minerales metálicos y no metálicos, estratigráficos, estructurales o bloques tectónicos de orden regional, que configuran una relación espacial y temporal, relacionando depósitos minerales similares; en algunos casos, existen más de un evento o de épocas de mineralización (J.Maksaev, 2001). Durante los estudios realizados de inventario de ocurrencias y depósitos minerales en el Perú, se han elaborado una serie de mapas metalogenéticos, siendo los más importantes; De las Casas y Ponzoni (1969), U. Petersen (1970), Bellido y De Montreuil (1972), R Sillitoe (1976), Edgardo Ponzoni (1980), Cardoso (2002) y el estudio de los Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú INGEMMET (J. Quispe et al, 2007-2008) y el actual Mapa Metalogenético del Perú (INGEMMET, 2022).

Tectonismo

El tectonismo geológico se refiere a los procesos y movimientos que causan deformación en las capas de la tierra, incluyendo la formación de fallas, pliegues y otras estructuras geológicas. El tectonismo geológico abarca una amplia gama de fenómenos, desde la orogenia (formación de montañas) hasta la subsidencia de cuencas sedimentarias y la formación de fallas transformantes.

Muy ligado al concepto de tectonismo está la tectónica, que se refiere al estudio de la estructura y la dinámica de la corteza terrestre y cómo las placas tectónicas se mueven e interactúan entre sí. La teoría de la tectónica de placas,

que es una de las teorías más fundamentales en geología, sostiene que la litosfera de la Tierra está dividida en placas rígidas que flotan sobre el manto y que estas placas interactúan en los bordes, lo que da lugar a fenómenos como la formación de montañas, terremotos y vulcanismo. (A. Wegner, 1880-1930; X. Le Pichon, 1937; H. Hess, 1906 -1969), T. Wilson, 1908-1993; J. Tuzo Wilson 1908-1993)

El estudio del tectonismo andino en el Perú ha sido un campo de investigación activo debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, una región geológicamente compleja y tectónicamente activa. Muchos investigadores han contribuido al entendimiento de la evolución tectónica de esta área. (Víctor A. Ramos, V. Carlotto, Luisa Macedo, Frederic Christophoul)

Litoestratigrafía

La litoestratigrafía es una rama de la geología que se encarga del estudio y la clasificación de las rocas sedimentarias en unidades estratigráficas basadas en sus características litológicas y su disposición en el espacio. En otras palabras, se trata de la subdivisión y correlación de las capas de roca en función de sus propiedades físicas, composición mineralógica y características de sedimentación.

La litoestratigrafía es fundamental para entender la historia geológica de una región y para determinar la secuencia y relación temporal de los eventos geológicos, las unidades litoestratigráficas se llaman "formaciones" y "miembros", entre otros términos, y se definen según los tipos de rocas, sus características y su posición relativa en la sucesión estratigráfica, en el Perú, que es un país con una geología diversa y una historia volcánica significativa,

ha llevado en un enfoque particular para la litoestratigrafía volcánica, de igual forma está subdividida a dominios eruptivos, locales, distritales y regionales. (P. Navarro, 2000; P. Valderrama, J. Mariño, J. Thouret; L. Macedo, 2016)

Alteración Hidrotermal

Se refiere alteración hidrotermal a la transformación de los minerales primarios de la roca encajonante por los fluidos hidrotermales en condiciones de temperatura y presión, a una nueva asociación de minerales secundarios de mayor estabilidad. Esto se debe a la reacción por la interacción de aguas calientes, vapores o gases, que circulan por cavidades de las rocas (permeabilidad, venillas o fracturas), formando minerales secundarios, producto de una serie de reacciones físico químicas, a partir de fluidos sobresaturados, principalmente se forman en márgenes de sistemas geotérmicos bajo condiciones de PH, permeabilidad y lixiviación por disolución ácida de minerales primarios (Simons and Browne, 1997).

La característica principal de la alteración hidrotermal, es la circulación de considerables volúmenes de fluidos calientes que atraviesa por una litología en condiciones favorables de permeabilidad, transfiriendo importantes constituyentes de calor y PH, dejando una nueva constitución textural o reemplazamiento total (obliterada) de la roca, las principales asociaciones de minerales se clasifican en alteraciones Potásicas, Argílicas, Fílicas y Propilíticas, estas asociaciones son la clasificación por la temperatura y alcance de fluidos que gradan formando nuevas asociaciones de minerales alterados desde los 250°C a 280°C (Maksaev, 2001).

Mineralización

Mineralización, es la concentración natural de minerales en la corteza terrestre, estos son depósitos de orden metálico y no metálico, dependiendo de su génesis de formación se desarrollan en distintos ambientes y en diferentes épocas de la historia natural, están ubicadas en cualquier parte de la corteza; mayormente están relacionadas a franjas tectónicas. Algunos autores afirman la relación de un magmatismo con la formación de los depósitos epitermales, así como los depósitos de mineralización metálicas de los pórfidos y *skarns* (McKee et al., 1992; Conrad et al., 1993; Einaudi et al., 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003, Arribas et al., 1995; Hedenquist et al., 1996, 1998, 2000).

Otros estilos de mineralización, también presenta condiciones de formación más o menos semejantes, para la formación de minerales primarios, a partir de magmas con contenidos de elementos (Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Pb, Sn, W, etc.) con abundante fluido hidrotermal, otras acumulaciones de mineralización son producto de factores externos, aguas meteóricas, niveles freáticos y procesos físicos de meteorización, la mineralización propiamente dicha no representa condiciones económicas, solo adquiere valor de acuerdo a la demanda del elemento deseado como materia prima en la industria.

Geoquímica

La geoquímica es una disciplina que se enfoca en el estudio de la composición química de la Tierra y los procesos químicos que ocurren en la corteza terrestre. En el contexto peruano, la geoquímica desempeña un papel crucial para la comprensión de la geología y los recursos naturales del país.

(V́ctor Goldschmidt, 1888-1947; L. Vargas Rodŕguez, J. Chira Ferńndez, 2016)

La Geoqúmica de los depósitos minerales son fundamentales en la identificaci3n y evaluaci3n de yacimientos minerales, se utilizan t3cnicas geoqúmicas para analizar muestras de rocas, sedimentos y aguas subterráneas para identificar anomalías que indique la presencia de minerales esenciales.

La geoqúmica de los fluidos hidrotermales, se refiere a estudios básicos en la determinaci3n del tipo de yacimiento que ocurre en la formaci3n de un dep3sito.

La geoqúmica de elementos traza, se utiliza para identificar patrones de distribuci3n de elementos en las rocas, suelos y sedimentos de corriente, es fundamental en la exploraci3n.

La geoqúmica de rocas sedimentarias, se aplica a la investigaci3n de cuencas, estos estudios ayudan a comprender la historia geol3gica de a partir de la sedimentaci3n y diferenciar niveles con la posible presencia de recursos minerales

La geoqúmica de suelos y aguas subterráneas, estudian la calidad del suelo y del agua, es esencial para la agricultura y la salud p3blica, es utilizada para evaluar la contaminaci3n y la disponibilidad de nutrientes en suelos y aguas.

La geoqúmica de los volcanes activos; esta pŕctica, se realiza para el monitoreo de la actividad volcánica y evaluar los riesgos asociados.

La geoqúmica ambiental; se centra, en el impacto que genera la actividad humana en el entorno geol3gico y qúmico, se han realizado estudios sobre la geoqúmica ambiental en áreas mineras y urbanas, finalmente, la

geoquímica desempeña un papel esencial en la comprensión de la geología, la explotación de recursos naturales y gestión ambiental en nuestro país.

Geoestadística

La geoestadística es una rama de la estadística aplicada que se enfoca en el análisis, interpretación y modelado de datos espaciales y geográficos. Su objetivo principal es comprender la estructura espacial y la variabilidad de los datos en el espacio, lo que permite tomar decisiones informadas y realizar predicciones en áreas donde se tienen datos limitados o dispersos. La geoestadística se basa en el concepto de que la ubicación geográfica influye en las observaciones, utiliza métodos estadísticos para cuantificar y modelar estas influencias espaciales, ampliamente utilizada en la geología, la minería, la exploración de recursos naturales, la geofísica y otras áreas relacionadas. Georges Matheron (1930-2000), Michael David Ripley; Pierre Goovaerts; André G. Journel (1940-2014); A. Marin Suarez, 2023.

Anomalías

Son patrones de dispersión que a su vez muestran “anomalías” que es la desviación positiva de características consideradas normales, para una población de datos en ambiente geoquímico, ideales para cada ambiente geológico; otra definición es, que las anomalías geoquímicas se refieren a desviaciones significativas en las concentraciones de elementos químicos en comparación con las composiciones típicas o esperadas de una región geográfica o geológica. Estas anomalías pueden indicar la presencia de depósitos minerales, recursos naturales, procesos geológicos o actividades humanas. Algunos tipos de anomalías:

Anomalías positivas, es el incremento en la concentración de un elemento químico en comparación con los valores típicos. Anomalías negativas, son la disminución en la concentración de un elemento en comparación con los valores esperados. Anomalías espaciales, se encuentran en áreas específicas del terreno y pueden estar relacionadas con la geología local. Anomalías lineales, siguen una forma lineal y pueden estar asociadas con estructuras geológicas, como las fallas o vetas. William R. Dickinson (1931-2015); David J. Mossman, 2010; Richard J. Goldfarb, 2020.

Evaluación Geológica y Targets

La evaluación geológica es un proceso integral que implica el análisis y la interpretación de datos geológicos, geoquímicos y geofísicos para comprender la naturaleza, la distribución y el potencial de los recursos naturales en una región específica. Esta evaluación tiene como objetivo identificar áreas de interés geológico económico que albergan depósitos minerales. Los "*targets*" (objetivos) se refieren a las áreas o zonas específicas seleccionadas como candidatas para una mayor exploración y posible explotación, debido a las características geológicas y geoquímicas que indican la presencia de recursos minerales.

Para la evaluación geológica, en la identificación de targets se consideran diversos factores, como la geología regional, la estructura geológica, la mineralogía, la geoquímica, los datos geofísicos, la historia geológica y otros indicadores que sugieren la presencia de depósitos o acumulaciones de interés económico. El proceso implica un análisis multidisciplinario y puede involucrar la integración de datos de diferentes

fuentes y técnicas. John M. Guilbert (1931-2009), Richard H. Sillitoe, 2002, Stephen E. Kesler, A. C. Simons, 2015.

Geología Regional

Es el estudio de la geología que incluye la estratigrafía, la geología estructural, la geología económica, la petrología, mineralogía, etc. Que están enmarcados en un área mayor o igual a 10km por 15km (aproximadamente), usado para delinear las franjas metalogénicas, las agrupaciones litoestratigráficas, análisis de imágenes satelitales, lineamientos y fallas regionales como base regional y correlación.

Geología Histórica

Es el estudio de las eras, épocas, series, etc. Que marcaron una relevancia en la construcción geológica actual, observada por la geomorfología y tectónica, a esto se le conoce como la historia de la geología.

Geomorfología

La geomorfología es la disciplina que se enfoca en el estudio y la descripción de las formas de la superficie terrestre, así como en los procesos que las han formado y continúan modificándolas. En el contexto del Perú, un país geográficamente diverso y complejo, la geomorfología desempeña un papel crucial en la comprensión de su paisaje y su evolución. Jorge Recharte Bullard, 2006; Ernesto Ruez Luna, 2016, Antonio Brack Egg; INGEMMET

Estratigrafía

La estratigrafía es una de las ramas de la geología que se enfoca en el estudio de las capas o estratos de rocas sedimentarias, depósitos volcánicos-sedimentarios, flujo y depósitos de caídas que dan forma a la corteza, así como la interpretación de la historia geológica y las condiciones ambientales

pasadas. En el contexto peruano, que presenta una geología muy diversa y compleja, la estratigrafía desempeña un papel importante en la comprensión de la historia geológica y evolutiva. Nicholas Christie-Blick, Andrew Miall, Harold Reading, Robert H. Dott Jr. y Roger L. Batten.

Vulcanología

La vulcanología es la rama de la geología que se ocupa del estudio de los volcanes, sus procesos eruptivos, la actividad magmática y las interacciones entre la corteza superficial y los materiales volcánicos. En el contexto nacional el estudio del vulcanismo es considerado importante por la constante actividad volcánica, principalmente en la franja volcánica contemporánea en el del Sur peruano, este fenómeno natural obedece a la ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Para el caso de estudio de vulcanismo relacionado a la génesis de minerales, es muy importante el conocimiento de la actividad volcánica reciente para reconstruir los eventos pasados que están relacionados a yacimientos minerales.

La vulcanología es una de las áreas de investigación crucial para comprender los riesgos volcánicos y la mitigación de desastres, algunos conceptos relacionados a este tema: Vulcanismo, es el procesos y fenómenos asociados con la actividad de los volcanes, incluyendo la erupción de lava, ceniza, gases y otros materiales volcánicos. Magma y lava, son las sustancias fundidas que se encuentran debajo de la superficie terrestre (magma) y en la superficie durante una erupción (lava). Caldera, es una amplia depresión en la cima de un volcán formada por la colapsada cámara magmática después de una erupción. Piroclastos, son fragmentos de roca y ceniza expulsados durante una

erupción volcánica. Pablo Samaniego, 2018; Marco Rivera, 2019; Jeffrey B. Hulen, 1997; El Servicio Geológico Minero (INGEMMET).

Brechas

Las brechas son rocas sedimentarias o volcánicas, compuesta por elementos de diversos tamaños y de formas irregulares, desde angulosas hasta redondeadas, dispuestas indistintamente con tamaños de diámetros variables, desde milimétricos hasta mayores a 1 metro, soportadas por un cemento natural microcristalino, amorfo o una matriz detrítica fina. Real Academia de Ciencias (2013): Vocabulario Científico y Técnico. 4ª edición. Términos de geología (Vera, J.A., editor), Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, edición digital (www.rac.es).

Etimológicamente es una palabra que deriva de lenguas antiguas con un sentido o significado similar, del griego que significa ‘roto’, francés *brèche*, que a su vez deriva del fránico *breka* ‘roto’, ‘hendidura’, hermano del neerlandés *breken*, de igual significado, del alemán *brechen* ‘romper’¹ y del italiano *breccia*. ‘separado’, ‘roto’. Wikipedia. (2024, 01 de abril). La enciclopedia libre. Brecha (geología). <https://es.wikipedia.org/wiki/Brecha>.

En exploraciones, las brechas son rocas fracturadas que se estudian por una relación variable que presentan con la mineralización, incluso como vectores hacia la mena, aunque hay una variada forma de brechas y modos de desarrollo.

Los exploradores deben ser capaces de distinguir las diferentes brechas y aplicarle una caracterización a cada una de ellas, esto como condición geológica en la génesis de la mineralización o como consecuencia estructural de eventos pre-mineralización. Además, las brechas, son una característica

geológica que aparecen en todo registro de la cartografía geológica de yacimientos epitermales y pórfidos. Greg Corbett. (2005, mayo) Epithermal Au-Ag Deposit Types. Pro Explo 2005.

Se definirá en los siguientes párrafos algunos tipos de brechas que se observaron para este informe.

Brecha freática

Evidencias encontradas sobre la formación de las brechas freáticas, indican niveles menores a 1km debajo de la superficie, están asociadas a estructuras volcánicas (domos, diatremas, calderas), la génesis de la brecha freática en un sistema hidrotermal se debe al aumento de la presión hidrostática, debajo del nivel freático, quiere decir, que la estructura brechada se sella por la depositación de sílice hidrotermal en niveles someros. (R. Sillitoe 1985)

Estudios realizados sobre algunas brechas freáticas; principalmente, relacionadas a mineralización, indican que a lo largo del tiempo, estas han sufrido reactivación producto de intrusión, fallamiento o deslizamiento, lo que induce a un fracturamiento hidráulico; se explica, la descompresión hidrotermal de un sistema, transforma violentamente el agua sobrecalentada a vapor (Explosión hidrotermal), de esta forma se puede explicar la relación de brecha freática y la mineralización. (F. Remigio 2012)

Brecha hidrotermal

La brecha hidrotermal es una roca formada por una serie de fragmentos (clastos) cuyas formas pueden ser angulosas, sub angulosos o redondeados, moldeadas por el transporte que las afecta, la naturaleza de estas son polimícticos o simplemente monomícticos, están soportadas en una matriz

compuesta de minerales de alteración hidrotermal o sulfuros masivos y semi masivos, relleno de las grietas o fracturas de la corteza terrestre. Debido a la circulación de los fluidos hidrotermales, son generalmente de alta temperatura, ricos en minerales disueltos que se precipitan y depositan en las fisuras de las rocas. Finalmente, las brechas hidrotermales son comunes en zonas de actividad volcánica y en regiones tectónicamente activas. R. Sillitoe. (2006)

SEG

Brecha Tectónica

Una brecha con estas condiciones, son de la composición de fragmentos por lo general monomícticos, producidos por fuerzas tectónicas que incluyen tamaños muy grandes; como bloques, hasta muy finos como polvo, en una fábrica definida. R. Sillitoe. (2006) SEG; en muchos casos no presenta desplazamiento que pueda modificar la forma original de estos fragmentos; sin embargo, presenta matriz, que es el polvo de la roca o fábrica original, se caracteriza por la abundancia de fragmentos emplazados en zonas de falla. R. Sillitoe. (2006) SEG.

Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad / (QA/QC)

Aseguramiento de calidad, comprende aquellas acciones sistemáticas y preestablecidas orientadas a elevar el nivel de confianza de un programa de exploración y lleva implícita la idea de prevención. El aseguramiento de la calidad para ser efectivo requiere una evaluación continua de los factores que afectan la calidad.

Actúan desde el inicio del proyecto sobre las principales fuentes de error, teniendo en cuenta su influencia, con el fin de eliminar o minimizar su efecto.

Se materializa mediante la elaboración e implementación de protocolos, manuales, procedimientos y estándares de trabajo.

El Control de la calidad (QC), es el conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado en una operación. Monitorean los posibles errores, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctoras. Se materializa mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras

Por lo tanto, mientras que en el Aseguramiento de la Calidad esté implícita la idea de prevención, el Control de la Calidad se relaciona con la detección de problemas. Autores como F. Pitard (2011), A. Simon (2006) y el reconocido geólogo S. Canchaya (2020). Son un referencia importante en este tema.

Exactitud

Es la proximidad en promedio de una medición a un valor real o aceptado como valor “verdadero”. En términos estadísticos, la exactitud se relaciona con *la media*, la cual debe de ser insesgada, es decir sin desviación sistemática. Amec (2005).

Precisión

Es la habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares. En términos estadísticos, la precisión está relacionada con la *varianza de error y/o error relativo*, el cual nos sirve de base para indicar a la precisión como una magnitud cuantitativa. Amec (2005).

Sesgo

Son las desviaciones o inconsistencias que se suscitan durante el muestreo, la preparación y el análisis de la muestra, por ejemplo, en el muestreo la alteración superficial del afloramiento va a adicionar inconsistencias en la recolección de la muestra, por ello se recomienda limpiar la superficie con el cincel; también se presenta sesgo por contaminación, por mala recuperación y por fallas humanas. Amec (2005)

Contaminación

Es la transferencia de material de un medio circundante a la muestra, esto puede ocurrir en todo el proceso de muestreo, es posible que cierta porción de un material sólido o en solución quede retenida accidentalmente en un equipo o herramienta de muestreo, por consiguiente, contamine la muestra que se quiere obtener. Amec (2005)

IV. Desarrollo de la experiencia

4.1. Intervención

Exploración Geológica del Proyecto Colquemayo Target Coripuerto, Cerro Amata (Incluye Yanarico)

4.1.1. Target Coripuerto (Au)

Constituye un cuerpo irregular de aproximadamente 900m. de longitud por 500m. de ancho, con alteración de sílice masiva-residual y brechas hidrotermales, la litología manifiesta tobas silíceas y venillas de alunita “incipiente” cortado por domos pre mineral, fuertemente silicificados, ubicados al Sur de la ocurrencia, la alteración está muy bien contorneada en la parte central sílice - alunita ± arcillas, seguida de una aureola argílica con minerales de alteración de temperatura moderada a alta (caolinita-esmectita-illita) y en la periferia, gradando, afloramientos propilitizados y frescos. *(Anexo 05) Alteración hidrotermal. Target Coripuerto.*

El muestreo geoquímico de 368 muestras primarias en malla 50m. por 25m. (rock chip) y canales; resaltan anomalías de Au >0.35 ppm en 2 muestras y 25 muestras con valores que van desde 0.10 ppm a 0.35 ppm de Au y una muestra con un valor máximo de 0.52 ppm de Au, además presentan anomalías constantes en Ba, Hg, As, Sb y Te, que fueron analizadas por ICP Au+36 elementos en el laboratorio CERTIMIN PERÚ. *(Anexo 06) Muestreo en malla (rock chip) Target Coripuerto.*

Posteriormente se realizaron 1.2 km. de muestreo en canales, con un total de 579 muestras, perpendicular al sistema estructural predominante, esto permitió configurar, un cuerpo mineralizado en óxidos, >limonita, jarosita y hematitas, el cuerpo irregular (400m por 200m), dirección NE-SW con

alteración; silicificación residual, granular y buggy +/- alunita cristalizada, lo que indica niveles altos de un sistema epitermal de alta sulfuración.

Se realizó la excavación de 50 calicatas para muestreo geoquímico, además de validar los cuerpos de oxidación, cubiertos por depósitos cuaternarios. *(Anexo 07) Muestreo por canales, Target Coripuerto.*

El resultado de la prospección en el target Coripuerto ha permitido elaborar un programa de perforación, distribuidos en 12 sondajes ubicados en 11 plataformas y una ampliación de 1,100m según los resultados. *(Anexo 09) Proyecto de Perforación Diamantina, Target Coripuerto.*

Finalmente, se ejecutaron en dos campañas de perforación diamantina un total de 3,550m, pudiendo determinar 03 cuerpos silíceos con mineralización mixta (óxidos y sulfuros) debajo de la superficie; 50m hasta 80m, denominados crestones Norte, Centro y Sur, ubicados en un nivel de óxidos y sulfuros. *(Anexo 08) Plano de Interceptos de cuerpos Mineralizados. Target Coripuerto.*

Se ha registrado 1 890 muestras primarias y 284 muestras de control que corresponde al 15% del total de muestras (blancos, duplicados y estándares).

Las muestras fueron analizadas en laboratorio CERTIMIN PERÚ en la ciudad de Lima, la preparación mecánica de las muestras se realizó en la ciudad de Arequipa, el corte y muestreo de los testigos de perforación diamantina se ejecutaron en las instalaciones del área de corte (Petrótomo de disco, marca Husqvarna), campamento de exploraciones Proyecto Colquemayo. *Figura 14 Plano de sondajes diamantinos, Target Coripuerto.*

4.1.2. Target Cerro Amata (Ag-Cu-Au)

El target Cerro Amata es importante por la manifestación de brechas tipo pipe al borde de un domo riolítico, brechas freáticas y freatomagmáticas que cortan la secuencia volcánica estratigráfica, caracterizada por niveles de lavas andesíticas y tobas finas de fragmentos líticos y facies de cristales, cortadas por brechas monomícticas y brechas de fragmentos polimícticos, matriz clástica de polvo de roca, alteración de sílice de grano fino y en algunos casos alunita, habito pulverulento, cristalino, rumbo EW – NE.

Un evento tardío de intrusión sub volcánica “Domo” con mega cristales de feldespatos, plagioclasas e incremento de biotita se emplaza en el centro del cerro Amata con dirección NNW, limita la alteración hidrotermal.

La proporción de los afloramientos en la superficie es menor a 40% de área de interés, la alteración se representa en crestones silíceos con orientación preferencial EW, en el flanco Este de la ocurrencia, se ubica una serie de brechas de naturaleza polimícticos, matriz de sílice granular y fragmentos de sílice masiva con dirección 10° a 20° NE, buzamiento 75°-80° SE con óxidos (jarositas, limonitas y goetitas, puntualmente hematita), está brecha se presenta discontinua en algunos sectores, ubicados en ambos flancos del cerro. (Anexo 10) Alteración Hidrotermal. Target Amata.

Del muestreo geoquímico, se han tomado un total de 301 muestras de roca; entre, canales, rock chip y escogidas, se ha diseñado una red de 50m x 25m y 200m lineales de canales selectivos.

Confirmando anomalías en 44 muestras >30 ppm Ag y un máximo de 230 ppm Ag, indica que el 10% de las muestras son anomalías; de moderadas a altas, 1 muestra con 967 ppm Ag, ubicada en una estructura al borde S de la

ocurrencia, a la que hemos denominado, Estructura Jaqueline; además, hemos considerado los siguientes elementos como anomalías geoquímicas: As, Sb, Ba, Bi, Te y Hg, que se atribuye a un depósito tipo epitermal Alta Sulfuración. (Anexo 11) Anomalías geoquímicas. Target Cerro Amata.

Los resultados de las perforaciones diamantinas anteriores, muestran importantes interceptos, con mineralización argentífera y Cu-As, como se observa en los sondajes **AM-01**: 317,80m. @ 31.7g/t Ag; 0,11g/t Au y **AM - 02**: 100.25m. @1.11% Cu; 0.16g/t Au; 19,55g/t Ag Minera Rio Tinto (RTZ 2,003) y las campañas de exploración realizadas por Cía. de Minas Buenaventura S.A.A (2,019 - 2,020), 14 sondajes diamantinos en total, con un acumulado de 6,156.50 m; además de, una última fase de perforación de 05 taladros 1,560m en el sector Amata Este, que detallaremos más adelante. (Anexo 12) Ubicación DDH. Target Cerro Amata.

4.1.3. Target Yanarico (Au – Ag)

El *target* Yanarico del proyecto Colquemayo, está localizado al este del área de estudio, la imagen de satélite muestra una anomalía de color que se distingue muy bien de los flujos y depósitos cuaternarios frescos; el cerro Yanarico, es un bloque de rocas con escarpas que alcanzan hasta 30 metros de altura, predominante de la geomorfología de este sector.

La cartografía geológica semi detallada a escala 2k muestra la referencia litoestratigráfica de las unidades volcánicas asimilables al sector oeste del proyecto Colquemayo (J. Veliz, 2019) Lava andesítica (LA), ubicada en los niveles inferiores de la secuencia; sobre yace un Tufo de cristales (Tcri), cubre la mayor extensión del área de estudio; además, es la roca huésped de la alteración hidrotermal (silicificación masiva) con presencia de anomalías de

Au-Ag, seguida por una secuencia de Tufos de grano fino (Tf) y Tufo de fragmentos líticos (Tlt) que afloran en horizontes lenticulares localizados en los niveles altos de toda esta secuencia, cortando se ha cartografiado un Domo de naturaleza andesítico como cuerpos irregulares intruyendo la secuencia piroclástica afectado por alteración argílica avanzada (sílice-alunita) y los cuerpos de brecha; brecha freática, brecha freatomagmática y brechas hidrotermales que afloran como cuerpos irregulares en la parte central, también cortan la secuencia piroclástica, las lavas y domos, están afectadas por alteración argílica avanzada, toda esta secuencia estaría afectada por intrusiones andesíticas tardías (post alteración) como se muestran en apófisis mayormente afloran frescos. *(Anexo 13) Estratigrafía Volcánica. Target Yanarico.*

La alteración corresponde a un cuerpo alargado NW-SE de 1.2km x 2.0km de silicificación con borde sílice-argílico y argílico, en conjunto encierran 3.0km x 1.5km de anomalía de alteración, está limitada por un aparente control estructural de rumbo NNW- SSE, ubicada en la periferia de la alteración con aparente movimiento sinistral, presenta un sistema de fracturamiento NE 75° casi EW. *(Anexo 14) Estructural y Alteraciones. Target Yanarico.*

Basado en la cartografía geológica y los resultados geoquímicos, se ha identificado anomalías importantes de Au y Ag, Se han obtenido 1,306 muestras de rocas, tipo selectivo, enfocado a estructuras y franjas alteradas, con el resultado geoquímico se ha determinado las siguientes anomalías:

Anomalía Yanarico Norte, presenta una forma irregular elongada con dirección N-S y dimensiones de 500 m de largo por 100 a 150 m de ancho, los

valores de Au fluctúan entre 20 a 1020 ppb Au y en Ag de 2 a 37.5 ppm, este sector corresponde a una zona mixta por la ocurrencia de pirita diseminada (sulfuros) en la alteración sílica.

La otra anomalía está ubicada en la parte central y oeste del del Cerro Yanarico, constituida por un cuerpo de brecha hidrotermal y brecha crackel, de forma ovoide, dimensiones 300m x 300 m. La anomalía muestra mayormente tenores bajos con máximos de 154 ppb Au y 31.4 ppm Ag.

La anomalía considerada importante corresponde a la denominada Brecha Jesica - Yanarico Sur, ubicada al borde sur y sureste del C° Yanarico, tiene forma irregular con dimensiones de 800 m de largo x 100m a 250m de ancho, caracterizado por las mejores anomalías de Ag con valores de 10 a 60 ppm Ag y un máximo de 460 ppm Ag (puntual), y valores de Au puntuales de 100 a 1150 ppb Au veta Jesica, que constituye una brecha hidrotermal fallada con abundante óxido de hierro (goetita y jarosita), abundante baritina, algo de alunita y sílice crema, presenta altos valores anómalos de 100 a 7,200 ppb Au. (Javier Veliz, 2019). *(Anexo 15) Anomalías Geoquímicas. Target Yanarico.*

La conciliación de todos los resultados, el análisis geoquímico y respuesta geofísica que muestra una anomalía de resistividad ~500 Ohm. m y > 2,000 Ohm. m para cuerpos silíceo resistivos, teniendo en cuenta los estudios de alteración realizados a los *targets* Cerro Amata y Coripuquio, la mineralización está relacionada en esos *targets* a una alteración de silicificación y el contorneo geofísico de valores altos (Ohm. m), coincide perfectamente con una serie de brechas, freáticas, freáticas hidrotermales y freatomagmáticas, claramente orientados en dirección NW-SE. *(Anexo 16) Geofísica de Resistividad. Target Yanarico.*

Con esto, se ha programado una campaña de perforación diamantina en 19 taladros y un posible acumulado de 5,900 m. (*Anexo 17) Proyecto de Perforación Diamantina DDH.*

4.1.4. Resultados de la Perforación Diamantina; Target Coripuerto y Amata Este

Antes de iniciar con el resumen de este subcapítulo, referido a la exploración minera con actividades de perforación diamantina (DDH), quiero mencionar lo siguiente: Según los datos del ministerio de energía y minas, en el Perú un promedio de 1,000 prospectos de exploración minera solo el 10% llegan a la etapa de perforación diamantina (DDH).

En esta parte de la exploración con perforación diamantina (DDH) que es considerada como una de las últimas etapas o la etapa avanzada de exploración, solo seguida por una campaña de *Infill drilling*.

Entre los meses de abril a setiembre de 2011 y una última en enero a febrero del 2012 se ejecutaron un total 10,357 m. (incluye re-perforación AM03 y AM04), entre los *targets* Coripuerto, Amata y Amata Este.

El objetivo es verificar la proyección de los cuerpos y estructuras reconocidas por cartografía geológica y alteraciones hidrotermales; además, los importantes valores obtenidos con muestreo geoquímicos y los resultados de la prospección geofísica de IP y resistividad, la suma de todos los trabajos de exploración, el buen planteamiento de los conceptos, la discriminación de datos y un excelente análisis de los resultados superficiales, han permitido la continuidad del “Proyecto de Exploraciones Colquemayo” a una etapa avanzada DDH.

Tabla 1 Sondajes diamantinos (DDH). Target Coripueño Proyecto
Colquemayo.

DDH_CODE	PROF.	Inicio	Final	Azimuth	Dip
COR 01	235	12/04/2011	13/05/2011	0	-55
COR 02	305.95	17/05/2011	11/05/2011	0	-50
COR 03	188.2	14/05/2011	24/05/2011	180	-70
COR 04	286.75	19/05/2011	29/05/2011	0	-40
COR 05	175.5	26/05/2011	02/06/2011	180	-40
COR 06	256.15	02/06/2011	10/06/2011	0	-50
COR 07	281.45	04/06/2011	05/06/2011	0	-50
COR 08	234.85	09/06/2011	17/06/2011	180	-55
COR 09	190.50	12/06/2011	15/06/2011	0	-65
COR 10	114.60	16/06/2011	19/06/2011	0	-40
COR 11	326.30	20/06/2011	05/07/2011	0	-50
COR 12	260.55	23/06/2011	03/07/2011	0	-50
COR 13	188.20	08/07/2011	14/07/2011	180	-50
COR 14	281.45	06/07/2011	18/07/2011	0	-50
COR 15	306.30	16/07/2011	07/08/2011	0	-50
COR 16	273.70	14/09/2011	24/09/2011	120	-50
COR 17	285.80	24/07/2011	02/08/2011	180	-50
TOTAL	4191.25				

Antes de iniciar la campaña DDH, es importante realizar una buena elección de la empresa especializada que ejecutará este trabajo, se debe considerar las siguientes características tales como: la disponibilidad y posibilidad a acceder a los puntos de perforación de los equipos de preferencia deben ser modernos y una demostrada capacidad en récords óptimos de recuperación de centros de perforación a diferente diámetro.

La perforación diamantina tiene el objetivo fundamental, verificar la continuidad en profundidad de las estructuras o cuerpos de minerales con valor económico que incrementen nuevos recursos a los activos de la Cía.; además, también es importante verificar el contenido metálico, el tipo de alteración, el protolito receptor, la roca caja, el comportamiento estructural y el análisis geotectónico de la roca; finalmente, a partir de esta información se realizó un modelo geológico inicial del depósito.

Tabla 2 *Sondajes diamantinos (DDH). Target Cerro Amata Proyecto*

Colquemayo.

DDH_CODE	PROF.	Inicio	Final	Azimuth	Dip
AM03 (RTZ)	274.2	6/08/2011	16/08/2011	0	-50
AM02 (RTZ)	208.0	12/08/2011	18/08/2011	0	-50
COQ11-32	400.0	20/10/2011	05/11/2011	190	-40
COQ11-33	220.6	30/10/2011	06/11/2011	190	-50
COQ11-34	303.4	15/10/2011	27/10/2011	10	-45
COQ11-35	305.7	19/11/2011	02/12/2011	190	-50
COQ11-36	543.6	17/11/2011	07/12/2011	190	-55
COQ11-37	219.0	21/08/2011	07/09/2011	180	-45
COQ11-38	561.3	27/08/2011	20/09/2011	90	-45
COQ11-39	68.4	04/09/2011	13/09/2011	180	-45
COQ11-40	290.2	03/10/2011	18/10/2011	180	-50
COQ11-41	160.0	08/09/2011	13/09/2011	180	-60
COQ11-42	152.3	14/09/2011	21/09/2011	22	-60
COQ11-43	315.5	16/09/2011	27/09/2011	260	-50
COQ11-44	434.0	18/10/2011	14/11/2011	45	-60
COQ11-45	140.0	30/09/2011	15/10/2011	30	-60
AME14-01	277.3	27/01/2012	2/02/2012	350	-50
AME14-02	333.6	02/02/2012	7/02/2012	35	-70
AME14-03	322.7	07/02/2012	14/02/2012	177	-48
AME14-04	305.7	15/02/2012	20/02/2012	331	-50
AME14-05	321.3	20/02/2012	27/02/2012	45	-50
TOTAL	6156.5				

Es importante hacer mención que la información incluida en este documento, con la finalidad de seguir con el desarrollo del presente y sin afectar los intereses de la Compañía, él suscrito hace mención que se solo se incluyó información para explicar los procedimientos y conceptos geológicos – económicos del proyecto Colquemayo; considerando así, que algunos datos han sido modificados para logros académicos en el denominado “Informe de suficiencia profesional”.

Finalmente, un procedimiento que es necesario mencionar para la actividad DDH, es que se ha realizado un total de 2000 has de levantamiento topográfico con monumentación de estaciones o hitos georreferenciados y certificados y la ubicación de las plataformas de perforación y toda la actividad que y los parámetros exigidos para los informes de divulgación de proyectos

mineros o instrumentos como: NI 43-101, el Código Jorc, acreditaciones AusIMM, etc.

4.1.5. Target Coripuerto Perforación Diamantina (DDH)

La perforación diamantina en el *target* Coripuerto ha iniciado el 12 de abril del 2011 con el sondaje COR 01 y finalizado el 02 de agosto del mismo año; en total se han ejecutado 17 sondajes, que sumados llegan a 4,191.25 m. lineales de perforación diamantina (DDH) con 97% de recuperación.

Para nuestro caso (Informe de suficiencia profesional) solo veremos los primeros 06 sondajes diamantinos.

Tabla 3 DDH Coripuerto (Informe de suficiencia profesional).

DDH_CODE	PROF.	Inicio	Final	Azimuth	Dip
COR 01	235	12/04/2011	13/05/2011	0	-55
COR 02	305.95	17/05/2011	11/05/2011	0	-50
COR 03	188.2	14/05/2011	24/05/2011	180	-70
COR 04	286.75	19/05/2011	29/05/2011	0	-40
COR 05	175.5	26/05/2011	02/06/2011	180	-40
COR 06	256.15	02/06/2011	10/06/2011	0	-50
TOTAL	1447.55				

Los resultados de la perforación en este *target*, indican la presencia de tres estructuras irregulares de tendencia sub vertical y horizontal, corresponden a cuerpos de brecha hidrotermal, brechas tectónicas, brechas freáticas hidrotermales que se encuentran fuertemente alteradas a silicificación masiva, sílice porosa y silicificación residual, con niveles de mineralización y halos de alteración argílica avanzada (Qz-Alunita-Dickita).

Las estructuras interceptadas correlacionan con tres cuerpos mineralizados, cuyo contenido aurífero están relacionados a estas estructuras (brechas) en niveles de óxidos y sulfuros, denominados: Crestones Norte,

Centro y Sur. *(Anexo 18) Intercepto de Cuerpos Mineralizados. Target Coripuquio.*

Se han elaborado secciones transversales de rumbo NS con dirección al W, incluyen los sondajes: COR 03, COR 04 y COR 05 en la sección 01; sondajes COR 01 y COR 06 en la sección 02 y por último los sondajes COR 02 y COR 07 en la sección 03. *(Anexo 19) Secciones transversales 01, 02 y 03 Interpretación de Cuerpos Mineralizados.*

El método geoquímico utilizado para el análisis es ICP Au + 36 elementos, realizado en el laboratorio CERTIMIN PERÚ, el muestreo es en tramos selectivos, considerando alteración, mineralización, estructuras de relleno, zona de fallas, etc.

El muestreo se ha realizado en la mayor parte de los centros de perforación, omitiendo en algunos casos la cobertura (material orgánico, suelos, depósitos fluvio-glacial, aluvial, etc.), tramos sin ninguna alteración o roca fresca y algunos tramos con mínima o cero recuperaciones.

Los interceptos registrados en el logueo (alteración hidrotermal, mineralización y estructuras de relleno) mantiene una relación con los valores de Au >2 g/t como, por ejemplo: en tramos con intensa disposición de los factores mencionados (alteración hidrotermal): silicificación masiva o porosa y en tramos que contienen mineralogía (óxidos >70%, sulfuros Py I y II ~10% - 20%, En < 4%), algunos tramos rellenos de fracturas (óxidos o sulfuros).

En la Sección 01, se muestran siete interceptos, cortados por los sondajes: COR 03, COR 04 y COR 05, estos corresponden a las estructuras denominadas crestón Sur, Centro y Norte en los niveles de óxidos y sulfuros,

uno de estos tramos importantes en el COR 05 con 30.7m @ **3.23g/t Au** corresponde al crestón Centro en el nivel de óxidos.

Los valores de los interceptos de los crestones Norte, Centro y Sur en minerales oxidados, van desde **2.61g/t Au** hasta **4.91g/t Au**, mientras que en el nivel de sulfuros se incrementa la ley, por ejemplo: COR 04 con **11.7m. @ 5.64 g/t Au**. Estructura Ciega. *(Anexo 20) Sección 01 Target Coripuerto.*

En la Sección 02, se muestran siete interceptos, entre los sondajes: COR 01 y COR 06, esto corresponden a los crestones Centro y Norte; en el COR 01, la mayor parte de los cortes en estructuras mineralizadas, están ubicadas en el nivel de óxido, el promedio general es de **78.7 m. @ 2.0 g/t Au**, dentro de este bloque, tres interceptos con valores de: **18.4 m. @ 5.14 g/t Au**, **41.8 m. @ 1.98 g/t Au** y **18.5 m. @ 3.47 g/t Au** y un corte en el nivel de sulfuros: **5.40 m. @ 6.25 g/t Au**, esto estaría correlacionando con la traza de la estructura crestón Norte.

En el COR 06, dos tramos importantes; el primero, **9.70 m. @ 5.79 g/t Au**, que es una brecha hidrotermal con fragmentos polimícticos y matriz fina silíceas; óxidos >15% (gohetita, limonitas, jarositas); seguida, por un amplio tramo de **52.9 m. @ 2.62g/t Au**, completamente obliterada, alteración sílice masiva. *(Anexo 21) Sección 02 Target Coripuerto.*

Por último, la Sección 03 muestra cinco interceptos, sondajes: COR 02 y COR 07 correlacionan con la traza de los crestones Centro y Norte; en el COR 02, los cortes interceptan un tramo de óxidos de la estructura crestón Centro, con valores de: **24.3 m. @ 2.94 g/t Au** que es una brecha hidrotermal y los siguientes dos cortes en el nivel de sulfuros: **5.60 m. @ 4.57 g/t Au** y **29.0 m. @ 4.70 g/t Au**. (brechas freáticas hidrotermales).

Se ha podido mostrar en forma resumida estas tres secciones que explican con claridad los resultados de la perforación diamantina en este *target* denominado Coripuerto. (*Anexo 22) Sección 03 Target Coripuerto*.

4.1.6. Target Amata este Perforación Diamantina (DDH)

La perforación diamantina de la última campaña en el *target* Cerro Amata, sector Amata Este, ha iniciado el 27 de enero y finalizado el 27 de febrero del 2012, total 1,560.60m. en los sondajes: (AME14-01, AME14-02, AME14-03, AME14-04 y AME14-05), incluida a esta última campaña se han perforado 21 DDH en todo el *target* Cerro Amata, que sumados un acumulado de 6,156.50 m. (*Tabla 02*) con 95% de recuperación y por encima del 98% de recuperación en estructuras silíceas.

Para el presente informe, solo se ha considerado, los últimos cinco sondajes del sector Amata Este. (*Anexo 23) Ubicación DDH Sector Amata Este. Target Cerro Amata*.

Tabla 4 DDH Amata Este (Informe de suficiencia profesional).

DDH_CODE	PROF.	Inicio	Final	Azimuth	Dip
AME14-01	277.3	27/01/2012	2/02/2012	350	-50
AME14-02	333.6	02/02/2012	7/02/2012	35	-70
AME14-03	322.7	07/02/2012	14/02/2012	177	-48
AME14-04	305.7	15/02/2012	20/02/2012	331	-50
AME14-05	321.3	20/02/2012	27/02/2012	45	-50
TOTAL	1560.6				

Antes de iniciar con el resumen de los resultados de la perforación diamantina en Amata Este, es importante tener en cuenta los antecedentes previos y resultados de la perforación realizada en el *target* Cerro Amata; para esto, comentaremos la sección transversal. (*Anexo 24) Referencial cerro Amata*.

Los estudios muestran importantes interceptos, con mineralización de plata y cobre; denominados, cobres grises (Cu-Ag-As y Sb) observado en los sondajes.

Con la finalidad de representar gráficamente el nivel de mayor ocurrencia, se ha trazado una línea de separación de ocurrencias de minerales con contenidos de elementos ligeros (Sb, S y As): Tetraedrita ((CuFe)₁₂Sb₄S₁₃) y Freibergita (Ag₆Cu₄Fe₂Sb₄S₁₃) y los minerales típicos del sistema *high sulfidation*, ligados a la Enargita (Cu₃AsS₄) en un hábito semi masivo con inclusiones de Ag nativa (*Foto 01, mineragrafía*). Todo indica que en el sistema se han producido más de una fase hidrotermal, durante el tiempo de formación del depósito epitermal +/- 3-4 Ma.

Algunos interceptos importantes mostrados en la sección son las siguientes. (*Anexo 24) Sección Referencial Cerro Amata.*

- ✓ **AM-02:** 87.0m. @ 1.25% Cu, 1.48 Oz Ag; 0.31 g/t Au (Incluye: 4.0 m. @ 3.79 Oz Ag)
- ✓ **COQ10-32:** 9.55m. @ 1.96% Cu; 1.48 Oz Ag; 0.36 g/t Au
- ✓ **COQ10-36:** 37.90m. @ 2.16% Cu; 17.94 Oz Ag; 0.11 g/t Au y Corte II
- ✓ **COQ10-36:** 122.55m. @ 4.44% Cu; 0.57 Oz Ag; 0.11 g/t Au (Incluye: 0.68 m. @ 4.82 Oz Ag y 12.0 m. @ 3.06 Oz Ag).

Finalmente, los resultados de la perforación diamantina correlacionan con estructuras del sistema EW, en algunos casos no aflorantes o estructuras ciegas, con evidente continuidad hacia el Este, la mayoría de estas han sido reconocidas por DDH de las campañas anteriores; además, se configuran muy bien con afloramientos de la superficie (crestones alterados de sílice residual en estado de oxidación y textura obliterada), estas estructuras profundizan

entre 80 m. y 100 m. en promedio, pasando de óxidos a un nivel de sulfuros: las vetas Jampiyacu, veta Amata, veta Jaqueline, veta Amateña y la veta Yesenia. (*Anexo 25 y 26) Traza de estructuras Target Cerro Amata.*

Estos últimos 05 pozos ejecutados, han sido proyectadas a profundidades de 277.30 m. hasta los 333.60 m. orientadas a interceptar la continuidad de las estructuras del sistema EW con mineralización económica (Au, Cu y Ag) teniendo como referencia la respuesta geoquímica de los siguientes canales de muestreo: **4.50m. @ 3.06 g/t Au; 3.70m. @ 0.8 g/t Au y 1.00m. @ 0.5 g/t Au** estas como la proyección de la veta Amateña vista en la sección 01 del *target* Amata Este (*Figura 32*); Además, se representan los sondajes AME 14-01 y AME 14-02, los resultados geoquímicos en estos dos sondajes no han sido alentadores, sin embargo con contenido de Cu arsenical, se tienen los siguientes interceptos: **AME 14-01 de 1.20m. @ 0.22 g/t Au; 0.32 g/t Ag y 2% Cu**, otro intercepto en **AME 14-02 de 1.15m. @ 2.34% Cu**, ambos cortes en la zona de sulfuros (Pirita-Enargita), sin embargo se ha podido verificar la continuidad de la veta Amateña al Este, otro dato importante del logeo geológico es que esta estructura tiende a cerrarse a partir de la cota 4,200 en profundidad, esto indicaría que probablemente estaríamos en un cambio de apertura y cierre estructural o tipo rosario. (*Anexo 27) Sección 01 Target Amata este.*

Los sondajes AME 14-04 y AME 14-05 han sido proyectados a interceptar la continuidad de la estructura veta Jampiyacu (*Anexo 25*), sin embargo, no se ha interceptado en ningún tramo, Jampiyacu podría ser un ramal de otra estructura principal al Oeste de este sector.

En la sección 02 se representa el DDH AME 14-03, programado con la finalidad de interceptar la continuidad de las vetas Amateña y Yesenia, que no afloran en este sector.

El resultado de la perforación diamantina muestra 02 interceptos en estructuras ciegas correlacionables con las vetas Amateña y Yesenia, la primera un tramo de alteración de silicificación masiva de **99.00m. @ 0.2 g/t Au; 3.6 g/t Ag; 0.17 % Cu** (sulfuros) en promedio, dentro de este tramo incluye **1.80m. @ 0.13 g/t Au; 0.4 g/t Ag y 1.73 % Cu** (Enargita) Veta Amateña.

Otro intercepto en estructura ciega de la veta Yesenia **12.65m. @ 0.10 g/t Au; 23.2 g/t Ag y 2% Cu** (Enargita-Pirita), sin embargo, en este tramo nuevamente se apertura la estructura debajo de la cota 4,200. (*Anexo 28*) *Sección 02 Target Amata Este.*

Quedando abierta la proyección de estas dos vetas Amateña y Yesenia al este del *target*.

4.1.7. Aseguramiento y Control De Calidad

Durante las diferentes fases de exploración en el proyecto Colquemayo se han ejecutado los procedimientos de Aseguramiento y Control de Calidad; además, denominado por sus siglas en inglés QA/QC (*Quality Assurance/Quality Control*), precisamente se traduce en asegurar la integridad de la información y garantizar que los datos generados a partir del muestreo (In Situ), la preparación y el análisis geoquímico por laboratorios certificados, otorguen información (datos) que reflejen la fidelidad del proceso siguiendo estándares que exigen en la estimaciones de recursos, reservas y control de leyes ¡principalmente!. (*Fig. 13*).

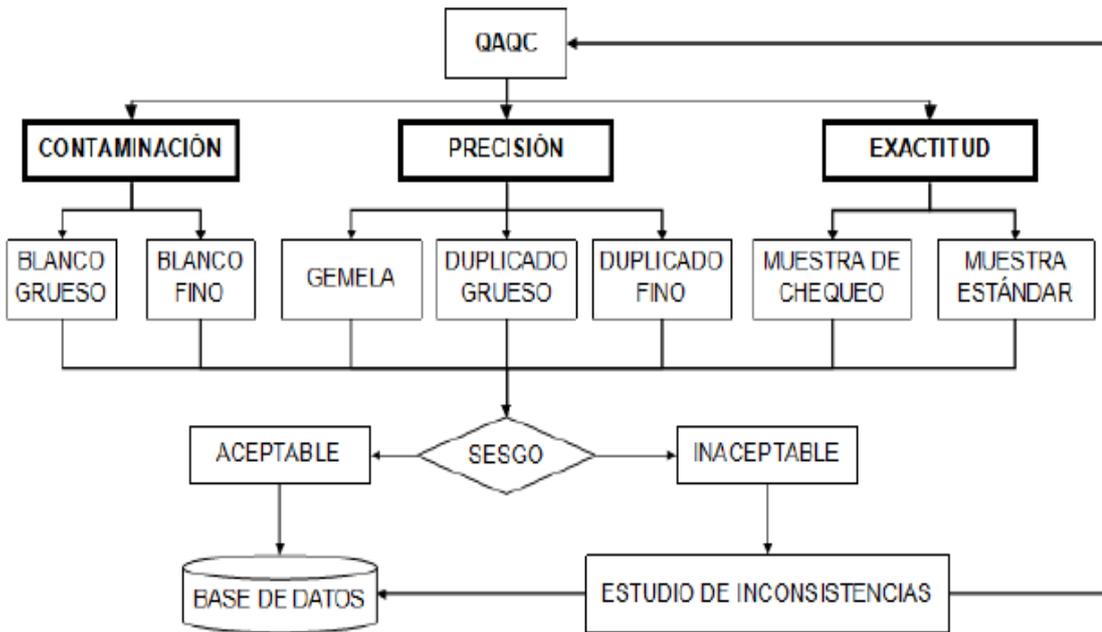
La implementación de este procedimiento QA/QC fue introducida debido a eventos suscitados por falta de controles y mala práctica en la generación de información falsa, esta acción marcó una alta expectativa a nivel mundial, precisamente sobre el fraude BreX en el año 1997 relacionado al “yacimiento aurífero, ficticio *Busang*” en Indonesia.

A partir de este hecho y por razones obvias se implementaron los controles, códigos y normas internacionales, tales como el informe NI- 43101 de Canadá, el código JORC (“*Joint Ore Reserves Committee*”) de Australia, el UNFC (“*United Nations Framework Classifications for Resources/Reserves*”), AusMMIN entre otros.

De todas las normas y códigos de seguridad implementados se ha establecido procedimientos que determinan la fuente de error, mediante la inserción de controles en todo el flujo del proceso; además, asegura la integridad de los resultados finales. Que son datos usados en información geológica complementaria (Geoquímica o Hidro geoquímica), particularmente en la estimación de recursos y controles de producción (Estadística y Geoestadística).

En el siguiente esquema, que se traduce en la inserción de controles. son nada menos que; muestras obtenidas en el trabajo de campo (muestreo In situ) y muestras insertadas (controles) adquiridas a empresas especializada y homologadas dedicadas a elaborar este material.

Figura 13 Esquema de muestras de control para programas QA/QC



El QA/QC se sostiene en 03 condiciones particulares de control: La Contaminación, La Precisión y La Exactitud, estas tres condiciones de control a su vez contienen controles que nos permiten detectar los errores en el muestreo, errores en la preparación, errores en falta de calibración de equipos de laboratorio, etc.

Finalmente, la contaminación que podría existir en los resultados finales obtenidos tendría que ser detectados si reanalizados, si es detectado a tiempo; podemos decir, que se cuenta con un aceptable sistema de QA/QC.

Realizando una comparación con las muestras primarias y el valor conocido (certificado) de los estándares, los blancos gruesos y blancos finos no debería existir mucho sesgo, sin embargo en algunos casos son inaceptables, si esta condición sucede, se tendría que retroceder todo el proceso con la finalidad de encontrar el motivo del resultado errático.

Los organismos especializados y expertos en QA/QC nos dicen que la inserción de controles debería ser el 20% del total de las muestras primarias, independiente a los métodos de muestreo utilizados, sin embargo, hay una corriente que manifiesta que los controles deberían ser mucho mayores, por ejemplo, en el estudio de yacimientos y muestreo de sedimentos, pero aún no existe una validación certificada que pueda cambiar este sistema. (Tabla 05)

Tabla 5 Frecuencia de inserción de muestras de control.

Muestra de Control		% Inserción	Tipo de Evaluación
Muestras Gemelas	MG	2%	Precisión en la actividad muestreo
Duplicado Grueso	DG	2%	Precisión en la actividad muestreo
Duplicado Fino	DF	2%	Precisión en la etapa de análisis de laboratorio
Blanco Grueso	BG	2%	Contaminación en la etapa de preparación de muestras
Blanco Fino	BF	2%	Evaluación de la exactitud del laboratorio, etapa análisis del laboratorio
Estándar 01 (Au ppm)	0.41	6%	Evaluación de la exactitud del laboratorio, etapa análisis del laboratorio (se puede usar cualquiera de estos estándares de acuerdo a <i>background</i> de la ley de Au del depósito)
Estándar 02 (Au ppm)	0.21		
Estándar 03 (Au ppm)	0.11		
Control Externo	CE	2%	Evaluación de la exactitud del laboratorio, de muestras primarias VS otro laboratorio

Para evaluar las diferentes fases y la efectividad del procedimiento de QA/QC que se ha empleado durante la ejecución de los métodos de muestreo; denominados, esquirlas o chip y chip-canal, sobre una programación de redes o malla y canales de muestreo, en algunos casos muestreo selectivo.

Para el análisis de QA/QC y con fines de confidencialidad el suscrito presentará solo una parte de la información geoquímica de superficie; además,

los resultados de Au, Ag, Cu y As de 04 sondajes que corresponden al *target* Cerro Amata, la población total de muestras de superficie asciende a 2291, dentro de este *Bach* 382 son muestras de control, en lo que se refiere a las muestras de sondajes diamantinos 401 muestras son analizadas con un *Bach* de 52 muestras de control, para este caso solo se contará con el 14% de inserción ¡cómo se puede observar! no cubre el porcentaje deseado; sin embargo, el análisis del total de la muestras insertadas en toda la campaña de perforación si cumplió con la cantidad de inserción.

El estudio de controles QA/QC de las muestras de superficie, no indican sesgo representativo en toda su población, principalmente en los controles (BF, BG02 y Blancos 01) se puede ver claramente en la gráfica, que los límites de dispersión de los BF, BG02 y una menor proporción de los Blancos 01 (*Fig. 14*), mantienen una considerable continuidad de los resultados de Au que se muestran en la gráfica, los mismo se obtuvo en la respuesta de los estándares 01 y 02 (*Fig. 15*) con valores certificados de (St01@0.41 ppm Au y St02@0.21 ppm Au), en ambos casos la clasificación están orientadas a la evaluación de la exactitud en el proceso de análisis de laboratorio.

La población de blancos es de 294 muestras, alcanza un 15.4% de los 20% indicados para un informe aceptable de QA/AC, los otros 4.6 % corresponden a los duplicados y estándares.

Figura 14 *Limites Sup. Inf. muestras de control - Blancos.*

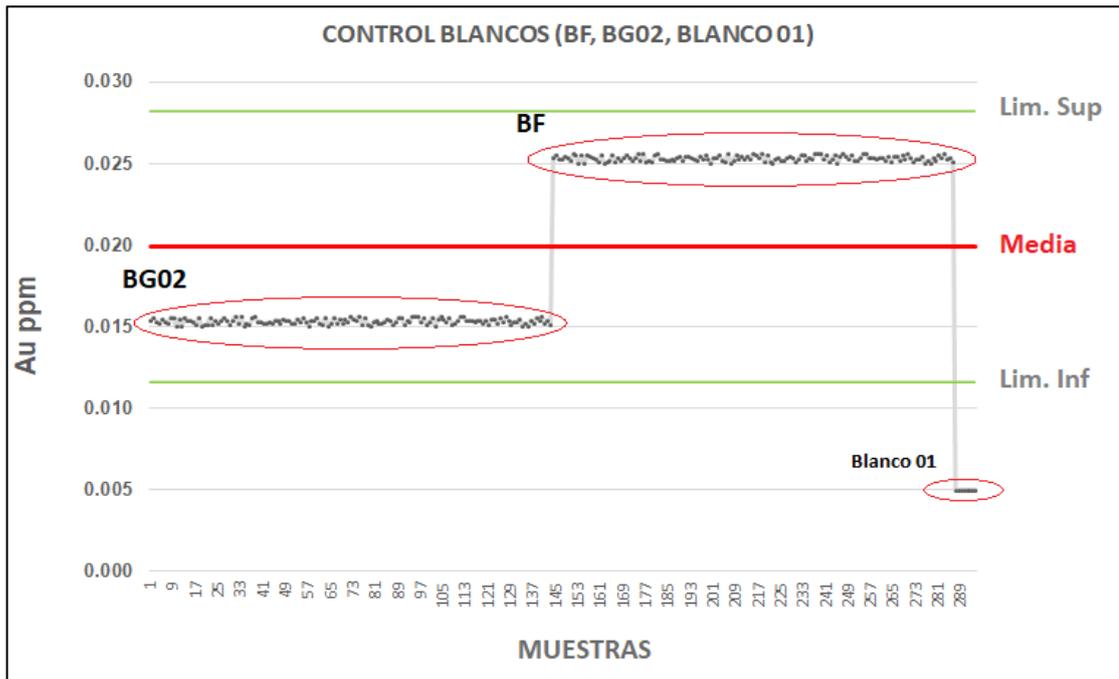


Figura 15 *Limites Sup. Inf. muestras de control - Estandar.*

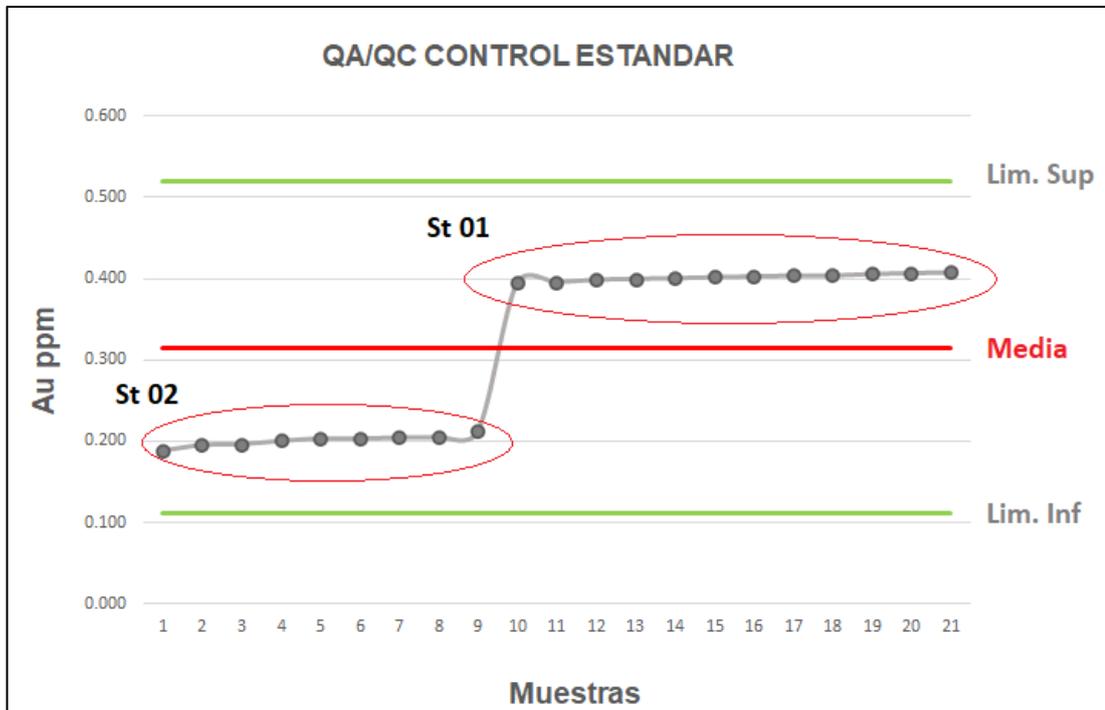


Figura 16 *Limites Sup. Inf. muestras de control - Duplicados.*



Una observación sobre dos erráticos observados (*Fig. 16*), indican que se habría realizado una práctica errada al momento de incluir los duplicados, se traduce en que las muestras no son representativas entre sí, sin embargo, la mayor parte de la población mantiene regularidad entre las muestras primarias y sus duplicados.

El análisis de controles QA/QC de las muestras de sondajes diamantinos DDH no indican sesgo representativo en toda su población, en el grupo de muestras de control, una muestra sobrepasa el límite superior con respecto a su muestra primaria principalmente en los controles (BF, BG02 y Blancos 01) se puede ver claramente en la gráfica, que los límites de dispersión de los BF, BG02 y una menor proporción de los Blancos 01, mantienen una considerable continuidad, los resultados de Au se muestran en la gráfica. Asimismo, la respuesta que se obtuvo de los estándares 01 y 02, ambas clasificaciones están orientadas a la evaluación de la exactitud en el proceso del análisis de laboratorio.

La población de blancos es de 294 muestras, alcanza un 15.4% de los 20% indicados para un informe aceptable de Control de Calidad, los otros 4.6 % corresponden a los duplicados y estándares.

Las muestras analizadas de la perforación diamantina, corresponden a 07 tipos de control (*Tabla 06*) según los parámetros indicados para el control QA/QC de las organizaciones que otorgan la certificación de recursos; además, en el presente informe el suscrito ha considerado información de 05 sondajes (*Tabla 04*) por razones de confidencialidad.

Y, por último, el informe tiene objetivos académicos.

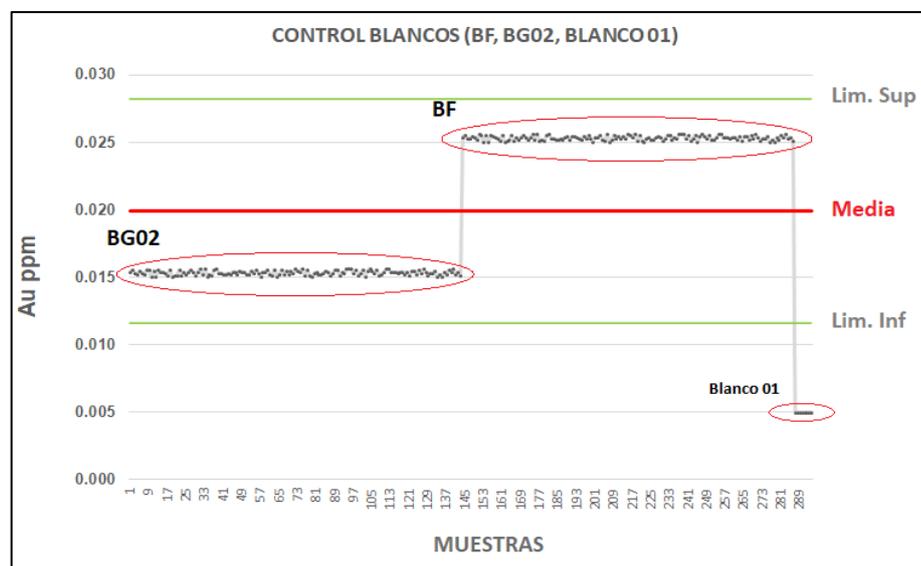
Los datos analizados que se muestran en esta parte del estudio corresponden a 52 muestras, 13% de un total de 351 primarias, ósea 52 muestras son de control, hacemos la aclaración que el análisis completo es de los 21 sondajes del *Target Cerro Amata*, la recomendación es que el análisis de control se realice por áreas, zonas o *targets*, muchas veces por diferenciación geoquímica.

Tabla 6 *Frecuencia de inserción de muestras de control.*

Control	Nro. Muestras	% de inserción
BF	6	1.50
BG02	11	2.74
DG	7	1.75
CE	5	1.25
DP	6	1.50
MG	5	1.25
Estandar 01, 02, 03	12	2.99
	52	13.0

En la siguiente gráfica de control podemos observar el resultado del análisis por Au en los controles de blancos, los milites marcados (Límite superior, Media y Límite inferior) mantienen una dispersión de carácter constante en la ley de Au, esto garantiza el proceso de preparación en el laboratorio y una inserción aceptable de Blancos Finos (BF), Blancos Gruesos 02 (BG02) y Blancos 01 (*Fig. 17*)

Figura 17 *Limites Sup. Inf. DDH muestras de control Blancos.*



Los duplicados de los sondajes muestran un ligero sesgo entre los duplicados analizados; Sin embargo, no hay resultados que sobrepasen los límites máximos y mínimos de control QA/QC, los duplicados mostrados son el 1.5% del total analizadas (*Fig. 18*).

Otro control es el Control Externo (CE) realizado entre 02 laboratorios CERTIMIN PERÚ y ALS CHEMEX, las muestras comparadas corresponden al 1.25% de los 05 sondajes, en la gráfica se muestra que hay una correlación aceptable de resultados: entre 0.1 ppm de Au y por debajo de 0.02 ppm de Au son correlacionable con un ligero sesgo por encima y por debajo de estos límites

existe una diferencia de resultados, quiere decir que uno de los laboratorios tiene una calibración más precisa para resultados menores o trazas. (Fig. 19)

Figura 18 *Limites Sup. Inf. DDH QA/QC Duplicados.*

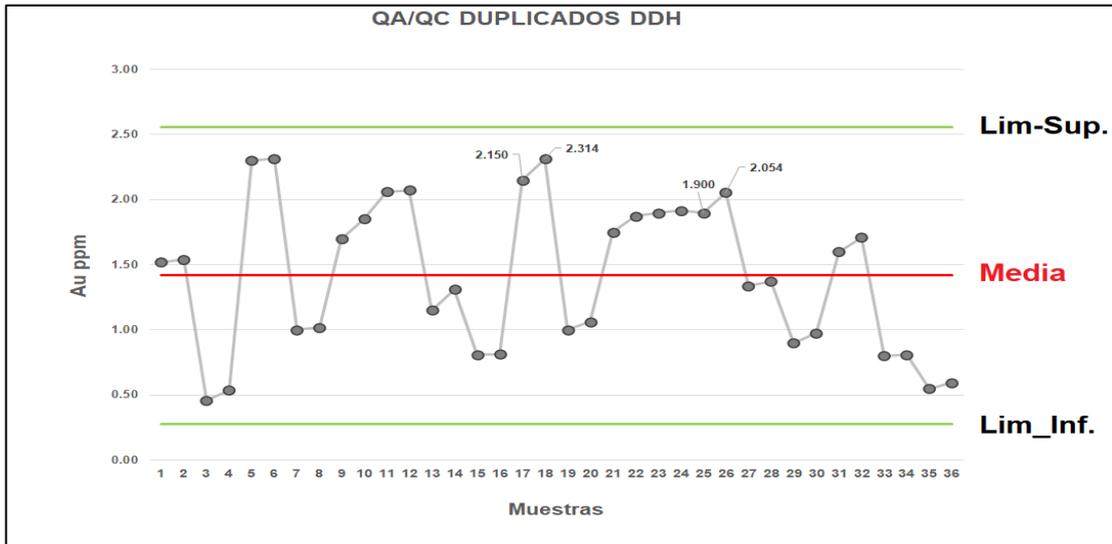
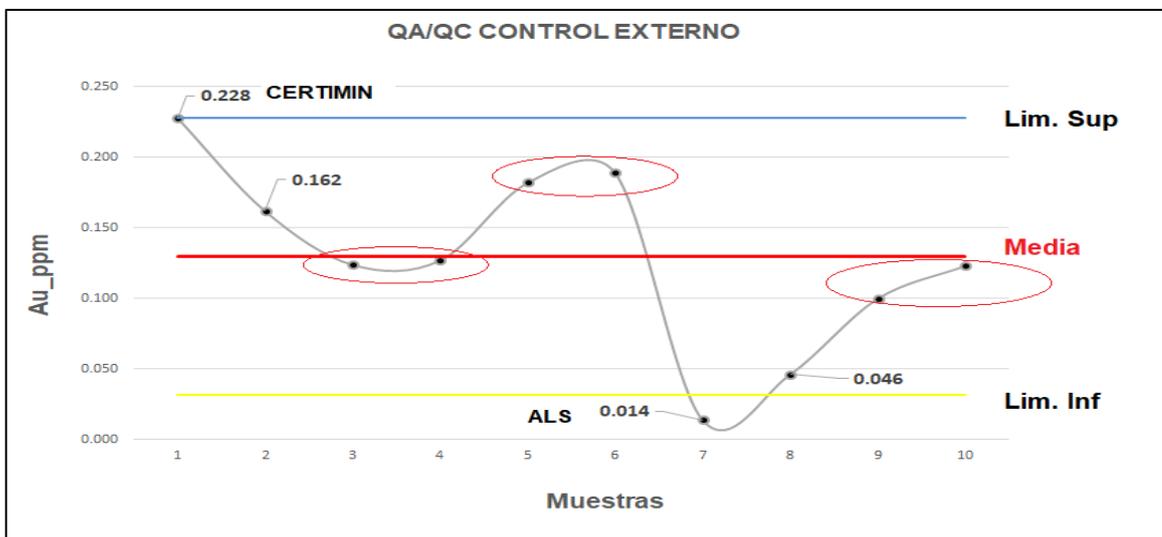


Figura 19 *Limites Sup. Inf. DDH QA/QC Control Externo CE*



En conclusión la buena practica del análisis de control en todas las etapas de exploración, (inicial y avanzada) es aceptable en la inserción y toma de muestras de control.

Conclusiones de los estudios metalúrgicos

Estas conclusiones son a partir del resumen del estudio Metalúrgico (*Plenge_2021*) para el tratamiento de los minerales económicos (% de Recuperación y consumo de reactivos).

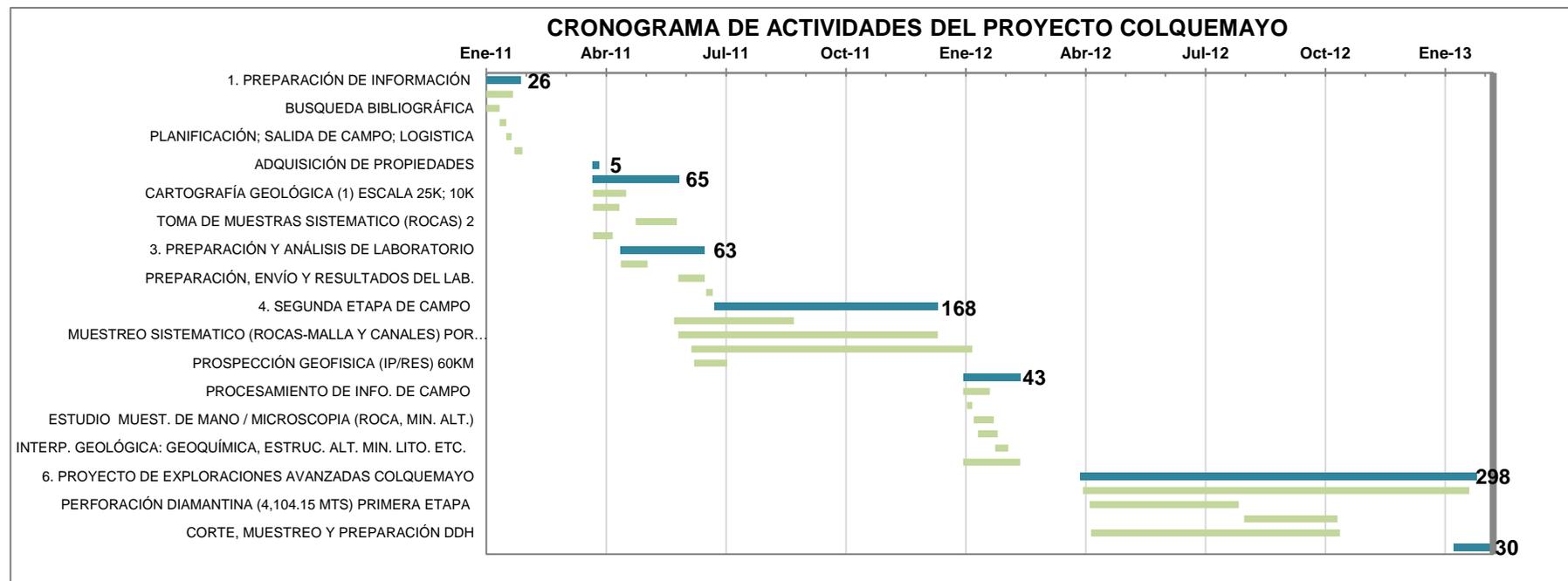
El estudio concluyó que el grado de recuperación (%) alcanzó el 86.77% en mineral de sulfuros. Los primeros resultados, serían la base del estudio de factibilidad, preparado para el proyecto, las pruebas se desarrollaron en el laboratorio Plenge:

- El mineral es dócil a la flotación y cianuración.
- La ley del concentrado de Au es: 4 oz; con los siguientes contenidos en elementos indeseables y penalizables: 1.7 % As, 1.6 % Sb, 0.6 % Bi y 1293 ppm Hg.
- En prueba cerrada de flotación, con molienda a 84 μ y remolienda a 45 μ , se obtuvo las siguientes recuperaciones: 89.6% para el Au, y 97.7 % para el As.
- Las pérdidas en el relave son 0.7 g/t Au.
- Por otro lado, el relave ensaya 13.1 % Fe lo que equivale al 94.1% Fe, que mayormente se está yendo en el relave como piritita.
- Las mejores recuperaciones se consiguieron a pH = 11.
- El modificador de pH más adecuado resultó ser el CaO; sin embargo, el NaCO₃ dio la recuperación y cinética más alta para la Ag.
- El mejor colector para el Au resultó ser la aerofina (A-3418).
- Las mejores respuestas metalúrgicas se dieron a un P80 de 84 micras siendo necesario mayor conminución.

4.2. Programación específica

La programación específica realizada en el proyecto de exploraciones avanzadas Colquemayo, resume el siguiente cronograma de actividades que detallan todas las actividades de campo, solicitud de concesiones minera y trabajo de gabinete.

Figura 20 Cronograma de Actividades Informe de Suficiencia Proyecto Colquemayo



CONCLUSIONES

Los directivos y la gerencia de exploraciones de la Cía. De Minas Buenaventura, han decidido iniciar la etapa de exploración avanzada, según el cronograma presentado dentro de los terrenos superficiales de las comunidades campesinas de Amata y Palcamayo y las propiedades mineras (28,000 has) de la Cía. Este trabajo consiste, en el desarrollo exploratorio de los denominados *Targets* de primera prioridad. *Figura 09 Consolidado de propiedades mineras y targets de Exploración.*

De la cartografía geológica, el muestreo de rocas, el análisis geoquímico y estudio geofísico (IP) han determinado los siguientes *Targets* de interés, a los que se les ha denominado: *Target* Coripuerto (Au), *Target* Cerro Amata (Ag-Cu±Au), *Target* Amata Este (Au-Cu) y *Target* Yanarico (Au-Ag).

Esto representa de la combinación de las fuerzas geoquímica, sumado a la alteración de la roca huésped y los valores por encima del *background* de cargabilidad y resistividad por estudios de geofísica; posterior a esto, la ejecución de 10,350 m de perforación diamantina, entre Coripuerto y Amata Este, determinando un recurso inicial entre minerales de óxidos, mixtos y sulfuros, con contenido metálico de Au, Ag-Cu.

La mineralización en el proyecto minero Colquemayo; es el producto de la deposición de iones metálicos por fluidos hidrotermales, a temperaturas $>300^{\circ}$ C y profundidades que pueden llegar hasta los 300m, el modelo representa a un yacimiento epitermal de relleno de estructuras y diseminado *High Sulfidation*.

Se deja proyectada la exploración con perforación diamantina en el *Target* Yanarico y una segunda etapa para las otras dos áreas Cerro Amata y Coripuerto; además, la continuidad de la exploración al NE del proyecto.

Por último, la exploración avanzada para proyecto Colquemayo, ha sido posible gracias a los buenos resultados de las actividades de campo e interpretación de los datos obtenidos y la intervención del equipo de trabajo:

El suscrito Bach. En geología Freddy Andrade López, geólogos de campo, geólogos GIS, ingenieros de seguridad, ingenieros de medio Ambiente, relacionista comunitario, personal técnico de muestreo, ayudantes y personal en general; además de, empresas especializadas, proveedores de servicios y otros, encargados de ejecutar, supervisar y cumplir los objetivos en el desarrollo de esta etapa de trabajo, denominada “Exploración Avanzada en el Proyecto Colquemayo”.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones más importantes que se extraen de todas las actividades de exploración del proyecto avanzado Colquemayo se resume en las siguientes:

En primer orden, mantener las buenas relaciones con las comunidades Campesinas de Amata y Colquemayo, esto significa presentar periódicamente el balance de cumplimiento de los acuerdos y la determinación de nuevas necesidades requeridas por la población, presentar un diagrama de Gantt que incluya los costos que se verán en los futuros presupuestos.

Revisar las propiedades mineras fuera de las zonas de interés al Sur y al Este del consolidado con la finalidad de reducir el bloque de concesiones, algunos sectores no son prioridad por ubicarse sobre zona agrícolas; Además, no presenta condición geológica que permita generar nuevos *targets*, para un ámbito más regional se recomienda realizar estudios de *Stream Sediment* que abarque la franja entre los epitermales High Sulfidation San Gabriel, Arasi, Aruntani hasta las estribaciones de falla regional Incapuquio, descartando los niveles de volcánicos cuaternarios, con la finalidad de ubicar vectores para yacimientos diseminados y pórfidos (Cu, Au, Ag).

Se recomienda revisar el proyecto de perforación diamantina del *target* Yanarico con la finalidad de continuar con la exploración en profundidad de los cuerpos silíceos y brechas, que presentaron importantes anomalías de Au y elementos asociados (Hg, Ba, As, Bi) en un nivel alto que presumiblemente es el litocap de un depósito con mejores valores de iones metálicos de Au y Ag a profundidad >300 metros.

Programar un estudio de geofísica Magnetotelúrico (M/T) que pueda tener mayor alcance a profundidades >600 metros, utilizando como modelos los datos que se muestran en los *targets* Amata y Coripuquio, recomendable ZTEM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellido Bravo, E. y De Montreuil D, L. (1972) Aspectos Generales de la Metalogenia del Perú. MEM Servicio de Geología y Minería
- Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1998). Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems. <https://doi.org/10.5382/SP.06>
- Dante Loayza, Jorge Barreda, Alvaro Crósta, Wolfgang Morche, Jeffrey Hedenquist. (2004). *Late Miocene High-Sulfidation Epithermal Gold Deposits of the Aruntani District, Southern Perú: Recent Discovery of a New Ore Type in an Abandoned Mining District* [Archivo PDF]. <https://www.researchgate.net/publication/294696043>
- Fournier, R.O., 2006. Hydrothermal systems and volcano geochemistry. [online] Available from In: Dzurisin, D. (Ed.), Volcano Deformation. Springer, pp. 153–194
- García Márquez, Wilfredo. (1978). Geología del cuadrángulo de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz, Pizacoma. Hojas: 34-t, 34-u, 34-v, 34-x, 34-y - [Boletín A 29]. INGEMMET <https://hdl.handle.net/20.500.12544/148>
- Hedenquist W. J. (2003) Exsolution of Fluids from Magmas, And Evolution of the Magma Surce [Diapositiva PowerPoint]. U Católica del Norte, Antofagasta
- Hedenquist W. J. (2013) Geochemical Understanding of Hidrothermal Processes: Exploration for Intrusion-Centered ore Deposits [Diapositiva PowerPoint].
- J. Makshev (2001). Reseña Metalogenica De Chile y De Los Procesos que Determinan la Metalogenesis Andina [Archivo PDF] <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Econ-32.pdf>

Le Pichon, X., Calal S., A.M., Imren, A., (2019) Pangea And The Lower Mantle.
Tectonics, 38, 3479-3504

<https://doi.org/10.1029/2018TC005445>

Matheron, G. (1969). Curso de Geoestadística. Escuela De Minas De Paris

Ponzoni S, E. (1980) Metalogenia del Perú. Dirección General de Geología INGEMMET

Remigio Julián, F. (2012) Domos, Diatremas y Piroclastos del Complejo Volcánico
Chucapaca, Evidencias de Sistemas Epitermales [Tesis de Grado, Universidad
Nacional de Ingeniería]

Sillitoe, R. (1976) Épocas de Mineralización Cuprífera Relacionada a Intrusivos en los
Andes. [Archivo PDF]

<https://revistasdex.uchile.cl/index.php/rc/article/view/12402/12432>

Thouret Jean-Claude, Jicha Brian, Paquette Jean-Louis. (2018). Cronoestratigrafía Del
Volcanismo con Énfasis en Ignimbritas Desde hace 25 ma en el SO del Perú –
Implicaciones Para La Evolución De Los Andes Centrales. [Archivo PDF]

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1464>

Wegener, A. (Ed. 2017). (1915). El Origen de los Continentes y Océanos. Editorial
Planeta S.A.

Wilson, J. T. (1941). Structural features in the Northwest Territories. *American Journal
of Science*, 239(7), 493–502.

<https://doi.org/10.2475/ajs.239.7.493>

Wilson R. W., Houseman G.A., Buitter S. H., Mccaffrey K. & Doré A. G. (2023) Fifty
years of the Wilson Cycle Concept in Plate Tectonics: And Overview. [Archivo
PDF]

<https://www.lyellcollection.org>

ANEXOS

INFORME

Para : Señor
FREDDY IVAN ANDRADE LOPEZ
Geólogo de Exploraciones

Asunto : Informe de certificación de haber laborado en el Proyecto
Colquemayo de la oficina de exploraciones *Greenfield*
Cía de Minas Buenaventura S.A.A

Fecha : 29 de julio 2011

Es grato dirigimos a su persona para saludarlo cordialmente, y a la vez informarle que, a la solicitud presentada, sobre un breve informe de certificación de haber laborado en el proyecto de exploraciones Colquemayo en calidad de geólogo de exploraciones de la Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

En tal sentido se considera procedente este documento ya que su persona ha laborado en el proyecto de exploraciones Colquemayo, *targets* Amata, Coripuquio y Yanarico de la región Moquegua, Perú.

Agradecemos hacer llegar el presente a quienes correspondan.

Atentamente.



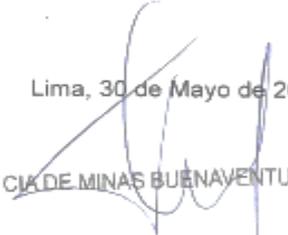
Ing. Manuel Andrés Quiroz Díaz
Gerente de Exploraciones

CERTIFICADO DE TRABAJO

El que suscribe certifica que, el señor **ANDRADE LOPEZ, FREDDY IVAN** identificado con DNI N° 04083281 ha laborado en nuestra empresa **COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.**, con el último cargo de **GEÓLOGO DE EXPLORACIONES**, en la Unidad Lima, periodo comprendido desde el **01 de Abril de 2009** hasta el **30 de Mayo de 2014**, dándose por concluido por renuncia voluntaria.

Expedimos el presente certificado a solicitud del interesado, para los fines que considere conveniente.

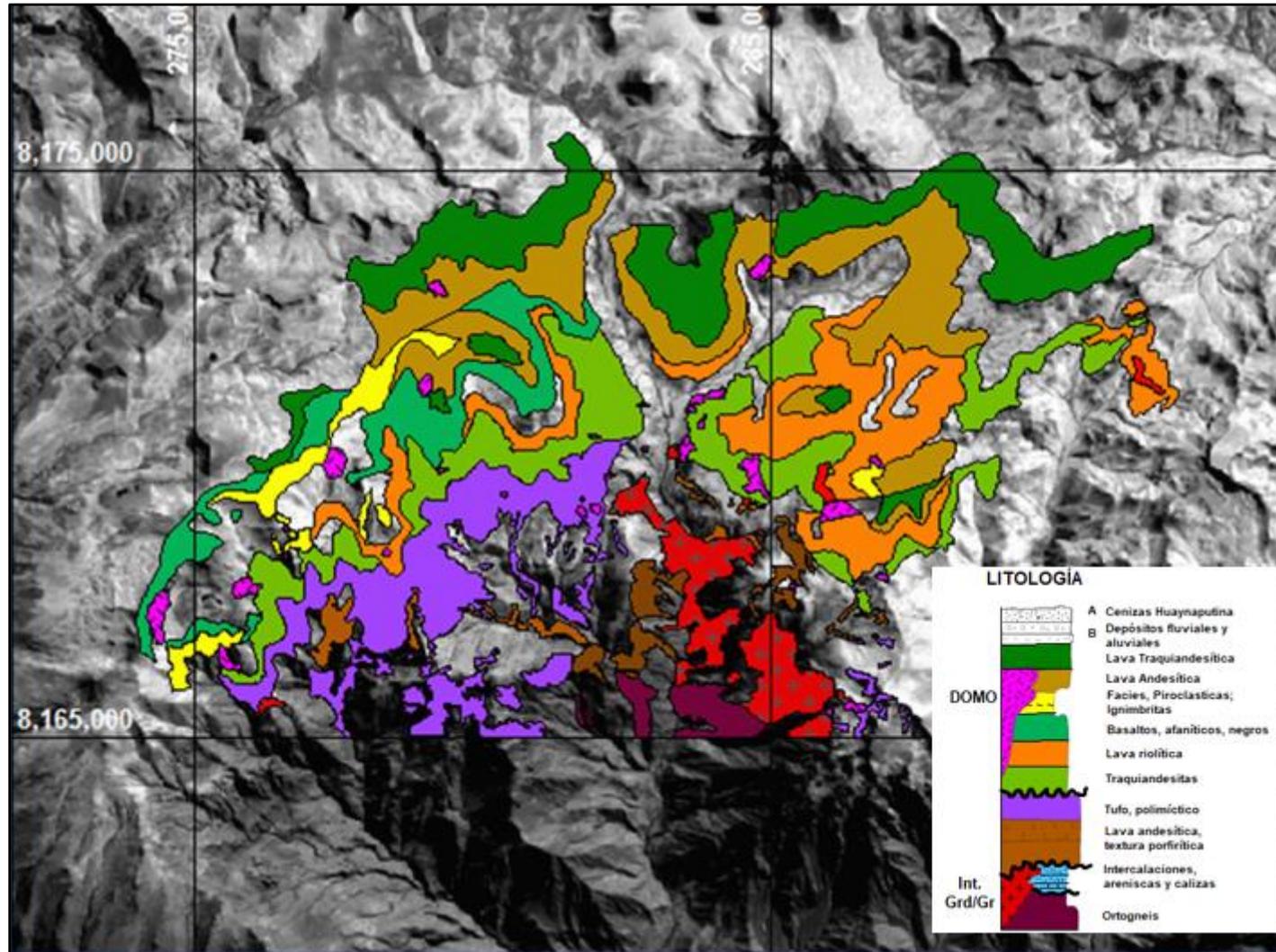
Lima, 30 de Mayo de 2014

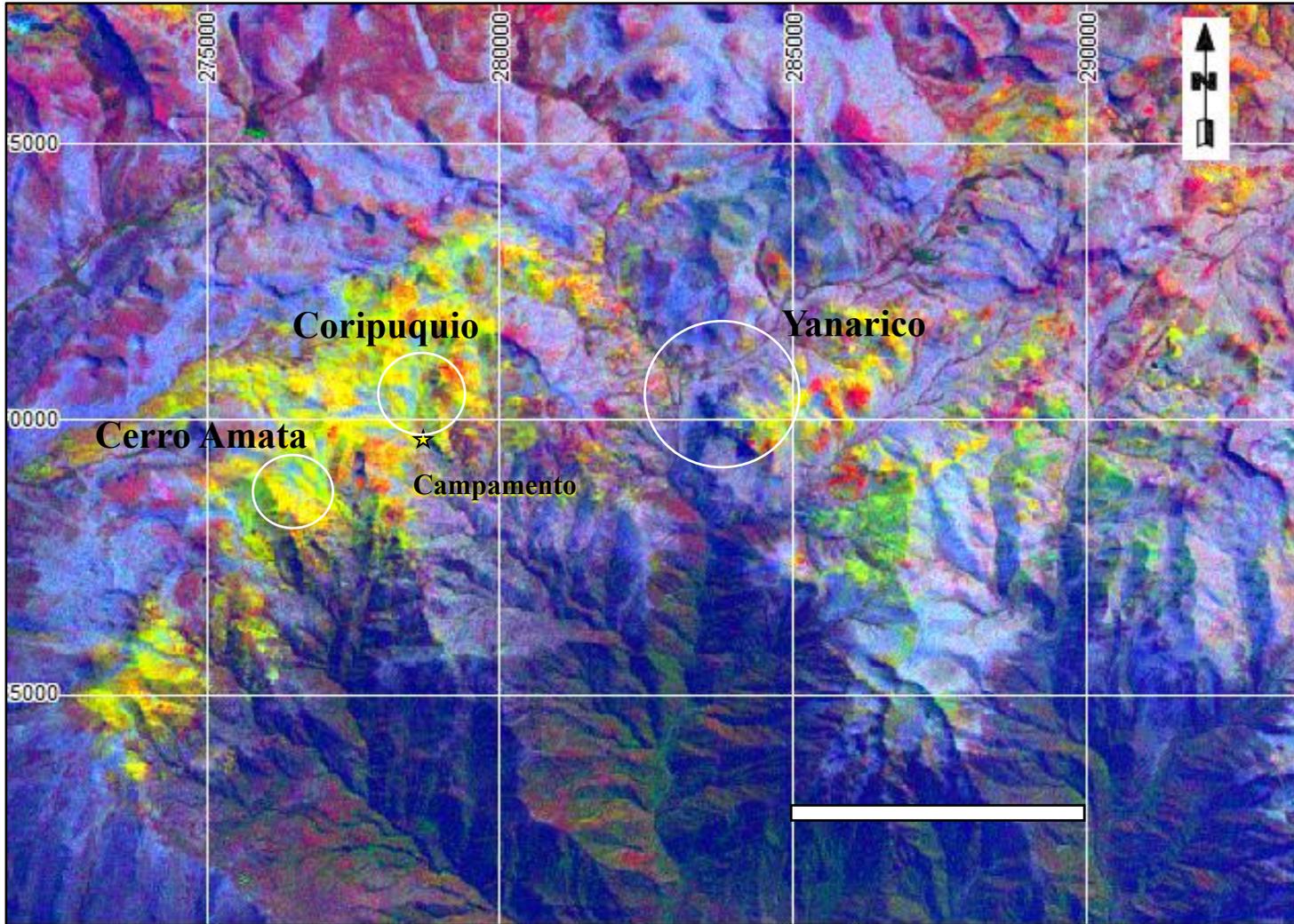

CIA DE MINAS BUENAVENTURA SAA

.....
MIGUEL ANGEL DE LA FLOR MUSSO
GERENTE DE ADMINISTRACION
Y RECURSOS HUMANOS

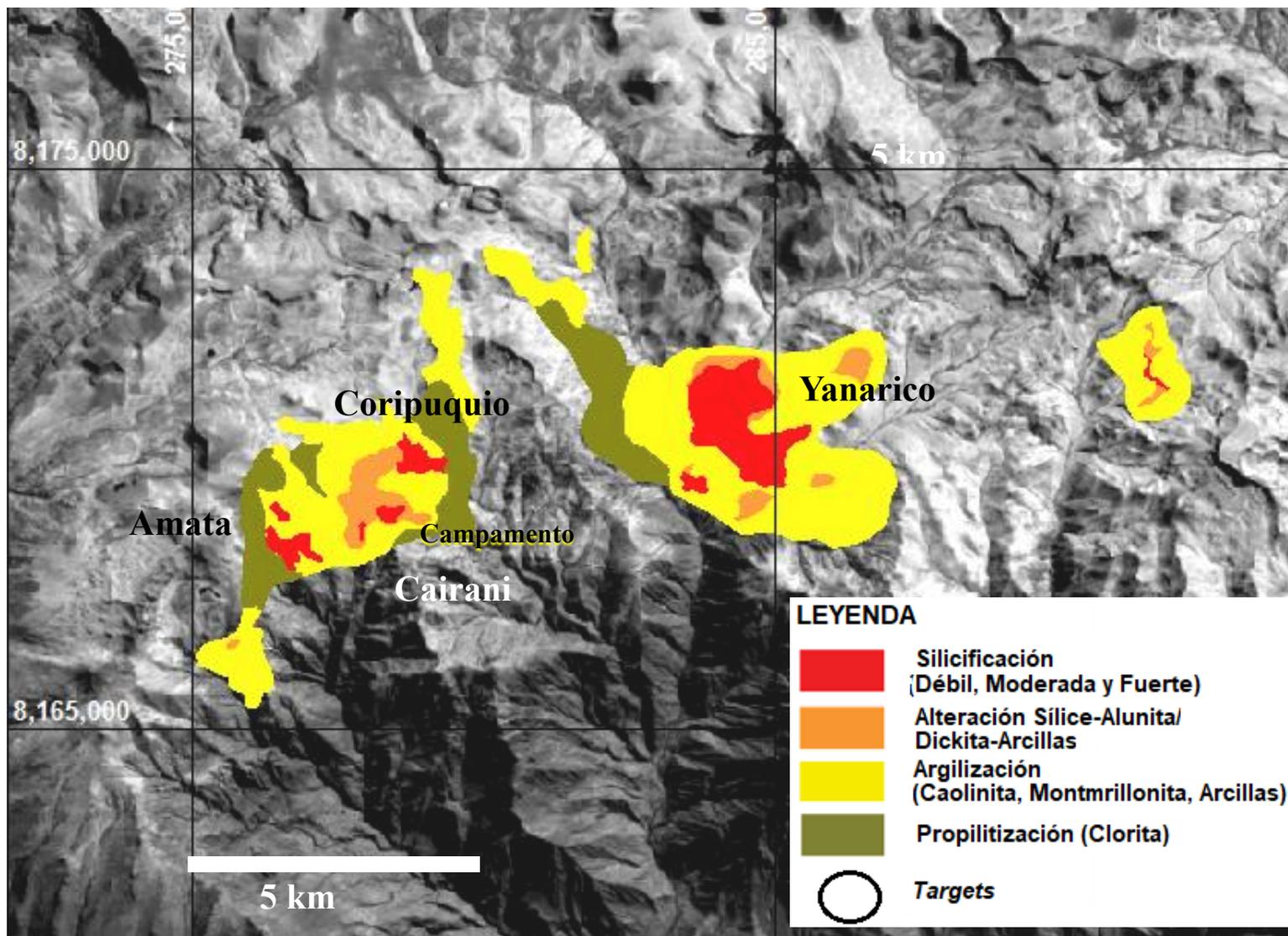
c.c. archivo

Proyecto Colquemayo Lito-Estratigrafía Distrital Complejo Volcánico – Colquemayo

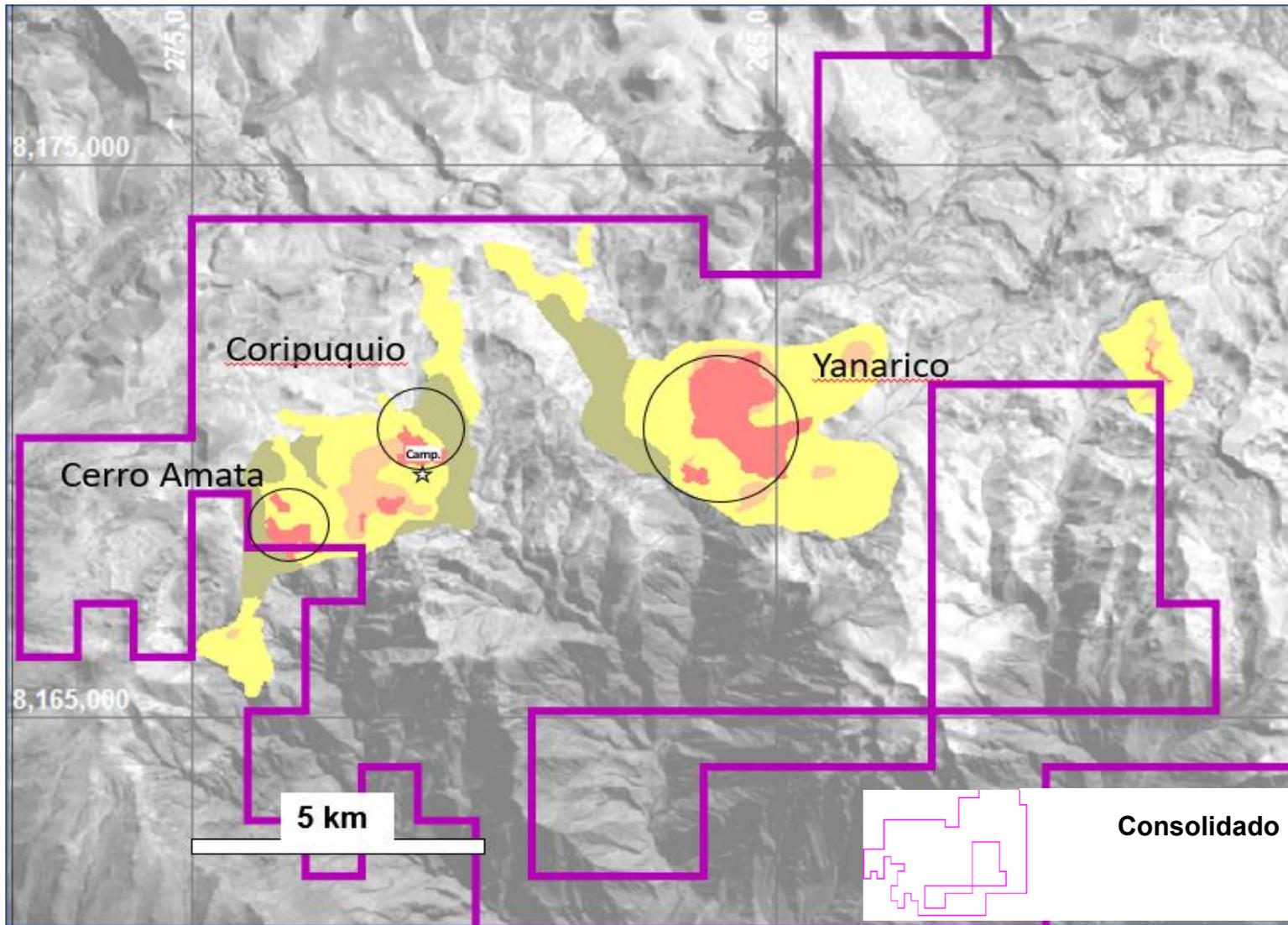




Proyecto Colquemayo Imagen Aster Anomalia de Color - Óxidos y Arcillas



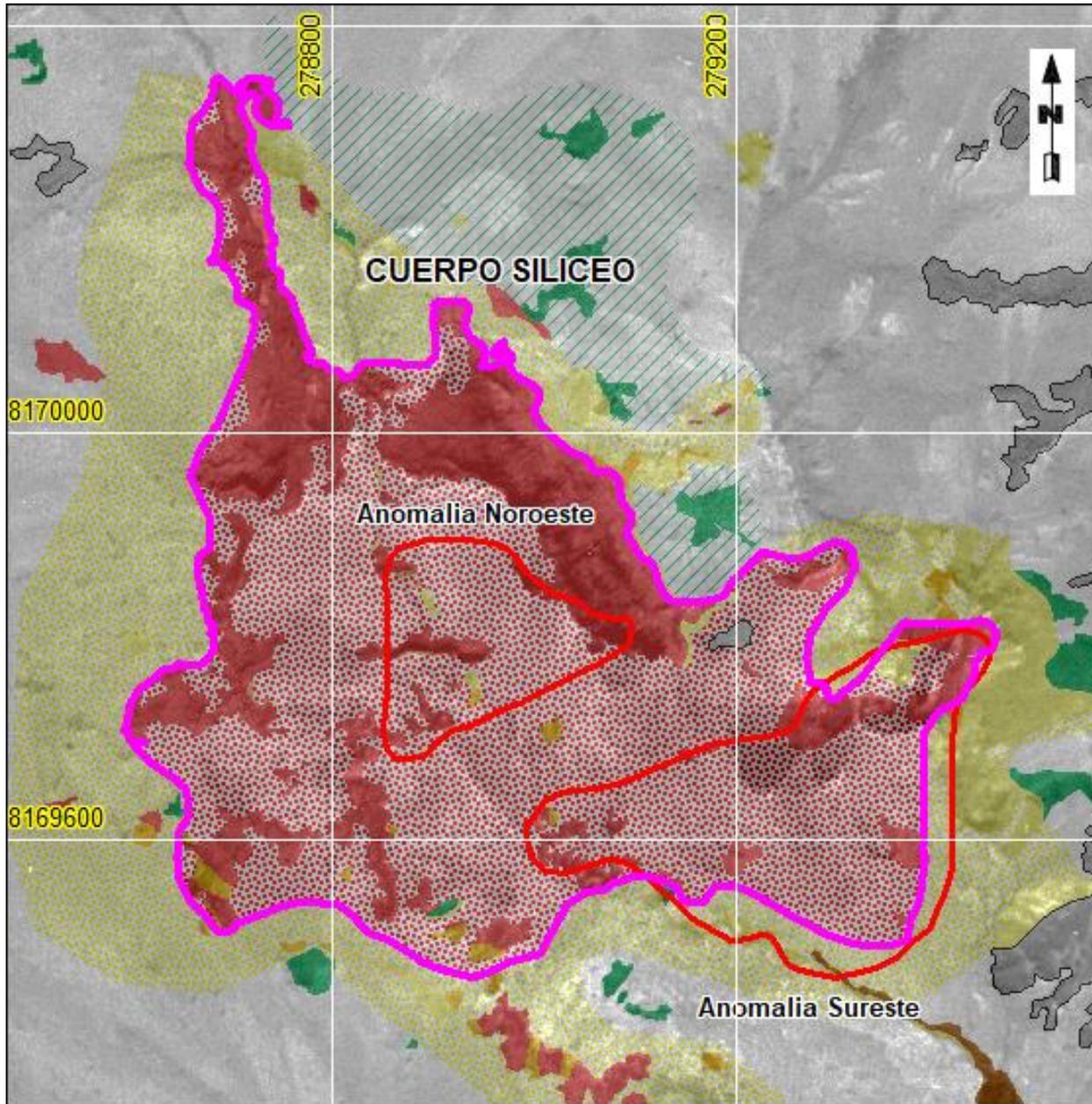
Proyecto Colquemayo Alteración Hidrotermal



Proyecto Colquemayo Propiedades Mineras Cía.

Proyecto Colquemayo

Target Coripuquio

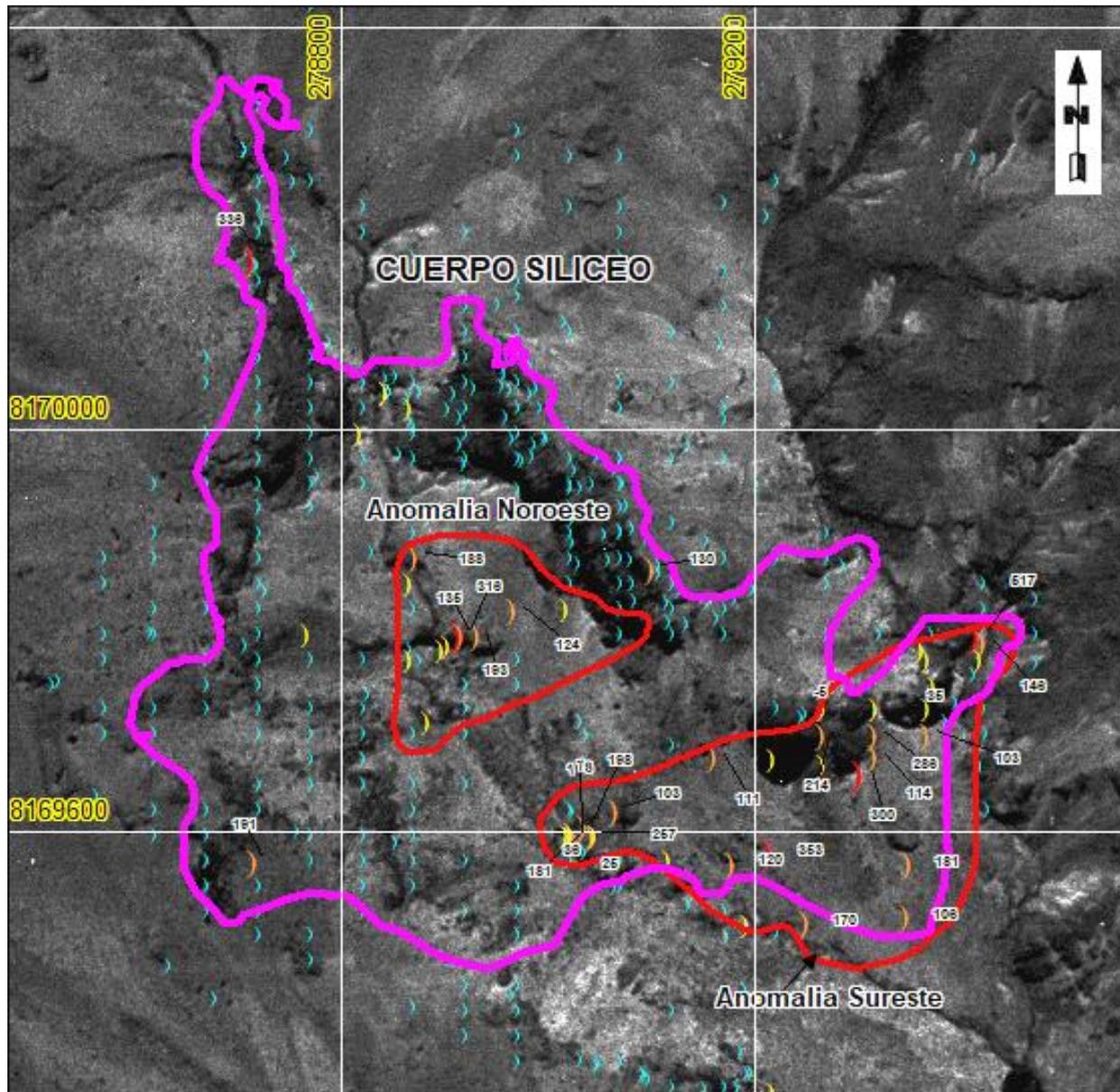


LEYENDA

-  Silicificación (Débil, Moderada y Fuerte)
-  Alteración Silice-Alunita/ Dickita-Arcillas
-  Argilización (Caolinita, Montmrrillonita, Arcillas)
-  Propilitización (Clorita)

 Contorno Cuerpo Silíceo

 Contorno de Anomalia



Proyecto Colquemayo

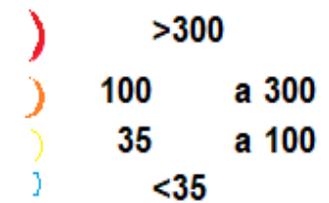
Target Coripuquio

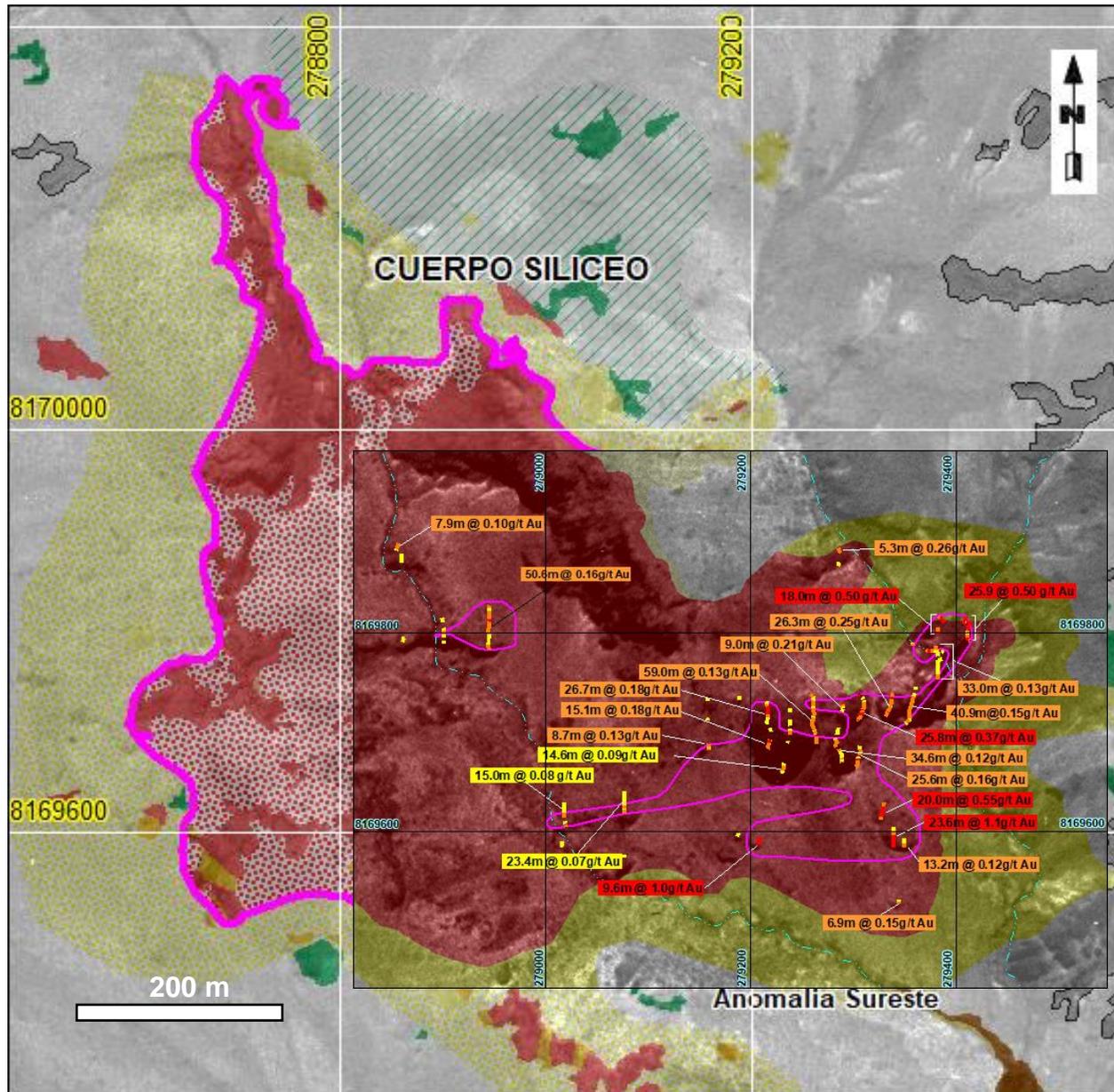
Muestreo por Malla

n = 368

Geoquímica del Au

Au_ppb





Proyecto Colquemayo

Target Coripueque

Muestreo por Canales

n = 579

Geoquímica del Au

Au g/t



 Zona Mineralizada Au > 0.1 g/t

Proyecto Colquemayo

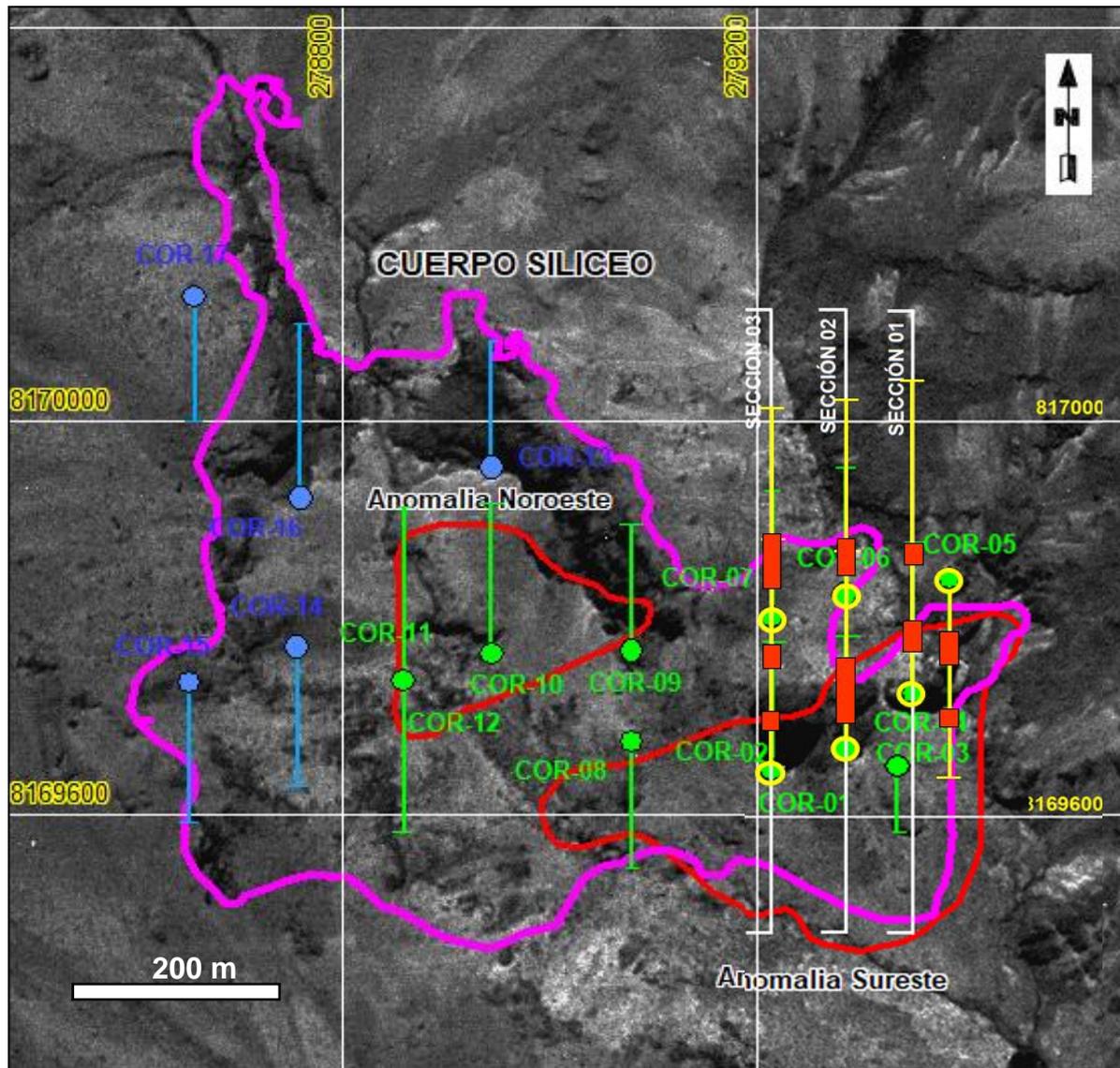
Target Coripuquio

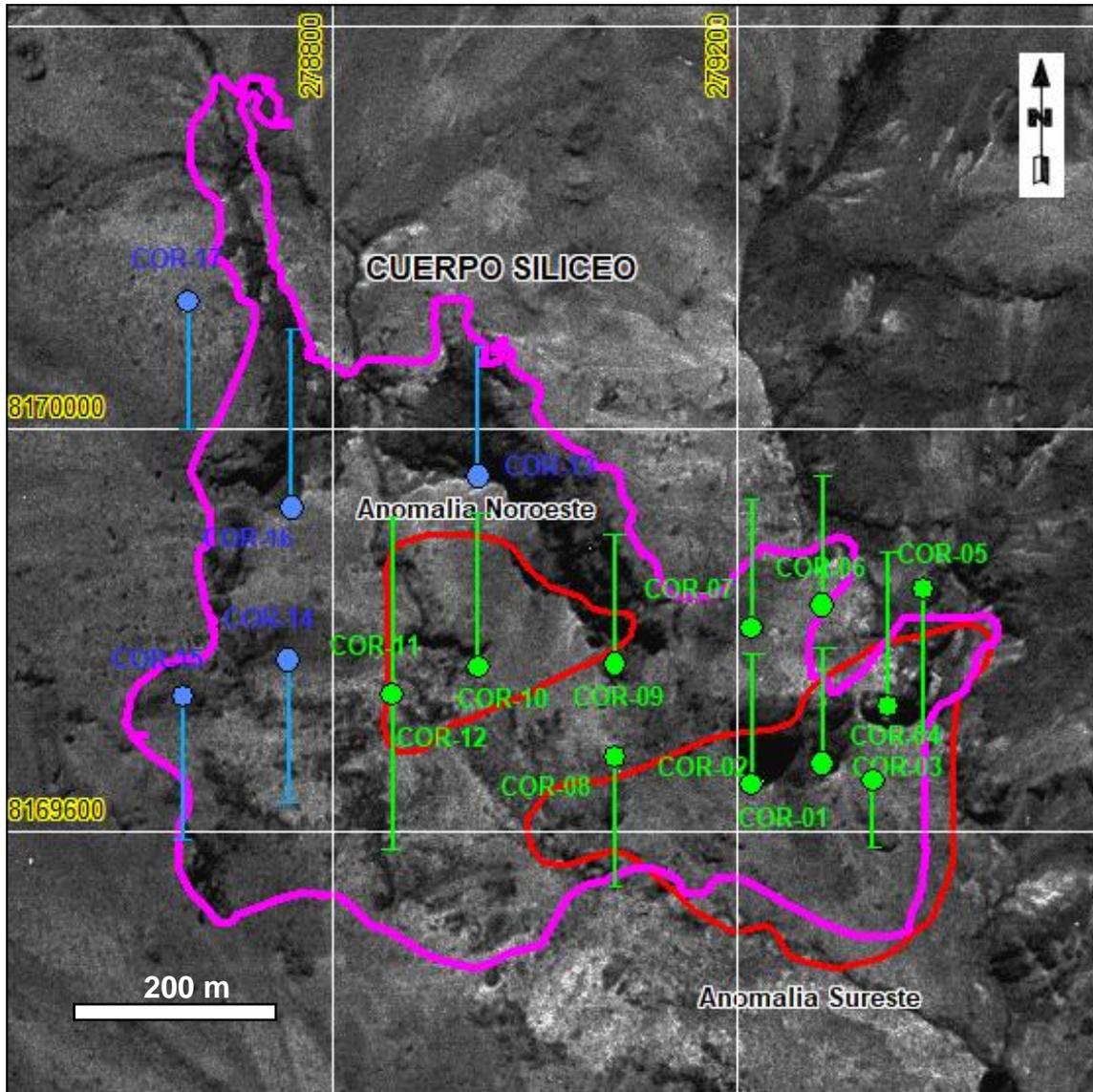
Interceptos de Cuerpos Mineralizados

Mineralizados

LEYENDA

-  Programa DDH Etapa I
-  Programa DDH Etapa II
-  DDH Ejecutado (2020) (Interceptos)
-  Secciones Transversales





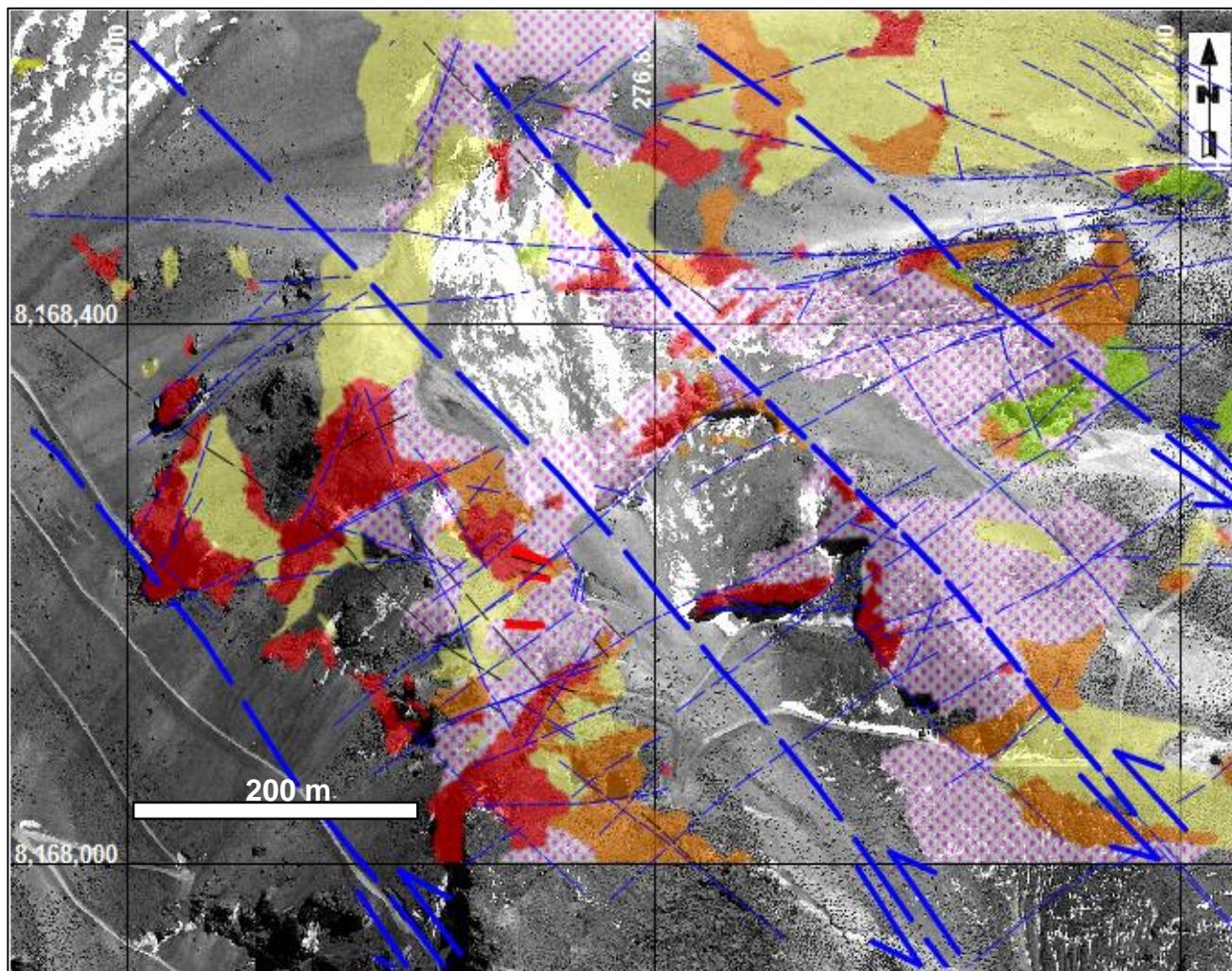
Proyecto Colquemayo

Target Coripuquio

Proyecto de Perforación

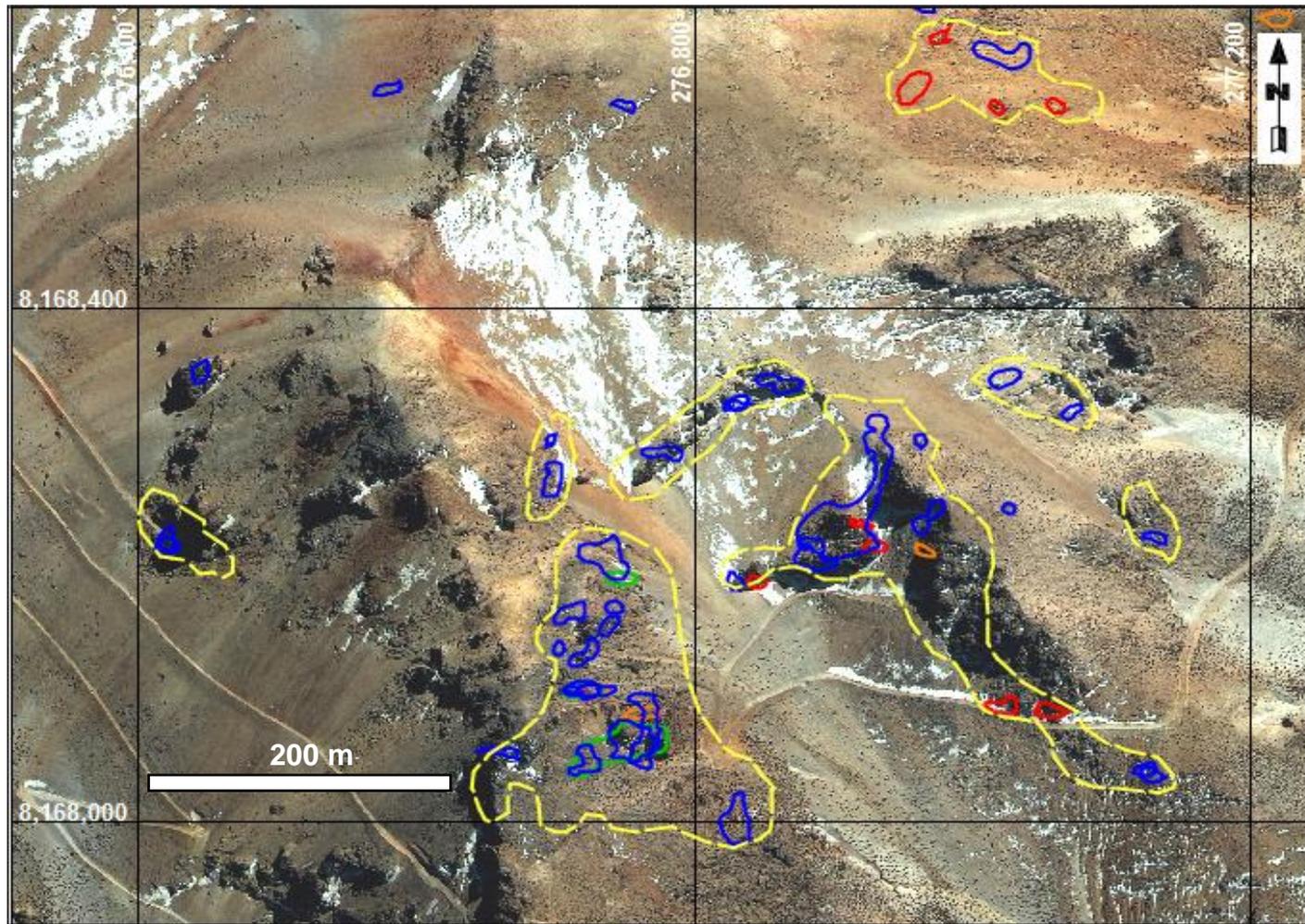
Diamantina

- Etapa I
 - 11 plataformas
 - 12 sondajes
 - (2450m)
- Etapa II
 - 5 plataformas
 - 5 sondajes
 - (1100m)



**Proyecto
Colquemayo
Target Cerro Amata
Estructural
Y
Alteración
Hidrotermal**



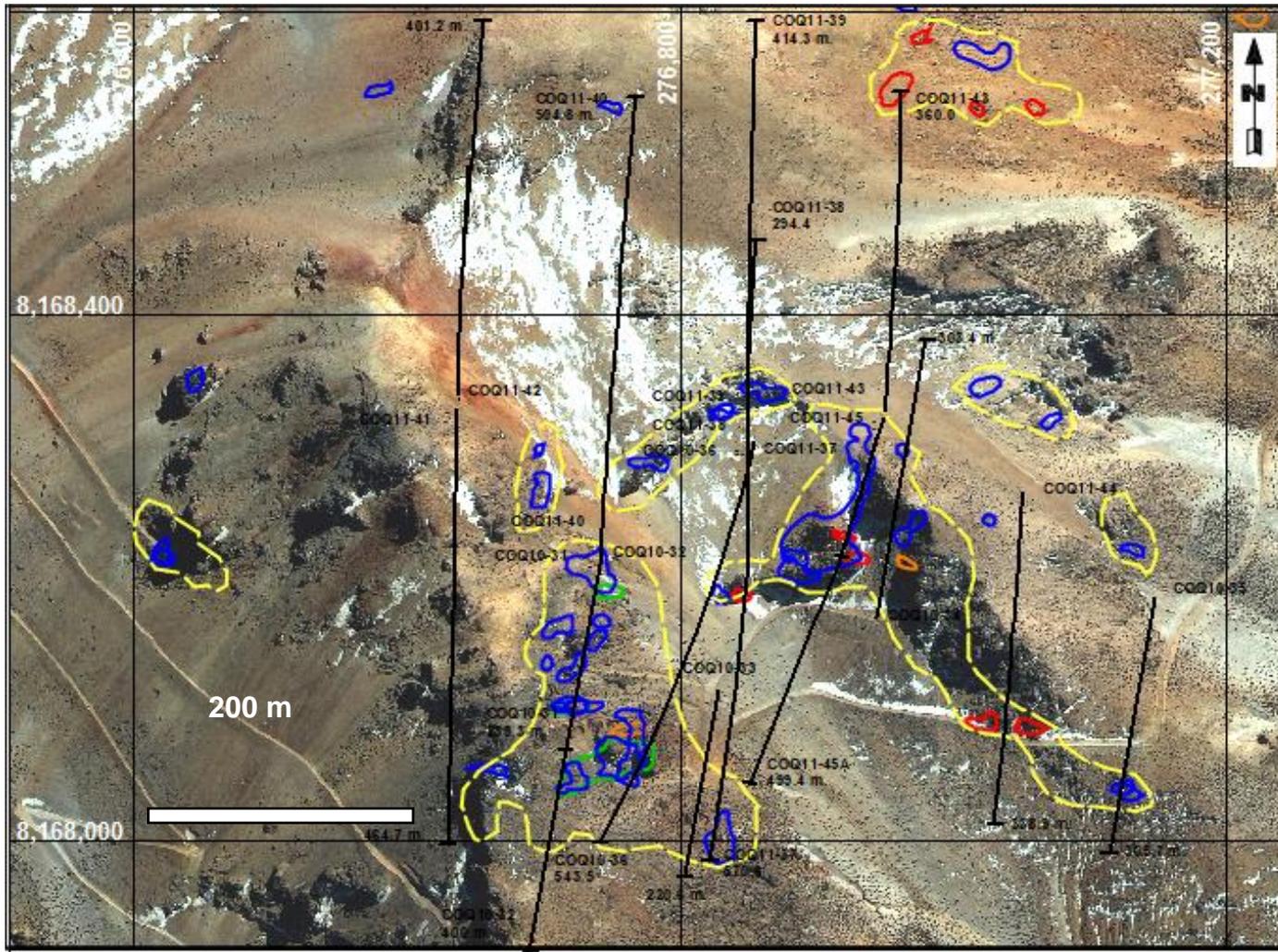


**Proyecto
Colquemayo
Target Cerro Amata
Muestreo
Geoquímico
En Canales y Malla
n = 301**

LEYENDA

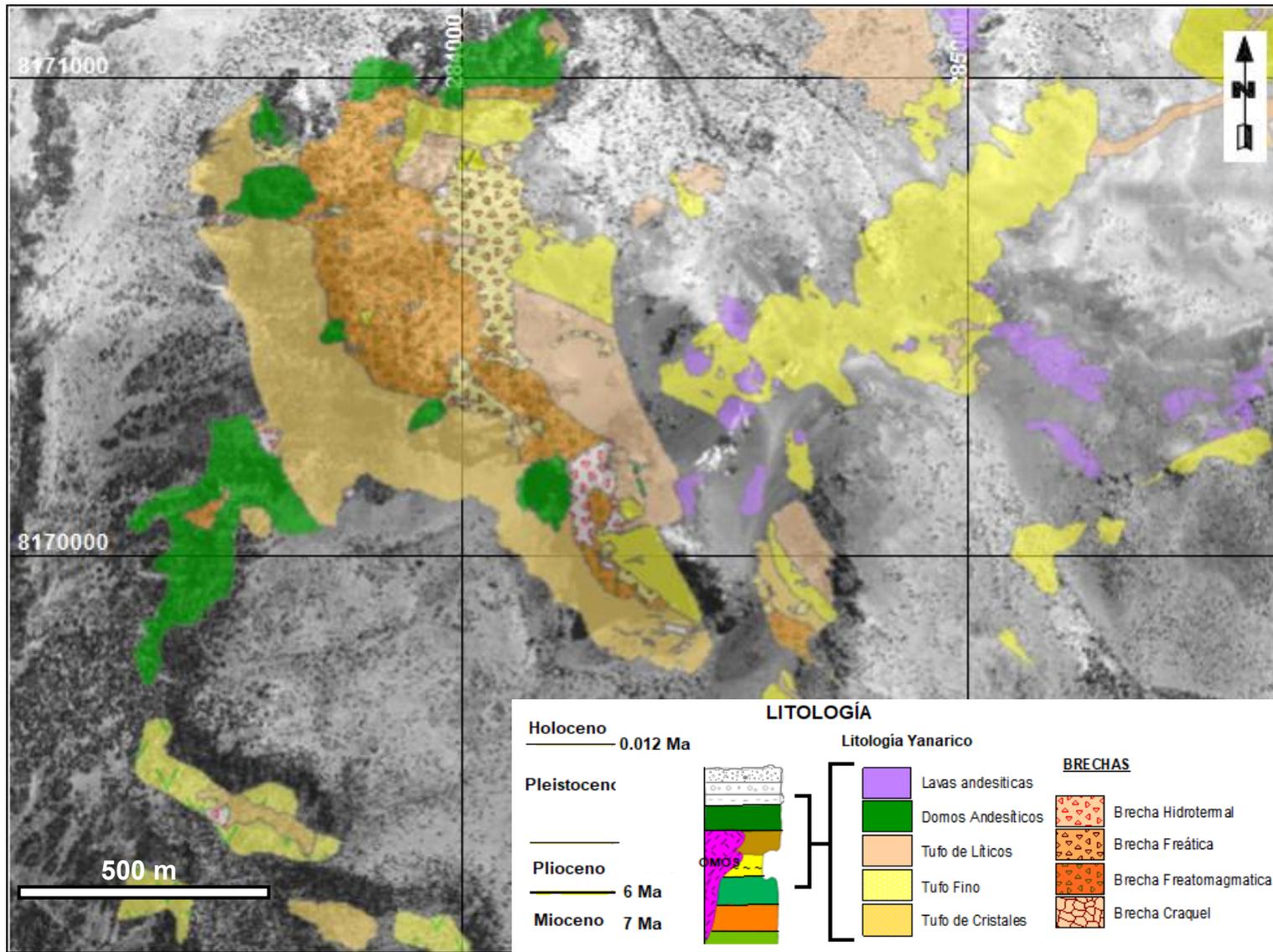
- Anomalia de Au > 300 ppb
- Anomalia de Ag > 10 Oz/t
- Anomalia de Cu > 350 ppm
- Anomalías geoquímicas (HS)
Hg, As, Bi, Se, Te, Sb, Sn
- - - Contornos de Anomalías

**Proyecto
Colquemayo
Target Cerro Amata
Proyecto DDH**

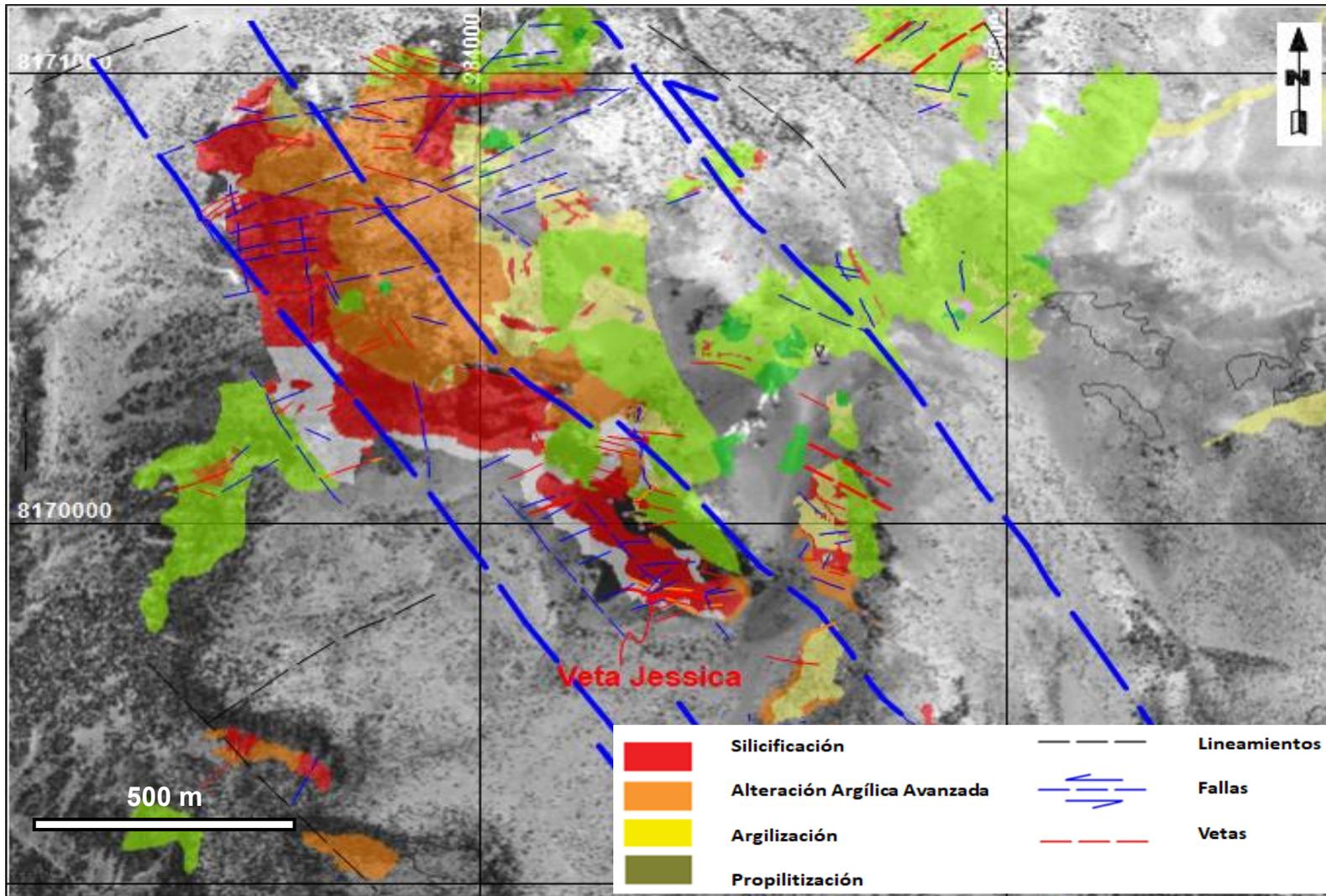


LEYENDA

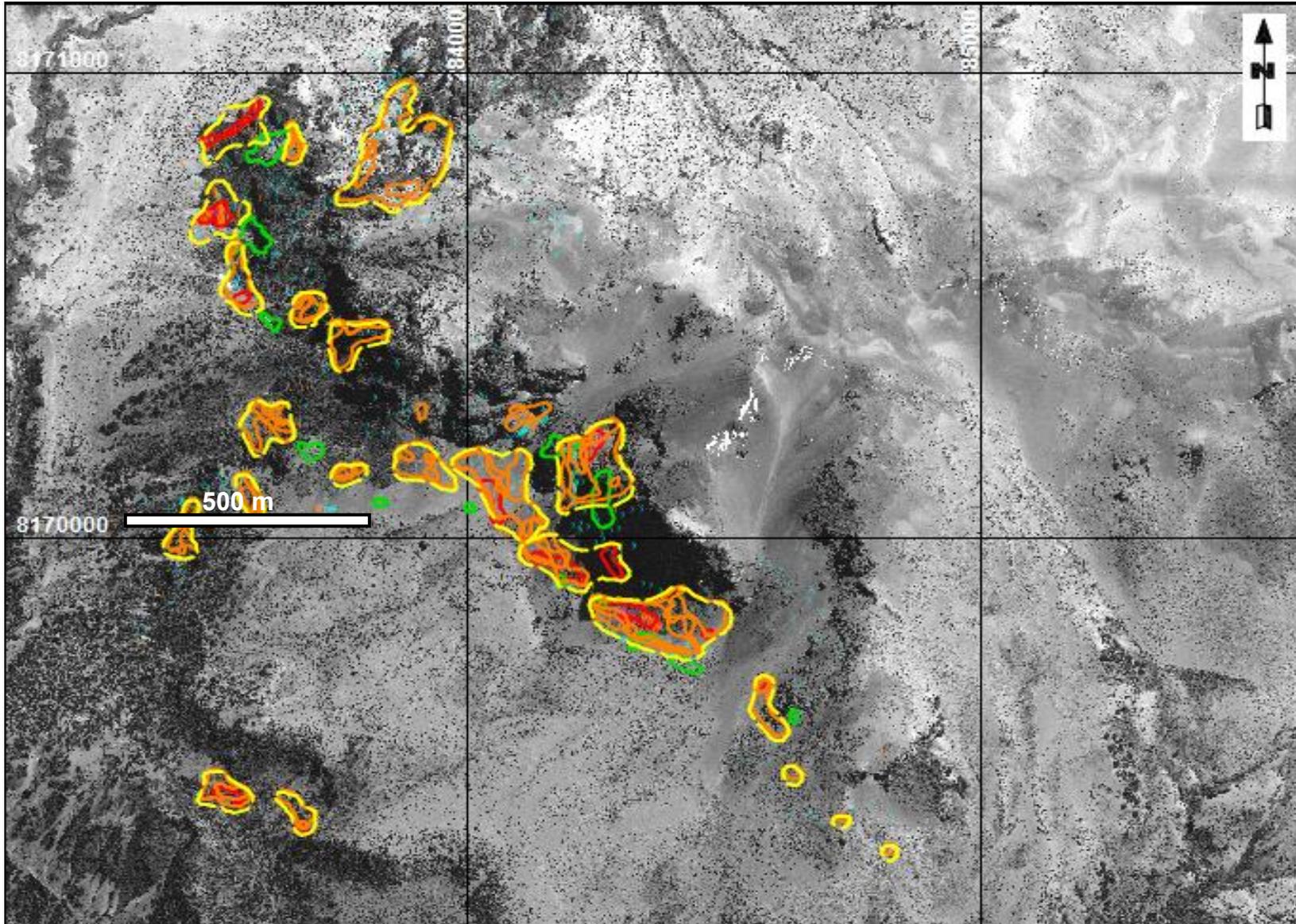
- Anomalia de Au > 300 ppb
 - Anomalia de Ag >10 Oz/t
 - Anomalia de Cu > 350 ppm
 - Anomalías geoquímicas (HS)
Hg, As, Bi, Se, Te, Sb, Sn
 - Contornos de Anomalías
- 21 Sondajes Diamantinos DDH
 Total 6156.50 m.



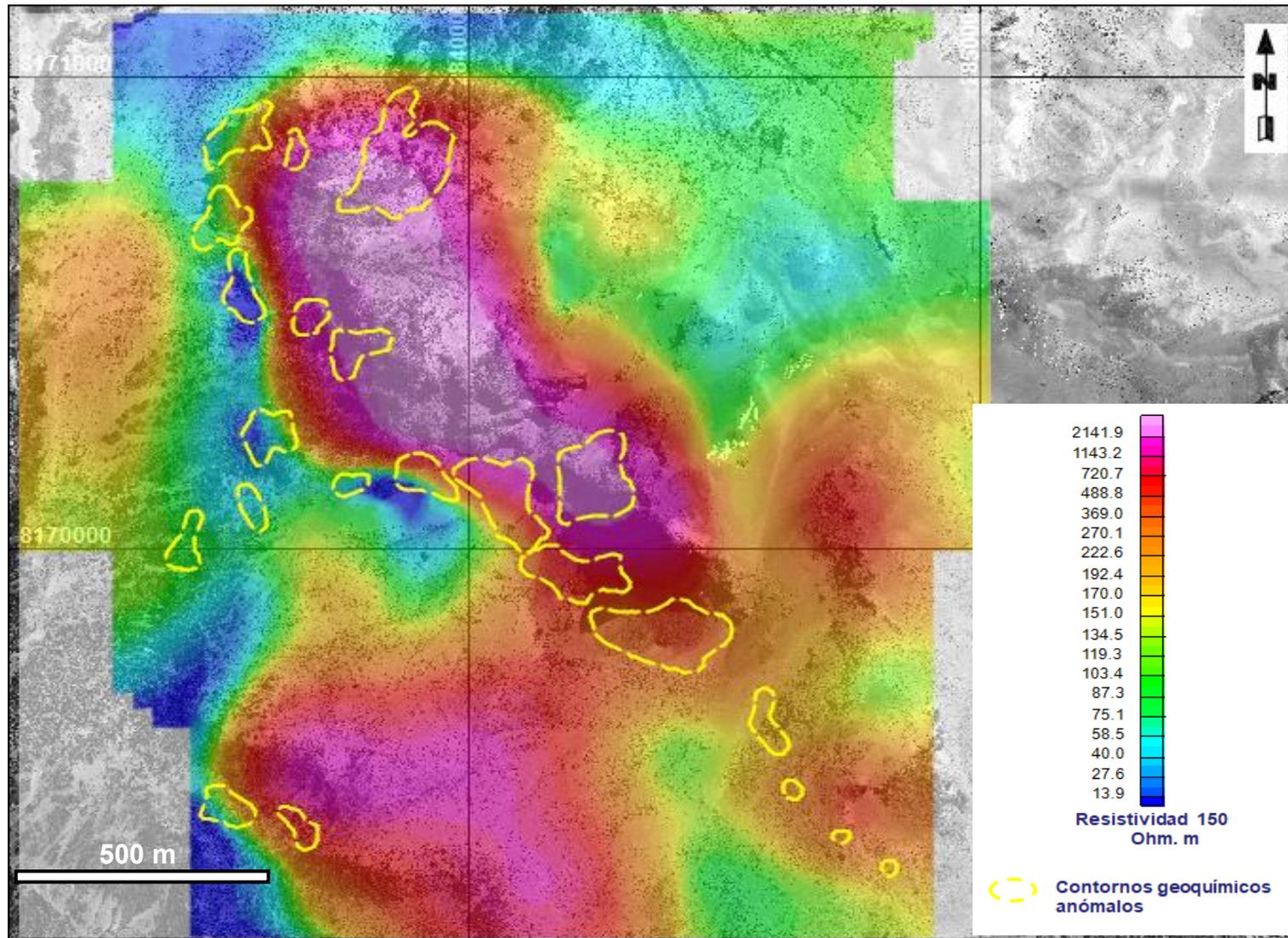
Proyecto Colquemayo Lito-Estratigrafía Volcánica Target Yanarico



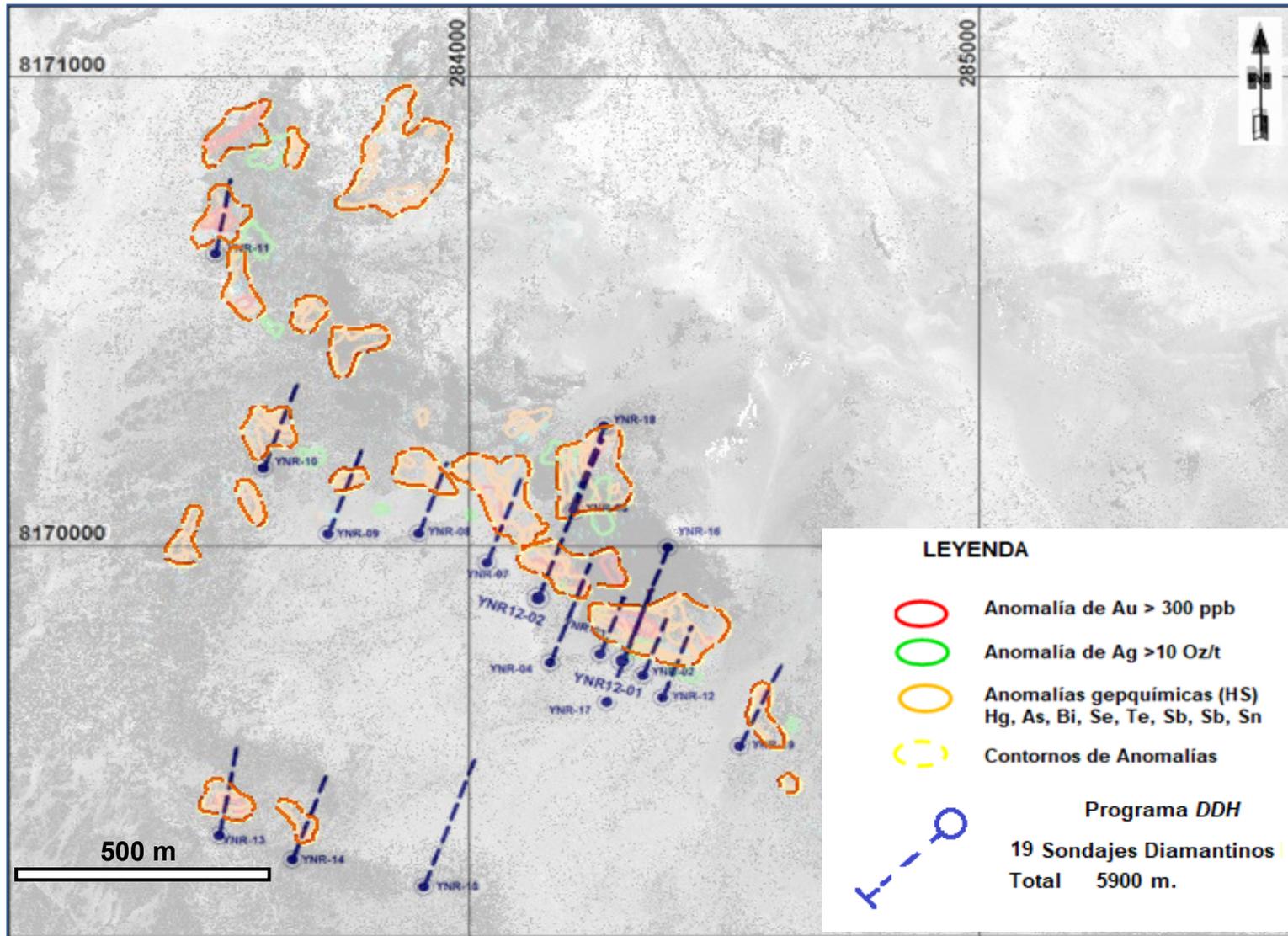
Proyecto Colquemayo Alteración Hidrotermal Target Yanarico



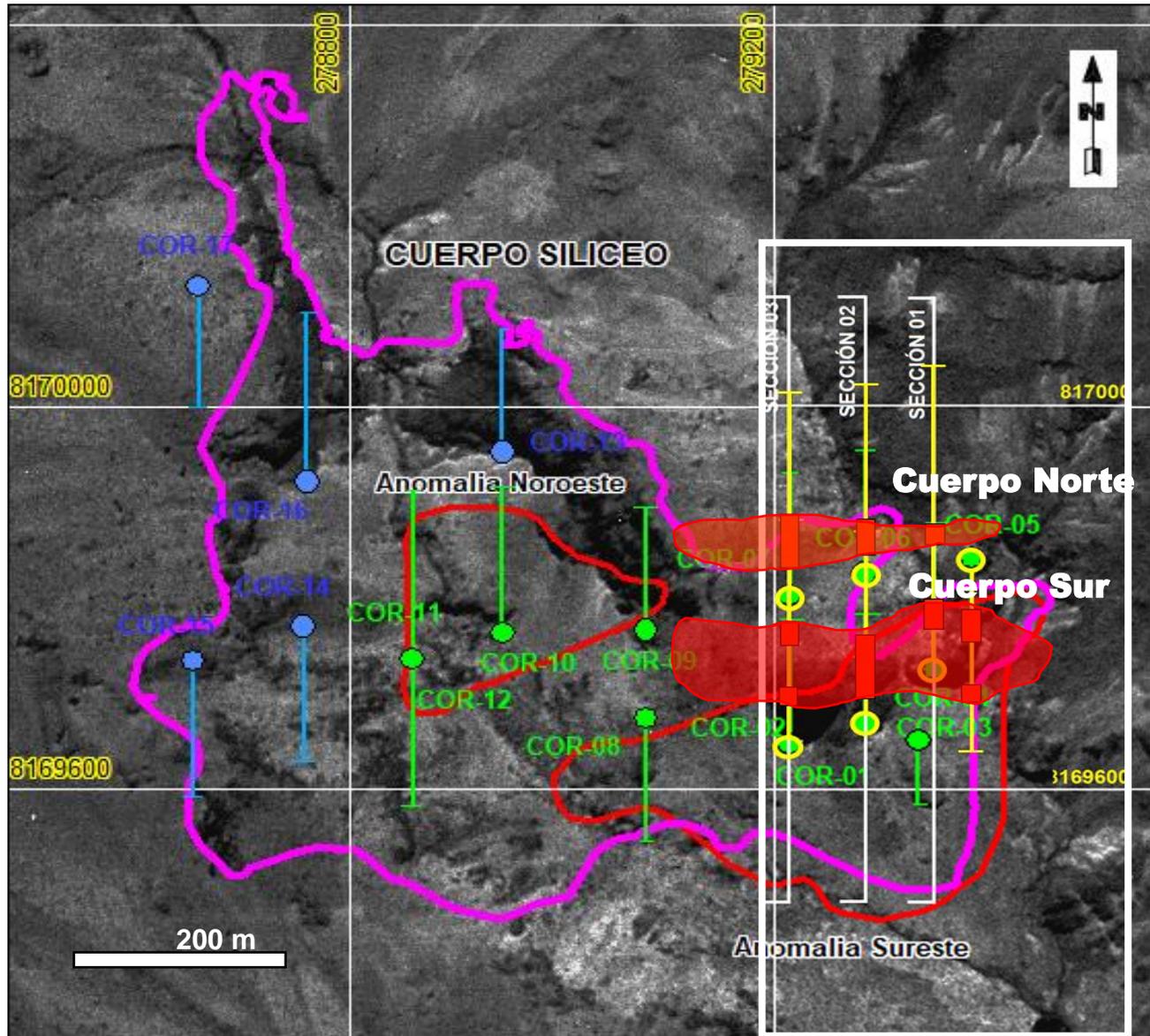
Proyecto Colquemayo Muestreo Geoquímico Target Yanarico



Proyecto Colquemayo Geofísica de Resistividad Target Yanarico



Proyecto Colquemayo Proyecto DDH Target Yanarico



Proyecto Colquemayo

Target Coripuerto

Interceptos de Cuerpos

Mineralizados

LEYENDA



Interpretación Crestones



Limite de anomalías Superficie



Limite Target Coripuerto

Sondajes diamantinos

- COR 01
- COR 02
- COR 03
- COR 04
- COR 05
- COR 06



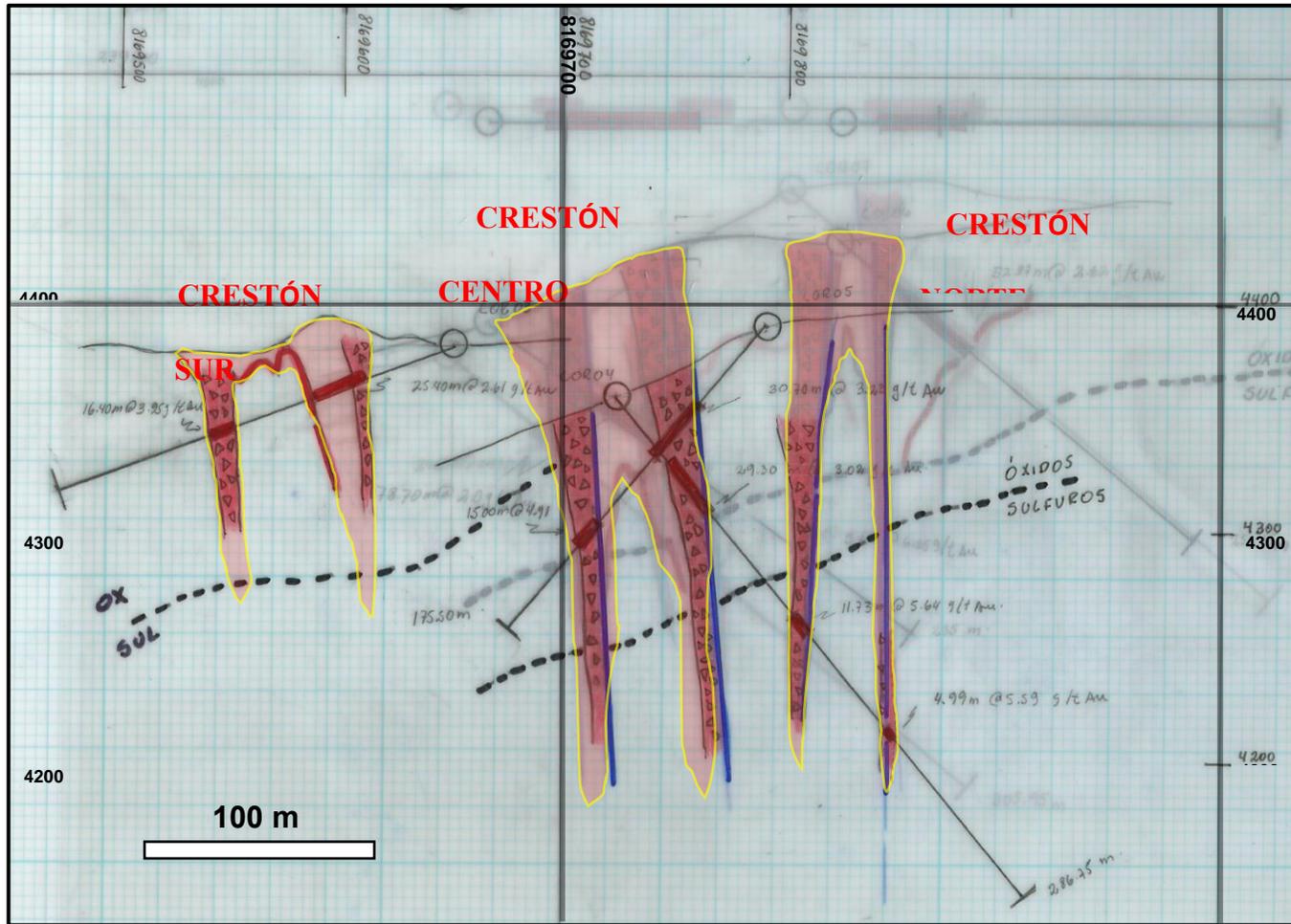
Proyecto Colquemayo Target Coripuquio

Interpretación de Cuerpos

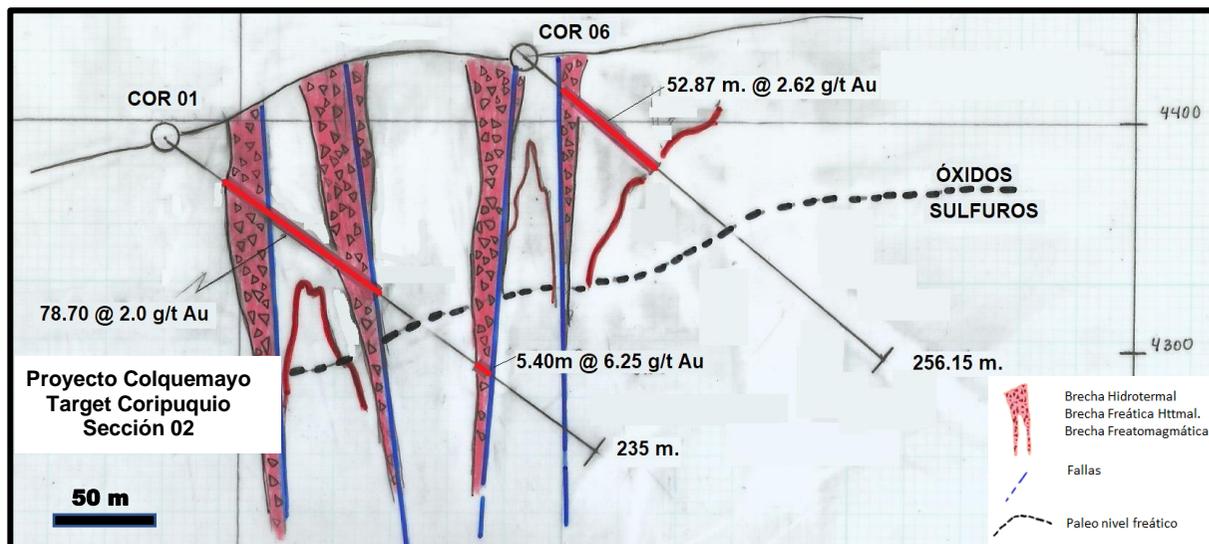
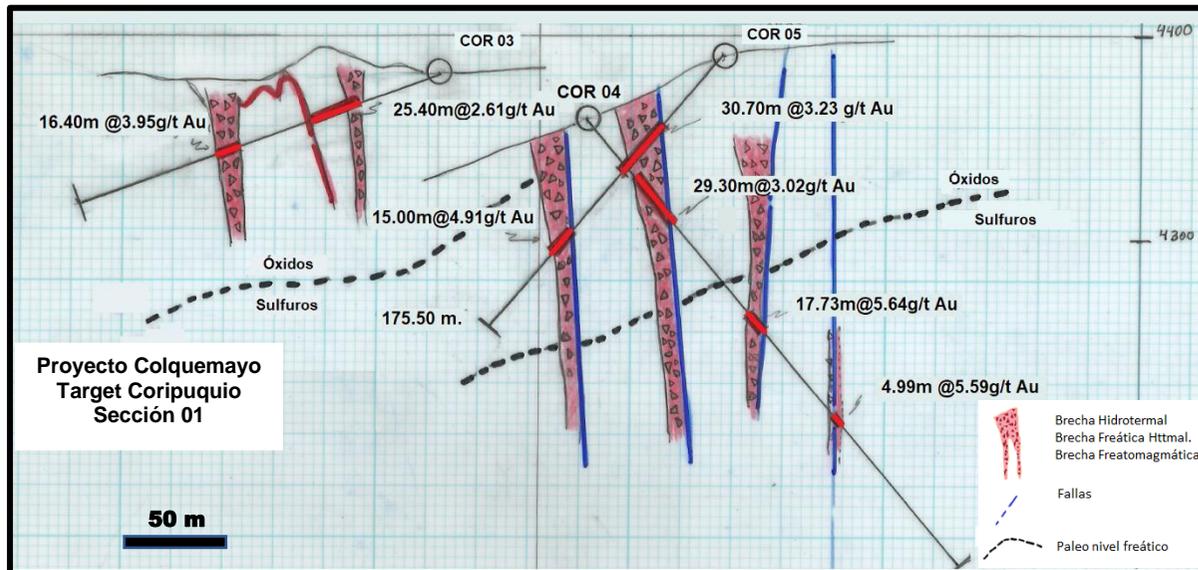
Brechas Mineralizadas

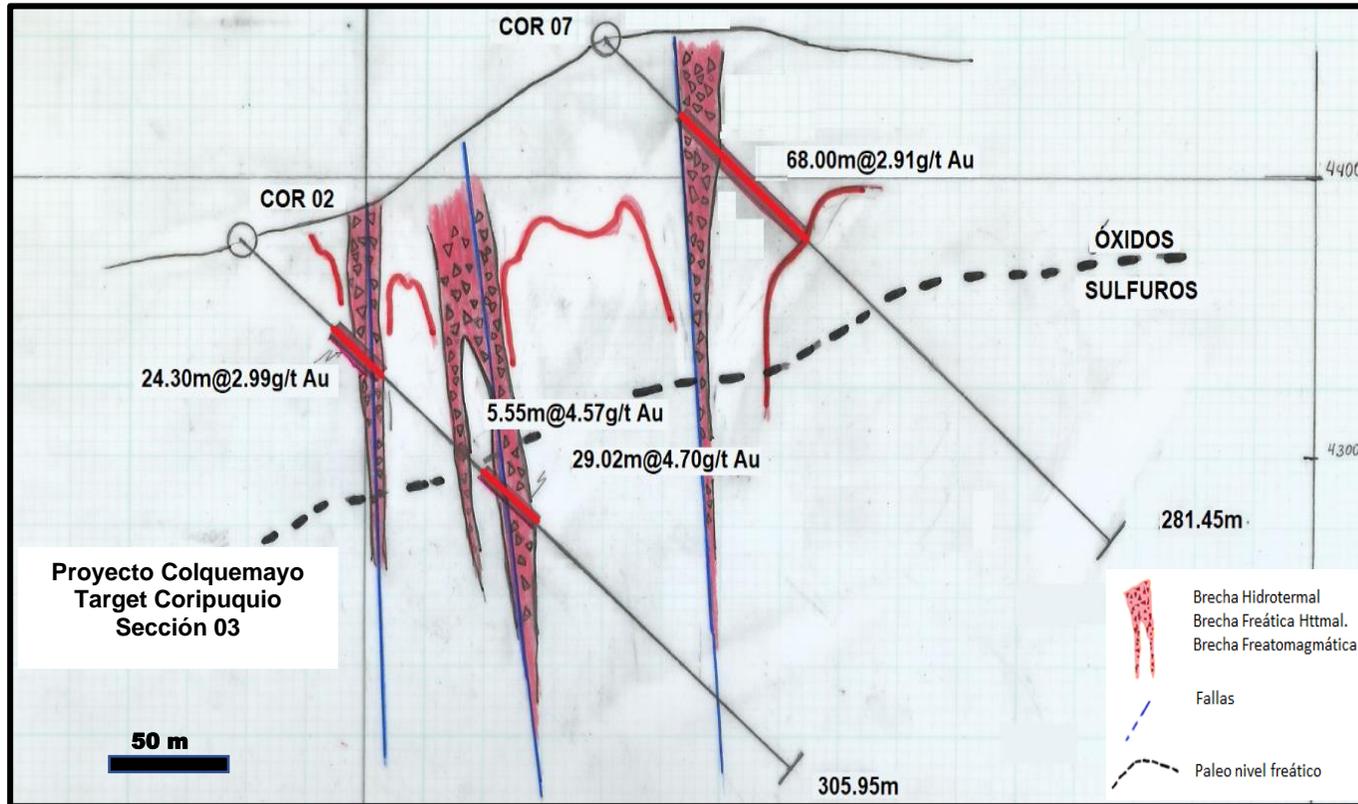
Sobreposición

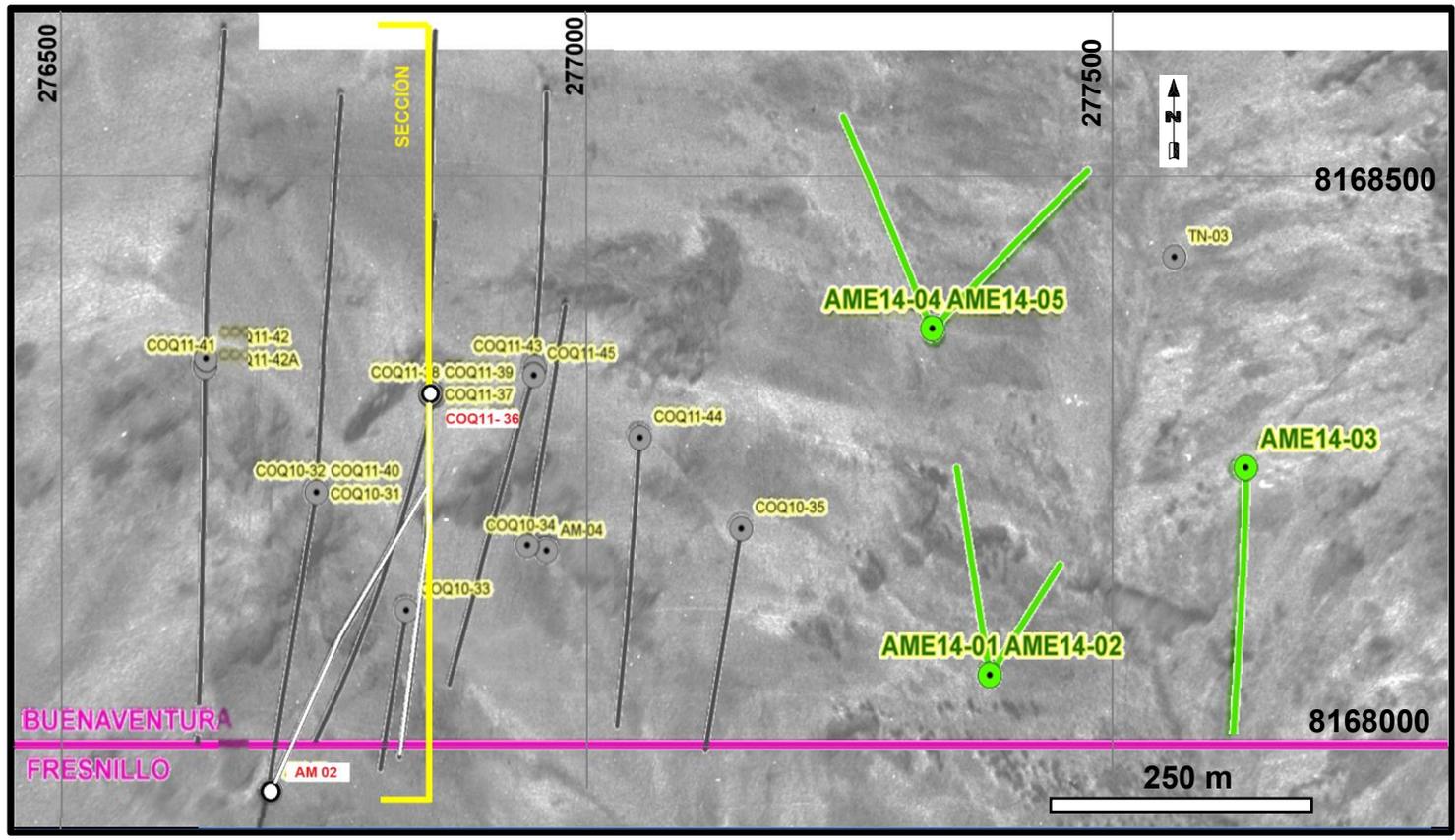
Sección 01, 02 y 03



-  Brecha Hidrotermal
Brecha Freática Httmal.
Brecha Freatomagmática
-  Fallas
-  Paleo nivel freático

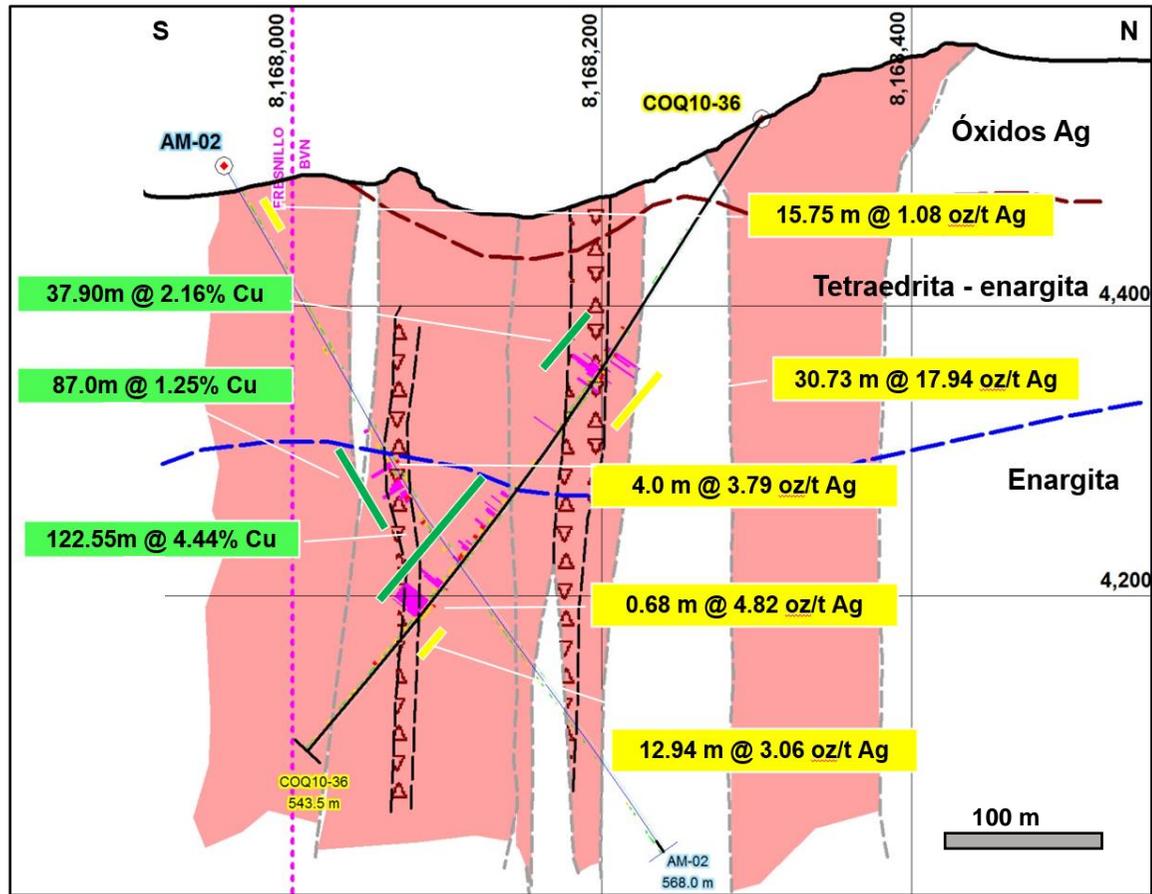






Proyecto
Colquemayo
Target Amata
DDH Amata Este

- LEYENDA**
-  DDH Target Cerro Amata 2020
 -  DDH Target Amata Este 2021
 -  Línea de Sección Referencial
- COQ11-36 AM 02

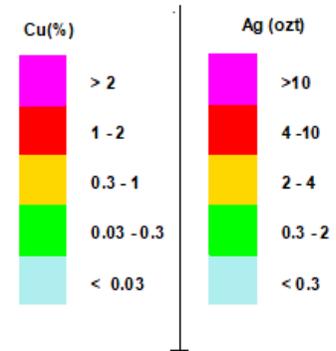


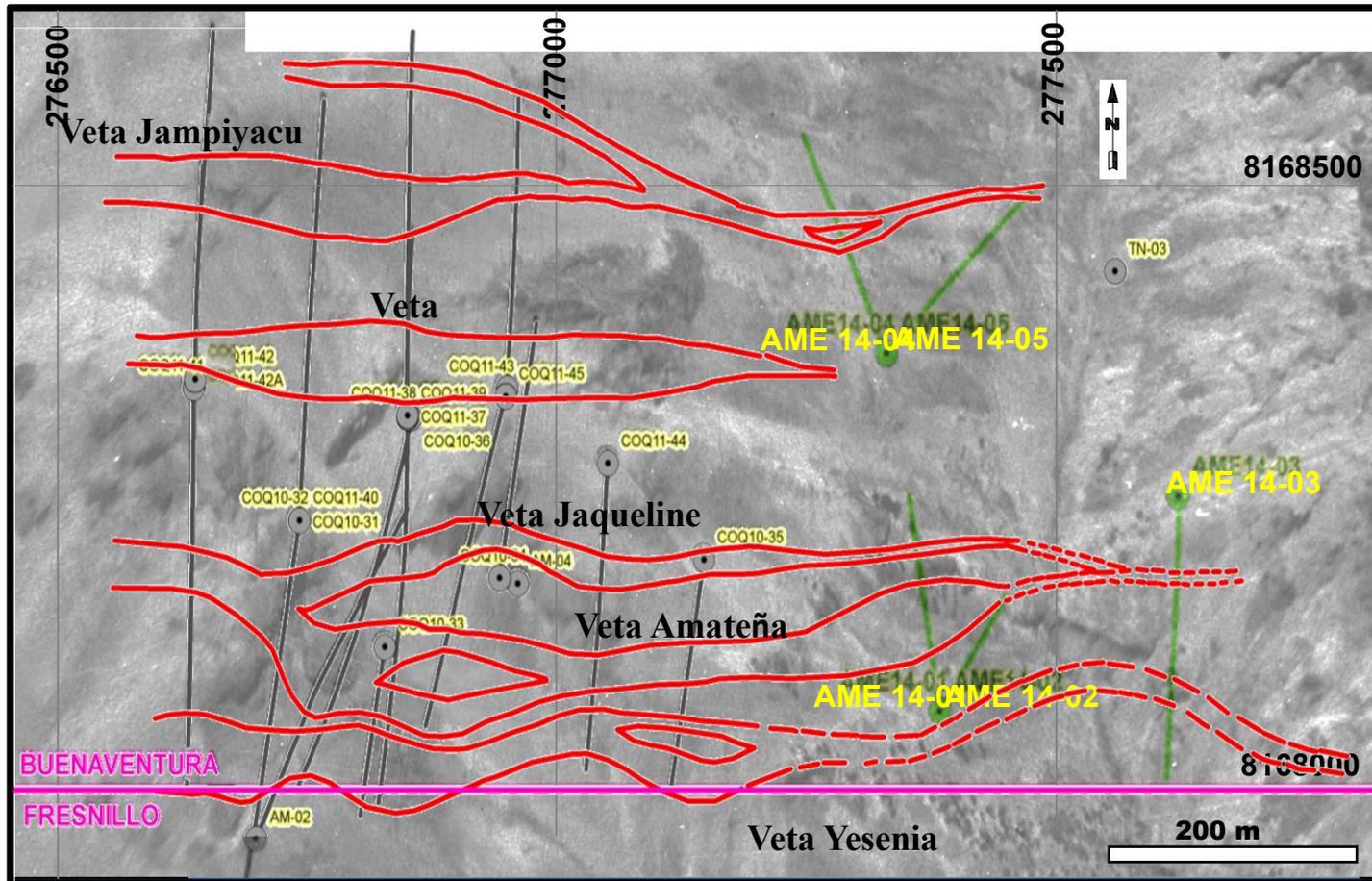
Proyecto Colquemayo

Target Amata

Sección Referencial

**Leyenda
Geoquímica DDH**





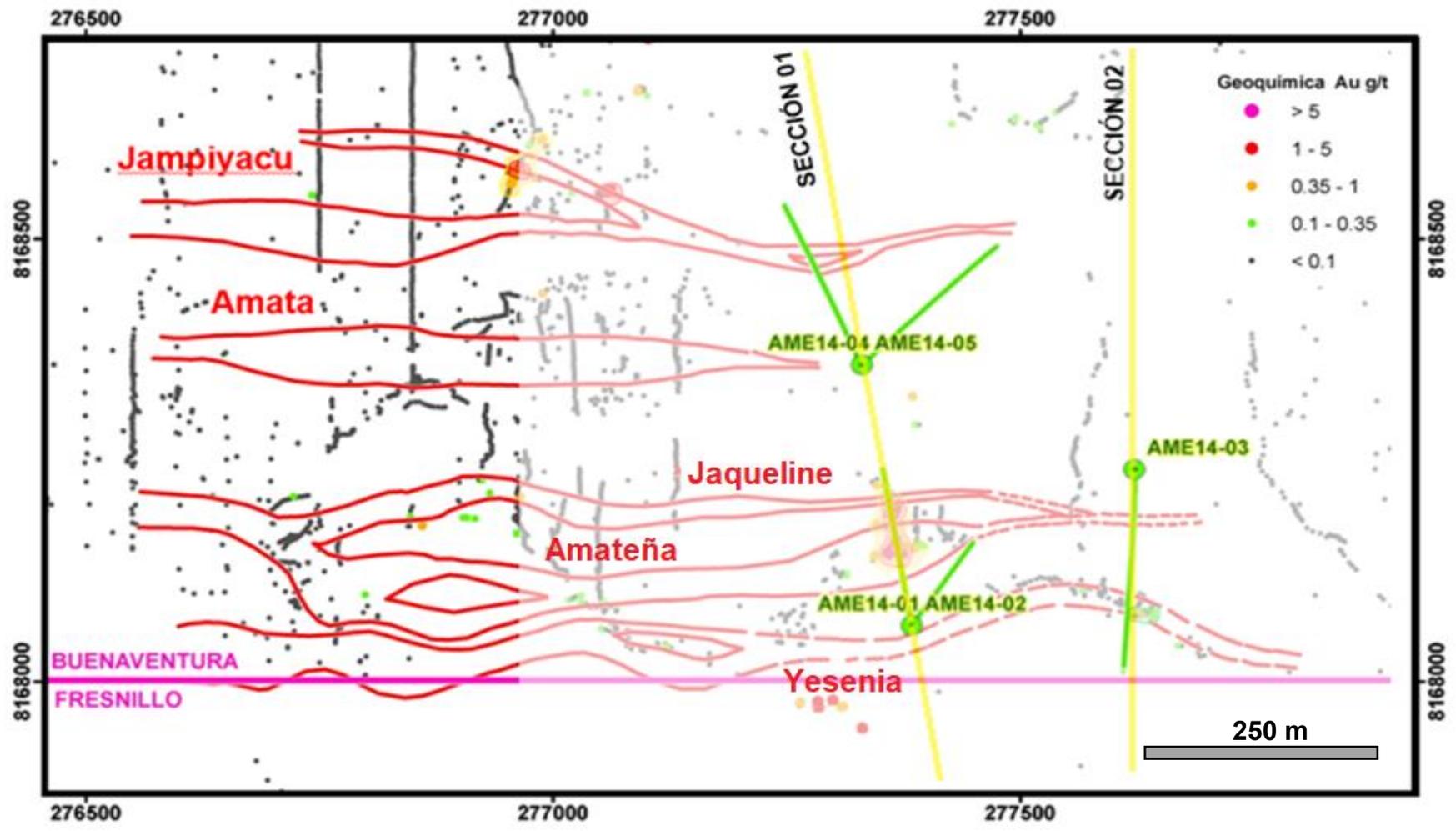
Proyecto Colquemayo

Target Amata

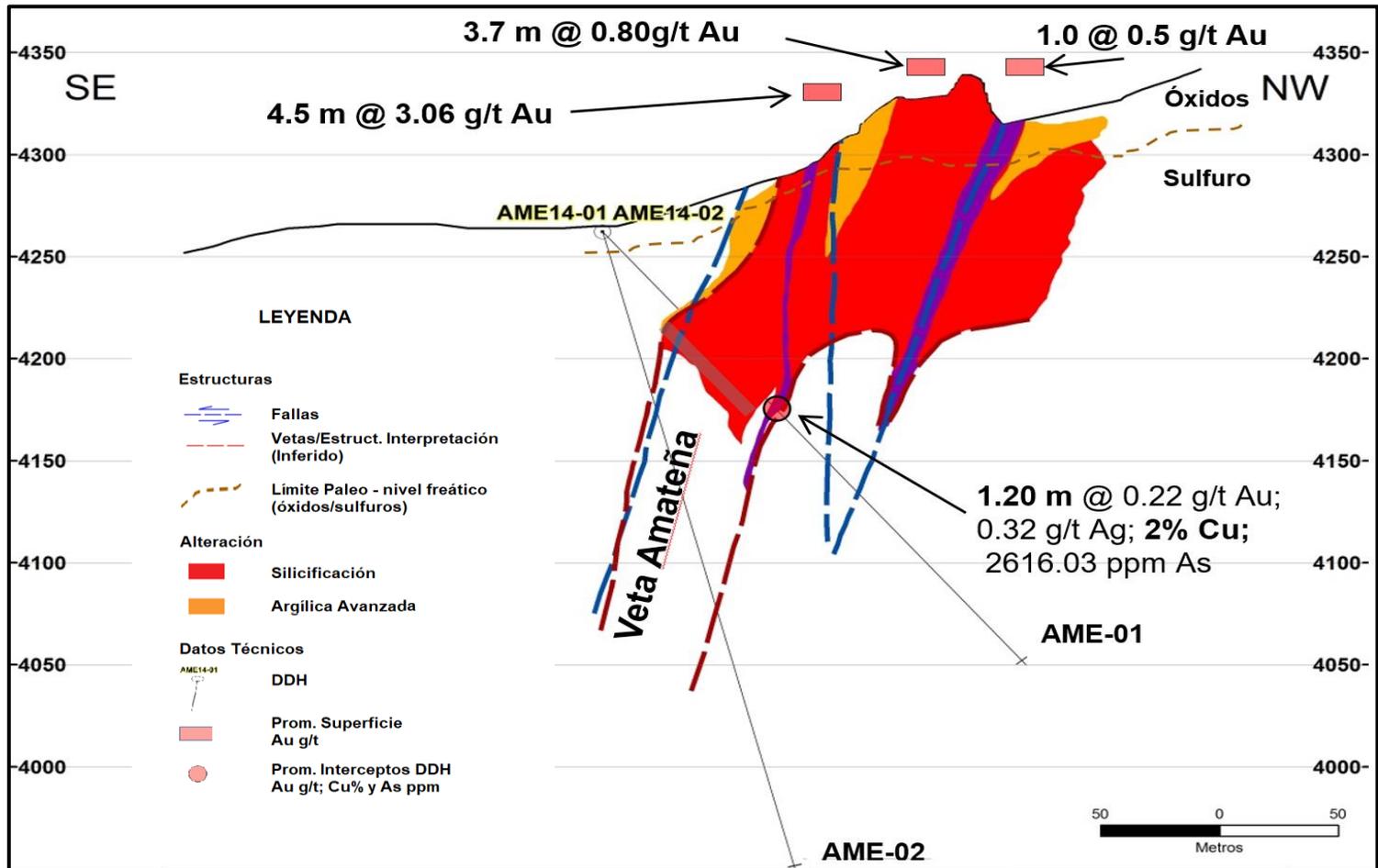
Traza de Estructuras

LEYENDA

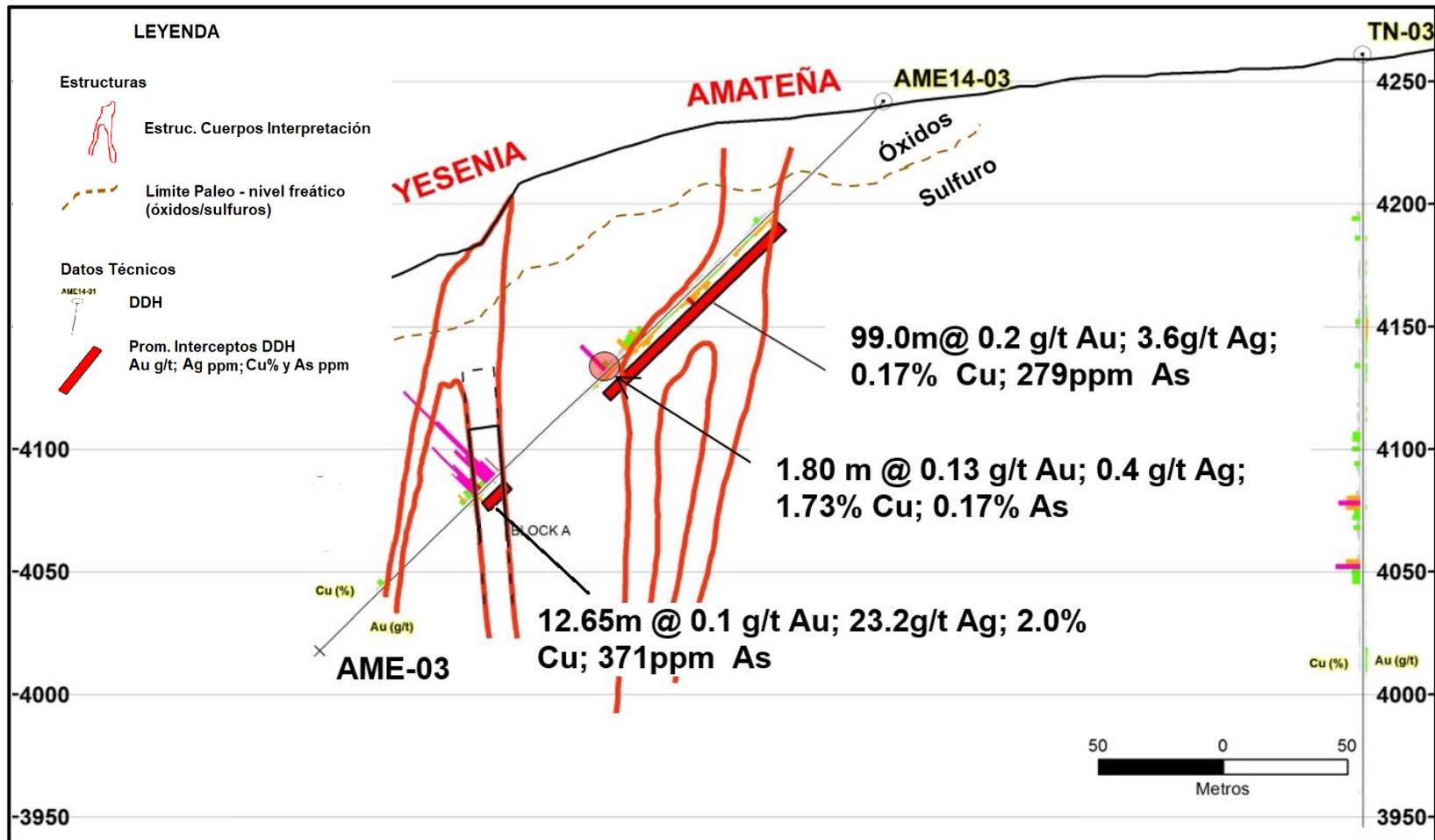
-  DDH Target Cerro Amata 2020
-  DDH Target Amata Este 2021
-  Traza de las Estructuras Vetas EW Cerro Amata



Proyecto Colquemayo Traza de Estructuras (Vetas) Target Cerro Este



Proyecto Colquemayo Sección Transversal 01 Target Amata Este



Proyecto Colquemayo Sección Transversal 02 Target Amata Este