

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



TESIS

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO

CONDORTIYANA – QUIÑOTA - CHUMBIVILCAS - CUSCO

PRESENTADA POR:

Br. ROXANA ABIEGA CARRILLO

Br. JOSE ALBERTO HUAYHUA SALVADOR

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

Mgt. MAURO ALBERTO ZEGARRA CARREON

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: PROSPECCION
GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA-
QUINOTA - CHUMBIVICCAS - CUSCO

Presentado por: ABIEGA CARRILLO ROXANA DNI N° 47716671
presentado por: HUAYHUA SALVADOR JOSE ALBERTO DNI N°: 47207872

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 09%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|--------------------|
| Del 1 al 10% | No se considera plagio. | X |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las correcciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 05 de Mayo de 2025


Firma

Post firma MAURO ALBERTO ZEGARRA CARREON

Nro. de DNI 23848124

ORCID del Asesor 0000-0003-0716-3980

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:456030579

Roxana, Jose Alberto Abiega Carrillo, Huayhua Sal...

“PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA. QUIÑOTA-CHUMBIVI...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:456030579

167 Páginas

Fecha de entrega

5 may 2025, 7:45 p.m. GMT-5

39.511 Palabras

Fecha de descarga

5 may 2025, 7:54 p.m. GMT-5

236.703 Caracteres

Nombre de archivo

“PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA. QUI...pdf

Tamaño de archivo

7.9 MB

9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 25 words)

Exclusions

- ▶ 1 Excluded Source
- ▶ 24 Excluded Matches

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 0%  Publications
- 9%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**
353 suspect characters on 154 pages
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Dedicatoria

Con profunda gratitud, este trabajo es dedicado a Dios que nos inspira y a las personas que han constituido un soporte fundamental a lo largo de esta travesía. En particular, a mi padre **Víctor Huayhua Ccahuana**, cuyo sacrificio y apoyo incondicional han sido pilares esenciales. A mi madre **Brígida Salvador y Magdalena Salvador**, cuyo amor incondicional y cuidado constante han tejido cada momento de este proceso. A **Roxana y André**, mi entrañable familia, por su amorosa compañía y ejemplar paciencia en cada etapa. A mis hermanos **Himbley, Mariluz, Zenayda, Clever y Melany**, por su valiosa gratitud y apoyo constante. Extendemos nuestro agradecimiento a quienes depositaron su confianza en nuestro esfuerzo. Un reconocimiento especial a **Estefanía Ccahuana**, mi querida abuela, cuyo impulso en mi crecimiento personal, su enseñanza del buen vivir y su exigencia perseverante han sido una guía invaluable, especialmente en los momentos más desafiantes. A mi tío **Tiburcio Huayhua y su familia**, cuya presencia constante ha sido un apoyo significativo. Finalmente, agradezco a mi familia política por su confianza en nuestro trabajo y en la culminación de este importante proceso.

José Alberto Huayhua Salvador

Dedico esta Tesis con profundo agradecimiento a mis abuelos Juana A. M. y Pablo C. CH., quienes sembraron en mí los valores y la paciencia que han guiado mi camino. Su hogar fue un refugio de paz, un lugar donde siempre me sentí parte de una familia.

A mi madre **Macaria Carrillo Alvis**, cuya fortaleza y carácter me inspiraron a luchar incansablemente por mis sueños y por su preocupación constante, sacrificio, por cada noche de desvelo, por cada lágrima convertida en sonrisa.

A mi padre **Graciano Nemesio Abiega Vera**, por creer en mí cuando otros dudaban, por esa chispa de niñez que aún ilumina su corazón. Su apoyo, a su manera, ha sido invaluable.

A mi hermana **Jeide A.C.**, que descansa en paz. Siempre recordaré nuestra promesa de salir adelante, sin importar los obstáculos. Sé que me cuida desde donde esté.

A mis hermanos **Avelardo, Jhon Jairo y Erwin**, por su apoyo con ustedes, he compartido risas, lágrimas y sueños y su amor. Gracias por estar ahí siempre, y por compartir conmigo este viaje.

A mi tía **Cristina Carrillo Alvis**, mi eterna gratitud por su apoyo incondicional desde mi infancia y hasta el día de hoy.

A mi tía **Victoria**, por su generosidad y por estar siempre presente, incluso en los momentos más simples.

A mi tío **Epifanio Rayan Alvis**, por su apoyo económico al inicio de mi camino universitario, un gesto que nunca olvidaré.

A mi compañero de Vida, **José Alberto H.S.**, por su apoyo incondicional, incluso cuando el mundo parecía desmoronarse.

A mi querido hijo, **André Jossue H. Abiega**, cuya inocencia me inspiró a encontrar fuerzas donde no las creía posibles. Él es mi motor, mi tesoro, quien día a día me impulsa a luchar y a ser una mejor persona.

Y a mi compadre, el Ing. **Ítalo Jordán Gamarra**, por su insistencia, su seguimiento constante y su genuina preocupación. Su aliento fue fundamental para alcanzar esta meta.

Roxana Abiega Carrillo

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por darnos la fuerza y la sabiduría necesarias para llevar a cabo este proyecto. A nuestros padres, por su paciencia, comprensión y apoyo continuo, sin los cuales no hubiéramos llegado hasta aquí.

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros docentes y mentores, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela profesional de ingeniería Geológica, cuyos conocimientos y orientaciones fueron fundamentales para el desarrollo de nuestra tesis. En especial al ingeniero Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreón por su apoyo incondicional, y su paciencia en este proceso.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, nuestro más profundo agradecimiento.

¡Gracias a todos ustedes



ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos | iii |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS | viii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 2 |
| ASPECTOS GENERALES | 2 |
| 1.1. UBICACIÓN | 2 |
| 1.2. ACCESIBILIDAD | 3 |
| 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.3.1. Descripción del problema..... | 4 |
| 1.3.2. Formulación del problema | 4 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 1.4.1. Objetivo general | 5 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.6. LIMITACIONES | 5 |
| 1.7. VARIABLES | 6 |
| 1.7.1. Variables independientes | 6 |
| 1.7.2. Variables dependientes | 6 |
| 1.8. HIPÓTESIS | 7 |
| 1.8.1. Hipótesis general | 7 |
| 1.8.2. Hipótesis específicas | 7 |
| 1.9. METODOLOGÍA DE TRABAJO | 7 |
| 1.9.1. Diseño de la investigación..... | 8 |
| 1.10. FUNDAMENTO TEÓRICO | 9 |
| 1.10.1. Antecedentes de la investigación | 9 |
| 1.10.2. Bases teóricas | 10 |
| 1.11. CLIMA | 27 |
| 1.12. FLORA Y FAUNA | 28 |
| 1.12.1. Flora | 28 |
| 1.12.2. Fauna | 29 |
| 1.13. HIDROLOGÍA LOCAL | 29 |
| CAPITULO II | 32 |



| | |
|--|-----------|
| GEOMORFOLOGÍA..... | 32 |
| 2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL | 32 |
| 2.1.1. Cordillera occidental | 32 |
| 2.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL | 43 |
| 2.2.1. Colina de roca volcánica | 43 |
| 2.2.2. Lomadas en roca volcánica | 44 |
| 2.2.3. Lomadas ignimbríticas | 45 |
| 2.2.4. Superficie de flujo piroclástico disectado | 46 |
| 2.2.5. Valle interandino escarpado | 47 |
| 2.2.6. Bofedal | 48 |
| CAPITULO III..... | 49 |
| GEOLOGÍA | 49 |
| 3.1. GEOLOGÍA REGIONAL | 49 |
| 3.1.1. Grupo Yura (Jurásico) | 51 |
| 3.1.2. Formación Murcco (Cretácico inferior) | 52 |
| 3.1.3. Formación Arcurquina (Cretácico Medio – Superior) | 53 |
| 3.1.4. Grupo Puno (Paleoceno – Oligoceno)..... | 54 |
| 3.1.5. Grupo Tacaza (Paleoceno – Eoceno)..... | 54 |
| 3.1.6. Formación Alpabamba (Mioceno superior) | 55 |
| 3.1.7. Grupo Barroso (Plioceno) | 55 |
| 3.1.8. Depósitos cuaternarios | 57 |
| 3.1.9. Rocas intrusivas..... | 58 |
| 3.1.10. Unidades subvolcánicas | 60 |
| 3.2. GEOLOGÍA LOCAL | 61 |
| 3.2.1. Rocas volcánicas | 61 |
| 3.2.2. Unidades sub volcánicas | 66 |
| 3.2.3. Depósitos cuaternarios | 67 |
| CAPITULO IV | 70 |
| GEOLOGÍA ESTRUCTURAL | 70 |
| 4.1. DOMINIOS ESTRUCTURALES EN LOS ANDES DEL SUR DEL PERÚ. 70 | |
| 4.1.1. Borde nor-este de la cordillera occidental..... | 72 |
| 4.1.2. Formación de la cordillera de los andes | 74 |
| 4.2. TECTÓNICA..... | 79 |
| 4.2.1. Fase tectónica tardihercínica: edad intrapérmico (Paleozoico superior)..... | 79 |
| 4.2.2. Fase de sedimentación de la cuenca peruana | 79 |



| | | |
|--|---|------------|
| 4.2.3. | Fase tectónica intracretácea: Edad cenomaniana – coniaciana (80 – 100 ma) | 80 |
| 4.2.4. | Fase tectónica peruana: Edad cretácea terminal (65-70 ma)..... | 81 |
| 4.2.5. | Fase tectónica inca: Edad eoceno superior oligoceno inferior..... | 81 |
| 4.2.6. | Fase tectónica quechua: Edad mioceno (8-21ma)..... | 81 |
| 4.2.7. | Fase tectónica pliocena: edad 2 a 4 m.a. | 82 |
| 4.2.8. | Fase pleistocena (Cuaternario): edad 1.8 a 0.01 m.a..... | 82 |
| 4.2.9. | Reajustes holocenos de las placas de nazca y sudamericana | 82 |
| 4.3. | GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL..... | 83 |
| 4.3.1. | Sistemas estructurales: | 83 |
| 4.3.2. | Análisis de orientaciones..... | 89 |
| CAPITULO V..... | | 94 |
| PROSPECCION GEOQUÍMICA..... | | 94 |
| 5.1. | GENERALIDADES..... | 94 |
| 5.2. | MUESTREO GEOQUÍMICO..... | 94 |
| 5.3. | APLICACIÓN DE MUESTREO GEOQUÍMICO | 95 |
| 5.4. | TIPOS DE MUESTRO..... | 97 |
| 5.4.1. | Muestreo por puntos o Rock Chip..... | 97 |
| 5.4.2. | Muestreo por canales..... | 98 |
| 5.4.3. | Equipos y herramientas de muestreo..... | 99 |
| 5.5. | PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS..... | 100 |
| 5.6. | ANÁLISIS DE DATOS..... | 101 |
| 5.7. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOQUÍMICOS | 101 |
| 5.7.1. | Análisis e interpretación de datos geoquímicos en el Prospecto Minero Condortiyana | 106 |
| 5.7.2. | Análisis e interpretación Dendrograma y Matriz de Correlación | 114 |
| CAPITULO VI..... | | 117 |
| PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA..... | | 117 |
| 6.1. | MINERALOGÍA..... | 117 |
| 6.1.1. | Minerales de mena | 117 |
| 6.1.2. | Minerales de ganga..... | 118 |
| 6.2. | CARACTERÍSTICAS DE LAS VETAS | 121 |
| 6.3. | ALTERACIONES HIDROTERMALES..... | 124 |
| 6.3.1. | Alteración propilitica..... | 124 |
| 6.3.2. | Alteración filica..... | 128 |



| | |
|---|------------|
| 6.3.3. Alteración argílica | 130 |
| 6.3.4. Alteración silícica (Silicificación)..... | 134 |
| CAPITULO VII | 138 |
| METALOGENIA | 138 |
| 7.1. Franjas metalogénicas..... | 138 |
| 7.1.1. XV. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno. | 138 |
| 7.1.2. XXI-A. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas | 139 |
| 7.2. RESULTADOS | 140 |
| 7.2.1. Origen y tipo de yacimiento | 141 |
| 7.2.2. Tipo de yacimiento | 143 |
| 7.3. DISCUSIÓN | 143 |
| 7.3.1. Tectónica-magmática-hidrotermal | 144 |
| CONCLUSIONES | 146 |
| RECOMENDACIONES..... | 149 |
| BIBLIOGRAFÍA | 150 |



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Minerales

| | |
|------------------|-----------------|
| Ag: Plata | Gt: Goetita |
| Al: Aluminio | Hm: Hematita |
| Aln: Alunita | Jr: Jarosita |
| As: Arsénico | Lm: Limonita |
| Au: Oro | Pl: Plagioclasa |
| Bio: Biotita | Sph: Esfalerita |
| Cal: Calcita | Py: Piritita |
| Cln: Caolinita | Qz: Cuarzo |
| Cl: Clorita | Ser: Sericita |
| Fls: feldespatos | Cal: Calcedonia |
| Ga: Galena | Mt: Magnetita |

Elementos

| | |
|----------------|---------------|
| Ba: Bario | Mo: Molibdeno |
| Be: Berilio | Pb: Plomo |
| Bi: Bismuto | S: Azufre |
| Co: Cobalto | Te: Teluro |
| Cu: Cobre | U: Uranio |
| Fe: Hierro | W: Wolframio |
| Li: Litio | Zn: Zinc |
| Mg: Magnesio | Zr: Zirconio |
| Mn: Manganeseo | |



Abreviaturas

| | |
|----------|--|
| INGEMMET | : Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico |
| PMC | : Proyecto minero Condortiyana |
| LS | : Baja sulfuración |
| IS | : Intermedia sulfuración |
| HS | : Alta sulfuración |
| UTM | : Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas universal transversal de Mercator) |
| PBI | : Producto bruto interno |
| SFCLM | : Sistema de fallas Cusco – Lagunillas - Muñazo |
| SFCC | : Sistema de fallas Condoroma Cayllama. |
| DGCC | : Dominio geotectónico Abancay – Condoroma. |
| ISO/IEC | : Organización Internacional de Normalización/ Comisión Electrotécnica Internacional) |
| AAS | : Espectrometría de Absorción atómica |
| ICP-OES | : Espectrometría de emisión óptica – Plasma de acoplamiento inductivo |
| NP/NC | : Nicales paralelos/Nicales cruzados |

Unidades

| | |
|----------|-------------------------------|
| Cm | : Centímetro |
| M | : Metro |
| Km | : Kilómetros |
| Kg | : Kilogramo |
| Lb | : libras |
| Ppm | : Partes por millón |
| gr/t | : Gramos por tonelada |
| m.s.n.m: | Metros sobre el nivel del mar |



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 : Descripción de la accesibilidad a la Zona de Estudio, punto de Partida Ciudad de Cusco. | 3 |
| Tabla 2: Ensamblajes de alteración relevantes al ambiente epitermal con comentarios sobre las características litológicas o características mineralógicas | 22 |
| Tabla 3: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para vetas. | 90 |
| Tabla 4: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para fallas locales | 90 |
| Tabla 5: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para Pseudoestratificaciones. | 91 |
| Tabla 6: Resultados de análisis geoquímico por 22 elementos traza, incluidos sus datos geoestadísticos. | 102 |
| Tabla 7: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos para Au (ppm) | 106 |
| Tabla 8 : Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos Ag (ppm) | 108 |
| Tabla 9: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos para Cu (ppm) | 110 |
| Tabla 10: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos As (ppm) | 112 |
| Tabla 11: Distribución mineralógica porcentual de Andesita porfíritica. | 126 |
| Tabla 12: Distribución mineralógica porcentual de Toba Andesítica. | 129 |
| Tabla 13: Distribución mineralógica porcentual de Toba Andesítica lítica | 132 |
| Tabla 14: Distribución mineralógica porcentual de Andesita Porfíritica | 136 |
| Tabla 15: Cuadro comparativo de las características geológicas entre la mina Arcata en operación, y el prospecto minero Condortiyana en exploración. | 145 |

LISTA DE FOTOS

| | |
|---|----|
| Foto N.º 1: Vegetación característica de la zona de estudio, donde se aprecia arbustos de Sac`ha (Distichia muscoides), Qqueuña (Polylepis) y otros pertenecientes a la flora local..... | 29 |
| Foto N.º 2: Vista del río Antuyo con dirección NW - SE, cortando el área de investigación y afluyendo en el río Molino..... | 30 |
| Foto N.º 3: Vista del río Manchoella con dirección noroeste, paralelo al río Antuyo a la franja del área de estudio..... | 31 |
| Foto N.º 4: Subunidad geomorfológica de colinas que conforman las bases de la unidad montañosa de Hatun Orcco. | 44 |
| Foto N.º 5: Geoformas con cimas alargadas, redondeadas y subredondeadas, en la zona de estudio se presenta en la margen izquierda del río Antuyo. | 45 |
| Foto N.º 6: Esta subunidad geomorfológica se presenta sobre la superficie piroclástica, conformada por ignimbritas y cenizas volcánicas | 46 |



| | |
|--|----|
| Foto N.º 7: Esta subunidad geomorfológica está ubicada en la parte sur y suroeste de la zona de estudio (Condortiyana), litológicamente está constituida por lavas andesíticas bien soldadas. ... | 47 |
| Foto N.º 8: Valle interandino en forma U, con vertientes de rocas volcánicas al sur de Condortiyana..... | 48 |
| Foto N.º 9: Volcanico dacítico de color rojo plumizo brechado..... | 62 |
| Foto N.º 10: Estructura brechada con relleno hidrotermal silificado | 63 |
| Foto N.º 11: Afloramiento de toba lítica (conglomerado volcánico), con fragmentos polimicticos, heterolíticos y subangulosos. Grupo Tacaza. | 64 |
| Foto N.º 12: Afloramiento de tobas dacíticas, con ojos de cuarzo, tonalidad rosácea, coronando las partes altas. Grupo Barroso. | 65 |
| Foto N.º 13: Vista panorámica de las cenizas volcánicas depositadas sobre las tobas dacíticas del grupo tacaza en Cahrcaccasa. | 66 |
| Foto N.º 14: Afloramiento de andesita porfirítica, con moderada a fuerte sericitización e intenso vetilleo polidireccional de óxidos de hierro..... | 67 |
| Foto N.º 15: Depósitos coluviales, formando conos de deyección. | 68 |
| Foto N.º 16: Depósitos Aluvio fluviales en los márgenes del río Antuyo..... | 69 |
| Foto N.º 17: Estructuras plegadas con fallas locales del cuadrángulo de Santo Tomas (Cerro Queqqaña), al sureste del poblado de Quiñota y al noreste de la zona de estudios..... | 77 |
| Foto N.º 18: Espejo de falla Challawillca en el corte de la carretera y la intersección de la falla que corta transversalmente los ríos Antuyo y Manchoclla, con rumbo NW a SE. | 85 |
| Foto N.º 19: Falla con rumbo N50E, posiblemente continúe hasta el río Antuyo, es de tipo extensional falla normal..... | 86 |
| Foto N.º 20: Estructuras de pseudostratificación que se presentan en las tobas líticas con polimictos, lava andesítica. | 87 |
| Foto N.º 21: Vetas silicificada con presencia de O _x Fe (Gt, Hm) y rumbo NE-SW, NW – SE, y predominancia de rumbo andino..... | 88 |
| Foto N.º 22: Vetillas poli direccionales, con relleno de óxidos de hierro (Goetita – jarosita) | 89 |
| Foto N.º 23: Toma de muestra en un afloramiento rocoso porfido andesítico con sistema de venilleo, tipo de muestro canal. | 95 |
| Foto N.º 24: Muestreo por el método de Rock Chip, con las dimensiones de iguales de 3 puntos a lo largo y 3 puntos de ancho y de cada punto extraer porciones iguales. | 98 |



Foto N.º 25: Muestreo de rocas por el método de canales, se observa canal aperturada en forma perpendicular a la estructura (Veta). 99

Foto N.º 26: En la foto muestra equipos de protección personal, equipos y herramientas de muestreo geoquímico y trabajos de prospección geológica del proyecto minero Condortiyana.100

Foto N.º 27: En vista Veta Cornelia, veta de sílice con patinas de óxidos de hierro (Goetita, Jarosita) con una potencia de 1 a 2.5 metros(variable). 123

Foto N.º 28: Veta Esperanza, con estructuras de tipo vetillas paralelas a la estructura principal, con brecha tectónica veta. 124

Foto N.º 29: Muestra de mano con código PCM – 06, pórfido andesítico de color gris verdusco. 125

Foto N.º 30: Descripción macroscópica de muestra de mano correspondiente a una roca toba andesítica..... 128

Foto N.º 31: Muestra de mano con código PCM – 03, Toba andesítica..... 131

Foto N.º 32: Sílice masiva asociados a vetas y silicificación..... 135

Foto N.º 33: Muestra de mano con código PCM – 02, pórfido andesítico silicificado..... 135

LISTA DE MICROFOTOGRAFIA

Microfotografía N° 1: Sección delgada Muestra PMC-02. Derecha (NP) e Izquierda (NC); Qz=Cuarzo, Qz-e= Cuarzo equigranular, Hm=Hematita, Gt=Goetita y Py= Pirita. 137

Microfotografía N° 2: Sección delgada Muestra PMC-03. Derecha (NP) e Izquierda (NC); Pl=Plagioclasa, Qz=Cuarzo, Bi=Biotita, Aln= Alunita, Kln=Caolinita, Hm=Hematita y Py=Pirita. 133

Microfotografía N° 3: Sección delgada Muestra PMC-01. Derecha (NC) e Izquierda (NP); Qz=Cuarzo, Ser= Sericita, Cl=Clorita, Ep=Epidota y Py=Pirita, Mag = Magnetita. 130

Microfotografía N° 4: Sección delgada Muestra PMC-06. Derecha (NC) e Izquierda (NP); Pl=Plagioclasa, Ser= Sericita, Cl=Clorita, Ep=Epidota y Py=Pirita. 127



LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Ubicación de la zona de estudio, provincia de Chumbivilcas distritos de Llusco y Quiñota..... | 2 |
| Figura 2: Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja (BS), intermedia (IS) y alta sulfuración (AS)..... | 24 |
| Figura 3: Zoneamiento típico de alteración para un depósito de alta sulfuración | 25 |
| Figura 4: Zoneamiento típico de alteración para los depósitos de baja e intermedia sulfuración | 26 |
| Figura 5: Columna Estratigráfica del cuadrángulo de Santo Tomas 29 - r. | 50 |
| Figura 6: Dominios o bloques estructurales en la región de Cusco, Abancay y Sicuani. | 71 |
| Figura 7: Cuadro cronoestratigráfico Cretácico superior-Plioceno con los eventos volcano-sedimentarios, tectónicos y la cinemática de placas, en relación con la edad de algunos. | 82 |
| Figura 8: Diagrama de Rosetas para determinar la tendencia de las estructuras: A = Dirección de Pseudoestratificaciones, B = Dirección de Vetas, C = Dirección de Fallas y D = Dirección de Vetillas | 93 |
| Figura 9: Histograma de Au (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana | 107 |
| Figura 10: Histograma de Ag (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana..... | 109 |
| Figura 11: Grafica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Plata Ag (ppm)..... | 109 |
| Figura 12: Histograma de Cu (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana..... | 111 |
| Figura 13: Grafica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Cobre Cu (ppm)..... | 111 |
| Figura 14: Histograma de As (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana | 113 |
| Figura 15: Grafica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Arsénico As (ppm)..... | 114 |
| Figura 16: Dendrograma del prospecto Minero Condortiyana..... | 114 |
| Figura 17: Coeficientes de correlación de elementos guía del Prospecto Minero Condortiyana | 116 |



RESUMEN

El prospecto minero Condortiyana se encuentra ubicado en la región Cusco, provincia de Chumbivilcas, distritos de Quiñota y Llusco, en las comunidades de Ccollana y Antuyo Llaullimarca. Está emplazado dentro del batolito de Andahuaylas-Yauri, a una altitud que oscila entre los 3850 y 4020 m.s.n.m.

La geología regional del prospecto, ubicada en los cuadrángulos de Challhuanca (29-p), Antabamba (29-q) y Santo Tomás (29-r), se caracteriza por una estratigrafía volcánica compleja. La secuencia incluye: en la base, lavas andesíticas y tobas líticas brechadas del Grupo Tacaza (Paleoceno-Eoceno); sobre estas, tobas brechadas blanquecinas y flujos piroclásticos de la Formación Alfabamba (Mioceno Superior); y en la cima, complejos volcánicos dacíticos a riolíticos de las formaciones Malmanya y Vilcarani (Grupo Barroso, Plioceno). Esta secuencia estratigráfica refleja una evolución volcánica polifásica, con implicaciones para la metalogena regional.

El prospecto Condortiyana se sitúa en una zona de transición metalogénica, caracterizada por la confluencia de la Franja XV (pórfidos-skarn de Cu-Mo-Au-Zn, asociados a intrusivos eoceno-oligocenos) y la Franja XXI-b (depósitos epitermales de Au-Ag en rocas volcánicas eocenas)

El prospecto Condortiyana exhibe una secuencia volcánica que gradúa de lavas andesíticas y tobas líticas polimícticas de matriz andesítica basal, a tobas dacíticas soldadas y brechadas con fenocristales de cuarzo en el tope. Cenizas volcánicas vítreas cubren estas secuencias en el norte y noroeste. Intrusiones subvolcánicas andesíticas, especialmente en Antuyo y Ccollana, afectan la estratigrafía. La estructura local está definida por un sistema de fallas NW-SE de tipo inverso dextral y un sistema NE-SW extensional, ambos relevantes para la interpretación de la mineralización.

El prospecto minero Condortiyana presenta una variedad de alteraciones hidrotermales típicas de depósitos epitermales, incluyendo silicificación, argilización, cuarzo-sericitización y propilitización.

Se llevó a cabo un muestreo geoquímico selectivo en superficie, mediante canales en estructuras silicificadas y muestras de roca fresca (rock chips), con el objetivo de determinar los valores umbral de exploración y definir las zonas anómalas en elementos clave como Au, Ag, As, Cu y otros 18 elementos traza adicionales, característicos de mineralizaciones epitermales. Los resultados geoquímicos, en conjunto con las observaciones geológicas, indican que la mineralización de Au y Ag se asocia principalmente a sistemas de vetillas silicificadas, vetas de cuarzo y a la intrusión de pórfido andesítico. Por otro lado, la mineralización de cobre se relaciona con la alta permeabilidad de las rocas encajantes, evidenciada por la presencia de sulfuros diseminados. La zona anómala más significativa se concentra entre los cerros Condortiyana y Loreqaqa, coincidiendo con la zona central del área de estudio y con actividad minera artesanal. Los datos obtenidos sugieren que el prospecto Condortiyana corresponde a un yacimiento epitermal de baja sulfuración con una mineralización Au - Ag de relevancia.

Palabras clave: *Epitermal, Pórfido, Hidrotermal, Geoquímico, Anomalía*



ABSTRACT

The Condortiyana mining prospect is located in the Cusco region, Chumbivilcas province, Quiñota and Llusco districts, within the communities of Ccollana and Antuyo Llaullimarca. It is situated within the Andahuaylas-Yauri batholith, at an altitude ranging from 3850 to 4020 meters above sea level (m.a.s.l.). The regional geology of the prospect, located within the Challhuanca (29-p), Antabamba (29-q), and Santo Tomás (29-r) quadrangles, is characterized by a complex volcanic stratigraphy. The sequence includes: at the base, andesitic lavas and lithic brecciated tuffs of the Tacaza Group (Paleocene-Eocene); overlying these, whitish brecciated tuffs and pyroclastic flows of the Alpbamba Formation (Upper Miocene); and at the top, dacitic to rhyolitic volcanic complexes of the Malmanya and Vilcarani formations (Barroso Group, Pliocene). This stratigraphic sequence reflects a polyphasic volcanic evolution, with implications for regional metallogeny.

The Condortiyana prospect is situated within a metallogenic transition zone, characterized by the confluence of the Metallogenic Belt XV (Cu-Mo-Au-Zn porphyry-skarn systems, associated with Eocene-Oligocene intrusives) and Metallogenic Belt XXI-b (Au-Ag epithermal deposits hosted in Eocene volcanic rocks).

The Condortiyana prospect exhibits a volcanic sequence grading from basal andesitic lavas and polymictic lithic tuffs with an andesitic matrix to welded and brecciated dacitic tuffs with quartz phenocrysts at the top. Vitreous volcanic ash covers these sequences in the north and northwest. Andesitic subvolcanic intrusions, particularly in Antuyo and Ccollana, affect the stratigraphy. The local structure is defined by a NW-SE reverse dextral fault system and a NE-SW extensional system, both relevant for mineralization interpretation. The Condortiyana mining prospect displays a variety of hydrothermal alteration types typical of epithermal deposits, including silicification, advanced argillic alteration, quartz-sericitization, and propylitization.

A selective surface geochemical sampling was conducted, using channel samples in silicified structures and rock chip samples, to determine exploration threshold values and define anomalous zones in key elements such as Au, Ag, As, Cu, and 18 additional trace elements characteristic of epithermal mineralization. The geochemical results, in conjunction with geological observations, indicate that Au and Ag mineralization is primarily associated with silicified veinlet systems, quartz veins, and andesitic porphyry intrusion. Copper mineralization, on the other hand, is related to the high permeability of the host rocks, evidenced by the presence of disseminated sulfides. The most significant anomalous zone is concentrated between Condortiyana and Loreqaqa hills, coinciding with the central area of the study and artisanal mining activity. The obtained data suggest that the Condortiyana prospect corresponds to a low-sulfidation epithermal deposit with significant Au-Ag mineralization.

Keywords: *Epithermal, Porphyry, Hydrothermal, Geochemical, Anomaly.*



INTRODUCCIÓN

El Prospecto Minero Condortiyana, ubicado en la región Cusco, provincia de Chumbivilcas, a una altitud de 4000 m.s.n.m., está emplazado en un ambiente volcánico, con cercanía a los proyectos mineros Anabí (Huisamarca en cierre), Utunsa (en explotación), y Crespo (en construcción). Todas estas unidades mineras presentan características de yacimientos epitermales, ubicados en el sistema cordillerano de Huanzo, región Sur del Perú. En este contexto nos proponemos en plantear lo siguiente: ¿Cuáles son las características geológicas y mineralógicas que definen el tipo de yacimiento del prospecto minero Condortiyana Quiñota – Chumbivilcas?

El presente estudio tiene el propósito de definir el tipo de yacimiento que se presenta en el prospecto minero Condortiyana, mediante la correcta aplicación de estudios geológicos y métodos de trabajo. Planteándose como hipótesis que, Con la prospección geológica, mineralógica y geoquímicas se determinaría que el prospecto minero Condortiyana – Quiñota - Chumbivilcas presentaría características de un modelo de yacimiento epitermal de alta sulfuración, con mineralización de Au, Cu. Con el objetivo general de esta investigación es de evaluar las características geológicas, mineralógicas y geoquímicas del prospecto minero Condortiyana – Quiñota – Chumbivilcas, apoyados con los objetivos específicos como Identificar la litología local y tipos de alteraciones hidrotermales del prospecto minero Condortiyana, determinar los controles de mineralización en la formación del yacimiento y determinar los aspectos petrográficos y geoquímicos de la zona de estudio.

El presente estudio adopta un enfoque metodológico mixto, combinando elementos descriptivos, explicativos y relacionales. Se emplea un diseño no experimental y transversal, lo cual permite analizar la realidad existente en un momento dado.

En el Capítulo I se presentan los aspectos generales de la investigación, tales como la ubicación, accesibilidad y estructura del estudio. El Capítulo II se dedica a la geomorfología regional y local, con énfasis en las montañas y lomadas volcánicas. El Capítulo III describe la geología regional y local, identificando secuencias volcánicas de composición andesítica y dacítica, cortadas por intrusiones de pórfido andesítico. El Capítulo IV se centra en la geología estructural regional y local. El Capítulo V aborda la prospección geoquímica, mientras que el Capítulo VI se dedica a la prospección geológica y a la descripción de la mineralización. Finalmente, en el Capítulo VII se presentan la discusión y los resultados obtenidos.



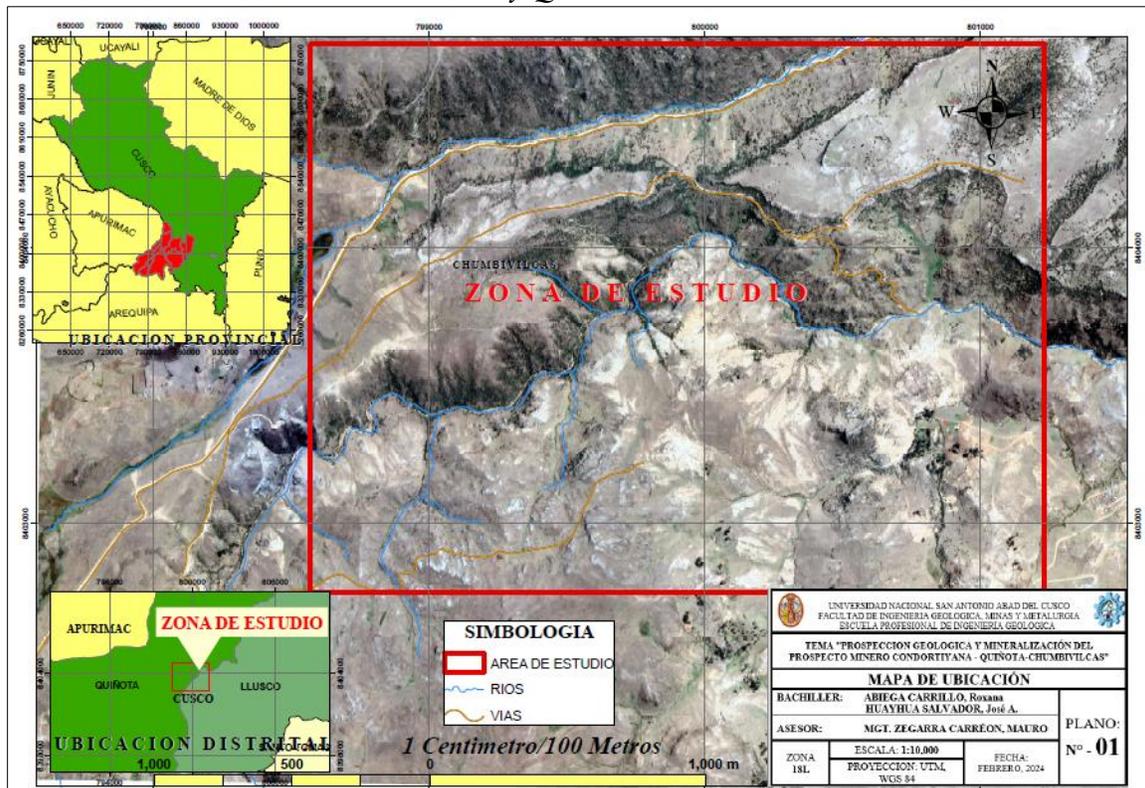
CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

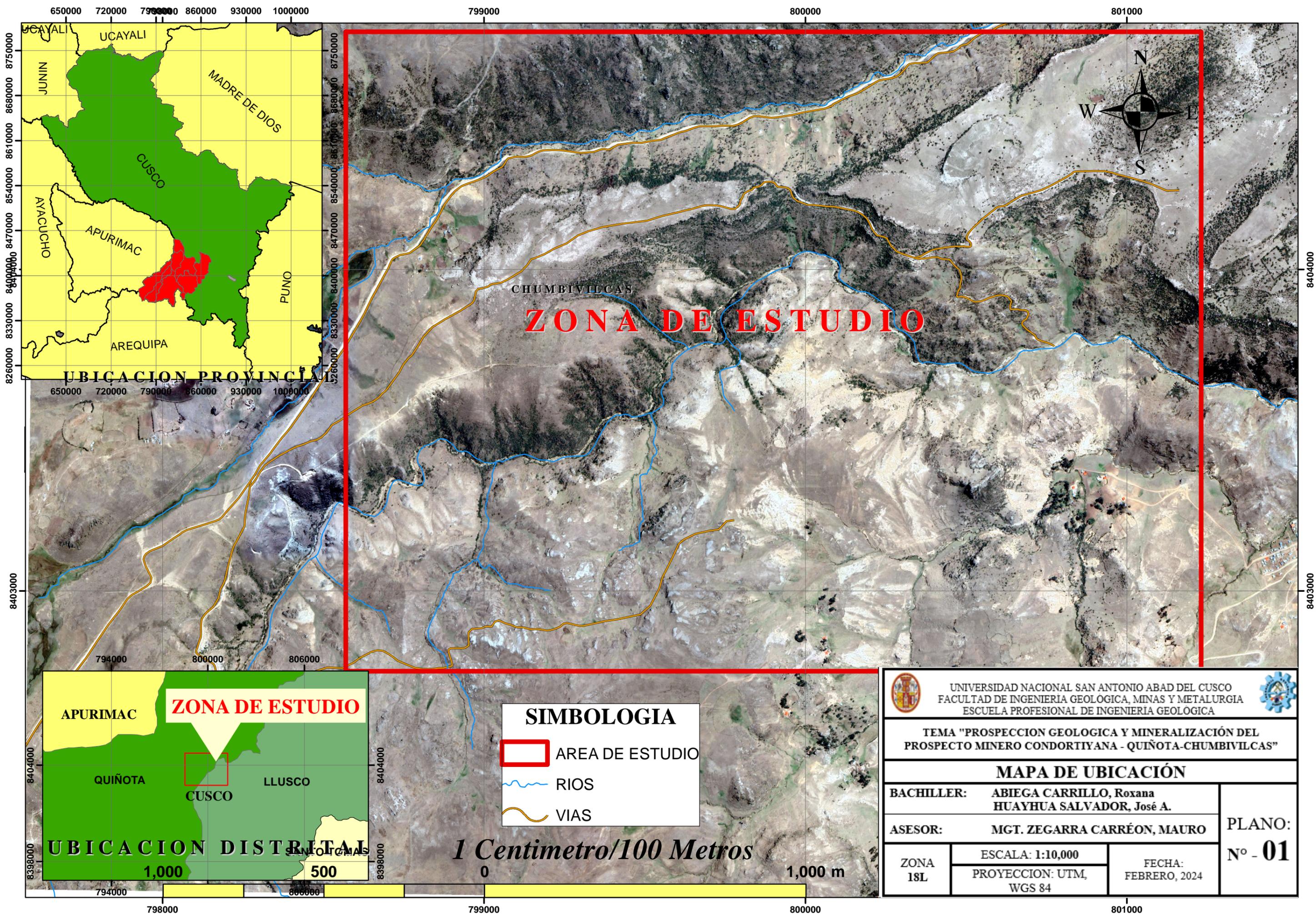
1.1. UBICACIÓN

- a) **Político.** - El área de estudio se encuentra situada dentro de los límites políticos y administrativos de los distritos de Quiñota y Llusco, provincia de Chumbivilcas región Cusco, entre las comunidades de Ccollana y Antuyo Llaullimarca. (*Ver plano N°01*).
- b) **Geográfica.** - La zona de estudio se encuentra en la parte suroccidental de la ciudad de Santo Tomás. Su ubicación se especifica mediante las coordenadas UTM (WGS84): **799171 m Este, 8403656 m Norte**, con una altitud de **4013 metros** sobre el nivel del mar. La zona corresponde a la Zona 18L.

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio, provincia de Chumbivilcas distritos de Llusco y Quiñota.



Fuente: Elaboración Tesistas.



SIMBOLOGIA

- AREA DE ESTUDIO
- ~ RIOS
- ~ VIAS

1 Centimetro/100 Metros

0 1,000 m

| | | | | | |
|--|--|-------------------------|--|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | | | |
| TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS" | | | | | |
| MAPA DE UBICACION | | | | | |
| BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A. | | | PLANO: N° - 01 | | |
| ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | | | | | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:10,000 PROYECCION: UTM, WGS 84 | FECHA: FEBRERO, 2024 | | | |



1.2. ACCESIBILIDAD

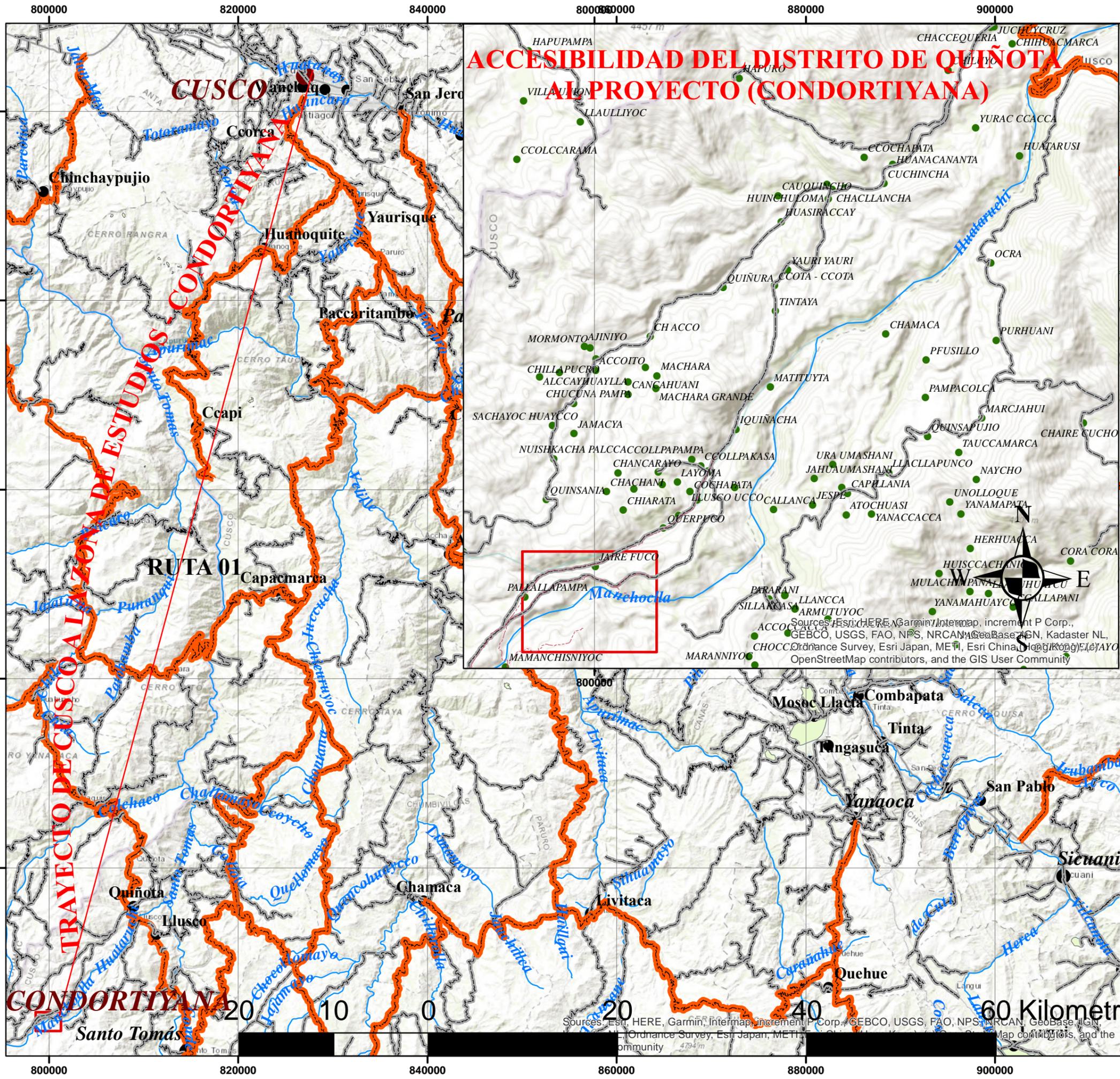
El acceso desde la ciudad de Lima capital del Perú hacia Cusco se realiza mediante vía aérea en un tiempo aproximado de 1 hora. El acceso más factible a la zona de estudio, partiendo de la ciudad de Cusco, se efectúa por la siguiente ruta: carretera asfaltada Yaurisque, seguida de la carretera afirmada Santo Tomás pasando por Colquemarca, continuando hacia el distrito de Quiñota, y finalmente, acceso al área de trabajo a través de una trocha carrozable. El tiempo de desplazamiento se estima en 8 horas y 45 minutos, empleando un vehículo de tipo camioneta (Ver Tabla N°01 y Ver plano N°02).

Tabla 1 : Descripción de la accesibilidad a la Zona de Estudio, punto de Partida Ciudad de Cusco.

| | RUTAS | LONGITUD (Km) | TIEMPO (horas) | CONDICION |
|----------------|---------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| | Lima - Cusco | 580 | 1:00 | Vía Aérea |
| RUTA 01 | Cusco – Santo Tomas | 237 | 6:00 | Carretera Afirmada |
| | Santo Tomas –Quiñota | 37 | 1:00 | Carretera Afirmada |
| | Quiñota – Miraflores | 20 | 0:30 | Carretera Afirmada |
| | Miraflores – Condortiyana | 5 | 0:15 | Trocha Carrozable |
| | Lima - Cusco | 580 | 1:00 | Carretera Asfaltada |
| RUTA 02 | Cusco - Sicuani | 139 | 2:45 | Carretera Asfaltada |
| | Sicuani - Espinar | 88 | 1:30 | Carretera Afirmada |
| | Espinar - Santo Tomas | 125 | 2:45 | Carretera Afirmada |
| | Santo Tomas - Quiñota | 37 | 1:00 | Carretera Afirmada |
| | Quiñota – Miraflores | 20 | 0:30 | Carretera Afirmada |
| | Miraflores – Condortiyana | 5 | 0:15 | Trocha Carrozable |

Fuente: Elaboración Propia (Tesisistas).

ACCESIBILIDAD DEL DISTRITO DE QUIÑOTA AL PROYECTO (CONDORTIYANA)



SIMBOLOGIA

- RED VIAL DEPARTAMENTAL
- RED VIAL VECINAL
- Solucion_Basica
- Trocha
- Rios
- Lagunas
- AREA DE ESTUDIO
- Capital_Departamental
- Capital_Provincial
- Capital_Distrital

| RUTAS | | LONGITUD (Km) | TIEMPO (horas) | CONDICION |
|-------------------------|---------------------------|---------------|----------------|------------------------------|
| RUTA 01 | Cusco - Yaurisqui | 39 | 01:00 | 09:00 Carretera Asfaltada |
| | Yaurisqui - Cokquemarca | 168 | 04:30 | |
| | Cokquemarca - Santo Tomas | 41 | 01:00 | |
| | Santo Tomas - Quiñota | 37 | 01:00 | |
| | Quiñota - Ccollana | 15 | 01:15 | |
| RUTA 02 | Ccollana - Condortiyana | 5 | 00:15 | 09:15 Trocha Carrozable |
| | Cusco - Sicuani | 144 | 02:30 | |
| | Sicuani - Espinar | 89 | 02:00 | |
| | Espinar - Velille | 90 | 01:30 | |
| | Velille - Santo Tomas | 51 | 01:30 | |
| | Santo Tomas - Quiñota | 37 | 01:00 | |
| | Quiñota - Ccollana | 15 | 00:30 | |
| Ccollana - Condortiyana | 5 | 00:15 | | |

1 cm = 1 km

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"

MAPA DE ACCESIBILIDAD

BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana
HUAYHUA SALVADOR, JOSE A.

ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO

PLANO:
Nº - 02

ESCALA: 1:400,000

PROYECCION: UTM,
WGS 84

FECHA:
FEBRERO, 2024

60 Kilometros



1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Descripción del problema

La minería es una actividad fundamental en la economía peruana, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PBI) y generando empleo en diversas regiones del país. La provincia de Chumbivilcas, ubicada en la región Cusco, ha sido identificado como una zona con potencial geológico para la prospección, exploración y explotación de los recursos mineros.

Sin embargo, a pesar de la potencialidad de indicios geológicos, la zona identificada no cuenta con estudios geológicos detallados respecto a la caracterización geológica, estructural, geoquímica, alteraciones, tipos de rocas y sus implicancias con los recursos mineros de la zona. Motivo por el cual mediante la prospección geológica y mineralización nos permite conocer, interpretar, determinar el tipo de yacimiento y mineralización, mediante métodos directos e indirectos.

1.3.2. Formulación del problema

1.3.2.1. Problema general

¿Cuáles son las características geológicas y mineralógicas que definen el tipo de yacimiento del prospecto minero Condortiyana Quiñota –Chumbivilcas?

1.3.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿Qué tipos de alteración hidrotermal y litología, presenta el prospecto minero Condortiyana?
- ❖ ¿Cuáles con los controles de mineralización del prospecto minero Condortiyana?
- ❖ ¿Qué aspectos geoquímicos y petrográficos presenta el prospecto minero Condortiyana?



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. *Objetivo general*

Analizar las características geológicas, mineralógicas y geoquímicas del prospecto minero Condortiyana – Quiñota – Chumbivilcas, con las cuales podemos proponer el tipo de yacimiento.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- ❖ Identificar la litología local y tipos de alteraciones hidrotermales del prospecto minero Condortiyana.
- ❖ Determinar los controles de la mineralización en la formación del yacimiento.
- ❖ Determinar los aspectos petrográficos, geoquímicas de la zona de interés.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Es eminente hacer los estudios de prospección geológica y geoquímica para tener entendimiento sobre tipo de yacimiento y mineralización que abarca el prospecto minero Condortiyana – Quiñota – Chumbivilcas.

Así también la importancia de la presente investigación es para conocer los recursos minerales más rentables económicamente lo cual puede ser útil para los siguientes procesos de exploración y explotación por parte de la pequeña y mediana minería. Con la culminación de esta investigación permitiremos hacer de conocimiento público la información detallada del tipo de yacimiento y su mineralización, haciendo posible el acceso de información a las investigaciones futuras y consulta por los estudiantes y personas interesadas en el potencial minero de la zona.

1.6. LIMITACIONES

Es importante mencionar que este proyecto o la zona de estudio se encuentra en la divisoria de dos comunidades que pertenecen a diferentes distritos, Quiñota con la comunidad Campesina de Ccollana y Llusco con la comunidad Campesina de Antuyo Llaullimarca de la provincia de



Chumbivilcas; este detalle hace que la zona tenga un interés de controversia por ambas comunidades, esta controversia nace a partir de la presencia de Anomalías geológicas (Rocas alteradas, vetas y brechas a la vista de los pobladores cercanos). De manera que se formaron grupos dentro de ambas comunidades para iniciar trabajos de minería informal, aumentando el conflicto entre ambas comunidades, haciendo que la zona de estudios se focalice de interés distrital y provincial, porque ambas comunidades aducen que les pertenece, aumentando que el acceso sea limitado principalmente por parte de la Comunidad campesina de Antuyo Llaullimarca.

Por otro lado, los altos costos de análisis de laboratorio químico reducen la posibilidad de tener mayores datos geoquímicos y tener un panorama más detallado de la interpretación del área de estudios.

1.7.VARIABLES

1.7.1. Variables independientes

- ❖ Características geológicas
 - Litología.
 - Estructuras geológicas
 - Alteraciones Hidrotermales
- ❖ Características mineralógicas
 - Minerales de mena
 - Minerales de ganga.
 - Geoquímica.

1.7.2. Variables dependientes

- ❖ Tipo de yacimiento



1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. *Hipótesis general*

La presencia de una intensa alteración filica, vetillas de cuarzo con sulfuros y una mineralización de oro y plata asociada a una intrusión dacítica sugiere que el prospecto Condortiyana Quiñota –Chumbivilcas corresponde a un yacimiento epitermal de alta sulfuración.

1.8.2. *Hipótesis específicas*

- ❖ En la zona de estudio, se espera encontrar una variedad de litologías principalmente de origen volcánico, y se anticipa la presencia de alteraciones hidrotermales que indican la actividad geotérmica pasada o actual, lo que puede sugerir la existencia de depósitos minerales relacionados con procesos hidrotermales en la zona
- ❖ La mineralización en la formación del tipo de yacimientos probablemente esté controlada por varios factores; litológico, estructural y alteración hidrotermal.
- ❖ Con el estudio de los aspectos geoquímicos se postularía presencia de anomalías geoquímicas de interés económico.

1.9. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de investigación es el plan o estrategia que los investigadores emplean para abordar un problema o pregunta de investigación específica y obtener conclusiones basadas en evidencia sólida y coherente; en este sentido la metodología utilizada en este proyecto es de tipo Descriptiva – Correlacional; mediante el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en la prospección geológica y geoquímica en distintas etapas del estudio, con el fin de dar a conocer el tipo de Yacimiento y consiste en tres etapas:



1.9.1. Diseño de la investigación

1.9.1.1. Etapa preliminar de gabinete – recopilación de datos

Recopilación, revisión y selección de información bibliográfica de área de estudio (planos topográficos, estudios anteriores y otros).

Búsqueda de información relacionada al tema planteado como tesis, artículos publicaciones científicas. Revisión de la geología del cuadrángulo 29r cuadrángulo de Santo Tomas, elaborada y publicada por INGEMMET.

Planificación, elaboración de planos para el cartografiado litológico, estructural, alteraciones hidrotermales, mapa geológico regional, preparación de formatos de descripción macroscópica de rocas, muestras de mano, Determinar puntos de muestreo

1.9.1.2. Trabajos de campo

En primera instancia se realizó reconocimiento previo de la zona de trabajo, con el acompañamiento de material preparada en la primera etapa, principalmente reconocer la topografía de la zona, coordinaciones con los dirigentes de la zona, con los mineros artesanales, para luego iniciar con los trabajos de mapeo litológico, estructural, alteraciones hidrotermales. Así como también se procede con la recolección o toma de muestras geoquímicas (canales, Rock Chip), petrográficas, para secciones delgadas y pulidas; utilizando las siguientes herramientas y equipos de geólogo como: planos, GPS, Brújula, Picota, Lupa, Rayador, colores, tableros, puntal de acero, lentes, guantes, bolsa polietileno, tarjetas de muestreo y otros.

1.9.1.3. Etapa final de gabinete

- Selección de muestras para estudios petrográficos, ensayos geoquímicos, secciones delgadas y pulidas.
- Elaboración e interpretación de secciones geológicas



- Procesamiento e interpretación de resultados.
- Sistematización de información tomada en el campo (planos litológicos, estructurales y otros).
- Elaboración de informe final del presente proyecto.

1.10. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.10.1. Antecedentes de la investigación

En el área de estudio existen evidencias de trabajos anteriores de los mineros artesanales que son propios de la comunidad Ccollana y Antuyo, así como también existen estudios superficiales realizados por INGEMMET, pero sin embargo existen estudios a detalle en sus alrededores realizados por empresas mineras.

La empresa **ARUNTANI SAC** realizó estudio geológico del depósito epitermal de alta sulfuración **UTUNSA** y **HUISIMARCA** que se encuentra NW del área de estudio, donde determino tipo de alteraciones y mineralización característica de un yacimiento epitermal de alta sulfuración.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en 1981 “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca (29-p), Antabamba (29-q) y Santo Tomas (29-r)” realizó trabajos de manera regional a una escala de 1:100,00 y comprende principalmente estudios geológicos.

INGEMMET realizó el estudio de “revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29 - r)” el cual fue publicado en el año 2003, donde describe principalmente la litología de la zona a una escala 1: 100,000.

Es importante hacer mención que, durante la elaboración de la tesis, esta zona vuelve a tener presencia de mineros artesanos, reiniciando lo que anteriormente se había dejado



(socavones), y en esta oportunidad ya se cuenta con la apertura de vías de acceso, por parte de ambas comunidades que disputan esta área con anomalías geológicas.

1.10.2. Bases teóricas

1.10.2.1. Marco referencial

D. Caceres, 2008. Realizo un trabajo de investigación sobre: Exploración geológica y geoquímica del prospecto de cobre Texas, cordillera de Domeyko II región, Chile. Universidad de Chile. Presentando las siguientes conclusiones:

- En el área de estudio afloran rocas ígneas de edad paleozoica, predominantemente de composición ácida (riolíticas) y, en menor proporción, intermedia (andesítica). Estas rocas han sido correlacionadas con la Unidad Informal Sierra del Jardín (Marinovic, 2007) y la Formación La Tabla (García, 1967). Además, se encuentran cuerpos intrusivos datados en el Pérmico (290 ± 9 Ma) mediante análisis de K-Ar en biotita. Estas unidades ígneas paleozoicas se encuentran en contacto tectónico, a través de una falla, con rocas marinas de edad jurásica, lo que indica una compleja historia geológica.
- El reconocimiento mineralógico reveló una alteración hidrotermal de tipo porfirico cuprífero en las rocas paleozoicas localizadas al este de la Falla Sierra de Varas. La presencia de alteración potásica y propilítica en estas rocas indica una intensa interacción con fluidos hidrotermales, comúnmente asociada a sistemas mineralizados de este tipo.
- Con el fin de delimitar las zonas con mayor potencial mineralizador, se llevó a cabo un muestreo geoquímico de superficie. Se analizaron los contenidos de elementos guía asociados a mineralización de pórfido cuprífero (Cu, Mo, Pb, Zn y As).



Mediante un análisis estadístico de los datos, se establecieron los valores umbral que permitirán definir las anomalías geoquímicas y orientar las futuras etapas de exploración. Los resultados obtenidos indican que las zonas con mayores anomalías de cobre y molibdeno coinciden espacialmente con las alteraciones hidrotermales características de los sistemas porfíricos.

Este trabajo de investigación nos da un panorama de cómo se debe realizar un trabajo de investigación a nivel prospectivo y exploratorio principalmente en la interpretación geoquímica y geológica.

O. González, 2009. Realizo estudio sobre: Características principales de los depósitos epitermales en el noroeste de México, un análisis y comparación. Universidad Sonora de México, donde llegan a la siguiente conclusión:

- Las edades de mineralización de los depósitos epitermales muestran que se originaron en el Eoceno tardío - Oligoceno (28-35 Ma).
- Los eventos de mineralización ocurren principalmente asociados a las rocas volcánicas Terciarias, en el contacto entre el Complejo Volcánico Inferior y la Serie Volcánica Superior.
- Las rocas relacionadas a los depósitos epitermales del tipo de alta sulfuración son intrusivas y rocas volcánicas de composición andesítica a dacítica, y para los de baja sulfuración latita, riolita y riodacita.
- La forma de los cuerpos minerales en los depósitos del tipo de alta sulfuración ocurre en forma estratiforme, brechas y en forma de vainas controladas por estructuras. En los de baja sulfuración ocurre en forma de vetas de cuarzo masivo y stockworks controlado por estructuras.



- La alteración en los depósitos epitermales del tipo de alta sulfuración se caracteriza por amplias zonas de silicificación desde sílice masivo y zonas argilizadas con alto contenido de arcillas y cuarzo “vuggy” en zonas con mayor contenido de mineral. La alteración en los tipos de baja sulfuración se caracteriza por silicificación restringida a los márgenes de las estructuras y algo de argilización en las partes superiores del depósito.

Este estudio nos aporta con las características geológicas, de un yacimiento Epitermal de Alta Sulfuración, por ejemplo, la litología se presenta en rocas volcánicas andesíticas y dacíticas, la alteración se caracteriza más por solidificación (masiva, granular) argílica y sílice vuggy.

Camrubí, A. y Albinson, T. (2006). Realizo estudio sobre: *REVISIÓN DE ALGUNAS TIPOLOGÍAS DE DEPÓSITOS MINERALES DE MÉXICO TOMO LVIII, NÚM. 1, 2006, P. 27-81*, para Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Donde nos aporta con lo siguiente:

- Principales características de campo de los diferentes tipos de depósitos epitermales y sus subtipos. Adaptado de Sillitoe y Hedenquist (2003).
- Esquemas de los diferentes contextos geológicos en que se producen depósitos epitermales, tanto ácidos (alta sulfuración) y alcalinos (baja e intermedia sulfuración). Simplificado de Bogie y Lawless, 1987, y de White et al., 1995).
- Características de los depósitos epitermales ácidos (alta sulfuración) y alcalinos (baja e intermedia sulfuración), en función de la profundidad de formación en depósitos individuales; en ocasiones, también aproximables a variaciones dentro de un mismo depósito. Adaptado de Hedenquist et al. (2000).



Tipo, R. (2017). Realizo la investigación: **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ALTERACIONES HIDROTERMALES DEL YACIMIENTO PUCAMARCA – TACNA”**.

Trabajo de pregrado en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, donde llega a las siguientes conclusiones:

- Por las características geológicas, mineralógicas, petrológicas, estructurales nos permite clasificar al Yacimiento Pucamarca, como un yacimiento epitermal de alta sulfuración relacionada genéticamente con la formación de una diatrema, controlada estructuralmente por una falla regional.
- Las alteraciones hidrotermales muestran una distribución semicircular, con un núcleo intensamente silicificado con un diámetro promedio de 600x250 metros, rodeado por un halo de alteración argílica avanzada, con fuerte presencia de alunita; se tiene otro halo periférico de alteración argílica, y estas a su vez están rodeado por un halo de alteración propilítica.

Este estudio nos da una perspectiva de que las características, geológicas, mineralógicas, petrológicas y estructurales bien definidas ayudaran a clasificar en qué tipo de ambiente y de yacimiento nos encontramos, y confirma que las teorías científicas se cumplen acorde a sus características.

Chui, F. (2016). Realizo una investigación: **“PROSPECCIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO CUNUYO 2003, SINA - PUNO”**. Trabajo de pregrado en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, con las siguientes conclusiones:

- Con estudio de prospección geológica y análisis geoquímica en el área se ha determinado tres zonas de anomalías geoquímicas (Esperanza, Yanaorecco y labor Thania sur) de interés para la empresa para futuros trabajos de exploración.



- La alteración hidrotermal más importante y extendida es la oxidación, principalmente de óxidos de hierro la que se da generalmente alrededor de la estructura mineralizada, luego existen zonas silicificadas principalmente en la caja piso de la estructura principal, que además se muestra en partes como una brecha silicificada.
- La mineralización representa a un sistema de yacimiento hidrotermal de tipo mesotermal de intermedia temperatura, con leyes altas de Oro (Au) y también leyes interesantes de plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn) y cobre (Cu), desarrollando la geología estructural regional – régimen tectónico – además podría estar relacionado a un yacimiento de oro orogénico).

Este importante estudio tiene la característica semejante de nuestro problema planteado, donde el principal aporte es la determinación de anomalías geoquímicas, y así la proposición de un Yacimiento Epitermal con mineralización principalmente de Au, controlado por la geología estructural regional, propio del desarrollo de las mineralizaciones en las zonas de compresión y la formación de montañas controladas estructuralmente.

Soto, K. (2018). Realiza un estudio: *CONTROLES DE MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN ANCOS, AYACUCHO*, trabajo de pregrado para la Universidad Nacional de Cajamarca, llegando a las siguientes conclusiones:

- El tipo de litología que controla la mineralización en el yacimiento son las brechas hidrotermales que en superficie y en profundidad, por los sondajes ejecutados presentando altas leyes de oro. Las brechas hidrotermales han generado un halo de alteración y la mineralización ha diseminado a la roca caja, mineralizando a las andesitas y brechas freatomagmáticas.



- El tipo de alteración hidrotermal que controla la mineralización es la zona silicificada, es en la alteración sílice granular en donde se puede identificar altas leyes de Au; las alteraciones sílice masiva, sílice alunita y sílice clay presentan leyes bajas de oro.

De acuerdo a las características de un yacimiento epitermal de alta sulfuración, el control de mineralización principal es la de control estructural y de alteraciones hidrotermales, la mineralización principal está dado en las brechas hidrotermales y la alteración silícica, es importante mencionar que la litología presente de esta zona de estudio es de andesitas y tobas andesíticas, en la cual se asimila con nuestra zona de estudio.

Caruajulca, C. (2016), presenta el trabajo de pregrado con la siguiente temática: ***ESTUDIO GEOLÓGICO DEL DEPÓSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACIÓN UTUNSA, APURIMAC – PERÚ***, estudio realizado de pregrado para la Universidad Nacional de Cajamarca, presentando las principales conclusiones:

- El detalle del cartografiado geológico superficial nos ha ayudado a visualizar zonas con alteración hidrotermal y mineralización en superficie, así como sectores altos donde se encuentra sílice masiva que se ha comportado como un sello debido a su impermeabilidad.
- El control estructural principal es de dirección andina NW, existen estructuras de dirección NE (N 50° E, N60° E) tensionales al control principal, los intrusivos subvolcánicos se han emplazado aprovechando el cruce de estas estructuras.
- Según el estudio petrográfico, las rocas son tobas, brechas hidrotermales, lavas andesíticas.



Es importante detallar que nuestra zona de estudio se encuentra al NE a 8 Km aproximadamente, por lo tanto nos encontramos en la misma región geográfica, en el mismo cuadrángulo 29r, por lo que concluye esta zona presenta rocas volcánicas a Subvolcanicas, destacando las tobas, lavas andesíticas, siendo un yacimiento epitermal de alta sulfuración su mineralización es controlada principalmente por la geología estructural con rumbo andino, como la que se ve en nuestros estudios previos de nuestra zona de interés.

Callupe, R. (2012). Trabajo de investigación: ***GEOLOGÍA, PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS VOLCÁNICOS CENOZOICOS DE LA CORDILLERA DEL HUANZO – SUR DEL PERÚ.*** Investigación de Pregrado por la Universidad Nacional de Ingeniería, presentado algunas de las principales conclusiones:

- Los rasgos geo-estructurales que se han desarrollado en el área de estudio, están vinculados a la Tectónica Andina, esto debido a la subducción de la corteza oceánica que desarrolló una significativa deformación y magmatismo en episodios repetitivos en el margen Andino.
- Litológicamente está constituido de un basamento de areniscas cuarzosas de la Formación Soraya (Cretácico Inferior), cubierto por flujos piroclásticos y niveles lávicos del Grupo Tacaza (Mioceno Inferior) y Formación Alpabamba (Mioceno Medio), continua la secuencia, con volcanoclásticos retrabajados del Aniso (Mioceno Superior), volcanoclásticas y flujos lávicos del Barroso Inferior (7.0 - 5.5 Ma), flujos piroclásticos del Barroso Superior (5.0 - 1.0 Ma) y flujos lávicas del Post Barroso (Pleistoceno).
- Desde el punto de vista petrográfico, las rocas estudiadas presentan principalmente textura pórfido afanítica, con fenocristales de plagioclasa y máficos inmersos en



una matriz de ceniza volcánica. Las plagioclasas se disponen en individuos tabulares subhedrales, con débil macla polisintética; los cristales de cuarzo son anhedrales y los de anfíbol son los más representativos, de forma euhedrales a subhedrales.

La cordillera de Huanzo está ubicada al sur de nuestra zona de estudio, satelitalmente con algunas semejanzas, de relieve y topografía, geológicamente se encuentra en la misma región, y de acuerdo a las conclusiones presentadas la litología se asemeja mucho de acuerdo con los trabajos de campo realizados, donde resalta los volcánicos y subvolcanicos del grupo barroso y grupo Tacaza; estructuralmente están controladas por la tectónica regional, con la principal incidencia de los fuerza de compresión, y la petrografía nos presenta la textura característica de rocas volcánicas, con fenocristales y matriz tobácea y de ceniza.

Peña, E. (2016). Realizo estudio sobre: **“ESTUDIO GEOLÓGICO, MINERALÓGICO Y DE OCURRENCIA DEL YACIMIENTO IMANNIYOQ, DISTRITO DE CCAPACMARCA - CUSCO”**, investigación de pregrado para la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, presentando las siguientes conclusiones:

- Presenta un control estructural mediante los sistemas de diaclasamiento, son el resultado de esfuerzos regionales y deformaciones.
- Las características Geológicas y mineralógicas en el Yacimiento Imanniyoc, condicionan la ocurrencia de un yacimiento tipo skarn de magnetita con mineralización de Fe en forma masiva con leyes promedio de 42% generando un yacimiento de interés económico.
- La mineralización de la zona de estudio está relacionada con los eventos producidos por los intrusivos dioríticos y monzodioríticos del batolito Andahuaylas – Yauri,



emplazados en condiciones transpresionales y controlados por los sistemas de fallas regionales Cusco – Lagunillas Mañazo (SFCLM), Condorama – Caylloma (SFCC) e influenciado por el dominio geotectónico Abancay – Condorama (DGCC), los cuales presentan un rumbo andino NW – SE.

Esta investigación se presenta al norte de la zona de estudios, donde concluye que la implicancia de la tectónica regional controla la mineralización y la intrusión de las rocas dioríticas y monzodioríticas, y la importancia del batolito de Andahuaylas – Yauri.

1.10.2.2. Bases teóricas

PROSPECCION

Charles F. Park Jr. y Robert W. MacDiarmid: En su libro clásico "Ore Deposits" (Yacimientos Minerales), publicado en varias ediciones desde 1968, estos autores definen la prospección geológica como el proceso de búsqueda de yacimientos minerales, utilizando métodos geológicos, geofísicos y geoquímicos. Según ellos, la prospección implica la identificación de anomalías geológicas, geoquímicas o geofísicas que puedan indicar la presencia de mineralización económica.

GUÍAS GEOLÓGICAS DE EXPLORACIÓN

Un estudio de prospección geológica exitoso se fundamenta en una sólida base de información previa. El análisis detallado de mapas geológicos y reportes relacionados es crucial para identificar zonas con alto potencial mineral. La explotación histórica de un yacimiento en un área determinada representa un indicador valioso, ya que sugiere la presencia de condiciones geológicas favorables para la formación de nuevos depósitos minerales (Lavandaio, 2014).

a. Guías morfológicas

La morfología de los cuerpos mineralizados, es decir, su forma y geometría, constituye un parámetro fundamental en la exploración minera. Antes de emprender la búsqueda de un



yacimiento específico, es crucial determinar la forma característica que este podría adoptar. Los cuerpos mineralizados pueden clasificarse en dos grandes grupos: discordantes y concordantes. Los primeros, a su vez, se subdividen en regulares (tabulares y tubulares) e irregulares. Los segundos, en cambio, presentan una geometría que respeta la estratificación de las rocas encajantes. Esta clasificación morfológica sirve como punto de partida para diseñar estrategias de exploración más eficientes y focalizadas.

b. Guías litológicas

La génesis de los yacimientos minerales está íntimamente ligada a la composición de las rocas encajantes y a los procesos magmáticos que las originaron. Por ejemplo, los pórfidos cupríferos suelen asociarse a rocas tonalíticas de series calco-alcalinas, mientras que los yacimientos de plomo-zinc se encuentran frecuentemente en rocas carbonatadas. Esta relación entre litología y mineralización indica que el marco geológico de una región condiciona el tipo de yacimientos que pueden desarrollarse.

c. Guías estructurales: fallas y yacimientos minerales

La exploración de yacimientos minerales requiere una comprensión profunda de la geometría y cinemática de las fallas. A diferencia de las representaciones simplificadas en textos básicos, las fallas exhiben curvaturas significativas que influyen directamente en la dinámica de los regímenes tectónicos. Desde una perspectiva mineralógica, las zonas de falla con sectores en extensión resultan de especial interés, ya que estas estructuras facilitan la circulación de fluidos mineralizantes y, por ende, la formación de depósitos minerales.

d. Guías mineralógicas

La mineralogía de alteración, tanto hidrotermal como supergénica, constituye una herramienta esencial en la exploración de yacimientos minerales. Este tipo de estudios se centran en dos aspectos principales: las zonas de alteración asociadas a procesos hidrotermales y la



formación de gossans. Las aureolas de alteración, que se desarrollan alrededor de los cuerpos mineralizados, proporcionan valiosa información sobre la naturaleza y localización de los yacimientos.

Geología

Según Hutton (1788), "la geología es la ciencia que investiga las revoluciones que han sido experimentadas por la superficie de la Tierra, desde el principio de esos cambios hasta el presente estado de las cosas".

Alteración

Cambio en la composición química o mineralógica de una roca, producido generalmente por meteorización o por acción de soluciones hidrotermales. En general, se refiere a cambios físicos o químicos sufridos por rocas y minerales después de su formación, promovidos por procesos exógenos tales como la meteorización, o por procesos endógenos tales como magmatismo o fallamiento. (Oyarzun, J. & Oyarzun, R., 2014)

Alteración hidrotermal

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, es la presencia de agua caliente, vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma. Aunque la composición litológica inicial tiene una influencia en la mineralogía secundaria (hidrotermal), su efecto es menor que el debido a la permeabilidad, temperatura y composición del fluido. En efecto, la temperatura del fluido y el Ph del mismo son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos



de alteración hidrotermal, más que la litología. La característica esencial de la alteración hidrotermal es la conversión de un conjunto mineral inicial en una nueva asociación de minerales más estable bajo las condiciones hidrotermales de temperatura, presión y sobre todo de composición de fluidos. La textura original de la roca puede ser modificada ligeramente o completamente obliterada por la alteración hidrotermal. (Oyarzun, J. & Oyarzun, R., 2014).

Alteración hidrotermal (geoquímica)

1. Cambios de fase, resultado de la interacción de fluidos hidrotermales de los estados finales de la cristalización magmática (soluciones hidrotermales) con fases sólidas preexistentes, como caolinitización de feldespatos y otros. 2. También se refiere a cambios químicos y mineralógicos en rocas producto de la adición o remoción de materiales, originados por la acción de fluidos hidrotermales, como silicificación. 3. Alteración de las rocas producida por fluidos calientes ricos en sales, que ascienden por fracturas, generalmente alrededor de bocas o conductos eruptivos y de cuerpos magmáticos intrusivos e hipoabisales, cuya acción origina el depósito de diversos minerales metálicos y formación de arcillas. (Oyarzun, J. & Oyarzun, R., 2014).

Alteración Argílica

Se distingue por la presencia de minerales de arcilla tales como caolinita, illita y esmectita, que son producto de la alteración de plagioclasas, feldespatos potásicos y las biotitas primarias alteran parcialmente a cloritas. Este tipo de alteración se formó a temperaturas bajas, entre 100 – 200 °C y Ph de 4 – 6 (Lowel y Gilbert 1970).

Alteración filica

El ensamble característico es cuarzo-sericita-pirita. La presencia de esta asociación de minerales, acompaña a la completa destrucción de minerales previos (alteración potásica) tales como los feldespatos potásicos y las biotitas primarias debido a un colapso del sistema hidrotermal,



ocurrido durante la Fase retrograda en la que la alteración filica se superpone a la alteración potásica. Los rangos de Ph son 4-6 y las temperaturas entre 250-300°C (Lowell y Gilbert 1970).

Alteración Propilitica

La zona marginal del sistema presenta una asociación mineralógica característica, dominada por clorita, pirita, calcita y epidota, producto de alteración hidrotermal. Las plagioclasas muestran una mayor resistencia a la alteración en comparación con biotita y hornblenda. Según Lowell y Gilbert (1970), estas condiciones de alteración se desarrollaron en un ambiente hidrotermal de baja temperatura (100-180°C) y pH ligeramente ácido (5-6.5).

Tabla 2: Ensamblajes de alteración relevantes al ambiente epitermal con comentarios sobre las características litológicas o características mineralógicas

| Ensamble | Baja Sulfuración | Alta Sulfuración |
|---------------------------------------|---|--|
| Silícica | Vetas y vetillas de Qz, brecha silicificada y/o stockwork; silicificación poco profunda, incluyendo capas de calcedonia y/o opalinos; Silica sinter | Cuerpos de Qz residual, llamado "Vuggy Silica"; silicificación parcial a masiva; vetas de Qz y brechas silicificadas; silicificación poco profunda; incluyendo capas de calcedonia y/o opalinos; no Sinter |
| Argílica Avanzada | Caolinita-Alunita-(illita/smectita-Sulfuro nativo) +/- capas opalinas de origen steam-heated; comúnmente subyacente por blancos calcedónicos | Alunita-Caolinita/dickita-pirofilita-diaspora de origen hipogeo, típicamente rodeado de núcleos silíceos; también roots de sericita-pirofilita |
| | Capas o zonas de Caolinita/Halloysita-alunita-jarosita de origen supergeno | Capas de Caolinita-Alunita de origen steam-heated o supergeno |
| Argílica o Argílica intermedia | halo a vetas de illita/smectita; halo illita +/- smectita a zonas muy profundas sericiticas | halos de illita e illita/smectita a núcleos de argílica avanzada |
| Propilitica | Extenso huésped a sistema de mena, en algunos casos deuterica en origen y de cuestionable relación genética directa a sistema formado de mena epitermal; típicamente cloritica (No epidota), excepto en niveles muy profundos | |



| | | |
|--------------------------------|--|--|
| Sericítica1/ Filica | Roca dominada por sericita, típicamente como un halo a vetas de Qz profundas | Roots sericiticos a areas de argilica avanzada; puede ser transicional a argilica avanzada |
|--------------------------------|--|--|

FUENTE: Sillitoe, 1995.

Deposito hidrotermal

Los depósitos epitermales, según Guilbert y Park (1986), son el resultado de procesos hidrotermales asociados al volcanismo, ocurriendo a poca profundidad y bajas temperaturas. Estos sistemas, según Sillitoe (1977), se vinculan estrechamente con márgenes de subducción activos. Hedenquist (2005) profundiza al señalar que la precipitación de oro en estos ambientes se produce en un rango de temperaturas de 150 a 250 °C a profundidades relativamente bajas. La asociación con rocas volcánicas ácidas a intermedias es común, siendo el basamento volcánico de tipo central proximal el más frecuente, aunque también se han reportado casos en ambientes distales (Sillitoe y Bonham, 1984; Wark et al., 1990).

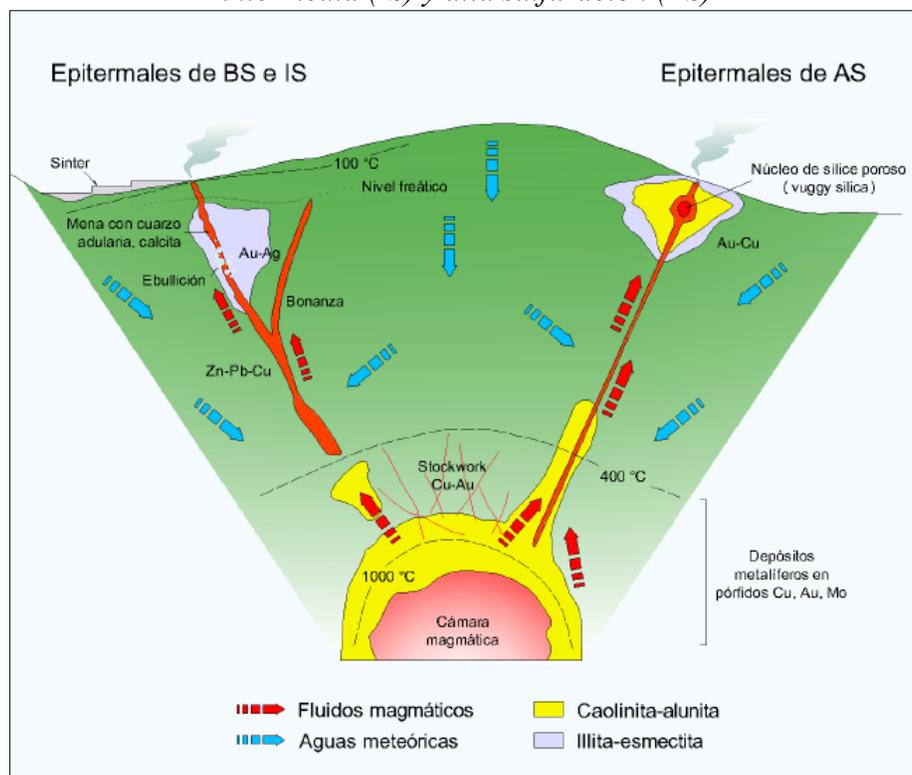
Depósitos de Au-Ag-Cu de alta sulfuración

Los depósitos epitermales de alta sulfuración se forman en ambientes volcánicos activos, asociados a sistemas magmáticos profundos. La intensa actividad hidrotermal, caracterizada por fluidos ácidos y calientes, genera una alteración mineralógica distintiva, dominada por minerales como cuarzo, caolinita, alunita y sílice oquerosa. La mineralización, típicamente en vetas y brechas, está compuesta principalmente por sulfuros como pirita, enargita y calcosina, además de oro y electrum. Estos depósitos se desarrollan en contextos tectónicos extensivos y están genéticamente relacionados con sistemas de pórfidos cupríferos subyacentes.

Depósitos de Au-Ag de baja sulfuración

Los depósitos epitermales, tanto de baja como de alta sulfuración, se forman a partir de la circulación de fluidos hidrotermales en ambientes geológicos específicos. Los depósitos de baja sulfuración se desarrollan en sistemas dominados por aguas cloruradas meteóricas, ricas en CO₂, NaCl y H₂S, mientras que los de alta sulfuración están asociados a fluidos magmático-hidrotermales ácidos, con mayor contenido de H₂O, CO₂, HCl, H₂S y SO₂. La mineralización en ambos casos ocurre principalmente a lo largo de fracturas y zonas permeables, aunque los depósitos de alta sulfuración suelen presentar una mayor alteración de las rocas encajonantes (Sillitoe, 1977; Henley y Ellis, 1983; Hayba y otros, 1985; Heald y otros, 1987; Bonham 1986, 1988; Hedenquist 1987; Berger y Henley 1989; Hedenquist y Lowenster 1994; Hedenquist y otros 2000; Simmons y otros 2005). (Ver Figura 2)

Figura 2: Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja (BS), intermedia (IS) y alta sulfuración (AS)

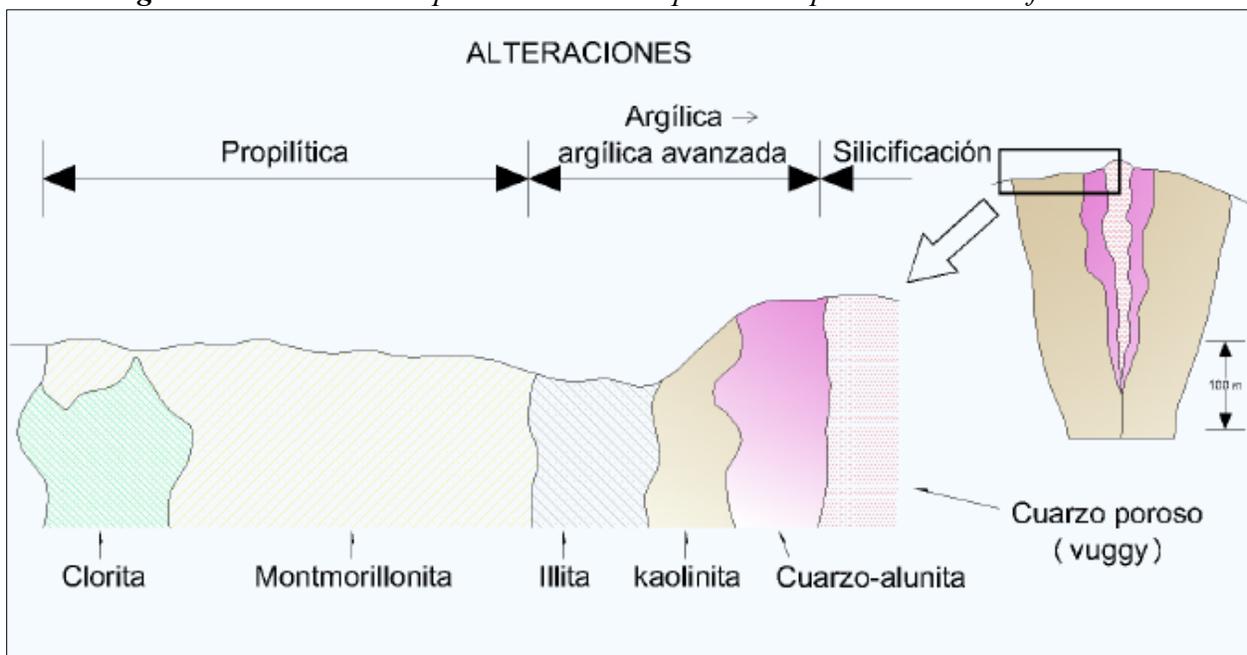


FUENTE: Modificado de Sillitoe, 1995

Zoneamiento de alteración en depósitos de alta sulfuración

Los depósitos de alta sulfuración presentan un zoneamiento característico, iniciando con un núcleo silíceo de cuarzo poroso que hospeda la mayor parte de la mineralización económica. Este núcleo está rodeado por una zona de alteración argílica avanzada, compuesta por cuarzo, alunita, caolinita e illita. Finalmente, la alteración se gradúa hacia una zona más externa de tipo propilítica, donde dominan minerales como la montmorillonita y la clorita. (Ver Figura 3)

Figura 3: Zoneamiento típico de alteración para un depósito de alta sulfuración

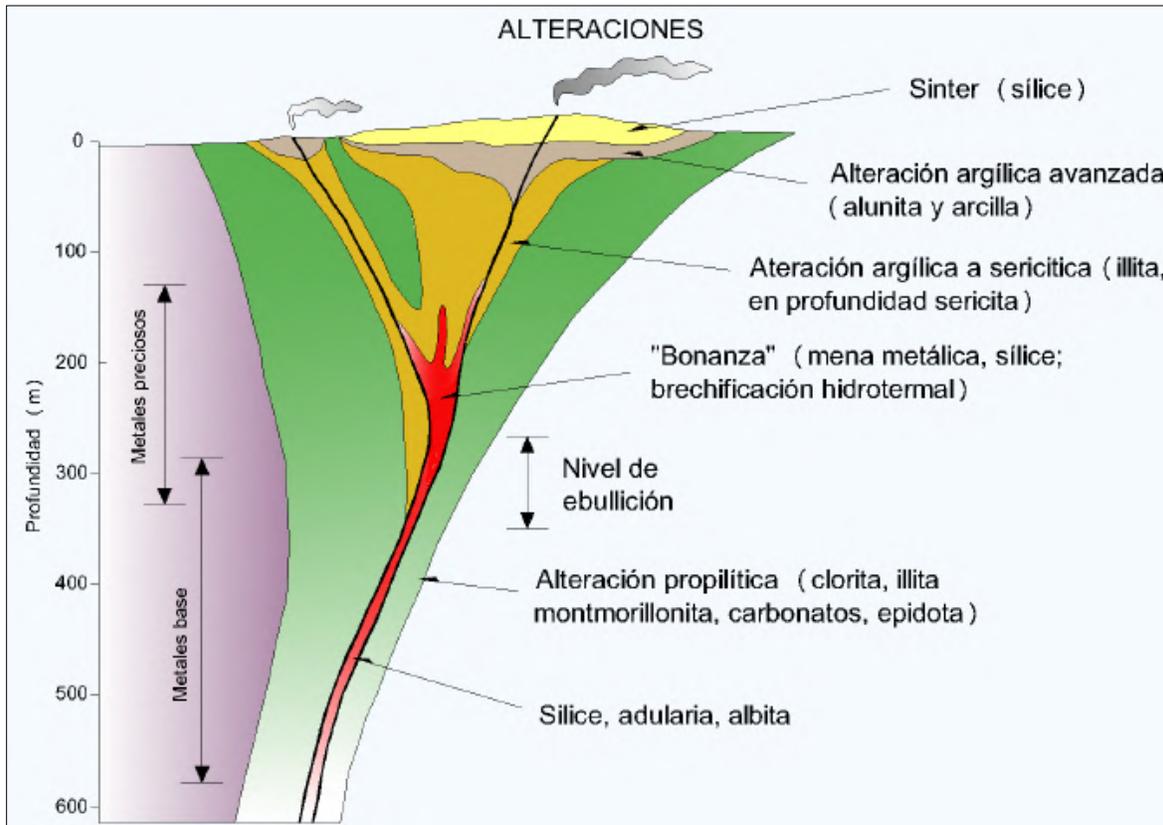


FUENTE: Modificado de Stoffregen, 1987

Zoneamiento de alteración en depósitos de baja sulfuración

Los depósitos de baja e intermedia sulfuración exhiben un característico zoneamiento de alteración, iniciando con una zona central de cuarzo-sericita que alberga la mineralización metálica. Esta zona se encuentra rodeada por halos sucesivos de alteración argílica, argílica avanzada y propilítica, respectivamente.

Figura 4: Zoneamiento típico de alteración para los depósitos de baja e intermedia sulfuración



FUENTE: Modificado de Buchanan, 1981.

Prospecto

Un prospecto en geología es un área geográfica con características específicas que sugieren la posible presencia de recursos minerales, hidrocarburos u otros materiales de interés económico. En otras palabras, es una zona que, basada en evidencias geológicas, geofísicas y geoquímicas, presenta condiciones favorables para la formación y acumulación de estos recursos (Peter J. Hood, 2011).

Brecha

Roca clástica compuesta por elementos de diversos tamaños, pero de forma angulosa, dispuestos irregularmente y cementados por una masa microcristalina o amorfa. Las brechas se distinguen de los conglomerados en la forma de los componentes 0 de un diámetro mayor de 2mm.



En las brechas los componentes son angulares a subangulares en los conglomerados son redondeados a subredondeados. Sus demás aspectos son iguales a los de los conglomerados. (Oyarzun, J. & Oyarzun, R., 2014).

Prospección geoquímica

Es una ciencia muy diversificada se ocupa de conocer la distribución de los elementos químicos en la tierra y en el sistema solar, determinar las causas que expliquen las composiciones químicas observadas de los materiales terrestres y de los extraterrestres, estudiar las reacciones químicas en la superficie de la Tierra, en su interior, y en el sistema solar (Faure 1991).

Anomalía geoquímica

Las anomalías geoquímicas son variaciones en la concentración de elementos químicos que exceden los valores de fondo (Background) normales en una región. Estos patrones anómalos, según Dávila B.J. (1995), suelen indicar la presencia de mineralización y actúan como guías para la exploración minera. El concepto de umbral (threshold) geoquímico es fundamental para identificar estas anomalías, ya que establece el límite a partir del cual una muestra se considera anómala y, por tanto, de interés exploratorio

1.11. CLIMA

El clima en la zona de investigación, al igual que en gran parte de la cordillera de los Andes, exhibe un patrón estacional caracterizado por una estación seca que abarca desde abril hasta noviembre, seguida por una estación húmeda marcada por abundantes precipitaciones que se extienden desde diciembre hasta marzo.

La configuración topográfica de la provincia genera una heterogeneidad climática notable, caracterizada por distintos tipos de climas en función de la altitud.



- Valles profundos: Clima cálido y húmedo, con temperaturas elevadas y precipitaciones abundantes.
- Altitudes medias: Clima templado y seco, con temperaturas moderadas y escasa humedad.
- Punas: Clima frío y seco, con temperaturas bajas y precipitaciones escasas.

El área de estudio presenta una amplia diferencia altitudinal, que abarca desde los 1.500 m.s.n.m. hasta los 5.000 m.s.n.m. Esta notable variación altitudinal genera una gradiente térmica significativa, con temperaturas que oscilan entre 25°C durante el día y por debajo de 0°C durante la noche.

La disparidad altitudinal y la diversidad climática asociada determinan la presencia de una vegetación altamente diversificada, distribuida en diferentes estratos altitudinales. Esta zonificación se caracteriza por la presencia de especies vegetales específicas en cada franja altitudinal, siguiendo un patrón escalonado (Pecho, 1981).

1.12. FLORA Y FAUNA

1.12.1. Flora

La vegetación en el área de investigación se caracteriza por la predominancia de ecosistemas altoandinos, los cuales ocupan la mayor extensión territorial en esta región de Cusco. Se pueden distinguir dos tipos de comunidades vegetales en base a la variabilidad geomorfológica: en las quebradas, se observa la presencia de especies arbóreas como Qqueuña (*Polylepis*), llaulli (*Buddleja incana*), kanlli (*Baccharis*), Shulla (*Escallonia resinosa*), Sac`ha (*Distichia muscoides*), pajonales (hichu) junto con la presencia de plantas de productos alimenticias como la papa, cebada, trigo habas, tubérculos, maíz y otras especies específicas adaptadas a estas condiciones ambientales.



Foto N.º 1: *Vegetación característica de la zona de estudio, donde se aprecia arbustos de Sac`ha (Distichia muscoides), Qqueuña (Polylepis) y otros pertenecientes a la flora local.*



1.12.2. Fauna

El área de estudio presenta una notable biodiversidad faunística silvestre, compuesta por una variedad de mamíferos (ratón, zorro andino, zorrino, y otros), aves (cernícalo, carpintero, picaflor y otros) y reptiles de pequeño tamaño. Adicionalmente, se observa la presencia de especies de crianza doméstica como vacas, ovejas, gallinas, caballos, entre otras. Las especies de importancia económica son el ganado vacuno y ovino, debido a su producción de leche y carne para el autoconsumo y la comercialización. En menor medida, los caballos y camélidos son utilizados como animales de carga en actividades agrícolas o de transporte.

1.13. HIDROLOGÍA LOCAL

La hidrología de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de dos sistemas fluviales principales: **el Río Antuyo**, con un curso que se orienta de noroeste a sureste en su tramo aguas abajo, siendo alimentado por la microcuenca del Río Millo-Yanama. Esta microcuenca exhibe una amplia variabilidad altimétrica, oscilando entre los 4200 m.s.n.m. y los 4850 m.s.n.m., con ríos de



tercer orden. Por otro lado, la microcuenca del Río Yahuarmayu, situada a altitudes comprendidas entre los 4100 m.s.n.m. y los 4850 m.s.n.m., recoge las aguas de las lagunas de Ccocha Ccocha, Pataccocha y Pistoro, clasificándose esta microcuenca por la presencia de ríos de segundo orden. Este drenaje fluvial corta el área de estudio con la dirección indicada.

Foto N.º 2: Vista del río Antuyo con dirección NW - SE, cortando el área de investigación y afluyendo en el río Molino.



El Río Manchoclla, con una orientación similar de suroeste a noreste y paralelo al Río Antuyo, se nutre principalmente de las microcuencas Chicorumi-Pallani, cuyas altitudes oscilan entre los 3950 m.s.n.m. y los 4700 m.s.n.m. Su origen se localiza en la quebrada Colpa, y los cursos fluviales que conforman esta microcuenca son de cuarto orden. Esta está ubicada en la franja noroeste del área de investigación.



Foto N.º 3: Vista del río Manchoclla con dirección noroeste, paralelo al río Antuyo a la franja del área de estudio



Estos cursos fluviales confluyen en el Río Molino, que a su vez alimenta la subcuenca del Río Santo Tomás, formando parte del sistema hidrográfico de la cuenca del Río Apurímac.



CAPITULO II

GEOMORFOLOGÍA

2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de investigación abordado en este estudio está geográficamente localizada en la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, situada al este de la divisoria continental. Este territorio está caracterizado por la presencia de la cadena montañosa conocida como cordillera de Huanzo, cuyo sistema hidrográfico drena hacia los principales ríos que fluyen hacia el océano Atlántico.

Dentro de este contexto, destaca un importante rasgo geomorfológico que consiste en una extensa llanura andina ubicada entre los 3800 y 4500 metros sobre el nivel del mar (msnm), conocida como la superficie Puna según MCLAUGHLIN (1924). Esta llanura, influenciada por agentes geológicos, se manifiesta como una topografía accidentada, caracterizada por valles profundos y encañonados como Santo Tomas, Colca, Vilcabamba, Pachachaca, entre otros, por donde fluyen los ríos más importantes, los cuales continúan erosionando estos valles. A una altitud entre los 4600 y 4800 m.s.n.m., se observan una serie de picos como Malmanya, Suparausa, Piste, que fácilmente superan los 5000 m.s.n.m.

2.1.1. Cordillera occidental

La Cordillera Occidental, parte prominente del sistema andino, destaca por sus elevaciones más significativas, siendo el nevado Huascarán (ubicado en la región de Áncash) su cumbre más destacada con una impresionante altitud de 6768 m.s.n.m. Esta cordillera sigue una trayectoria paralela a la costa del Pacífico, marcando la divisoria continental de las aguas. Su separación de la Cordillera Oriental se evidencia a través de los valles interandinos longitudinales del Marañón, Mantaro y Vilcanota, así como por la depresión del Titicaca. Su conexión con el fallamiento



longitudinal Andino también es notable. En la región sur del Perú, estas dos cordilleras convergen formando una altiplanicie a una altitud de 4200 msnm, en la cual emergen alineamientos de conos volcánicos.

Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1997), esta formación montañosa está compuesta principalmente por un núcleo de rocas paleozoicas que se encuentran cubiertas por estratos de rocas mesozoicas y cenozoicas. Estas capas han experimentado deformaciones significativas debido a procesos intensos de plegamiento, fallas inversas y desplazamientos de gran escala. La elevación alcanzada por esta unidad se atribuye a los movimientos epirogénicos que ocurrieron durante el Terciario tardío y el Cuaternario.

2.1.1.1. Montañas en rocas Intrusivas (RM-ri)

Las rocas ígneas que se solidifican en profundidad a partir de intrusiones de magma se presentan en diversas formas geomorfológicas, como diques, sills, lacolitos, stocks y batolitos. Estas estructuras son expuestas debido a la erosión de las rocas que las recubren y están sujetas a procesos denudativos, como la erosión fluvial, que modela los paisajes montañosos.

El patrón de drenaje en estas rocas ígneas varía dependiendo de su composición mineralógica. En rocas félsicas como granitos, cuarzo dioritas, granodioritas y tonalitas, la red de drenaje es densamente ramificada y exhibe una disposición dendrítica típica o dendrítica paralela. En rocas intermedias como monzonitas y dioritas, el patrón de drenaje es más paralelo a subparalelo con una densidad media.

Esta subunidad geológica está caracterizada por montañas con laderas y crestas abruptas, ubicadas en las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes, con elevaciones que alcanzan los 6100 m.s.n.m. en la Cordillera Oriental. Los cuerpos ígneos intrusivos que afloran en la región Cusco se presentan en forma de stocks y batolitos, con formas irregulares y alargadas a



subredondeadas. En la Cordillera Occidental, al sur de la región, los cuerpos ígneos muestran formas irregulares y una dirección preferente norte-sur. Estos cuerpos están compuestos por rocas intrusivas de composición intermedia a ácida, como granitos, monzogranitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, que se meteorizan y forman suelos arenosos y arcillosos.

La unidad geológica es cruzada por ríos y quebradas que fluyen hacia la Amazonía, formando vertientes con topografía abrupta y pendientes muy fuertes a escarpadas, que oscilan entre los 25 y 45°.

En la zona de estudio no es evidente la presencia de estas subunidades, ¿con algunas excepciones de stock o rocas hipohabisaes como el pórfido en tal caso como los granitos o granodioríticos?, al noreste de la zona de investigación.

2.1.1.2. Montañas en rocas volcánicas (MR – ri)

Esta subunidad geomorfológica es la que representa la mayor parte del área de estudio, donde encontramos afloramientos de rocas volcánicas de tipo piroclástico, los cuales pertenecen a una variedad de unidades geológicas como el Grupo Tacaza, Barroso y Sillapaca, así como las formaciones Quenamari y Alpabamba, y los complejos volcánicos Vilcarani y Jeñuma Pirhua. También se identifican rocas piroclásticas y lavas que son atribuibles al Grupo Barroso y la formación Palca. Además, se observan secuencias de lava andesítica-dacítica provenientes de los grupos Tacaza, Barroso, Mitu, y de la Formación Santo Tomás, así como andesitas basálticas de la Formación Rumicolca. Estos materiales fueron depositados durante el período Paleógeno y Neógeno como resultado de la actividad volcánica explosiva y efusiva.

Estos depósitos han sido afectados por diversos procesos geomorfológicos como la erosión fluvial, glacial y glacio-fluvial, los cuales han contribuido a la formación de los paisajes actuales. Asimismo, se observan elevaciones que superan los 5400 m.s.n.m, en nuestra zona de estudio



destaca el cerro Jatum Orcco al sur este de Condortiyana, que sirve como límite entre los distritos de Llusco y Quiñota, de la provincia de Chumbivilcas.

Las características topográficas de esta área incluyen laderas con pendientes que van desde moderadas hasta abruptas en las cimas de las montañas, así como rellanos de laderas y pequeñas altiplanicies, con pendientes pronunciadas en los valles. La red de drenaje asociada exhibe un patrón subdendrítico a subparalelo.

Desde el punto de vista geodinámico, esta área está asociada con la ocurrencia de diversos procesos como flujos de detritos, deslizamientos, avalanchas de rocas y nieve, así como derrumbes y caída de rocas desde las cumbres y acantilados formados por la actividad glaciaria. (INGEMMET, Boletín Serie C)

2.1.1.3. Montañas en rocas volcano-sedimentarias (RM-rvs).

Dentro de esta subunidad geológica se encuentran afloramientos de asociaciones de rocas volcánico-sedimentarias, las cuales incluyen rocas piroclásticas y lavas dacíticas y andesíticas que se intercalan con areniscas, lutitas y conglomerados pertenecientes a la Formación Orcopampa. También se identifican rocas piroclásticas, lavas andesíticas y lahares, intercaladas con areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados dentro de los grupos Mitu y Tacaza.

Estas secuencias muestran evidencia de procesos fluvio-erosionales, glaciares y glacio-fluviales. Se observa una marcada erosión glaciaria, caracterizada por valles en forma de "U", valles colgados y circos glaciares asociados a morrenas. Las montañas presentan laderas con pendientes que varían desde moderadas hasta muy fuertes.

2.1.1.4. Montaña estructural en rocas sedimentarias (RME-rs).

Este conjunto de montañas estructurales presenta elevaciones y morfología son resultado del plegamiento de las capas superficiales de la corteza terrestre, conservando aún características



distintivas de las estructuras originales, a pesar de haber sido sometidas a procesos erosivos fluviales y glaciares. Su composición litológica principal es sedimentaria; desde un punto de vista estructural, se presentan como alineaciones montañosas formadas por secuencias estratificadas plegadas y/o inclinadas, donde el ángulo de inclinación de las capas rocosas controla la pendiente de las laderas. En conjunto, estas formaciones generan un relieve caracterizado por crestas paralelas separadas por depresiones igualmente paralelas, extendiéndose linealmente con trayectorias rectilíneas, sinuosas o en zigzag, con escasas ramificaciones laterales. Se manifiestan en configuraciones como anticlinales, sinclinales, cuestras y espinazos, los cuales son fácilmente distinguibles en imágenes satelitales. En el distrito de Llusco está representada por la montaña Qqueqqaña, en el distrito de Quiñota por la montaña Machara y sus alrededores con característica litológica de calizas plegadas, estas formaciones presentan un patrón alineado en dirección sureste-noroeste al noreste y al norte de la zona de estudios, mostrando variaciones en la pendiente de las laderas que van desde moderadas (5-15°) hasta muy escarpadas (> 45°).

2.1.1.5. Colina en roca intrusiva (RC-ri)

Se refiere a elevaciones topográficas caracterizadas por cimas estrechas y puntiagudas, con pendientes suaves a moderadas (5-15°) en sus laderas. Estas formaciones están compuestas principalmente por intrusivos de tipo granítico de las unidades Hatun Chico y Cirialo Consevidayoc, así como dioritas, granodioritas y tonalitas de la Unidad Cotabambas del Plutón Cotabamba, Unidad La Raya, Plutón Colquemarca y Plutón Charamuray, si bien es cierto que en el contorno ni en la zona misma se encuentra esta subunidad, estas se ubican al noreste de la zona de estudio en el distrito de Santo Tomas, Colquemarca y Chamaca.



2.1.1.6. Colina en roca sedimentaria (RC-rs).

Esta sub unidad geomorfológica está compuesta por secuencias sedimentarias pertenecientes a diversas formaciones, tanto en la llanura amazónica como en las Cordilleras Oriental y Occidental. En la llanura amazónica, estas secuencias incluyen las formaciones Ipururo, Río Picha, Yahuarango, Chambira, Tarma, Copacabana, Chonta, Vivian, Cancao, Ananea, San Sebastián, así como los grupos Cabanillas, Ambo y Oriente. En la Cordillera Oriental, se encuentran las formaciones Chincheros, Maras, Paucarbamba, Vilquechico, San Sebastián, Muñani, Soncco, Huancane y Muni. Por otro lado, en la Cordillera Occidental, se identifican las secuencias sedimentarias de las formaciones Arcurquina, Murco y Huancané. En las proximidades de la zona de estudios encontramos al norte y noreste principalmente en la formación Arcurquina.

2.1.1.7. Colina en roca Volcánica (RC-rv).

Situado predominantemente a lo largo de la Cordillera Occidental en el sector meridional de la región, este conjunto geológico está compuesto por secuencias volcánicas tanto lávicas como piroclásticas, las cuales pertenecen al Volcánico Quecha Grande, así como a las formaciones Alpabamba y Palca, junto con los grupos Barroso y Sillapaca. Esta subunidad geomorfológica es la que se presenta más en la zona de estudio, caracterizada litológicamente por lavas, tobas andesíticas y pórfidos andesíticos y dacíticas.

2.1.1.8. Colina en roca volcánico-sedimentaria (RC-rvs)

Se observa una limitada exposición en las provincias sureñas de Cusco. Esta formación está compuesta por secuencias volcánico-sedimentarias que incluyen las formaciones Anta, Alpabamba y Orcopampa, así como los grupos Mitu y Puno. Aunque esta sub unidad no es muy frecuente en la zona, pero están presentes al sureste en las localidades de Moscco, Yavina del distrito de Santo Tomas.



2.1.1.9. Colina estructural en roca sedimentaria (RCE-rs).

Estas geoformas son características de la Faja Subandina y la Llanura Amazónica. Esta subunidad está principalmente compuesta por rocas de las formaciones Ipururo, Chambira, Yahuarango y Río Picha. En las Cordilleras Oriental y Occidental en el sur de Cusco, se observan exposiciones reducidas que consisten en secuencias sedimentarias presentes en Arcurquina, Auzangate, Huancané, Casa Blanca y el Grupo Maure. Estas geoformas se presentan principalmente al norte y noreste del área de estudios, aflorando en las comunidades de ccollana, pumallacta, Pallpa Pallpa del distrito de Quiñota, en las comunidades de San Sebastian, Marjahui y Lutto del distrito de Llusco y también en San Juan de Llajhua, Haqira y Chalhuacho litológicamente está representada por las calizas de la formación Arcurquina.

2.1.1.10. Coladas o campos de lava basalto-andesítica (Ca-la).

Esta subunidad geomorfológica está caracterizada por coladas de lava del Neógeno, diferenciándose por su forma de lenguas alargadas, estrechas y delgadas con frentes de lava prominentes, representan los últimos episodios de actividad volcánica en la Cordillera Occidental y el valle interandino del río Vilcanota. Su altura varía en función de la viscosidad y volumen de la lava, y se originaron principalmente a partir de erupciones fisúrales. Estas coladas cubrieron relieves preexistentes y rellenaron valles fluviales y fluvioglaciares, componiéndose principalmente de lavas andesíticas, dacíticas, traquíticas y shoshoníticas. Su formación data del Neógeno y han tenido un impacto significativo en la configuración geológica de la región. Estas unidades se presentan alrededor de Santo tomas, litológicamente llamados por el mismo nombre, como es el caso del distrito Santo Tomas que están asentadas bajo una lava shoshonítica, en las comunidades de Orccoma, Llique, Antuyo y Moscco que están ubicadas al este del área de Estudio.



2.1.1.11. Superficie con flujo piroclástico (Sfp).

Esta subunidad se origina a partir de la deposición de flujos incandescentes de piroclastos, tales como nubes ardientes, flujos de bloques, pómez y cenizas, liberados durante erupciones de tipo vulcaniano y pliniano desde masivas calderas de estratovolcanes. Debido a su comportamiento casi líquido, estos flujos de piroclastos pueden extenderse sobre grandes distancias, formando capas de varios metros de espesor. A pesar de su viscosidad, estos flujos pueden desplazarse cuesta arriba por cortas distancias y llenar hoyos, depresiones y rodear obstáculos en su camino. Una vez que se detienen y se estabilizan, presentan una superficie plana y regular, incluso si el terreno previo era accidentado. La soldadura o consolidación de las ignimbritas ocurre después de su emplazamiento, mientras la temperatura aún es alta (aproximadamente 600°C para depósitos de 10-40 metros de espesor). La acumulación de flujos piroclásticos sucesivos e incandescentes da lugar a la formación de altiplanos de ignimbritas.

En la región de Cusco, se observan planicies altas horizontales a ligeramente inclinadas con frentes escarpados, compuestas principalmente por ignimbritas del Grupo Barroso (Neógeno-Plioceno). Estas características se localizan en las provincias de Chumbivilcas y Espinar, abarcando aproximadamente el 0.46% de la superficie total de la región. En nuestra zona de estudio se presenta como pene planicie, presentando como litología a las tobas dacíticas bien soldadas e ignimbritas del grupo barroso y ceniza volcánica.

2.1.1.12. Superficie con flujo piroclástico disectado (Sfp-d).

Esta subunidad geológica comparte un origen similar con las áreas que presentan flujos piroclásticos. Sin embargo, se distingue debido a que ha experimentado procesos de denudación, resultando en un alto grado de disección. Ha sido afectada por la acción de cursos de quebradas y



torreteras, que han configurado un patrón de drenaje paralelo a subparalelo. Esta subunidad se extiende a lo largo de la Cordillera Occidental, en el sur de la región de Cusco.

2.1.1.13. Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd).

Esta subunidad geomorfológica está ubicada mayormente en la base de laderas montañosas o acantilados de valles. Estas geoformas están constituidas por depósitos coluviales de bloques rocosos de diversos tamaños y composición litológica uniforme, que se acumulan en forma cónica al pie de pendientes pronunciadas. La disposición de los bloques varía, con los más grandes y angulares en la base y los más pequeños hacia la cúspide. Estos depósitos carecen de cohesión y relleno, lo que contribuye a la inestabilidad de los taludes. Los principales agentes de formación son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, derrumbes y volcamientos.

Por otro lado, los depósitos deluviales están compuestos por capas de suelo fino, arcillas arenosas y fragmentos rocosos de tamaño pequeño a mediano. Estos depósitos se asientan sobre laderas con pendientes moderadas y suaves. Su formación se debe principalmente a la acción de la esorrentía causada por lluvias intensas, que no está canalizada o es transportada por torrentes de corto alcance. Los procesos erosivos del suelo, como la gravedad, las lluvias y el viento, son los principales responsables de su formación.

2.1.1.14. Vertiente glacio-fluvial (V-gfl).

La presente subunidad geomorfológica está constituida por depósitos glaciares, formados por la acumulación de material glaciar transportado y redepositado por procesos periglaciares, se presentan como conos de diversos tamaños o mantos de material no consolidado al pie de laderas, acantilados o en altiplanicies. Estos materiales sueltos cubren el sustrato rocoso y se encuentran principalmente en las zonas glaciar y periglaciar de la región Cusco. Su presencia evidencia la



actividad glaciar en la región, así como la erosión del sustrato rocoso por procesos periglaciares, permitiendo reconstruir la paleogeomorfología de la zona.

2.1.1.15. Morrenas (Mo).

Esta subunidad geomorfológica, comprende de geoformas convexas suaves y alargadas, se originan por la acumulación de material heterométrico (gravas angulosas, bloques, guijarros y arena) sin estratificación en una matriz de limo y arcilla. Su formación se debe a la acción erosiva y transportadora del glaciar durante el Pleistoceno-Holoceno. La disposición del material sin estratificación y la variedad de tamaños y formas de los clastos son características distintivas de estas geoformas, las cuales se clasifican según su posición en el glaciar: de fondo, lateral, central y frontal o terminal. La presencia de morrenas en una región es evidencia de la actividad glaciar en el pasado, permitiendo a los geólogos comprender la dinámica glaciar, la paleogeomorfología y la historia climática del área.

Las principales áreas de morrenas en la región Cusco se concentran en valles glaciares tallados por la acción erosiva de los glaciares en las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes. En el área de estudio, se encuentran al sur y suroeste, en las inmediaciones de las minas Utunsa y Huisamarca, donde la presencia de estas geoformas glaciares proporciona evidencia tangible de la actividad glaciar en el pasado.

2.1.1.16. Valle glaciar (Vll-gl).

El paisaje geomorfológico actual que encontramos en las altas cumbres de las montañas a partir de los 4000 m.s.n.m. es el resultado del modelado glaciar, proceso que ha sido el principal agente en la formación de este tipo de paisaje. La meteorización física y la escorrentía también han contribuido a la configuración del terreno. Un valle glaciar se caracteriza por tener una sección transversal en forma de "U". Puede albergar un glaciar activo o encontrarse en una etapa posterior



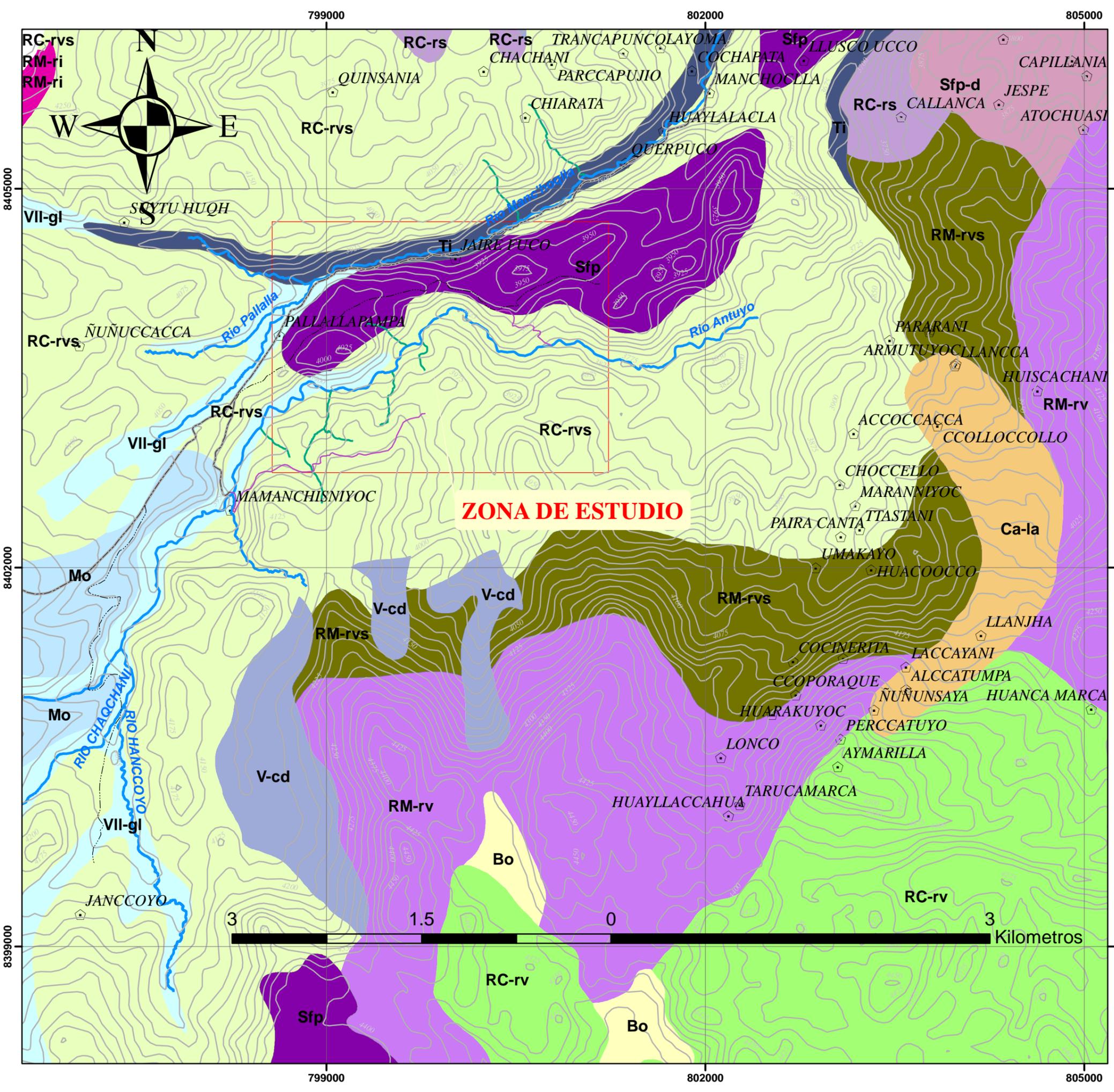
de desarrollo, con presencia de ríos que erosionan y transportan los materiales depositados por el glaciar. Estas subunidades se presentan al sur de la zona de estudio.

2.1.1.17. Terraza indiferenciada (Ti).

La presente subunidad geomorfológica, se distingue por la presencia de ríos angostos que atraviesan las principales unidades geomorfológicas, tales como las montañas, colinas, planicies y otras que son características de cordilleras oriental y occidental, como grandes dominios estructurales regionales. En nuestra área de estudio, los ríos Antuyo y Manchoclla son ejemplos destacados, exhibiendo valles de corte profundo que intersectan afloramientos de rocas volcánicas y están sustentados por la estructura subyacente.

2.1.1.18. Bofedales (Bo).

Esta subunidad se ubica en terrenos planos cóncavos, típicamente localizados en las cabeceras de los ríos. Estos terrenos están mayormente compuestos por material orgánico y acumulaciones vegetales, presentando una condición hídrica de saturación permanente. En relación con nuestra área de estudio, estas características se evidencian principalmente al sur, particularmente en la subcuenca de Yahaurmayu y Pallalla, así como en las proximidades de los proyectos mineros de Utunsa y Huisamarca.



LEYENDA

Geomorfología Regional

Sub Unidades Geomorfológicas

- Montaña en roca intrusiva
- Montaña en roca volcánica
- Montaña en roca volcano-sedimentaria
- Montaña estructural en roca sedimentaria
- Colina en roca intrusiva
- Colina en roca sedimentaria
- Colina en roca volcánica
- Colina en roca volcano-sedimentaria
- Colina estructural en roca sedimentaria
- Coladas o campo de lavas basalto-andesíticas
- Superficie de flujo piroclástico
- Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
- Vertiente glacio-fluvial
- Morrenas
- Valle glaciario
- Terraza indiferenciada
- Bofedales
- Actividad minera

SIMBOLOGIA

VIAS

TIPO

- CAMINO DE HERRADURA
- CARRETERA AFIRMADA
- TROCHA CARROZABLE
- CN25CC

RIOS

TIPO

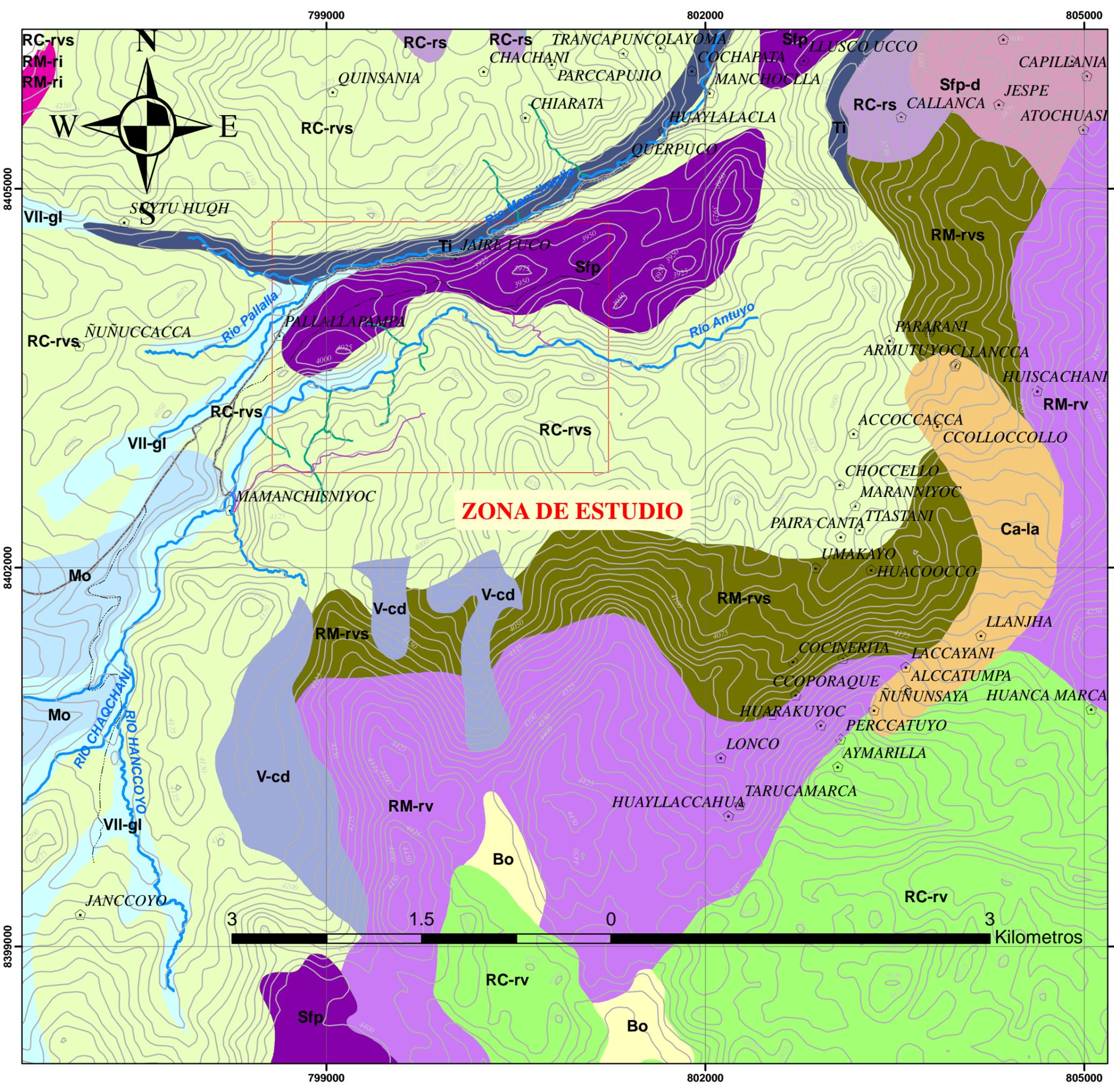
- ~ QUEBRADA
- ~ RIO
- + AREA DE ESTUDIO
- Capital_Departamental
- Capital_Provincial
- Capital_Distrital
- CENSO_2017

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"

MAPA GEOMORFOLOGIA REGIONAL

| | | | |
|--|--|-------------------------|--|
| BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, JOSE A. | PLANO: Nº - 04 | | |
| ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | | | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:30,000 PROYECCION: UTM, WGS 84 | FECHA: FEBRERO, 2024 | |





2.2.GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, dentro de la Cordillera de Huanzo. Esta ubicación determina su sistema de drenaje, que vierte sus aguas hacia los ríos Santo Tomás, Velille y posteriormente al río Apurímac, desembocando finalmente en el Océano Atlántico.

Las unidades geomorfológicas predominantes en la zona son las colinas y lomadas, con altitudes que oscilan entre 3800 y 4200 m.s.n.m. La acción de los agentes geológicos ha modelado una topografía accidentada, caracterizada por valles interandinos como los de Antuyo y Querpuco. Estos valles presentan una forma de “V” y “U”, son poco profundos y albergan los ríos de la zona. La zona se caracteriza por una intensa actividad volcánica en el pasado. Esto ha dado lugar a la formación de rocas volcánicas como tobas andesíticas polimícticas, tobas dacíticas bien soldadas, ignimbritas y cenizas, que configuran la geomorfología local. La acción de los agentes erosivos ha contribuido a la configuración del relieve actual.

2.2.1. *Colina de roca volcánica*

Las subunidades geomorfológicas aquí descritas se localizan tanto dentro como en los límites de la unidad montañosa de Hatun Orcco, configurando las vertientes de los ríos Antuyo y Manchoclla. Estas subunidades están compuestas por una secuencia de rocas volcánicas, piroclásticas, tobas andesíticas palomícticas y lavas brechosas pertenecientes al grupo Tacaza. Es importante destacar que dichas subunidades exhiben pendientes con un grado de inclinación superior al 15%.



Foto N.º 4: Subunidad geomorfológica de colinas que conforman las bases de la unidad montañosa de Hatun Orcco.



2.2.2. Lomadas en roca volcánica

Las lomadas son subunidades geomorfológicas caracterizadas por una altura inferior a 300 metros. En la zona de estudio, su origen está asociada a la actividad volcánica, así como a la alteración y erosión de rocas volcánicas y porfíricas de composición dacítica y andesítica pertenecientes al Grupo Barroso y a la Formación Alpbamba. Estas geoformas se localizan en el área de estudio, principalmente en los alrededores de las colinas y vertientes de los ríos Antuyo y Manchoclla, así como entre el valle interandino y los bofedales de Pallallapampa. En cuanto a su morfología, las lomas presentan cimas alargadas y redondeadas con pendientes inferiores al 10%.



Foto N.º 5: *Geoformas con cimas alargadas, redondeadas y subredondeadas, en la zona de estudio se presenta en la margen izquierda del río Antuyo.*



2.2.3. *Lomadas ignimbríticas*

Esta subunidad geomorfológica se presenta sobre la superficie de flujo piroclástico, con geoformas onduladas de baja altitud conformado por materiales volcánicos ignimbríticos, cenizas volcánicas y tobas dacíticas bien soldadas del grupo barroso, estas unidades se presentan en la zona de estudio en la parte norte de Condortiyana, se presentan como pequeñas colinas con bastante vegetación características de suelos orgánicos.



Foto N.º 6: Esta subunidad geomorfológica se presenta sobre la superficie piroclástica, conformada por ignimbritas y cenizas volcánicas



2.2.4. Superficie de flujo piroclástico disectado

Estas subunidades geomorfológicas en cuestión se caracterizan por una topografía llana o suavemente ondulada. Esta configuración superficial se debe a la naturaleza de los flujos de piroclastos, que se asemejan a un fluido en su comportamiento. Al extenderse sobre grandes distancias, estos flujos generan capas de material volcánico con espesores de varios metros.

Las subunidades geomorfológicas están compuestas principalmente por tobas dacíticas, piroclastos, ignimbritas y pómez del Grupo Barroso. Estos materiales han experimentado procesos de denudación, lo que ha dado lugar a un relieve con un alto grado de disección. La red de drenaje en estas subunidades está conformada por los ríos Antuyo y Manchoclla, los cuales presentan un patrón de drenaje paralelo a subparalelo con una orientación de sur a norte.



Foto N.º 7: Esta subunidad geomorfológica está ubicada en la parte sur y suroeste de la zona de estudio (Condortiyana), litológicamente está constituida por lavas andesíticas bien soldadas.



2.2.5. Valle interandino escarpado

Esta subunidad se caracteriza por la presencia de quebradas poco profundas con geoformas en “V” y “U”, típicas de la región andina. Estos valles interandinos están compuestos por materiales cuaternarios, tales como depósitos fluvio-aluviales, coluviales y aluviales. Estos depósitos se han formado por la acción de agentes erosivos y por la alteración de las rocas volcánicas presentes en la zona. En el área de estudio, las principales quebradas que conforman esta subunidad son la quebrada Antuyo, que se origina en el sector Mamanchisniyoq, y la quebrada Querpucó, que se origina en los bofedales de Pallallapampa. Ambas quebradas tienen una orientación norte-sur.

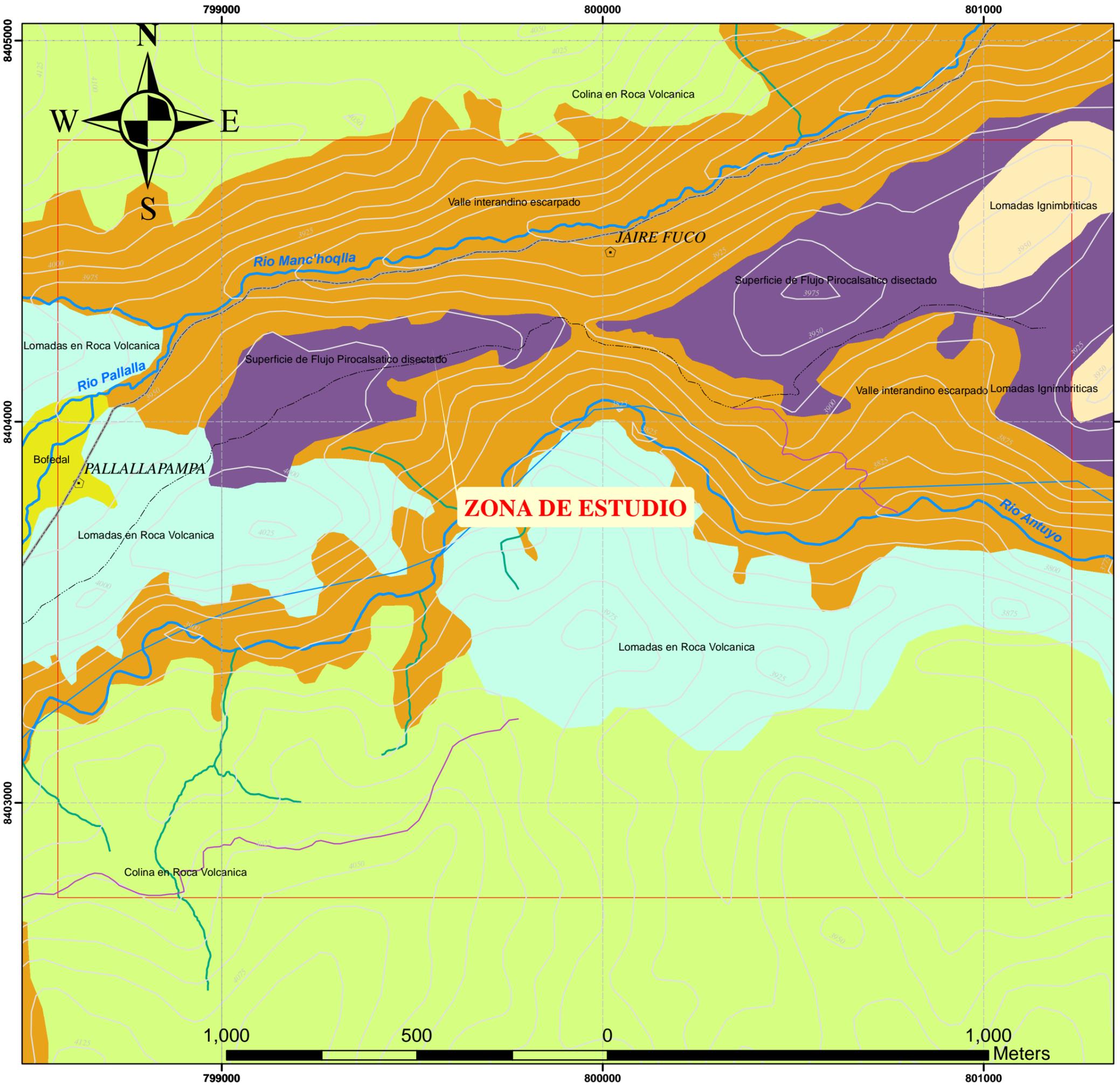


Foto N.º 8: Valle interandino en forma U, con vertientes de rocas volcánicas al sur de Condortiyana.



2.2.6. Bofedal

Los bofedales de Pallallapampa son humedales altoandinos caracterizados por una vegetación singular y un suelo con alto contenido de materia orgánica. Se encuentran en zonas con pendientes suaves y alta disponibilidad de agua, generalmente proveniente de precipitaciones, y aguas subterráneas. En la zona de estudio está situada al suroeste de Condortiyana, sus altitudes varían desde los 3960 m.s.n.m a 4005 m.s.n.m.



LEYENDA

GEOMORFOLOGIA LOCAL

TIPO

- Colina en Roca Volcanica
- Lomas en Roca Volcanica
- Lomas Ignimbriticas
- Superficie de Flujo Pirocalsatico disectado
- Valle interandino escarpado
- Bofedal

SIMBOLOGIA

VIAS

TIPO

- CAMINO DE HERRADURA
- CARRETERA AFIRMADA
- TROCHA CARROZABLE
- CN25CC

RIOS

TIPO

- QUEBRADA
- RIO

- AREA DE ESTUDIO
- Capital_Departamental
- Capital_Provincial
- Capital_Distrital
- Centro Poblado

1 cm = 100 Metros

| | | |
|--|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | |
| TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS" | | |
| MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL | | |
| BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, JOSE A. | | |
| ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:10,000 PROYECCION: UTM, WGS 84 | FECHA: MARZO, 2024 |
| | | PLANO: Nº - 05 |



CAPITULO III

GEOLOGÍA

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

El contexto geológico regional del área de estudio se caracteriza por la presencia de lavas y rocas piroclásticas - volcanoclásticas de composición intermedia a ácida, típicas de márgenes continentales activos (Klink et al., 1986). Estas unidades geológicas reposan discordantemente sobre rocas sedimentarias del Grupo Yura, pertenecientes al período Cretácico.

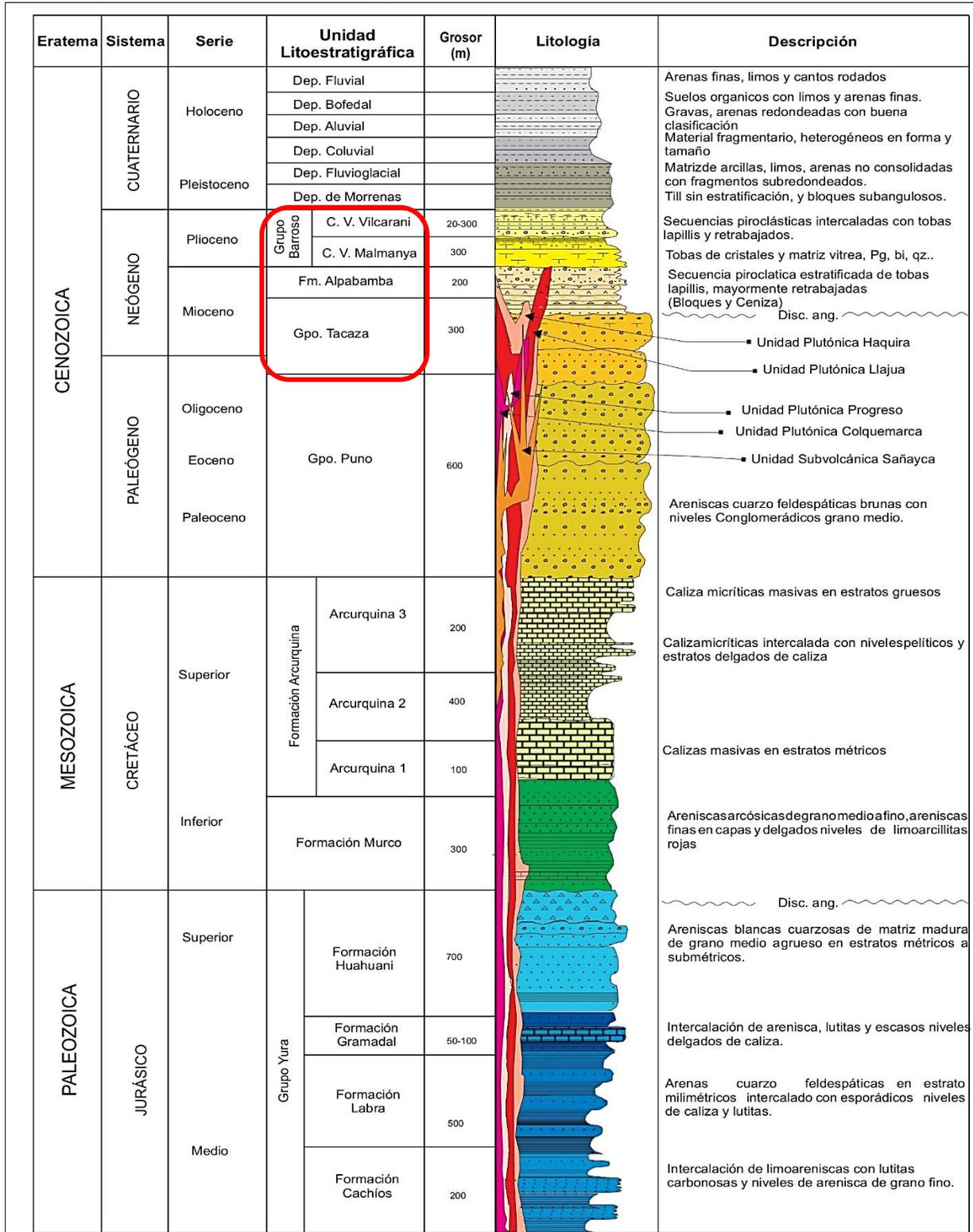
Los antecedentes geológicos regionales han sido documentados principalmente por el INGEMMET, así como por autores como Pecho (1981) y Galdós (2003). Adicionalmente, estudios específicos en áreas con contexto vulcanológico similar han sido realizados por el Grupo Aruntani (2007) en los proyectos mineros Huisimarca y Utunsa, este último ubicado a 8 km al sur del área de estudio.

De acuerdo con la información geológica de los cuadrángulos de Challhuanca (29-p), Antabamba (29-q) y Santo Tomás (29-r), la columna estratigráfica está compuesta por unidades litológicas que abarcan desde el Jurásico (Grupo Yura) hasta el Cuaternario reciente. En el área de estudio, se destacan las unidades pertenecientes al Grupo Tacaza (Oligoceno superior - Mioceno inferior), la Formación Alfabamba (Mioceno superior), el Grupo Barroso (Plioceno) y los depósitos cuaternarios recientes.

En resumen, el marco geológico regional del área de estudio está compuesto por rocas volcánicas y sedimentarias de edades comprendidas entre el Jurásico y el Cuaternario. Esta información, documentada por diversos autores e instituciones, es fundamental para comprender la evolución geológica del área y su contexto geodinámico.



Figura 5: Columna Estratigráfica del cuadrángulo de Santo Tomas 29 - r.



Fuente: Revisión y actualización del cuadrángulo Santo Tomas 29-r – INGEMMET (2003)



3.1.1. Grupo Yura (Jurásico)

El Grupo Yura, de edad Jurásico Superior/Inferior, presenta cuatro tipos principales de formaciones litológicas: Formación Gramadal, Formación Labra y Formación Cachios. Estas formaciones se componen principalmente de cuarcitas, lutitas y areniscas.

3.1.1.1. Formación Cachios (Jurásico Inferior)

La litología consiste en una intercalación de areniscas laminares de color beige oscuro con niveles lutáceos y limoarcillitas altamente fisibles. La unidad se encuentra en contacto concordante por debajo de la Formación Labra, con un límite gradacional y un espesor máximo de 300 metros. No se ha encontrado fauna fósil que permita datar la unidad con precisión. ¿Sin embargo, su posición estratigráfica sugiere una edad Caloviano superior- Oxfordiano?

3.1.1.2. Formación Labra (Jurásico Medio)

La litología consiste en una intercalación de areniscas cuarzofeldespáticas con limoarenas y niveles delgados de lutita carbonosa. En los alrededores de Haqaira se observan estratos de filitas, y la secuencia presenta un aumento gradual del tamaño de grano y del espesor de los estratos hacia la parte superior.

La unidad se encuentra en contacto concordante por debajo de la Formación Gramadal y tiene un espesor total de 1000 metros.

3.1.1.3. Formación Gramadal (Jurásico Medio)

Se encuentra expuesta en las proximidades del pueblo de Quiñota y en la localidad de Sausana, al sur de Tambulla. Desde el punto de vista litológico, está compuesta por lutitas carbonosas intercaladas con capas de areniscas grises, y en su parte superior presenta estratos de caliza de hasta tres metros de espesor. En la zona de Quiñota, se observaron fósiles únicamente en



un nivel de caliza de 40 cm de grosor. Esta unidad se encuentra subyacente de manera concordante a la Formación Hualhuani y tiene un espesor estimado entre 100 y 200 metros.

3.1.1.4. Formación Hualhuani (Jurásico Superior)

Esta unidad presenta una composición litológica variable a lo largo de su perfil. En el nivel superior se observan areniscas cuarzosas con una matriz madura, bien consolidada, dispuestas en estratos de tamaño métrico a submétrico (entre 1 y 0,1 metros de espesor). Estas areniscas son de color blanco y rojizo cuando se encuentran intemperizadas.

La parte media de la secuencia está compuesta por una intercalación de limoareniscas (mezcla de limo y arena) de escala subcentimétrica (menos de 0,1 cm de espesor) y areniscas blanquecinas cuarzosas de grosor submétrico.

Hacia la parte inferior se observan estratos de hasta 0,50 metros de areniscas blancas cuarzosas de grano fino a medio. En conjunto, la unidad tiene un espesor aproximado de 400 metros. Se observa un contacto discordante con la Formación Murco subyacente, lo que indica una interrupción en la sedimentación. La unidad se depositó en un ambiente marino de alta energía.

3.1.2. Formación Murcco (Cretácico inferior)

La Formación Murcco, definida por Jenks, W. (1948), presenta una composición litológica variable. En su parte superior, se observa una alternancia de capas delgadas (entre uno y diez centímetros) de limoareniscas y limoarcillas, con un espesor total de alrededor de 80 metros. En la parte media, predominan areniscas blanquecinas a rojizas intercaladas con limoareniscas y limoarcillas. Esta sección aflora en los poblados de Mara, Chalhuahuacho, Patán y Quiñota, entre otros.

La edad de la Formación Murcco se infiere a partir de sus relaciones estratigráficas. Se encuentra sobre la Formación Soraya (Neocomiano inferior) y por debajo de la Formación



Ferrobamba por lo tanto, se le asigna una edad del Aptiano. La Formación Murcco se apoya concordantemente sobre la Formación Arcurquina y tiene un espesor aproximado de 350 metros.

3.1.3. Formación Arcurquina (Cretácico Medio – Superior)

La Formación Arcurquina, según lo descrito por Jenks, W. (1948), se superpone concordantemente sobre la Formación Murco en el área septentrional del cuadrángulo de Santo Tomás, donde se manifiesta como el punto más alto de una sucesión de montañas y colinas con características morfológicas suavizadas.

Esta unidad geológica presenta tres secuencias distintivas de estratificación: una inferior compuesta principalmente por estratos de caliza de hasta 2 metros de espesor, una secuencia media que exhibe estratos delgados de caliza intercalados con niveles esporádicos de dolomita, y una secuencia superior caracterizada por estratos de caliza de hasta 3 metros de grosor alternando con niveles submétricos de caliza. Esta formación se sitúa discordantemente debajo del Grupo Puno y se formó en un ambiente marino abierto y relativamente somero, propicio para la proliferación de vida bentónica abundante.

La edad de la Formación Arcurquina se establece mediante el análisis de fósiles, incluyendo *Exogira squemata* D'ORB., *Eolisiponensis* SHARPE, *Arnaudaster* cf. *Inoceramus* sp. y *Tellina* sp., que indican una edad Albiano-Cenomaniana. Otros fósiles como *Pseudodiadema* cf. *Texanum* ROEMER del Aptiano-Albiano y *Pecten* (*Weithea*) *texanus* ROEMER del Cenomaniano, también contribuyen a esta asignación temporal. La correlación estratigráfica muestra afinidades con la Formación Ayavacas del Grupo Moho, aflorando en el área del lago Titicaca, así como con la Formación Arcurquina de Arequipa, y otras formaciones como Inca, Chúlec, y Pariatambo, así como partes inferiores de la Formación Jumasha y los grupos Quilquiñán y Pullucana en el norte y centro del Perú.



3.1.4. Grupo Puno (Paleoceno – Oligoceno)

Este nombre fue introducido en la estratigrafía del sur del Perú, por Cabrera, L. & Petersen, G. (1936), al describir una potente secuencia clástica con niveles volcánicos, que yacen en discordancia angular sobre terrenos mesozoicos. En el sector noreste del cuadrángulo de Santo Tomás, localidad de Pitij, se observa una secuencia de sedimentos clásticos intercalados con areniscas cuarzofeldespáticas de color marrón. El tamaño de los clastos varía de submétrico a centimétrico en la parte superior, mientras que, hacia la base, las secuencias conglomerádicas se intercalan con areniscas cuarzofeldespáticas y limoareniscas de color marrón con un tamaño de submétrico a métrico.

Marocco (1971) menciona que Mattauer y Chanove encontraron carofitas en el Grupo Puno, cerca del lago Titicaca, que indican una edad oligocena para la secuencia.

3.1.5. Grupo Tacaza (Paleoceno – Eoceno)

Esta denominación del grupo Tacaza fue dada por Newell, N. (1949), inicialmente se le denominaba volcánico Tacaza a una serie de rocas volcánicas que afloran en la mina Tacaza del departamento Puno. Posteriormente Morocco, R. & Del Pino, M. (1966) lo recategorizan como Grupo Tacaza.

Los afloramientos del Grupo Tacaza abarcan desde las cercanías del pueblo de Santo Tomás, en las orillas del río Santo Tomás, hasta las zonas más elevadas de los cerros Joramarque, Azulacca, Casillojasa, Llaullamarca, Jatunorco, Huiscamarcoa, Usmapata, Utansa y Huiscacanche. Desde el punto de vista litológico, se distinguen dos unidades principales: en la base se presentan secuencias de brechas que contienen fragmentos subangulares de calizas y clastos de andesitas, mientras que en la secuencia superior se observan tobas líticas brechadas y alteradas, cuyos componentes líticos suelen ser de lavas andesíticas. La matriz de estas tobas es predominantemente



arenosa con un buzamiento que puede alcanzar los 25° hacia el SO. Por descansar sobre el Grupo Puno de edad Terciaria inferior (Oligoceno) e infrayacer a la Formación Maure del Mioceno - Plioceno, se le asigna una edad Oligoceno - Mioceno.

3.1.6. Formación Alpabamba (Mioceno superior)

En la parte sur central del cuadrángulo aflora una secuencia estratificada de tobas brechadas de color blanquecino. La matriz de la toba es tobácea y contiene líticos andesíticos polimícticos. Esta secuencia alterna con delgados flujos piroclásticos de tamaño submétrico. Hacia la parte superior, los estratos se adelgazan y el tamaño de los líticos disminuye. La secuencia se superpone a las secuencias volcánicas de brechas del Grupo Tacaza.

3.1.7. Grupo Barroso (Plioceno)

Las rocas del Grupo Barroso afloran al noroeste y noreste del cuadrángulo 29 - r. El Grupo Barroso está compuesto por una secuencia de rocas volcánicas, principalmente flujos piroclásticos de composición dacítica a riolítica. Se subdivide en dos complejos volcánicos:

3.1.7.1. Complejo Volcánico Malmanya (Plioceno Inferior)

Este complejo volcánico es un cuerpo rocoso homogéneo de color gris, con un aspecto masivo que se encuentra bifurcado por valles glaciares. Este complejo se subdivide en tres eventos:

- **Depósito de tobas de cristales de biotita, plagioclasa, cuarzo:** Litológicamente pertenecen a las rocas Dacíticas; estas rocas están compuestas principalmente por cristales de biotita, plagioclasa y cuarzo, con una textura porfirítica, lo que indica la presencia de cristales grandes dispersos en una matriz fina. Además, se identifican ocasionalmente pequeños líticos en estas rocas.
- **Depósito de tobas de cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita:** Durante la segunda fase del proceso de deposición, se observó una composición mineral



similar a la del depósito anterior, pero con una presencia más significativa de plagioclasa. Además, se confirmó que este segundo evento también fue de naturaleza dacítica, lo que indica que la roca volcánica presente en el depósito es rica en silicato.

- **Depósito de toba de cristales con matriz vítrea (domo):** Depósito de dacita de color gris oscuro y morfología abrupta con cerros puntiagudos. Matriz afanítica con fractura vidriosa. Contiene cristales rotos de plagioclasa, cuarzo y biotita. Presencia de pocos y pequeños líticos.

3.1.7.2. Complejo Volcánico Vilcarani (Plioceno Superior)

La formación aflora en las pampas de Vilcarani, a 41 km al oeste de Santo Tomás. Rellena los valles principales del cuadrángulo de Santo Tomás. Comprende 4 eventos distintos:

- **Depósitos Tobáceos:** El primer evento consiste en tobas de arena intercaladas con tobas de ceniza. Esta secuencia de hasta 15 metros alterna con flujos piroclásticos y tobas lapillíticas cementadas con biotita, pómez y líticos polimícticos alterados.
- **Depósito de tobas lapilli con cristales y líticos:** el segundo episodio involucra tobas soldadas compuestas por cristales y fragmentos líticos inmersos en una matriz de grano muy fino, que varía entre criptocristalina y afanítica.
- **Depósito de tobas de ceniza, pómez y líticos:** tercer evento de toba soldada de ceniza, pómez y líticos con matriz vítrea.
- **Depósito de tobas de cristales:** Cuarto evento de tobas de cristales dacíticos en matriz vítrea, de extensión limitada, cartografiado solo en zonas proximales al centro Vilcarani



3.1.8. Depósitos cuaternarios

3.1.8.1. Depósitos morrenicos

Estos depósitos glaciares afloran en las zonas elevadas, comprendidas entre las localidades de Pistoro y Patán. Se componen de clastos subredondeados inmersos en una matriz arenoconglomerádica. Los depósitos morrénicos recientes se ubican entre los 4.200 y 5.000 metros sobre el nivel del mar, como se evidencia en los nevados Malmanya y Suparausa.

3.1.8.2. Depósitos fluvioglaciares

Estos depósitos se conforman por bloques y gravas de morfología angular, compuestos por diferentes litologías, inmersos en una matriz arenosa parcialmente tobácea. Se localizan en el flanco sur del cerro Pito (cuadrángulo de Santo Tomás).

3.1.8.3. Depósito coluvial

Los depósitos en cuestión se encuentran en las laderas montañosas cercanas a las cimas, específicamente al noreste del pueblo de Mara. Están compuestos por bloques subangulosos incrustados en una matriz de arena y barro. Desde una perspectiva geológica, estos depósitos son el resultado de procesos erosivos y deposicionales que han ocurrido a lo largo del tiempo. La presencia de bloques subangulosos sugiere que el material ha sido transportado y depositado relativamente cerca de su fuente original, y la matriz de arena y barro indica que el depósito ha sido sometido a procesos de sedimentación y consolidación. En general, estos depósitos proporcionan información valiosa sobre la historia geológica y geomorfológica de la región y pueden ser útiles para estudios posteriores en el campo de la geología.

3.1.8.4. Depósito aluvial

Estos depósitos se componen principalmente de gravas y cantos angulosos de composiciones litológicas heterogéneas, inmersos en una matriz areno-arcillosa. Se presentan



conformando terrazas antiguas y recientes. En las vertientes de los valles y quebradas, estos materiales se encuentran dispuestos en forma de conos aluviales.

3.1.8.5. Depósito fluvial

Los depósitos fluviales están compuestos principalmente por arenas que contienen fragmentos de diferentes tipos de roca. Estos depósitos se encuentran a lo largo del río Chalhuanhuacho y forman terrazas fluviales. Desde una perspectiva geológica, estos depósitos son el resultado de procesos erosivos y deposicionales que han ocurrido a lo largo del tiempo. La presencia de fragmentos de diferentes tipos de roca sugiere que el material ha sido transportado y depositado desde diferentes fuentes y áreas geográficas. En general, estos depósitos proporcionan información valiosa sobre la historia geológica y geomorfológica de la región.

3.1.9. Rocas intrusivas

Las rocas plutónicas del área pertenecen al Batolito de Apurímac y están representadas por cuerpos intrusivos de composición granodiorítica, tonalítica y diorítica, los cuales han sido posteriormente intruidos por rocas subvolcánicas de composición andesítica.

3.1.9.1.1. Unidad tonalita Colquemarca

Esta unidad comprende los plutones Colquemarca, Capacmarca y Pisuropata. En Colquemarca aflora un cuerpo tonalítico más potásico y con escasa hornblenda, diferenciándose de otros similares. Algunas tonalitas están cortadas por numerosos diques de microgranitos, granitos aplíticos/pegmatíticos y rocas subvolcánicas. Generalmente son rocas leucócratas de grano medio, con plagioclasa y cuarzo como minerales esenciales. Las plagioclasas son euhedrales, macladas (baveno y carlsbad) variando entre oligoclasa, albita y labradorita.



3.1.9.1.2. *Unidad tonalita, diorita Haquira*

Esta unidad comprende los Plutones Haquira, Oscollo, Llahuane, Abandonada y Pararani. En sección delgada, las plagioclasas muestran zonación, el cuarzo se encuentra fracturado y por momentos deformado, la ortosa es escasa y mayormente como pertitas. Como minerales accesorios están presentes hornblenda > biotita, esta última en hojuelas, láminas o fibras, a veces algo cloritizada. También ocurren de forma más esporádica esfena, apatita, circón, opacos, clorita, etc. Es notoria la presencia de xenolitos ovalados de 5 a 10 cm de tamaño y grano más fino que la tonalita huésped.

3.1.9.1.3. *Unidad granodiorita Progreso*

Esta unidad comprende los plutones Fuerabamba, Progreso y Chalcobamba. Al norte del cuadrángulo de Santo Tomás aflora un cuerpo granodiorítico, de textura fanerítica, grano medio a grueso, colores que varían de leucócratas a mesócratas con predominio del gris claro. Macroscópicamente, esta roca exhibe una coloración leucócrata con manchas negruzcas correspondientes a los minerales máficos hornblenda y biotita presentes.

Microscópicamente predomina una facies de granodiorita leucócrata, grano grueso a medio, con hornblenda y biotita. Compuesta por ~60% plagioclasas, 20% cuarzo, 10% ortosa y <10% accesorios como hornblenda, biotita, esfena, apatita, circón, cloritas, calcitas y limonitas. Las plagioclasas están macladas, zonadas y parcialmente reemplazadas por ortosa (oligoclasa-labradorita). El cuarzo es intersticial, microfracturado con extinción ondulante. La ortosa es anhedral apertítica con leve alteración a caolín. Los ferromagnesianos son principalmente hornblenda verde corroída a veces cloritizada. Este intrusivo granodiorítico está cortado por diques afaníticos subvolcánicos fallados y diaclasados.



3.1.9.1.4. Unidad diorita Llajua

Esta unidad comprende los plutones Anta Anta, Pampa, Llajua, Pucrucancha, Patán, Charamuray, Ferrobamba y Cochasyhuas. Los cuerpos dioríticos afloran en la margen izquierda del río Santo Tomás. En Anyo, la diorita de grano medio está cortada por diques cuarcíferos. Microscópicamente consta de 80% plagioclasas (andesina, albita, labradorita), <10% ortosa, 4% cuarzo. Como accesorios <5% hornblenda verde azulada prismática y biotita marrón rojiza en hojuelas. Además, esfena, apatita, circón, opacos <1%. Minerales de alteración <0.1% como calcita, sericita, epidota, actinolita, clorita, uralita y hematita.

3.1.10. Unidades subvolcánicas

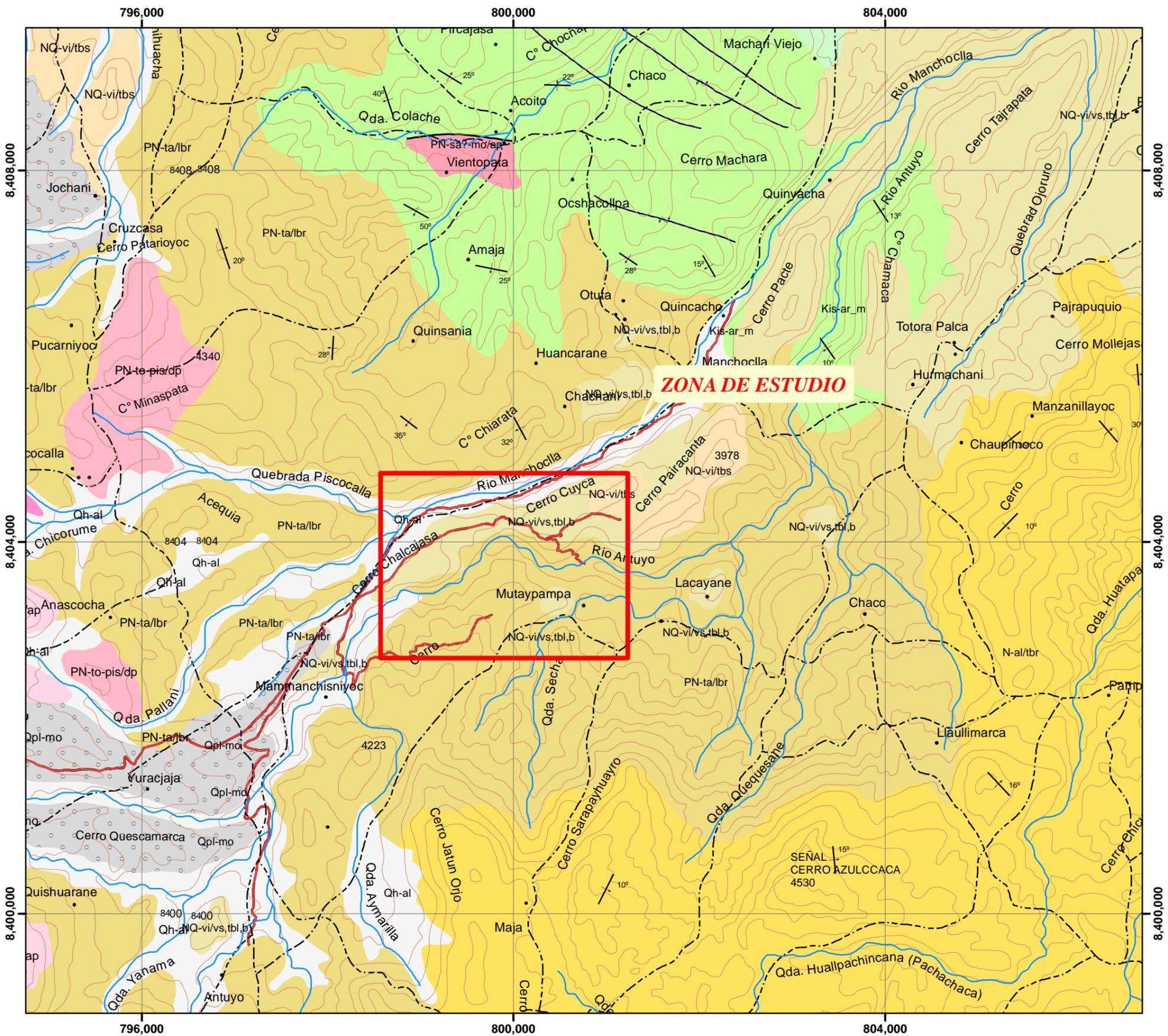
Estas rocas afloran como apófisis, stocks irregulares, diques y sills, intruyendo los cuerpos plutónicos. La mayoría se relacionan a sistemas de fallas regionales, aunque algunas carecen de orientación definida o tienen disposición radial desde centros/chimeneas volcánicas, como en el cerro Utunsa-Chaquicocha donde un intrusivo silíceo masivo emite diques radiales que cortan a los volcánicos Tacaza. Predominan composiciones andesíticas y dacíticas, con menores microdioritas, microgranitos, monzonitas, cuarzolatitas y latitas afaníticas.

3.1.10.1.1. Unidad subvolcánica Sañayca

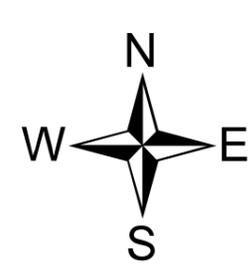
Esta unidad comprende los subvolcánicos andesíticos de Congota, Molle, Cochasyhuas y Chalcobamba. Presentan textura porfírica con fenocristales de plagioclasa, biotita y hornblenda en una matriz afanítica. Intruyen a la Formación Arcurquina y plutones, como los diques al este de Santo Tomás. Su mejor exposición ocurre cerca de la comunidad de Molle.

3.1.10.1.2. Unidad subvolcánica Totorá

Afloran en Totorá y Pistoro como una roca casi cristalina con matriz criptocristalina, correspondiente a una dacita porfírica.



ZONA DE ESTUDIO



FUENTE: INGEMMET actualizado en 2003 por Galdos, J.

| ERA TEMA | SIS TEMA | SERIE | UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS | DESCRIPCIÓN | LITOESTRATIGRAFIA DE INTRUSIONES PLUTONICAS Y SUBVOLCANICAS | LITOESTRATIGRAFIA DE MORFOESTRUCTURAS VOLCANICAS DEL GRUPO BARROSO COMPLEJO VOLCANICO VII CABANI | | |
|-----------|-------------|-------------|------------------------------|-----------------------|---|--|---|--|
| CENOZOICA | CUATERNARIO | Holoceno | Qh-bo | Depósitos Bofedales | Sedimentación en un ambiente subacuoso con vegetación abundante que aflora en regiones altas y lagunas. Conformado por arenas, limos, y niveles orgánicos. | | | |
| | | | Qh-co | Depósitos Coluviales | | | | |
| | | | Qh-al | Depósitos Aluviales | Componentes clásticos milimétricos a centimétricos, polimítico. Afloran relleno de cuencas hidrográficas actuales. | | | |
| | | | Qpl-mo | Depósitos Morrénicos | Sedimentos con componentes líticos hasta más de un metro, con matriz arenosa milimétrica a subcentimétrica. Forma laderas estructurales (Río Aljalla, Sector SurOeste). | | | |
| CENOZOICA | NEÓGENO | Pleistoceno | Qp-sto | Formación Santo Tomás | Lavas gris oscuro afaníticas de composición traquiandesítica con estructura columnar visible. | | | |
| | | | Np-hu/pi | Grupo Barroso | | | | |
| CENOZOICA | PALEÓGENO | Oligoceno | N-al/tbr | Formación Alpabamba | Secuencia piroclástica con matriz tobácea, pomez, líticos | | | |
| | | | Paleoceno | Eoceno | PN-ta/lbr | Grupo Tacaza Brecha | Secuencia de brechas lavas alterados, presenta coloraciones verdosas. | |
| | | | | | | | | |
| MESOZOICA | CRETÁCEO | Superior | Kis-ar_s | | Secuencia de estratos métricos de calizas micríticas | | | |
| | | | Kis-ar_m | Formación Arcurquina | Secuencias de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas centimétricas. | | | |
| | | | Kis-ar_i | | Secuencias de calizas micríticas masivas. | | | |
| | | Inferior | Ki-mu | Formación Murco | Hacia la base intercalación de arenas pardo rojizas con limoarenas y lutitas. En la parte media estratos submétricos de areniscas cuarzosas. En la parte superior intercalación de areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojizas. | | | |
| MESOZOICA | JURÁSICO | Superior | Ki-hu | Formación Hualhuani | Arenas cuarzosas blancas en estratos métricos, grano medio | | | |
| | | | Js-gr | Formación Gramadal | Lutitas, areniscas gris oscuro. Al medio calizas hasta de 7 metros de grosor, al tope lutitas, areniscas y niveles carbonatados restringidos. | | | |
| | | | Js-la | Formación Labra | Arenas cuarzo-feldespáticas en estratos milimétricos a centimétricos de color gris, intercalados con arenas cuarzosas blanquesinas, limoarenas, lutitas y un nivel delgado de calizas (5 m). | | | |

| SIMBOLOGIA | |
|------------|------------------------|
| + | BUZAMIENTO |
| — | DRENAJE |
| — | Falla |
| △ | Falla Inversa |
| - - - | Falla inferida |
| - - ? - | Falla inversa inferida |
| — | TOPOGRAFIA |
| • | PUEBLO |
| - - - | VIAS |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|----------------------|----------------|--|
| Unidad Sanayca | Subvolcánico Molle | PN-sa?-mo/ap | Andesita porfirítica | NQ-vi/tbs | Flujo piroclástico color gris blanquecino. |
| Unidad Lijaja | Plutón Charamuray | PN-li-cha/di | Diorita | NQ-vi/vs,tbl,b | Depósito piroclástico de caída moderadamente soldada (toba lapilli, ceniza y biotita) de color gris blanquecino y estructura columnar visible. |
| Unidad Colquemarca | Plutón Pucranca | PN-li-p/di | Diorita | | |
| | Plutón Colquemarca | PN-co-co/to | Tonalita | | |

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUINOTA-CHUMBIVILCAS"

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

| | |
|---|--|
| BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A. | PLANO: Nº - 06 |
| ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:50,000 PROYECCION: UTM, WGS 84 |
| | FECHA: MARZO, 2024 |



3.2.GEOLOGÍA LOCAL

La litología del prospecto minero Condortiyana está conformada por rocas volcánicas de composición predominantemente félsica a intermedia, tales como lava andesítica, toba lítica polimíctica, toba dacítica y ceniza volcánica. Asimismo, se encuentran presentes depósitos cuaternarios. Estas rocas han experimentado un intenso intemperismo y alteración hidrotermal, especialmente en el cerro Condortiyana, Charcaccasa y las vertientes de los ríos Antuyo y Querpuko.

3.2.1. Rocas volcánicas

3.2.1.1. Volcánico dacítico

El volcánico dacítico aflora en la zona de estudio como una unidad masiva de color gris rojizo, subyacente a las tobas líticas. La roca presenta una textura porfirica, con fenocristales de plagioclasa y cuarzo embebidos en una matriz afanítica. Se observan estructuras de flujo y vesículas rellenas de minerales secundarios, indicando un origen volcánico. El intenso diaclasamiento y la presencia de brechas polimícticas sugieren una fracturación y alteración posterior a la consolidación, posiblemente relacionada con procesos tectónicos e hidrotermales. Mineralógicamente, la roca está compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa y biotita, lo que es característico de las rocas volcánicas dacíticas.



Foto N.º 9: Volcanico dacitico de color rojo plumizo brechado



3.2.1.2. Lava andesítica

En el prospecto minero Condortiyana, la unidad volcánica andesítica presenta una amplia gama de alteraciones hidrotermales, evidenciada por variaciones en el color, desde gris oscuro en zonas frescas hasta tonos blanquecinos y amarillentos en áreas intensamente alteradas.

Las lavas andesíticas del prospecto Condortiyana afloran principalmente en la porción central del área de estudio, presentan una textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa de hasta 1 a 5 mm inmersos en una matriz afanítica de color gris oscuro a verdosa. Estas lavas están asociadas al volcanismo del Grupo Tacaza y se encuentran intercaladas con tobas líticas y flujos piroclásticos. Los análisis petrográficos confirman la presencia de plagioclasa, piroxenos y hornblenda como minerales principales, lo que es consistente con su composición intermedia. La presencia de vetillas de cuarzo y óxidos de hierro (jarosita, hematita, goetita) indica la circulación de fluidos hidrotermales oxidantes a lo largo de fracturas preexistentes. La andesita alterada actúa como una roca huésped para la mineralización, proporcionando porosidad y permeabilidad a los fluidos mineralizantes.



Foto N.º 10: Estructura brechada con relleno hidrotermal silificado, matriz lava andesítica.



3.2.1.3. Toba lítica

Toba lítica de composición andesítica del prospecto Condortiyana es una roca volcánica piroclástica caracterizada por la presencia de fragmentos de naturaleza subangulosa, de origen polimíctico y con una granulometría heterométrica (de tamaños variables), lo que sugiere su formación a partir de la deposición de material volcánico fragmentado.

Esta unidad presenta una coloración predominantemente blanquecina debido a un grado avanzado de alteración hidrotermal, con sectores que varían hacia tonos blanco-rojizos y naranja, lo que indica la presencia de procesos de oxidación y alteración supergénica. La alteración hidrotermal, principalmente argilización (desarrollo de minerales arcillosos), está acompañada por la oxidación de minerales ferrosos, evidenciada por la presencia de hematita (Hm) y limonita, que impregnan la matriz de la toba, especialmente en forma de mantos o capas delgadas. La toba exhibe seudoestratificaciones paralelas de bajo ángulo.



Foto N.º 11: Afloramiento de toba lítica (conglomerado volcánico), con fragmentos polimicticos, heterolíticos y subangulosos. Grupo Tacaza.



3.2.1.4. Toba

En el prospecto minero Condortiyana, la toba de composición dacítica se presenta como una roca volcánica piroclástica de composición intermedia a félsica, caracterizada por su color blanco rosáceo y una excelente soldadura, dando la denominación litológica de toba dacítica bien soldada. La presencia de fenocristales de cuarzo, aunque en proporciones menores al 5%, es distintiva y confiere a la roca un aspecto característico con "ojos de cuarzo" dispersos en la matriz.

La disposición estructural es columnar, visible en la parte superior del grupo Barroso en el cerro Charcaccasa, sugiere que la toba forma parte de un depósito piroclástico de flujo. Esta litología subyace a los volcánicos andesíticos, indicando una secuencia deposicional. En las penillanuras de Charcaccasa, entre las vertientes de los ríos Antuyo y Querpucó, la presencia de esta toba dacítica indica una extensa distribución lateral de las secuencias piroclásticas.



Foto N.º 12: Afloramiento de tobas dacíticas, con ojos de cuarzo, tonalidad rosácea, coronando las partes altas. Grupo Barroso.



3.2.1.5. Ceniza volcánica

La ceniza volcánica presente en el área de estudio corresponde a un depósito piroclástico de grano fino, de naturaleza pulverulenta y escasa consolidación. Visualmente, se caracteriza por un color gris blanquecino y una textura áspera al tacto, atribuible a la presencia de abundantes fragmentos vítreos angulosos. Estratigráficamente, esta unidad suprayace a tobas de composición dacíticas bien soldadas, indicando una secuencia deposicional en la que la actividad volcánica evolucionó hacia la producción de materiales más finos. La acumulación de estas cenizas ha dado lugar a un relieve suave y ondulado, formando lomadas características del paisaje.



Foto N.º 13: *Vista panorámica de las cenizas volcánicas depositadas sobre las tobas dacíticas del grupo Tacaza en Cahrcaccasa.*



3.2.2. Unidades sub volcánicas

3.2.2.1. Pórfido andesítico

El pórfido andesítico en Condortiyana corresponde a una intrusión subvolcánica con textura porfirítica, caracterizada por fenocristales de plagioclasa y hornblenda en una matriz afanítica. Su color varía de gris oscuro a verdoso, y muestra fracturas rellenas de cuarzo y minerales como clorita y sericita, indicando un leve grado de alteración propilítica y filica. Esta alteración, típica de las zonas externas de sistemas hidrotermales, indica una circulación de fluidos hidrotermales a temperaturas moderadas. Además, la diseminación de sulfuros, como pirita, calcopirita y esfalerita, sugiere un potencial de mineralización asociado a estos procesos hidrotermales. Geológicamente, este pórfido se encuentra intruyendo una secuencia de lavas andesíticas y tobas líticas.



El pórfido andesítico contiene un sistema de vetillas de sílice (silisificación) que, en algunos casos, forma una estructura tipo stockwork. Este stockwork indica una intensa silicificación una circulación de fluidos hidrotermales a través de fracturas en la roca.

Foto N.º 14: Afloramiento de andesita porfirítica, con moderada a fuerte sericitización e intenso vetilleo polidireccional de óxidos de hierro.



3.2.3. Depósitos cuaternarios

3.2.3.1. Deposito coluvial

En el área de estudio, los depósitos coluviales están compuestos principalmente por fragmentos de rocas volcánicas, como andesita porfirica, andesita volcánica, tobas dacíticas y cenizas volcánicas. El tamaño de los fragmentos varía desde bloques hasta partículas finas, formando una matriz de cenizas y limos en las partes superiores de Charcaccasa. En las laderas y vertientes, estos depósitos se organizan en conos de deyección de menor tamaño, compuestos por una mezcla de limos, arenas y gravas. Los depósitos coluviales presentan una textura caótica y carecen de estratificación. Estos depósitos cuaternarios son actualmente utilizados para actividades agropecuarias.



Foto N.º 15: Depósitos coluviales, formando conos de deyección.



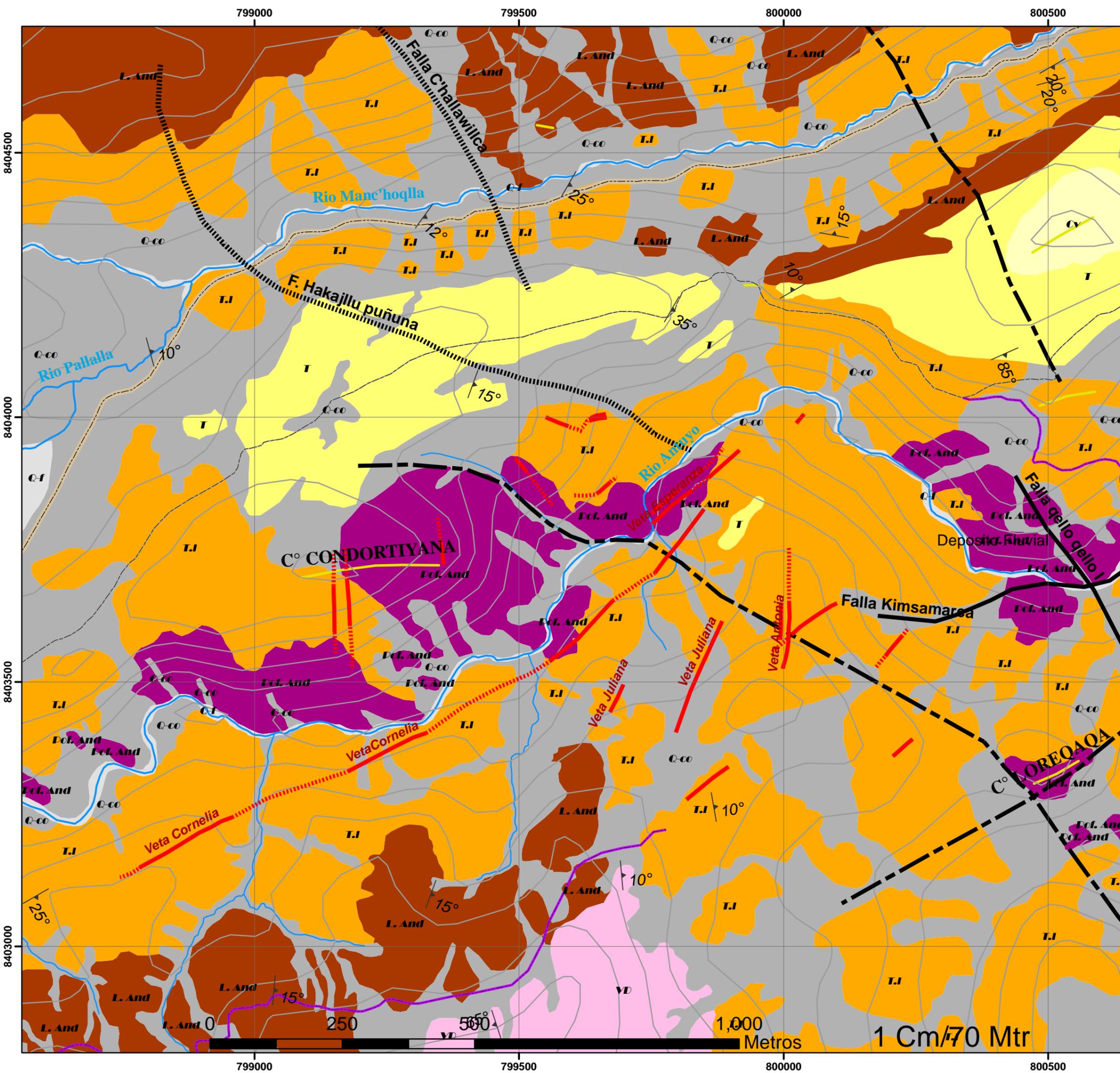
3.2.3.2. Depósito aluvial

Dentro del área de estudio, estos depósitos se localizan en las partes altas del cerro Charcaccasa, las mesetas de Kimsachata y las fajas marginales de los ríos Antuyo y Querpuko. Su composición varía según la ubicación: en las partes más elevadas predominan fragmentos de rocas volcánicas como cenizas y fragmentos líticos de mayor tamaño; mientras que en las orillas de los ríos se encuentran principalmente limos, arenas de origen volcánico y gravas subredondeadas a redondeadas, con una mala selección granulométrica y una alta heterogeneidad.



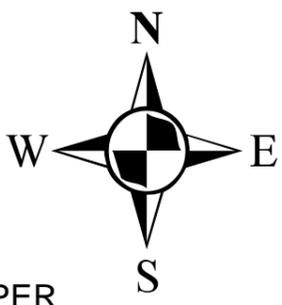
Foto N.º 16: Depósitos Aluvio fluviales en los márgenes del rio Antuyo.





SIMBOLOGIA

- Pseudoestratificaciones
 - Veta Definido
 - Veta Diferido
 - F. Normal
 - F. Inversa
 - F. Dextral
 - Lineamiento
- VIAS**
- CAMINO DE HERRADURA
 - CARRETERA AFIRMADA
 - TROCHA CARROZABLE
 - CN25CC
- RIOS**
- QUEBRADA
 - RIO
 - CERROS ESPER



| SIMBOLOGIA | | LEYENDA | |
|------------|-----------|--------------------|---|
| | Q_al | Deposito aluvial | Principalmente limos, arenas de origen volcanico y gravas subredondeadas a redondeadas, con una mala seleccion |
| | Q_co | Deposito coluvial | Compuestos por una mezcla de limos, arenas y gravas de origen volcanico y presentan una textura caotica sin estratificacion |
| | Cv | Ceniza volcanica | Deposito piroclastico de grano fino, de naturaleza pulverulenta y escasa consolidacion, de color gris blanquesino. |
| | T | Toba | Toba de composicion dacitica bien soldada con fenocristales de cuarzo menores a 5%, con disposicion estructural vertical |
| | T.l | Toba litica | Roca volcanica andesitica piroclastica caracterizada por la presencia de fragmentos de naturaleza subangulosa, de origen |
| | L. And | Lava andesitica | Textura porfitica, con fenocristales de plagioclasa de hasta 1 a 5 mm inmersos en una matriz afanitica de color gris oscuro a |
| | Vd | Volcanico dacitico | Roca compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa y biotita; con fenocristales y bechamiento polimictico |
| | Porf. And | Porfido andesitico | Intrusion subvolcanica con textura porfitica, caracterizada por fenocristales de plagioclasa y homblenda en una matriz afanitica. |

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUINOTA-CHUMBIVILCAS"

MAPA DE GEOLOGIA LOCAL

| | | |
|-------------|--|--------------------------|
| BACHILLER: | ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A. | PLANO: N° - 07 |
| ASESOR: | MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:7,000 PROYECCION: UTM, WGS 84 | FECHA: MAYO, 2024 |

1,000 Metros
1 Cm/70 Mtr



CAPITULO IV

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La corteza del sur de Perú está formada por diferentes bloques o dominios estructurales contiguos, cada uno con su propia evolución sedimentaria, tectónica, magmática y metalogénica. Los límites de estos grandes bloques están marcados por complejos sistemas de fallas NO-SE, en algunos casos también por unidades magmáticas mesozoicas y cenozoicas, y además por depósitos minerales. Estos bloques estructurales han condicionado la paleogeografía mesozoica, la cual ha controlado la evolución andina. Estos bloques han regulado la evolución y el emplazamiento de los yacimientos minerales, definiendo varias franjas metalogénicas.

Los Andes Centrales del Sur de Perú constituyen un área clásica de levantamiento debido principalmente al tectonismo compresivo. Sin embargo, este tectonismo ha sido cíclico y episódico, reflejado por la presencia de eventos de extensión relacionados con períodos de relajación entre los eventos compresivos (Noble et al., 1999). En este marco tectónico, son habituales los movimientos de deformación transtensiva y transpresiva, donde ocurren cambios rápidos en la dirección de los esfuerzos.

el estudio estructural pretende identificar los principales sistemas de estructuras, proponer su cinemática (movimiento) e indicar la orientación de los esfuerzos que habrían dado lugar a su formación. Además, se menciona que otro objetivo es reconocer los sistemas estructurales más favorables para la circulación de fluidos magmáticos e hidrotermales.

4.1. DOMINIOS ESTRUCTURALES EN LOS ANDES DEL SUR DEL PERÚ

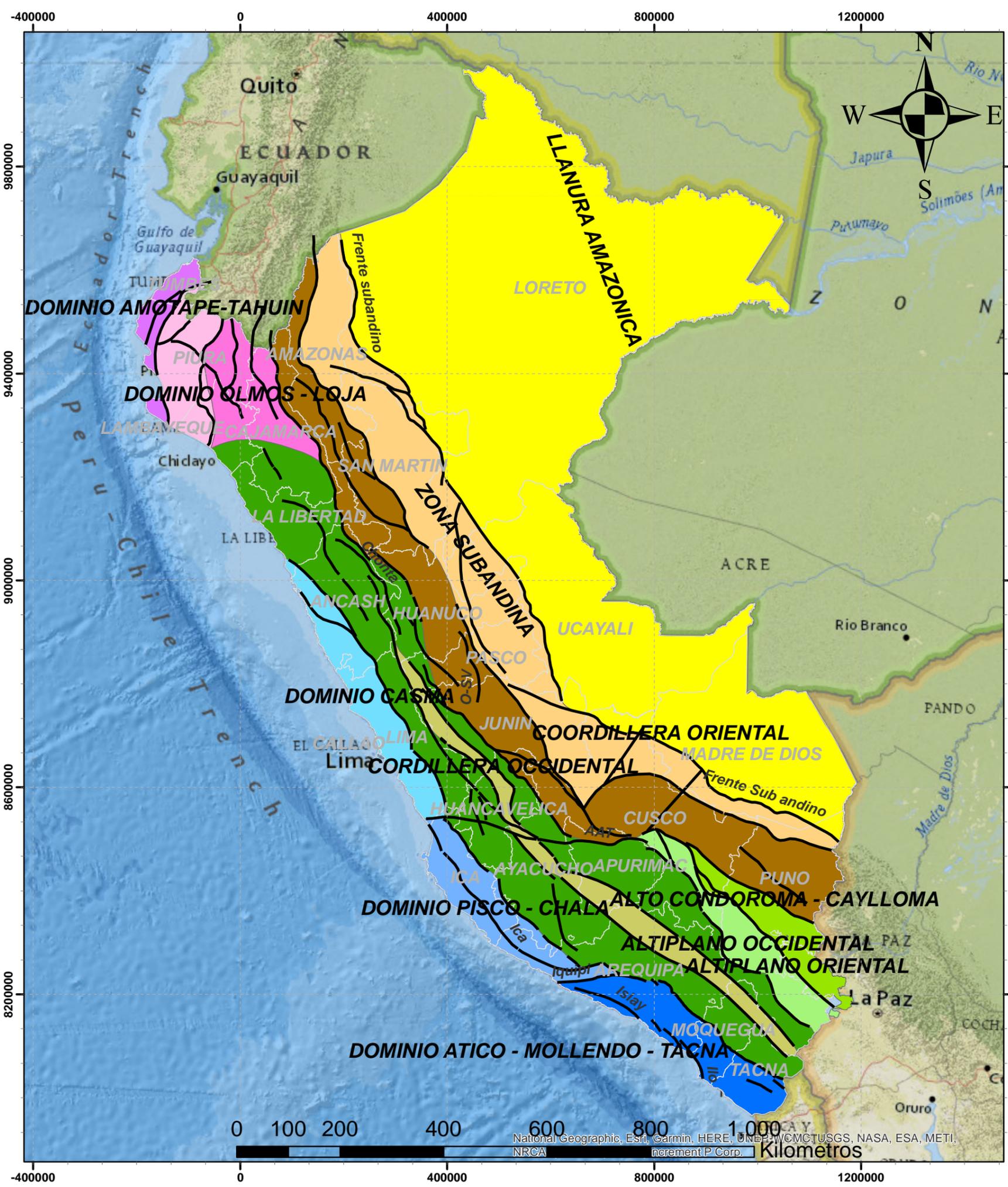
En el sur del Perú, las unidades morfo-estructurales de la cadena de los Andes se caracterizan por su forma alargada en dirección NO-SE (Carloto, V. 2006), que es paralela al eje principal de la cordillera. La división tradicional de esta región, de oeste a este, incluye la Zona



4.1.1. Borde nor-este de la cordillera occidental

La región del Borde Nor-Este de la Cordillera Occidental se identifica como una zona relativamente plana conocida comúnmente como superficie puna, con altitudes que oscilan entre 4000 y 4300 m. Esta área se ve afectada por la profunda incisión de los valles, incluyendo el valle del río Apurímac, que desciende entre 3000 y 2000 m en la zona de estudio. Desde una perspectiva paleogeográfica, este dominio representa el borde nor-este de la cuenca occidental mesozoica, donde se depositaron sedimentos silico-clásticos y carbonatados durante el Jurásico y el Cretácico. Las formaciones sedimentarias en esta región presentan pliegues cilíndricos de orientación E-0 a ONO-ESE, con planos axiales verticales o ligeramente inclinados hacia el suroeste. Estos pliegues se extienden a lo largo de decenas de kilómetros y a veces muestran desplazamientos leves debido a fallas inversas. Asimismo, se observan pliegues NESO que deforman los pliegues anteriores, creando patrones de interferencia característicos, como se puede apreciar en los cuadrángulos de Antabamba, Santo Tomas y Chalhuanca (Pecho, 1981).

En esta área, destaca la presencia del batolito Andahuaylas-Yauri (Eoceno-Oligoceno inferior), una formación de naturaleza calco-alcalina que intruye en las series mesozoicas. En la parte sur, se encuentran extensas secuencias volcánicas cenozoicas y plio-cuaternarias del arco principal. Los límites norte y nor-este está definidos por un sistema de cabalgamientos, inicialmente de orientación E-0 (Abancay-Limatambo-Zurite) y posteriormente NOSE (Huanquite-Accha), que forman parte del sistema Cusco-Lagunillas-Mañazo (Carlotto, 1998; Carlotto et al., 2002). Es importante hacer mención que nuestra zona de estudios se encuentra ubicada dentro del dominio estructural de la cordillera occidental parte sur de esta misma.



LEYENDA

- Grandes_fallas
- Departamentos del Peru

Dominio_Estructural

- ALTIPLANO OCCIDENTAL
- ALTIPLANO ORIENTAL
- ALTO CONDOROMA - CAYLLOMA
- COORDILLERA ORIENTAL
- CORDILLERA OCCIDENTAL
- DOMINIO AMOTAPE-TAHUIN
- DOMINIO ATICO - MOLLENDO - TACNA
- DOMINIO CASMA
- DOMINIO OL MOS - LOJA
- DOMINIO PISCO - CHALA
- DOMINIO SECHURA-LANCONES
- LLANURA AMAZONICA
- ZONA SUBANDINA
- AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

- Departamentos del Peru
- Capital_Provincial
- Capital_Departamental
- Capital_Distrital
- Grandes_fallas
- borde continental
- AREA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"

MAPA MORFOESTRUCTURAL

BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana
 HUAYHUA SALVADOR, JOSE A.

ASESOR: MGT. ZEGARRA CARREÓN, MAURO

PLANO: No - 03

ZONA 18L | ESCALA: 1:8,000,000 | FECHA: FEBRERO, 2024
 PROYECCION: UTM, WGS 84



4.1.1.1. Zona no deformada

Está representada por rocas volcánicas post-orogénicas (Volcánico Sencca y grupo Barroso) y depósitos cuaternarios que no experimentaron perturbaciones significativas. Las rocas volcánicas muestran una ligera inclinación con estratificación horizontal, y también presentan ondulaciones que son resultado del levantamiento de la cordillera Andina durante el período Plio-Cuaternario. En la superficie de las lavas del grupo Barroso se pueden observar fracturas tensionales causadas por el enfriamiento de las lavas.

4.1.1.2. Batolito Andahuaylas-Yauri (Batolito de Apurímac).

Durante el período Paleoceno, el batolito Andahuaylas-Yauri se formó en condiciones transpresionales, según investigaciones realizadas por Perello, Carlotto, Furter y Muhr en 2003. El proceso de formación de este batolito ocurrió en tres etapas, como lo indican O. Palacios, A. Sánchez y F. Herrera en un informe del INGEMMET de 1995.

- Durante la etapa inicial, se observa la presencia de rocas calcoalcalinas (gabro, diorita) que se solidificaron en las secciones inferiores de la cámara magmática, a temperaturas de 1000 °C y una presión de 2-3 bares.
- Durante las etapas intermedias, se pueden identificar rocas como monzonita, diorita de cuarzo, cuarzo monzonita y granodiorita, las cuales presentan colores más claros y una textura que varía de equigranular a porfirítica. Este tipo de rocas representan la mayor parte del batolito.
- En la etapa conclusiva, se observa que las intrusiones de granodioritas con composición dacítica rodean al batolito (Perello, et all. 2003).

El control estructural del batolito está vinculado a los sistemas de fallas Urcos-Sicuaní-Ayaviri (USA), Cusco-Lagunillas-Mañazo (CLM), Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-



Licapa y Abancay-Condorama-Caylloma. La mineralización de Cu-Mo (Au) está asociada con intrusiones intermedias y ácidas, las cuales son generadas por estos sistemas de falla y han dado lugar a grandes yacimientos minerales en operación en la actualidad, como Tintaya, Katanga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haqira, Los Chancas, Anllas, Trapiche, entre otros.

Las diversas rocas plutónicas del batolito Apurímac atraviesan y metamorfizan las formaciones mesozoicas, así como las del Terciario Inferior, que ya habían sido afectadas por eventos tectónicos previos. Por otro lado, las rocas hipabisales afectan a las formaciones del Terciario Superior (Oligoceno-Mioceno) y se consideran como las últimas manifestaciones del magmatismo, estando relacionadas con la mineralización en la zona, según el estudio de (Perello, J. et al de 2003).

4.1.1.3. Zona afectada por la orogenia andina

Los rasgos estructurales predominantes corresponden a las dos fases finales más significativas de la orogenia andina, donde más del 80% del área deformada sigue la configuración estructural general de la cordillera de los Andes, caracterizada por una orientación Noroeste-Sureste (NO-SE). Por otro lado, las estructuras restantes no se adhieren a este esquema, mostrando orientaciones Este-Oeste (E-O) y siendo notablemente menos prominentes que las previas, (O. Palacios, et al. 1995).

4.1.2. Formación de la cordillera de los andes

La Cordillera de los Andes, majestuosa cadena montañosa que recorre el borde occidental de América del Sur, es el resultado de un complejo proceso geológico que se inició hace millones de años. La principal fuerza impulsora detrás de su formación fue la colisión entre la placa de Nasca y la placa Sudamericana. A medida que la placa de Nasca se desplazaba hacia el este, chocó



contra la placa Sudamericana, provocando la deformación progresiva de la corteza terrestre. Esta deformación no fue uniforme, sino que estuvo condicionada por diversos eventos tectónicos. Los esfuerzos tectónicos se concentraron en la litosfera, la capa rígida de la Tierra, comprendida entre la fosa peruano-chilena al oeste y el escudo brasileño al este.

La raíz de los Andes, la parte de la litosfera que se hunde en el manto terrestre, presenta una estructura arqueada cóncava. Esta forma peculiar se debe a la aplicación de esfuerzos tectónicos progresivos y al peso de la litosfera sobre ella. A medida que la raíz se hunde en el manto, compuesto por rocas fundidas, se produce un engrosamiento litosférico considerable, alcanzando los 200 km de espesor. En contraste con el hundimiento de la raíz, la superficie de los Andes se eleva, alcanzando un máximo de 7 kilómetros sobre el nivel del mar (en el pico Huascarán). Esta diferencia de altura entre la raíz y la superficie se puede comparar con un iceberg, donde la mayor parte de la masa se encuentra sumergida bajo el agua. De esta manera, la Cordillera de los Andes se asemeja a pequeñas elevaciones continentales en comparación con la masa hundida de su raíz (Dalmayrac, P. C. (1998).

4.1.2.1. Pliegues

La configuración principal del plegamiento está compuesta por una serie de anticlinales y sinclinales asimétricos de gran magnitud, cuyos ejes se extienden por más de 15 km. En su mayoría, estos pliegues se inclinan hacia el norte y noreste, y en menor medida, hacia el suroeste, como se observa en la zona central y noreste del cuadrángulo de Santo Tomas y en la región central y lado norte de Antabamba. Los pliegues formados en las cuarcitas del Grupo Yura y la Formación Ferrobamba presentan una inclinación de entre 40° y 50° al noreste y están asociados con grandes fallas normales, inversas y de rumbo. Las formaciones menos resistentes, como las lutitas y arenosas del Grupo Yura y las lutitas de la Formación Mara, presentan pliegues regularmente



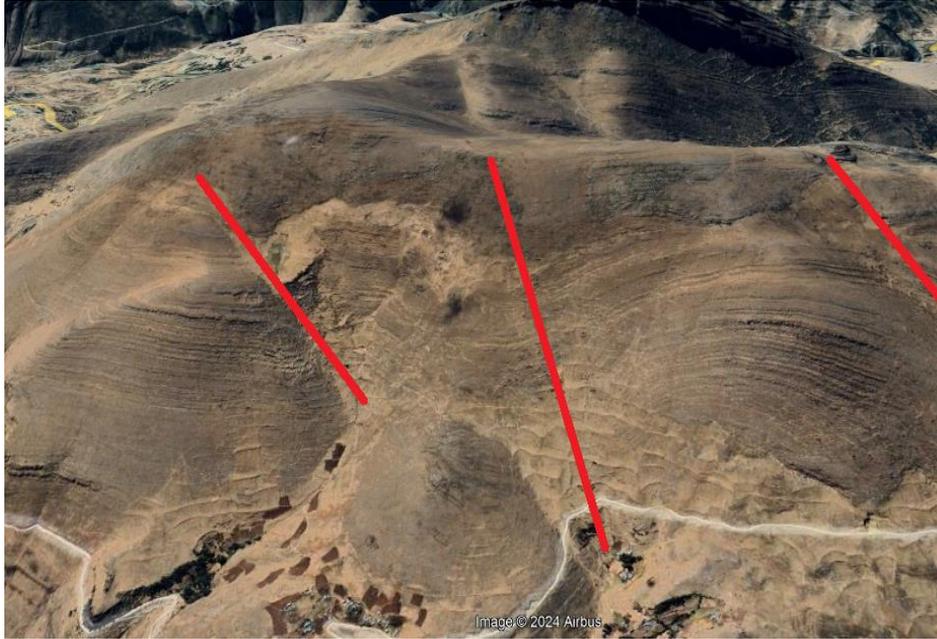
apretados y un gran número de fallas pequeñas de carácter local. Las fallas de mayor magnitud cortan profundamente estas formaciones y están relacionadas con la fase de la orogenia andina.

En el cuadrángulo de Santo Tomas, la estructura principal es un gran anticlinal que atraviesa los pueblos de Llusco, Quiñota y Mara, y se extiende por más de 30 km con un rumbo variable entre N70°W y N80°W. Esta estructura afecta a las lutitas y areniscas de la Formación Mara y, en su extremo noreste, a las calizas de la Formación Ferrobamba, hasta desaparecer cerca de la intrusión diorítica al oeste de Mara. La parte central de este anticlinal presenta pequeñas intrusiones y en sus extremos se observan series de anticlinales y sinclinales de menor extensión, regularmente espaciados y con el mismo rumbo. Estos pliegues son amplios, generalmente asimétricos y ligeramente inclinados hacia el sur, lo que podría considerarse como un anticlinorio.

En la zona central del cuadrángulo de Santo Tomas, entre Haqira al norte y Santo Tomas al sur, existe una serie de anticlinales que han comprimido a las formaciones del Grupo Yura y a las calizas de la Formación Ferrobamba. Estos pliegues son simples, simétricos, con planos axiales casi verticales y presentan un alineamiento con dirección N30° - 50°. Sus extremos están truncados por grandes cuerpos de tonalita al norte y diorita al sureste. En el profundo valle del río Mollechaca, en el distrito de Quiñota, los pliegues se encuentran bien apretados y acompañados por fallas locales de pequeña magnitud, paralelas a la dirección del plegamiento (Pecho, V. 2003).



Foto N.º 17: Estructuras plegadas con fallas locales del cuadrángulo de Santo Tomas (Cerro Queqqaña), al sureste del poblado de Quiñota y al noreste de la zona de estudios.



4.1.2.2. Fallas

Son generalmente de considerables dimensiones con trazas de fracturamiento y cizallamiento, los cuales en algunos casos pasan de los 200m, constituyendo áreas de poca estabilidad y constantes deslizamientos, como a lo largo de la Falla Mollebamba, Challhuanca, Vilcabamba, Condorsilla, San Antonio, Santo Tomas, etc. Estas fallas también presentan ramificaciones en sus extremos originando complicaciones estructurales principalmente las dos primeras.

Por otra parte, una serie de quebradas y los grandes valles han sido labrados sobre estructuras de fallas. Así como el valle de Challhuanca en el tramo norte sigue la traza de la falla Challhuanca y en su tramo central, la de Mollebamba.

➤ **Falla Santo Tomas**

Esta zona se distingue por presentar dos escarpes paralelos con orientación N 145° E y pendientes de 70°-75° hacia el suroeste. Estas trazas de fallas deforman una superficie compuesta



por depósitos volcánicos del Mioceno a lo largo de aproximadamente 18 kilómetros. El segmento ubicado a 7,5 kilómetros en dirección suroeste también deforma depósitos fluvioglaciares y aluviales con movimientos de tipo normal con rumbo NW-SE. No se observa un escarpe, probablemente debido a la erosión, pero los registros sísmicos del IGP indican actividad sísmica superficial en este sector y adyacentes a los segmentos de fallas, lo que sugiere su actividad (Benavente, C. et all. 2013).

➤ **Características estructurales en el sector Santo Tomás-Quiñota-Patán**

En esta área se puede apreciar un plegamiento NO-SE, el cual presenta una deformación moderada en rocas pertenecientes a la Formación Arcurquina. En este sector, se han registrado y mapeado lineamientos que guardan relación con los plegamientos debido a su orientación similar.

4.1.2.3. Estructuras anti andinas

Estas estructuras están alineadas generalmente con la dirección principal de los Andes Peruanos, siguiendo direcciones NE-SO y E-O, y son de menor magnitud que las andinas, afectando a rocas mesozoicas. La variación en la orientación de estas estructuras se debe principalmente a que se han adaptado al modelo tectónico herciniano, que actuó como un núcleo rígido orientado aproximadamente este-oeste, como en el caso de la Deflexión de Abancay (Marocco, V. 1975). Secundariamente, los efectos de torsión producidos por las fallas de desplazamiento horizontal o la acción tensional provocada por el emplazamiento de los grandes cuerpos plutónicos también pueden influir en la variación de la orientación. Se pueden observar estructuras que siguen estas direcciones y que afectan a rocas mesozoicas en las áreas de Haquira, Huanacopampa y Record. (Galdos, J. & Carrasco, S. 2003).



4.2. TECTÓNICA

Nuestra zona de estudio se enmarca en la evolución tectónica del Cenozoico, dominada por el evento quechua. Está ubicada entre los bloques Puquio-Caylloma y Andahuaylas-Yauri, donde se reconocen al menos ocho sistemas de fallas regionales con orientación andina (NO-SE). Estas fallas generan corredores estructurales locales (EO, NE-SO, NS) que favorecieron la circulación de fluidos hidrotermales y el emplazamiento de yacimientos epitermales de baja e intermedia sulfuración entre los 18 y 16 Ma (Carlotto et al., 2002). Además, la discordancia entre la Formación Anta y el Grupo Tacaza marca el evento compresivo más antiguo (>24 Ma), seguido por movimientos sinistral y de tipo inverso entre los 24 y 22 Ma.”

La configuración geomorfológica de los Andes se origina a raíz de la ejecución de las etapas tectónicas (Vela, Ch. 2009) que se detallan a continuación:

4.2.1. Fase tectónica tardihercínica: edad intrapérmico (Paleozoico superior)

Este evento tectónico fragmentó el supercontinente Pangea y formó las placas tectónicas actuales, incluyendo las de Nazca, Cocos y Sudamericana. Involucró fallas de desgarre profundas que fracturaron longitudinalmente Sudamérica, formando una franja limitada por fallas que dieron lugar a la zona de subducción y la Cordillera de la Costa. El hundimiento parcial del bloque occidental de esta franja originó la Cuenca Sedimentaria Peruana.

4.2.2. Fase de sedimentación de la cuenca peruana

Esta fase se caracterizó por la sedimentación en la Cuenca Peruana, la cual se formó debido al basculamiento y hundimiento parcial del bloque occidental de la franja litosférica delimitada por las fallas generadas durante el fracturamiento longitudinal del continente sudamericano.



En esta cuenca submarina se depositaron sedimentos a lo largo de un extenso periodo de tiempo, conformando una potente secuencia sedimentaria marina. Los aportes sedimentarios provenían principalmente de la erosión de los bordes continentales adyacentes a la cuenca.

Los procesos de sedimentación en la Cuenca Peruana estuvieron controlados por factores como la subsidencia de la cuenca, las variaciones del nivel del mar, el aporte de sedimentos desde las áreas continentales emergidas, así como por los diversos ambientes deposicionales marinos presentes (talud, abanicos submarinos, plataforma, entre otros).

Esta fase de sedimentación marina dio origen a importantes unidades litoestratigráficas que hoy en día conforman parte del registro geológico del borde occidental de la placa sudamericana en el territorio peruano. El estudio de estas secuencias sedimentarias aporta información valiosa sobre la evolución tectónica y paleoambiental de la región durante este periodo.

4.2.3. Fase tectónica intracretácea: Edad cenomaniense – coniaciana (80 – 100 ma)

En esta fase se inició la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana, lo cual desencadenó el levantamiento temprano de la Cuenca Peruana. Este proceso estuvo asociado a la intrusión de rocas básicas que conformaron el Batolito de la Costa, compuesto principalmente por gabros y dioritas.

La subducción generó un plegamiento flexural en la zona costera, produciendo pliegues y deformación en las secuencias sedimentarias previamente depositadas en la Cuenca Peruana. Asimismo, este evento tectónico estuvo acompañado por fases de mineralización, en las que se formaron yacimientos minerales como resultado de la actividad ígnea y los fluidos hidrotermales relacionados.

La intrusión del Batolito de la Costa y el levantamiento de la cuenca sedimentaria marina evidencian el inicio de un régimen compresivo y la deformación de la corteza continental en el



borde occidental de la placa sudamericana, producto de la subducción de la Placa de Nazca. Este proceso sentó las bases para la formación y evolución posterior de la Cordillera Andina.

4.2.4. Fase tectónica peruana: Edad cretácea terminal (65-70 ma)

La Fase Tectónica Peruana, un evento geológico trascendental, fue el agente causal primordial en la génesis de los rasgos geomorfológicos mayores de los Andes y en la emersión definitiva de la Cuenca Peruana sobre el nivel marino. Este episodio tectonotermal se encuentra estrechamente vinculado con la intrusión mayoritaria de los cuerpos plutónicos que conforman el Batolito Costero, con eventos de mineralización hidrotermal y con el depósito de secuencias molásicas continentales (representadas por la Formación Casapalca).

4.2.5. Fase tectónica inca: Edad eoceno superior oligoceno inferior

En los dominios orogénicos cordilleranos, la Fase Tectónica Peruana se manifiesta mediante la ocurrencia de eventos volcánicos de naturaleza continental (representados por las secuencias volcánicas inferiores del Grupo Calipuy), el emplazamiento de cuerpos intrusivos ígneos de composición diorítica a monzonítica, episodios de mineralización hidrotermal, el depósito de secuencias sedimentarias molásicas continentales y la acumulación de depósitos de flischs.

4.2.6. Fase tectónica quechua: Edad mioceno (8-21ma)

Se encarga de la creación y configuración final de la Cordillera de los Andes, dando forma a su estructura morfotectónica actual. Este proceso está vinculado al magmatismo que emerge en la parte superior del Grupo Calipuy, así como al magmatismo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca, a las etapas de mineralización, a los depósitos de hidrocarburos y a la sedimentación molásica.



4.2.7. Fase tectónica pliocena: edad 2 a 4 m.a.

Relacionada con la actividad magmática que se manifiesta tanto en procesos extrusivos como hipabisales, lo cual desencadena la fase más reciente de mineralización en la región de los Andes.

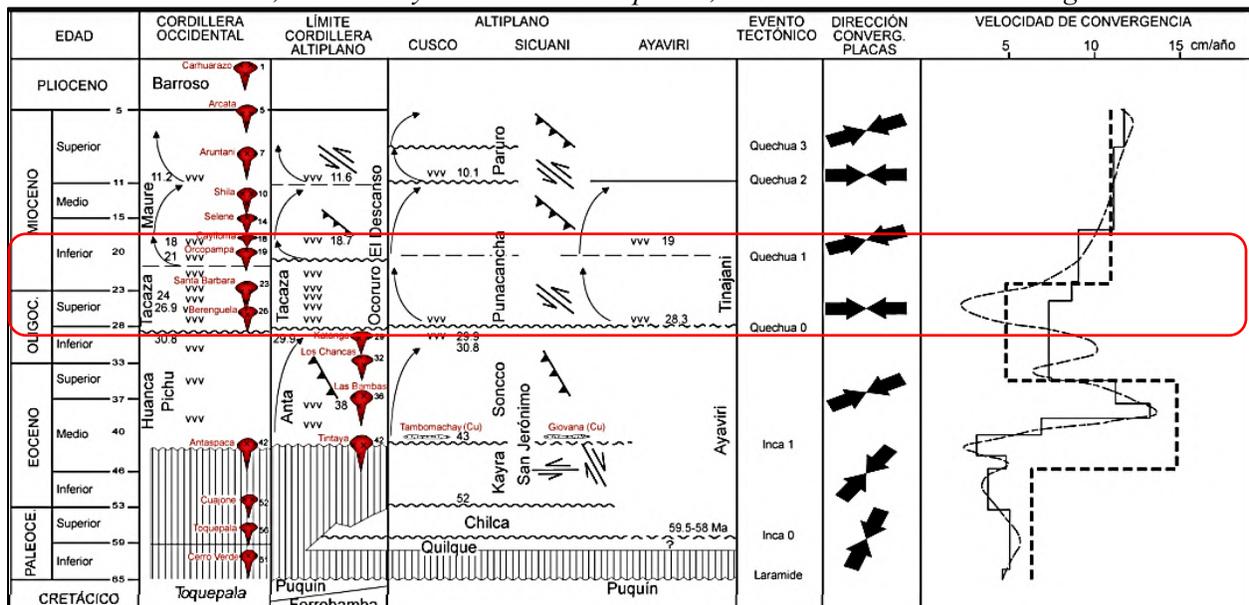
4.2.8. Fase pleistocena (Cuaternario): edad 1.8 a 0.01 m.a.

Se distingue por el proceso de elevación del litoral peruano, conocido como Tablazos Marinos, y por la reactivación durante el período cuaternario de fallas preexistentes en áreas de cordillera.

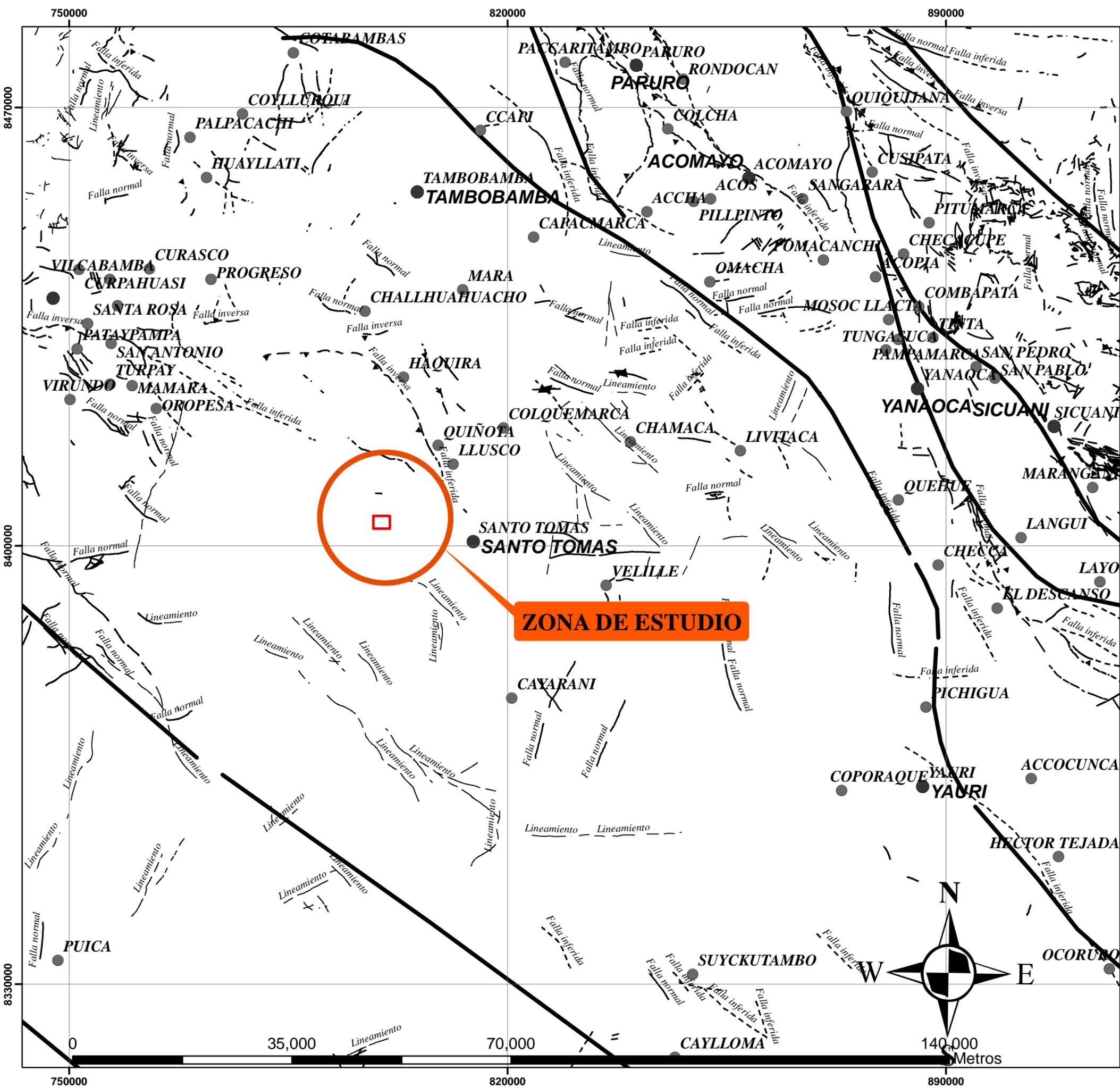
4.2.9. Reajustes holocenos de las placas de nazca y sudamericana

Relacionada con la reactivación de fallas preexistentes en el basamento geológico, así como con la actividad sísmica y volcánica que ha ocurrido en tiempos recientes (esfuerzos en compresión y tracción).

Figura 7: Cuadro cronoestratigráfico Cretácico superior-Plioceno con los eventos volcano-sedimentarios, tectónicos y la cinemática de placas, en relación con la edad de algunos.



FUENTE: Tomado y modificado de Carlotto et al. (2005).



SIMBOLOGIA

- Cap_Departa
- Cap_Provincia
- Cap_Distrito

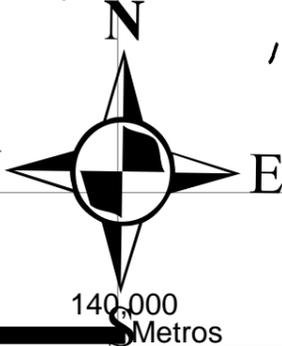
Fallas regionales

DESCRIP

- Falla de rumbo dextral
- - - - - Falla de rumbo dextral inferido
- Falla de rumbo sinistral
- - - - - Falla de rumbo sinistral inferido
- - - - - Falla inferida
- ▲ - Falla inversa
- ▲ - Falla inversa inferida
- Falla normal
- - - - - Falla normal inferida
- Flechas
- - - - - Lineamiento
- - - - - Sobrescurrimiento
- - - - - Sobrescurrimiento inferido
- Grandes Fallas
- AREA DE ESTUDIO

1/600,000

| | |
|---|--|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p> | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | |
| <p>MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL</p> | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | |
| <p>PLANO: N° - 08</p> | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:600,000 PROYECCION: UTM, WGS 84</p> |
| <p>FECHA: Octubre, 2024</p> | |



750000 820000 890000 8470000 8400000 8330000 0 35,000 70,000 140,000 Metros



4.3.GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

En el área de estudio, se realizó un análisis detallado para identificar los principales lineamientos y fallas geológicas. Para ello, se consideraron diversos parámetros geológicos, como:

Afloramiento de planos de falla: Observación directa de superficies rocosas que presentan fracturas y desplazamiento relativo entre los bloques rocosos adyacentes.

Estructuras silicificadas: Presencia de formaciones rocosas con alto contenido de sílice, las cuales suelen asociarse a zonas de fracturamiento y actividad hidrotermal.

Flexiones en las capas: Deformaciones en la disposición original de las capas rocosas, como pliegues o curvaturas, que pueden indicar la presencia de fallas subyacentes.

Rocas brechadas: Fragmentos de roca cementados entre sí, lo que sugiere un proceso de fracturamiento y posterior re consolidación.

Zonas con fuerte alteración hidrotermal: Áreas donde se observa una alteración significativa en la composición mineralógica de las rocas, debido a la circulación de fluidos calientes ricos en minerales.

4.3.1. *Sistemas estructurales:*

En la zona de estudio presenta las siguientes estructuras locales; sistemas de fallas, se observan alineamientos estructurales, vetas y sistemas de vetillas polidireccionales silicificadas que, junto con el fallamiento, conforman la estructura geológica local del prospecto

4.3.1.1. **Fallas locales**

Los rasgos estructurales del prospecto minero Condortiyana reflejan un ambiente volcánico complejo. En la zona se identifican múltiples sistemas de fallas con distintas orientaciones y movimientos. Pero principalmente has dos sistemas de falas con mayor incidencia y son las siguientes:



El primer sistema de fallas, con orientación noroeste-sureste (NW-SE), incluye las fallas Challawilca, Qoyccaorcco y Komohashi. Estas fallas de rumbo andino y movimiento Dextral cortan perpendicularmente a los ríos Antuyo y Querpucó, intersectando porfidos andesíticos como Loreqaqa, Yanaqaqa y Condortiyana, los cuales presentan un intenso sistema de vetillas.

El segundo sistema de fallas, estas estructuras actúan perpendicularmente al primer sistema, presentando una orientación noreste-suroeste (NE-SW) y es paralelo a los ríos Antuyo y Querpucó. Estas fallas, son de tipo extensional o normal, también están relacionadas con las andesitas porfíricas, ya que su trazado se interrumpe al encontrarse con estas rocas intrusivas de composición intermedia.

a. Falla Challawilca

La falla presenta un rumbo $N40^{\circ}W$ y buzamientos subverticales, cortando tobas andesíticas y líticas, las cuales son previas a las tobas dacíticas bien soldadas de la meseta de Charcaccasa. Esta estructura, de tipo dextral y con orientación andina, evidencia un control estructural regional en la mineralización de la zona. Es importante destacar que algunas vetas del cerro Condortiyana y las vertientes de los ríos Antuyo y Querpucó comparten esta misma orientación andina (NW-SE).



Foto N.º 18: Espejo de falla Challawillca en el corte de la carretera y la intersección de la falla que corta transversalmente los ríos Antuyo y Manchoclla, con rumbo NW a SE.



b. Falla Komojashi

Esta falla, perteneciente al primer sistema de fallas, presenta un rumbo $N25^{\circ}W$ y un buzamiento menor en comparación con la falla de Challawillca. Es de tipo dextral compresivo, evidenciando la influencia de la deformación andina. Esta estructura es cortada por intrusiones de andesitas porfíricas, lo que indica una relación temporal entre ambos eventos geológicos. La proyección de esta falla se extiende hasta el centro poblado de Antuyo.

c. Falla Kimsamarca

Esta falla, perteneciente al segundo sistema de fallas, presenta un rumbo $N35^{\circ}E$ y un buzamiento casi vertical. Es de tipo normal, post-mineralización, generado por fuerzas extensionales. Esta estructura es paralela a los ríos Antuyo y Querpuco y es perpendicular al primer sistema de fallas compresivas dextrales con rumbo andino. La falla ha sido cartografiada desde los cerros Kimsamarca, compuestos por tobas dacíticas y cenizas volcánicas, y se extiende a lo largo de la quebrada del río Antuyo, donde afloran las andesitas porfíricas.



Foto N.º 19: Falla con rumbo N50E, posiblemente continúe hasta el río Antuyo, es de tipo extensional falla normal.



4.3.1.2. Lineamientos

Las alineaciones lineales visibles en la superficie terrestre representan estructuras o discontinuidades subyacentes, como fallas, fracturas, pliegues o contactos geológicos. Estos lineamientos, producto de procesos tectónicos y volcánicos, suelen controlar la distribución de rocas, minerales y la evolución del paisaje. En la zona de estudio, las principales discontinuidades estructurales siguen la orientación SW-NE, coincidiendo con el eje de los ríos Antuyo y Querpuko. Estas estructuras mayores están acompañadas por un sistema de discontinuidades de menor orden, orientadas perpendicularmente a las primeras.

4.3.1.3. Pseudoestratificaciones

En el prospecto Condortiyana, se observan estructuras sedimentarias aparentemente estratificadas en rocas volcánicas piroclásticas de composición intermedia, como las tobas andesíticas polimícticas. Estas estructuras, que simulan una estratificación verdadera, son el resultado de procesos eruptivos explosivos y de la rápida deposición de material piroclástico en



eventos eruptivos sucesivos. A diferencia de las rocas sedimentarias, donde la sedimentación es gradual, en este caso se presentan capas o niveles de espesor variable, desde milímetros hasta metros, con contactos que pueden ser tanto nítidos como gradacionales.

Estas rocas volcánicas están compuestas principalmente por fragmentos líticos, pómez y cristales de ceniza volcánica de composición andesítica, mostrando variaciones texturales y granulométricas entre las diferentes capas.

Foto N.º 20: Estructuras de pseudoestratificación que se presentan en las tobas líticas con polimictos, lava andesítica.



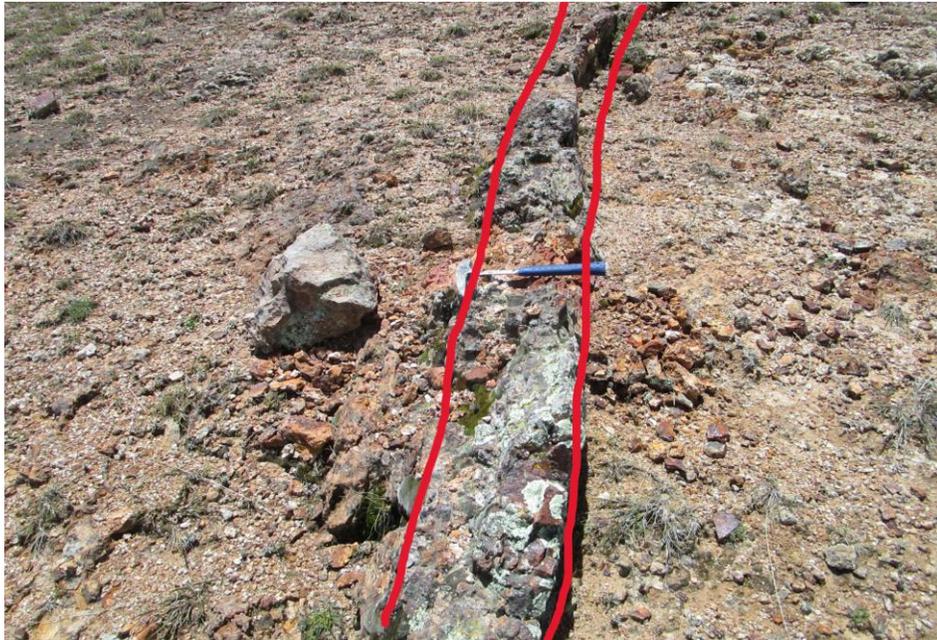
4.3.1.4. Vetas

En el prospecto minero Condortiyana se han mapeado dos sistemas de vetas principales, caracterizados por estructuras tabulares continuas con potencias promedio de 0.50 a 2 metros. El primer sistema de vetas, con orientación NE-SW, está compuesto principalmente por cuarzo lechoso con patinas e impregnaciones de óxidos de hierro (goetita, jarosita, limonita y hematita). Las vetas Lorena, Cornelia, Esperanza, Juliana y Antonia son las estructuras más importantes de este sistema, acompañadas por un conjunto de vetillas con la misma orientación.



El segundo sistema de vetas presenta una orientación NW-SE, típica del rumbo andino, y también está acompañado por vetillas silificadas e impregnadas con óxidos y sulfuros. La diferenciación entre ambos sistemas de vetas podría estar relacionada con fallas post-mineralización y la intrusión de pórfidos andesíticos de Condortiyana y Loreqaqa

Foto N.º 21: Vetas silicificada con presencia de OxFe (Gt, Hm) y rumbo NE-SW, NW – SE, y predominancia de rumbo andino



4.3.1.5. Vetillas

En el prospecto minero Condortiyana, se observan vetillas de dimensiones muy reducidas asociadas a los dos sistemas de vetas principales. Estas vetillas, con rumbos variables y orientaciones polidireccionales, se encuentran comúnmente en zonas de intensa alteración argílica avanzada. Presentan potencias que varían entre 0.01 y 0.05 metros y están rellenas principalmente de sílice, óxidos de hierro y arcillas.



Foto N.º 22: Vetillas poli direccionales, con relleno de óxidos de hierro (Goetita – jarosita)



4.3.2. Análisis de orientaciones

Para determinar la orientación de las estructuras del prospecto minero Condortiyana, se recolectaron datos de campo midiendo el rumbo azimutal ($0^\circ - 360^\circ$) de cada estructura con respecto al norte magnético y su buzamiento ($0^\circ - 90^\circ$) con respecto a la horizontal. Se aplicó la regla de la mano derecha para determinar el sentido del movimiento en las estructuras (fallas, vetas, vetillas y pseudoestratificaciones).



Tabla 3: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para vetas.

| CODIGO | ESTE | NORTE | ALTITUD m.s.n.m | AZIMUT | BUZAMIENTO |
|---------------|-------------|--------------|----------------------------|---------------|-------------------|
| VT_1 | 800227 | 8403377 | 3963 | 225 | 75 |
| VT_2 | 799867 | 8403319 | 3998 | 235 | 80 |
| VT_3 | 800202 | 8403561 | 3934 | 42 | 85 |
| VT_4 | 799611 | 8403581 | 3936 | 50 | 60 |
| VT_5 | 799753 | 8403703 | 3902 | 255 | 5 |
| VT_6 | 800031 | 8403997 | 3869 | 45 | 75 |
| VT_7 | 799865 | 8403853 | 3942 | 210 | 25 |
| VT_8 | 800211 | 8402882 | 3909 | 215 | 70 |
| VT_9 | 800010 | 8403605 | 3965 | 0 | 60 |
| VT_10 | 800032 | 8403604 | 3966 | 40 | 75 |
| VT_11 | 799813 | 8403451 | 3981 | 25 | 80 |
| VT_12 | 799686 | 8403470 | 3968 | 15 | 80 |
| VT_13 | 798546 | 8403350 | 3990 | 275 | 88 |
| VT_14 | 799302 | 8403345 | 3952 | 45 | 70 |
| VT_15 | 798831 | 8403174 | 3998 | 60 | 45 |
| VT_16 | 799506 | 8403907 | 3979 | 320 | 75 |
| VT_17 | 798903 | 8402440 | 3956 | 330 | 25 |
| VT_18 | 799645 | 8404003 | 3925 | 75 | 75 |
| VT_19 | 799574 | 8403990 | 3943 | 290 | 75 |
| VT_20 | 799800 | 8403765 | 3890 | 50 | 65 |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Tabla 4: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para fallas locales

| CODIGO | ESTE | NORTE | ALTITUD | AZIMUT | BUZAMIENTO |
|---------------|-------------|--------------|----------------|---------------|-------------------|
| F1 | 799459 | 8404388 | 3886 | 320 | 75 |
| F2 | 800863 | 8403748 | 3816 | 335 | 60 |
| F3 | 800336 | 8403632 | 3845 | 35 | 80 |
| F4 | 798983 | 8404284 | 3943 | 50 | 50 |
| F5 | 802365 | 8404285 | 3854 | 20 | 45 |
| F6 | 800322 | 8402931 | 3891 | 330 | 60 |
| F7 | 800244 | 8402630 | 3885 | 275 | 70 |
| F8 | 800436 | 8402576 | 3896 | 320 | 40 |
| F9 | 800982 | 8403038 | 3873 | 320 | 80 |
| F10 | 800980 | 8402800 | 3869 | 85 | 80 |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)



Tabla 5: Resultados de medición de Rumbo y buzamiento para Pseudoestratificaciones.

| CODIGO | ESTE | NORTE | ALTITUD | AZIMUT | BUZAMIENTO |
|---------------|-------------|--------------|----------------|---------------|-------------------|
| PS_1 | 799700 | 8403120 | 3982 | 355 | 10° |
| PS_2 | 799875 | 8403250 | 3895 | 350 | 10° |
| PS_3 | 800950 | 8403110 | 3800 | 325 | 72° |
| PS_4 | 801638 | 8403450 | 3845 | 65 | 70° |
| PS_5 | 799785 | 8404189 | 3937 | 30 | 35° |
| PS_6 | 800112 | 8404346 | 3864 | 280 | 15° |
| PS_7 | 801401 | 8404828 | 3964 | 340 | 10° |
| PS_8 | 800897 | 8404641 | 3955 | 25 | 15° |
| PS_9 | 800497 | 8404652 | 3840 | 60 | 20° |
| PS_10 | 801129 | 8405211 | 3966 | 15 | 26° |
| PS_11 | 800491 | 8404626 | 3981 | 75 | 20° |
| PS_12 | 801149 | 8403948 | 3968 | 310 | 15° |
| PS_13 | 800028 | 8404250 | 3931 | 240 | 10° |
| PS_14 | 800406 | 8404110 | 3838 | 66 | 85° |
| PS_15 | 800651 | 8404321 | 3837 | 55 | 78° |
| PS_16 | 799448 | 8402866 | 3831 | 162 | 65° |
| PS_17 | 799356 | 8403739 | 3831 | 175 | 80° |
| PS_18 | 798811 | 8404110 | 3936 | 345 | 10° |
| PS_19 | 799315 | 8404365 | 3902 | 36 | 12° |
| PS_20 | 799590 | 8404425 | 3919 | 30 | 25° |
| PS_21 | 800657 | 8404797 | 3958 | 60 | 20° |
| PS_22 | 799412 | 8404047 | 3959 | 20 | 15° |
| PS_23 | 799332 | 8403083 | 3950 | 20 | 15° |
| PS_24 | 799040 | 8402902 | 3987 | 5 | 15° |
| PS_25 | 799029 | 8402700 | 3832 | 15 | 20° |
| PS_26 | 798576 | 8403084 | 3902 | 60 | 25° |
| PS_27 | 801091 | 8403694 | 3878 | 80 | 70° |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Algunas estructuras tienen el rumbo de la cordillera de los Andes (NW-SE) de manera que hay fuerzas compresivas regionales que controlan el prospecto minero Condortiyana, para el análisis de orientaciones se ha trabajado con las Pseudoestratificaciones, vetas, fallas y vetillas, pero también en campo se encontró fracturas que tienen la misma tendencia a las vetas y fallas principalmente (lineamientos).



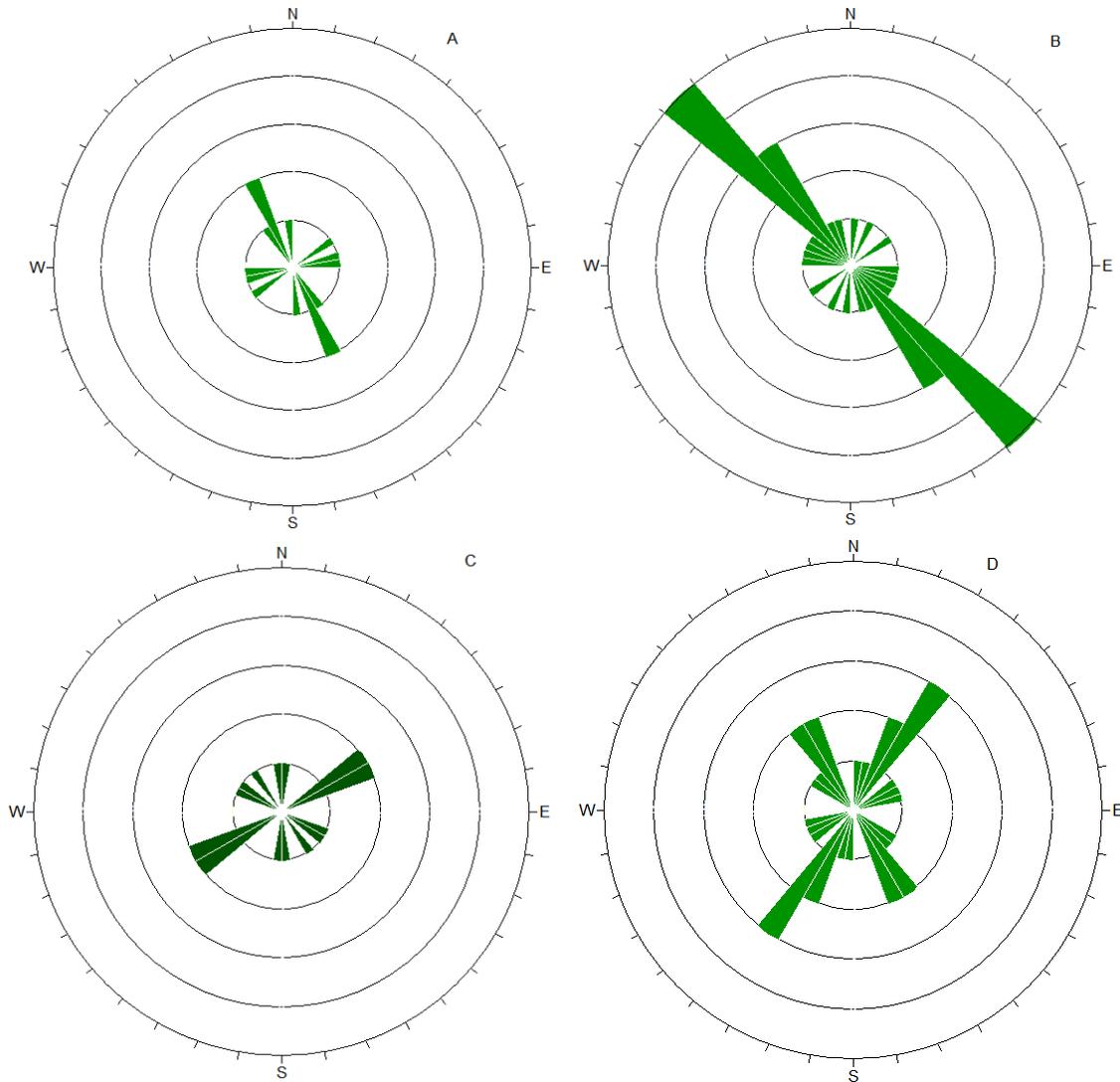
Las vetas presentan una orientación preferencial de NW - SE (N310° a N330°) y NE - SW (*Figura 8-B*), indicando un control estructural regional asociado al sistema de fallas con rumbo andino. La mineralización se concentra en estas vetas debido a la intrusión de andesitas porfíricas, que han aumentado la permeabilidad de las rocas, facilitando la circulación de fluidos mineralizantes. Los datos geoquímicos confirman que este sistema de vetas alberga una mineralización significativa.

Según el diagrama de rosas, la zona de estudio presenta dos sistemas de fallas principales. El primero, con orientación noroeste-sureste (NW-SE), está compuesto por fallas inversas dextrales como Challawillca, Qoyqaorecco y Raqaypampa. Este sistema se relaciona con el tectonismo regional y la orogenia andina. El segundo sistema, con orientación noreste-suroeste (N50-N60) (*Figura 8-C*), está representado por fallas normales como Kimsamarca y Qqello1. Estas fallas cortan al primer sistema y se originaron posterior a la mineralización del prospecto minero Condortiyana. La importancia de estas estructuras sirvió de fuente para el ascenso de soluciones mineralizantes alterando las rocas pre existentes.

El diagrama de roseta muestra también nos muestra dos orientaciones predominantes bien definidas: NE-SW y NW-SE (*Figura 8-D*), las cuales reflejan un control estructural claro sobre la disposición de las vetillas en las rocas volcánicas. Estas vetillas corresponden a rellenos de minerales secundarios, producto de la circulación de fluidos hidrotermales a lo largo de fracturas que fueron controladas por la tectónica local, principalmente por sistemas de fallas de rumbo andino y sus conjugadas. La presencia de estas orientaciones sugiere que las vetillas se formaron en un entorno tectónicamente activo, donde las rocas volcánicas sirvieron como hospedadoras de canales de mineralización, posiblemente asociados a eventos de intrusión y fracturamiento post-emplacement.

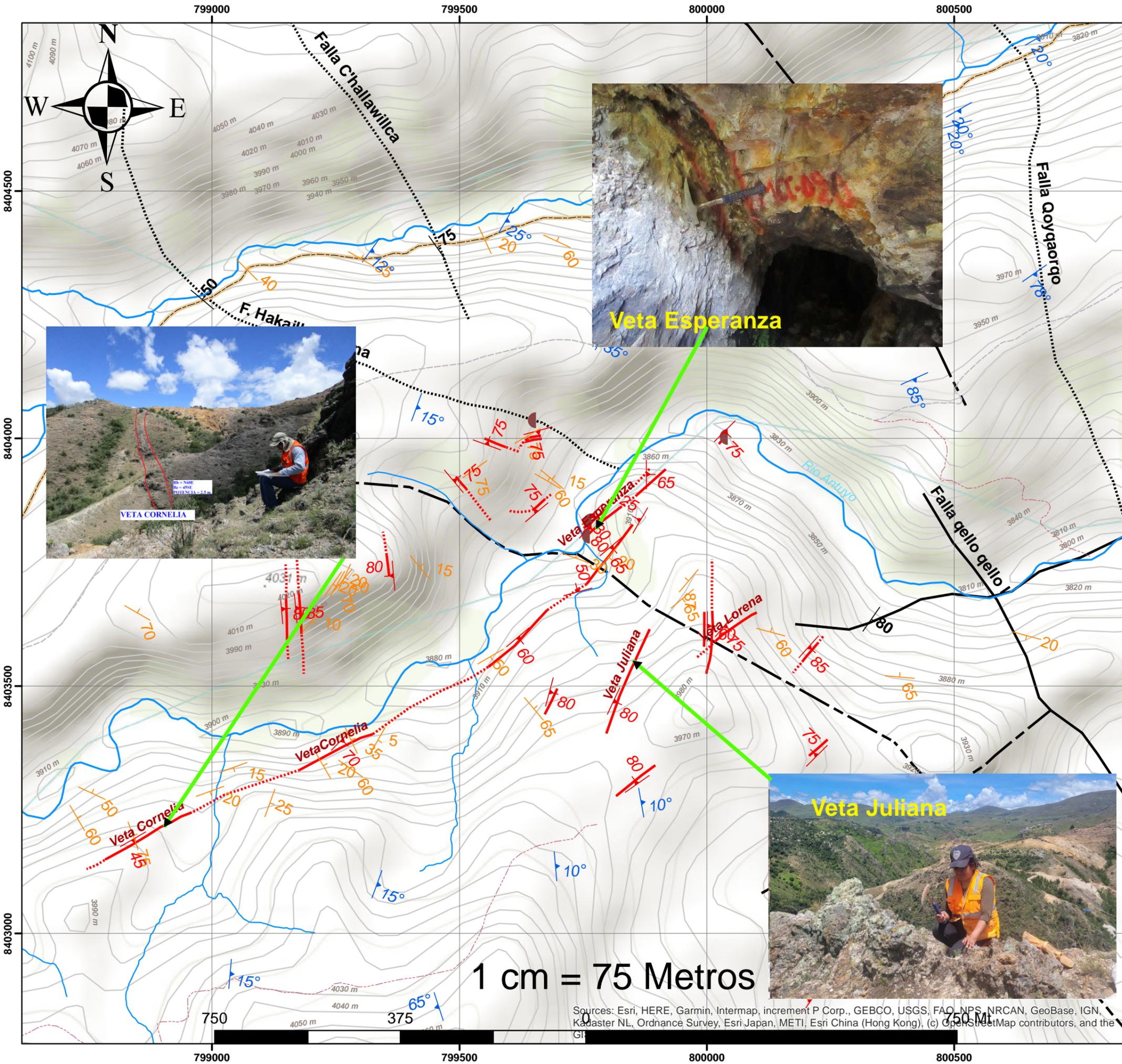


Figura 8: Diagrama de Rosetas para determinar la tendencia de las estructuras: **A=** Dirección de Pseudoestratificaciones, **B=** Dirección de Vetas, **C=** Dirección de Fallas y **D=** Dirección de Vetillas



Fuente: Elaboración Propia (tesistas)

El diagrama de roseta muestra dos orientaciones predominantes bien marcadas, NE-SW y otra NW-SE lo que sugiere la presencia de estructuras planarmente organizadas en las rocas volcánicas, interpretadas como pseudoestratificaciones. Estas estructuras no representan sedimentación primaria, sino que reflejan texturas volcánicas como flujos, enfriamiento o coladas, que se disponen de manera subparalela.



SIMBOLOGIA

- Rumbo y Buzamiento fallas
- Rumbo y Buzamiento vetillas
- Rb y Bz Pseudoestratificaciones
- Rumbo y Buzamiento vetas
- BocaMina

VIAS

- Carretera afirmada
- Trocha carrozable
- Camino de herradura

RIOS

- Quebrada
- Rio
- Curvas de Nivel

ESTRUTURAS

FALLAS LOCALES

- F. Normal
- F. Inversa
- F. Dextral
- Lineamiento

VETAS

- Veta Definido
- Veta Diferido

| | | |
|--|---|---------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | |
| TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUINOTA-CHUMBIVILCAS" | | |
| MAPA ESTRUCTURAL LOCAL | | |
| BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A. | | PLANO: Nº - 09 |
| ASESOR: MGT. ZEGARRA CARREON, MAURO | | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:7,500 PROYECCION: UTM, WGS 84 | FECHA: Setiembre, 2024 |

1 cm = 75 Metros

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



CAPITULO V

PROSPECCION GEOQUÍMICA

5.1. GENERALIDADES

La prospección geoquímica se define como una técnica de suma importancia en el ámbito de la exploración minera, cuyo objetivo primordial radica en la identificación de depósitos minerales. Para ello, se basa en el análisis minucioso de la distribución de elementos químicos presentes en diversos materiales geológicos, como rocas, suelos, aguas y plantas. Esta técnica ha demostrado ser de gran utilidad en la búsqueda de recursos minerales, permitiendo descubrir yacimientos de gran valor económico.

En el caso específico del prospecto minero de Condortiyana, la evaluación de sus recursos minerales se llevó a cabo exclusivamente mediante la aplicación de la geoquímica de rocas. La metodología empleada consistió en la toma de muestras en campo, enfocándose en afloramientos de roca fresca, alteradas y estructuras vetiformes. Posteriormente, las muestras fueron preparadas y sometidas a análisis mineralógico y geoquímico en el laboratorio CERTEMIN. Finalmente, los datos obtenidos fueron interpretados para obtener información valiosa sobre la distribución y potencial de los recursos minerales presentes en el área.

5.2.MUESTREO GEOQUÍMICO

El muestreo geoquímico se utiliza para evaluar tanto depósitos grandes como pequeños, ya sea desde la superficie o dentro de una mina (incluyendo mantos, vetas, cuerpos mineralizados diseminados, etc.). Este proceso es esencial para obtener muestras representativas de un material natural específico, recolectadas de manera estandarizada. La cantidad de material muestreado debe ser adecuada para el propósito del estudio, cumplir con los requisitos analíticos y permitir la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para investigaciones



futuras. La metodología empleada en el muestreo influye directamente en el grado de certidumbre de los resultados y, por lo general, representa una parte significativa del costo total de un proyecto. Por lo tanto, es fundamental establecer protocolos de muestreo cuidadosamente elaborados para diferentes medios, objetivos y escalas antes de comenzar el proyecto.

Foto N.º 23: Toma de muestra en un afloramiento rocoso porfido andesítico con sistema de venilleo, tipo de muestro canal.



5.3. APLICACIÓN DE MUESTREO GEOQUÍMICO

La metodología de muestreo aplicado en el área de trabajo se centró en la recolección de muestras de rocas en zonas mineralizadas, áreas con alteraciones hidrotermales, estructuras vetiformes y rocas caja. Adaptándose a las condiciones de las rocas, y estructuras presentes en el área de estudio.

Durante el periodo de muestreo de campo se recolectaron 40 muestras, teniendo como tamaño de partículas menores 2 pulgadas y un peso de entre 2 y 3 kilogramos. Cada muestra fue debidamente codificada, anotada en la libreta de campo, embolsada en bolsas de polietileno y sellada con un sujetador especial para evitar la contaminación.



Foto N° 1: Recolección de muestras geoquímicas, haciendo un total de 40 muestras embolsados en una bolsa de polietileno y sistemáticamente codificados.



En el programa de muestreo del prospecto minero Condortiyana, se priorizo la extracción de rocas más frescas posibles (exentas de alteración supérgena), limpiando y eliminando la parte superficial. Empleando las siguientes herramientas más importantes: una picota o un cincel con comba para extraer partículas (chips de rocas), un escobillón para la limpieza, espray para delimitar el área de muestreo y codificar el punto.

Es importante hacer mención que este trabajo implica tener mayor atención en la seguridad del recolector de muestra, ya que las esquirlas obtenidas de las rocas representan un peligro latente, para lo cual se utilizó los equipos de protección personal; como casco de seguridad, lentes de seguridad, zapatos de seguridad, guantes y otros que contribuyan a disminuir el riesgo de accidentarse y/o enfermarse.



5.4. TIPOS DE MUESTRO

El ámbito del muestreo geoquímico de rocas se caracteriza por la existencia de una variedad de técnicas, cada una con sus propias particularidades y aplicaciones. La selección de la técnica más adecuada depende de diversos factores, entre los que destacan los objetivos del estudio, el presupuesto disponible, las características geológicas del área y la dimensión del terreno a estudiar. La principal premisa que guía la elección del método radica en garantizar que las muestras obtenidas sean lo más representativas posible de la zona en estudio.

En el marco de nuestro trabajo, se han empleado las siguientes técnicas de muestreo geoquímico de rocas:

5.4.1. *Muestreo por puntos o Rock Chip*

Se empleó el método de muestreo por chip de roca en afloramientos superficiales de cuerpos mineralizados masivos o diseminados. Previo a la toma de muestras, se procedió a la identificación y delimitación de la zona de interés; se estableció una red de muestreo regular para garantizar la representatividad de las muestras; seguidamente los afloramientos fueron limpiados superficialmente antes de extraer fragmentos de roca fresca utilizando cincel con punta de acero, comba y picota. Las muestras (esquirlas de roca fresca) obtenidos fueron cuidadosamente embalados y etiquetados para su posterior análisis.



Foto N.º 24: Muestreo por el método de Rock Chip, con las dimensiones de iguales de 3 puntos a lo largo y 3 puntos de ancho y de cada punto extraer porciones iguales.



5.4.2. Muestreo por canales

El muestreo por canales es una técnica ampliamente utilizada en exploración minera debido a su versatilidad. A pesar de requerir un mayor esfuerzo, este método garantiza una alta precisión en la estimación de las leyes minerales. En nuestra zona, caracterizada por una variada geología (vetillas, zonas alteradas, brechas), se aplicaron canales de muestreo con dimensiones estándar de 2m x 0.20m x 0.05m. La elección de las dimensiones del canal depende de la geometría de la estructura mineralizada y del objetivo del muestreo.



Foto N.º 25: Muestreo de rocas por el método de canales, se observa canal aperturada en forma perpendicular a la estructura (Veta).



5.4.3. Equipos y herramientas de muestreo

Para la recolección de muestras se implementó con los equipos de protección personal, y herramientas, asegurando la seguridad del personal y garantizando la calidad y representatividad de la muestra, así se trabajó con lo siguiente:

- ❖ Guantes de cuero, Lentes de seguridad, chaleco y Zapatos de seguridad.
- ❖ Libreta de campo.
- ❖ Tarjeta de muestreo.
- ❖ GPS y Brújula.
- ❖ Lupa de geólogo.
- ❖ Rayador imantado.
- ❖ Plumones indelebles
- ❖ Spray (dimensionar las zonas de muestreo)
- ❖ Escobillón.



- ❖ Bolsas polietileno
- ❖ Martillo de geólogo (Picota).
- ❖ Cíncel con punta de acero.
- ❖ Comba de 8 lb.

Foto N.º 26: En la foto muestra equipos de protección personal, equipos y herramientas de muestreo geoquímico y trabajos de prospección geológica del proyecto minero Condortiyana.



5.5. PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las muestras del proyecto minero Condortiyana fueron preparadas y analizadas por CERTININ LIMA S.A, un laboratorio geoquímico acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025:2006. Esta empresa cuenta con un sistema de gestión de calidad certificado según ISO 9001:2008 y cumple con estándares nacionales e internacionales para análisis geoquímicos, ambientales y metalúrgicos. Los procedimientos de preparación y análisis de muestras se ajustaron a los requerimientos específicos de cada ensayo.

Se analizaron 40 muestras de roca del prospecto minero Condortiyana para determinar el contenido de oro (Au). Para ello, se empleó el método de ensayo al fuego con espectrometría de



absorción atómica (FA-AAS), utilizando una masa de muestra de 30 gramos. Este método ofrece un límite de detección mínimo de 0.005 ppm y un máximo de 10 ppm. Además, se realizaron análisis complementarios en las 40 muestras mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

5.6. ANÁLISIS DE DATOS

Dadas las características geológicas de la zona de estudio, se propone que el yacimiento es de tipo epitermal. El análisis se centró en las anomalías de oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu), así como en elementos geoquímicos asociados como Al, As, Ba, Be, Bi, Co, Fe, Hf, Li, Mg, Mn, Mo, Pb, S, Te, U, W, Zn y Zr. En el prospecto minero Condortiyana se identificaron anomalías significativas de Ag y Au, principalmente asociadas a vetas con rumbo andino y a zonas de silicificación y Cu en zonas de andesitas porfíricas y vetas como Esperanza, Antonia.

5.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOQUÍMICOS

El muestreo en el prospecto minero condortiya se priorizó en las estructuras como la veta (Veta Esperanza con resultados de Au: 0.22 ppm; Ag: 95 ppm; Cu: 28480 ppm o 2.85 %) con un rumbo N40E y buzamiento de 80° o sistema de vetillas, así como afloramientos con alteraciones hidrotermales y sistema de vetillas silicificadas (Muestra PMC-10 con valores de Au: 1.0 ppm; Ag: 55.5 ppm, y Cu: 4424 ppm) en rocas huésped como la andesita porfírica, volcánicos andesíticos. Es importante hacer la precisión de que los resultados del análisis geoquímico, muestran potencial económico o zonas de mineralización en vetas como la veta Antonia, veta Cornelia, veta Lorena y Esperanza y por otro lado los nuestros hechas en afloramientos tienen resultados bajos que no representarían zonas con potencial exploratorio.



Tabla 6: Resultados de análisis geoquímico por 22 elementos traza, incluidos sus datos geoestadísticos.

| ID | COD. | ESTE | NORTE | H m.s.n.m | Au | Ag | Al | As | Ba | Be | Bi | Co | Cu | Fe | |
|----|--------|--------|---------|--------------|----------------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|-------------|
| | | | | | ppm | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | % |
| | | | | | <i>MIN DETECTION</i> | <i>0.005</i> | <i>0.1</i> | <i>0.01</i> | <i>0.1</i> | <i>1</i> | <i>0.5</i> | <i>0.01</i> | <i>0.15</i> | <i>0.5</i> | <i>0.01</i> |
| | | | | | <i>10</i> | <i>100</i> | <i>15</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>100000</i> | <i>100000</i> | <i>15</i> | |
| 1 | PMC-01 | 799503 | 8403909 | 3925 | 0.02 | 0.12 | 6.38 | 122.00 | 246.00 | 0.60 | 0.36 | 0.39 | 51.80 | 6.22 | |
| 2 | PMC-02 | 800010 | 8403605 | 3641 | 0.12 | 0.18 | 4.30 | 233.00 | 351.00 | 0.70 | 1.20 | 0.25 | 80.10 | 3.68 | |
| 3 | PMC-03 | 800032 | 8403604 | 3642 | 0.04 | 14.30 | 5.60 | 113.00 | 692.00 | 0.80 | 25.36 | 0.58 | 200.00 | 5.69 | |
| 4 | PMC-04 | 799933 | 8403514 | 3978 | 0.04 | 0.13 | 2.30 | 128.00 | 125.00 | 1.20 | 1.58 | 0.64 | 120.00 | 4.56 | |
| 5 | PMC-05 | 799672 | 8403450 | 3959 | 0.06 | 0.15 | 1.20 | 429.00 | 542.00 | 1.10 | 1.80 | 0.16 | 40.20 | 6.58 | |
| 6 | PMC-06 | 799799 | 8403601 | 3940 | 0.01 | 0.24 | 2.80 | 567.00 | 358.00 | 0.70 | 2.70 | 0.26 | 200.00 | 3.91 | |
| 7 | PMC-07 | 799884 | 8403615 | 3440 | 0.02 | 0.16 | 3.10 | 238.00 | 264.00 | 0.50 | 1.69 | 0.17 | 210.00 | 7.23 | |
| 8 | PMC-08 | 799993 | 8403844 | 3924 | 0.03 | 0.52 | 0.10 | 125.00 | 241.00 | 0.60 | 0.58 | 0.25 | 1106.80 | 3.50 | |
| 9 | PMC-09 | 800046 | 8403977 | 3867 | 0.01 | 0.43 | 2.80 | 123.00 | 126.00 | 0.90 | 1.50 | 0.45 | 50.00 | 3.69 | |
| 10 | PMC-10 | 799784 | 8403933 | 3859 | 1.00 | 55.50 | 6.80 | 736.00 | 612.00 | 2.10 | 21.50 | 0.69 | 4424.00 | 4.61 | |
| 11 | PMC-11 | 799749 | 8403822 | 3883 | 0.02 | 0.23 | 3.78 | 524.00 | 125.00 | 1.20 | 1.20 | 0.21 | 1187.60 | 5.38 | |
| 12 | PMC-12 | 799737 | 8403791 | 3884 | 0.22 | 95.00 | 5.30 | 267.00 | 482.00 | 1.50 | 18.45 | 12.30 | 28480.00 | 8.96 | |
| 13 | PMC-13 | 799798 | 8403764 | 3899 | 0.01 | 0.15 | 3.80 | 124.00 | 288.00 | 1.10 | 1.68 | 0.20 | 1246.40 | 7.36 | |
| 14 | PMC-14 | 799613 | 8403584 | 3928 | 0.06 | 0.23 | 4.70 | 111.00 | 324.00 | 1.50 | 2.50 | 0.16 | 100.00 | 5.78 | |
| 15 | PMC-15 | 799414 | 8403419 | 3941 | 0.17 | 13.75 | 5.36 | 635.00 | 962.00 | 3.10 | 0.85 | 0.89 | 1236.80 | 4.16 | |
| 16 | PMC-16 | 799380 | 8403382 | 3963 | 0.14 | 0.50 | 2.90 | 235.00 | 352.00 | 1.80 | 1.50 | 0.32 | 100.00 | 5.96 | |
| 17 | PMC-17 | 799305 | 8403348 | 3957 | 0.20 | 22.80 | 2.35 | 837.00 | 598.00 | 2.10 | 20.36 | 0.51 | 1480.80 | 8.36 | |
| 18 | PMC-18 | 799114 | 8403254 | 3995 | 0.13 | 0.36 | 2.10 | 278.00 | 56.00 | 1.50 | 1.84 | 0.16 | 200.00 | 3.79 | |
| 19 | PMC-19 | 798994 | 8403232 | 3957 | 0.04 | 0.45 | 2.80 | 364.00 | 423.00 | 0.80 | 2.56 | 0.16 | 1216.80 | 6.35 | |
| 20 | PMC-20 | 798877 | 8403188 | 3994 | 0.06 | 0.44 | 3.60 | 215.00 | 238.00 | 0.20 | 1.56 | 1.50 | 200.00 | 4.12 | |
| 21 | PMC-21 | 798698 | 8403111 | 3997 | 0.19 | 0.30 | 5.60 | 125.00 | 635.00 | 0.70 | 2.42 | 0.57 | 200.00 | 4.90 | |
| 22 | PMC-22 | 798962 | 8403330 | 3934 | 0.22 | 20.80 | 7.35 | 351.00 | 984.00 | 1.60 | 18.34 | 0.78 | 1336.40 | 5.12 | |
| 23 | PMC-23 | 798574 | 8403284 | 3935 | 0.22 | 0.49 | 3.41 | 123.00 | 253.00 | 0.60 | 1.58 | 0.71 | 9000.00 | 5.37 | |
| 24 | PMC-24 | 798557 | 8403312 | 3944 | 0.34 | 0.53 | 2.41 | 89.00 | 347.00 | 0.50 | 0.95 | 0.56 | 1457.20 | 3.68 | |



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|---------|------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| 25 | PMC-25 | 798835 | 8403606 | 4003 | 0.13 | 0.48 | 1.30 | 645.00 | 98.00 | 2.50 | 1.20 | 0.18 | 1267.40 | 4.30 | |
| 26 | PMC-26 | 798580 | 8403084 | 3987 | 0.04 | 10.50 | 5.61 | 452.00 | 597.00 | 1.20 | 20.50 | 0.74 | 1489.60 | 5.84 | |
| 27 | PMC-27 | 798590 | 8403324 | 3959 | 0.34 | 0.29 | 2.10 | 28.00 | 237.00 | 0.90 | 3.45 | 0.35 | 200.00 | 4.35 | |
| 28 | PMC-28 | 799030 | 8403523 | 3983 | 0.19 | 0.12 | 2.90 | 49.00 | 584.00 | 1.10 | 1.58 | 0.53 | 200.00 | 6.35 | |
| 29 | PMC-29 | 799356 | 8403737 | 4019 | 0.09 | 0.38 | 3.70 | 67.00 | 368.00 | 0.80 | 2.50 | 0.85 | 1102.80 | 3.93 | |
| 30 | PMC-30 | 799523 | 8403870 | 3936 | 0.29 | 0.45 | 1.30 | 156.00 | 124.00 | 1.70 | 1.23 | 0.20 | 1434.00 | 3.65 | |
| 31 | PMC-31 | 799574 | 8403990 | 3943 | 0.86 | 0.15 | 4.20 | 963.00 | 252.00 | 1.30 | 31.33 | 12.35 | 1256.40 | 4.20 | |
| 32 | PMC-32 | 799649 | 8403997 | 3926 | 0.06 | 0.35 | 5.32 | 435.00 | 239.00 | 1.30 | 2.52 | 0.25 | 200.00 | 2.30 | |
| 33 | PMC-33 | 799523 | 8403870 | 3936 | 0.40 | 36.10 | 4.28 | 1233.00 | 456.00 | 1.20 | 36.32 | 0.58 | 8040.00 | 6.34 | |
| 34 | PMC-34 | 798785 | 8403420 | 3936 | 0.18 | 0.17 | 1.26 | 123.00 | 236.00 | 1.50 | 3.41 | 0.20 | 200.00 | 4.20 | |
| 35 | PMC-35 | 799660 | 8404007 | 3871 | 0.19 | 44.30 | 5.14 | 1969.00 | 359.00 | 0.80 | 40.99 | 0.89 | 413.00 | 6.31 | |
| 36 | PMC-36 | 798574 | 8403284 | 3935 | 0.02 | 0.90 | 6.36 | 222.00 | 403.00 | 1.90 | 2.34 | 22.29 | 223.00 | 5.87 | |
| 37 | PMC-37 | 799662 | 8403869 | 3866 | 0.10 | 7.60 | 6.42 | 138.00 | 1011.00 | 1.10 | 29.71 | 0.49 | 129.00 | 3.97 | |
| 38 | PMC-38 | 799689 | 8403925 | 3869 | 0.04 | 1.40 | 7.11 | 88.80 | 558.00 | 1.20 | 5.16 | 0.46 | 186.00 | 9.83 | |
| 39 | PMC-39 | 799798 | 8403764 | 3899 | 0.02 | 2.50 | 2.37 | 41.80 | 712.00 | 0.60 | 2.38 | 0.87 | 259.00 | 4.59 | |
| 40 | PMC-40 | 799755 | 8403805 | 3811 | 0.02 | 0.40 | 6.51 | 277.00 | 311.00 | 0.70 | 1.44 | 0.70 | 426.00 | 9.93 | |
| TOTAL | | | | | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| VALOR MAX | | | | | 1.00 | 95.00 | 7.35 | 1969.00 | 1011.00 | 3.10 | 40.99 | 22.29 | 28480.00 | 9.93 | |
| VALOR NINIMO | | | | | 0.01 | 0.12 | 0.10 | 28.00 | 56.00 | 0.20 | 0.36 | 0.16 | 40.20 | 2.30 | |
| MEDIA | | | | | 0.16 | 8.35 | 3.92 | 349.49 | 404.23 | 1.18 | 8.00 | 1.62 | 1773.78 | 5.37 | |
| MEDIANA | | | | | 0.10 | 0.45 | 3.74 | 227.50 | 351.50 | 1.10 | 2.36 | 0.50 | 241.00 | 5.01 | |
| DESVIACION ESTANDAR | | | | | 0.21 | 19.02 | 1.88 | 380.07 | 240.01 | 0.60 | 11.39 | 4.26 | 4732.38 | 1.75 | |
| BACKGROUND | | | | | 0.13 | 4.40 | 3.83 | 288.50 | 377.86 | 1.14 | 5.18 | 1.06 | 1007.39 | 5.19 | |
| THRESHOLD | | | | | 0.57 | 46.39 | 7.68 | 1109.63 | 884.24 | 2.37 | 30.77 | 10.14 | 11238.54 | 8.88 | |
| ANOMALIA LEVE | | | | | 0.34 | 23.42 | 5.71 | 668.57 | 617.87 | 1.74 | 16.57 | 5.32 | 5739.77 | 6.95 | |
| ANOMALIA NORMAL | | | | | 0.54 | 42.44 | 7.59 | 1048.64 | 857.88 | 2.33 | 27.95 | 9.58 | 10472.15 | 8.70 | |
| ANOMALIA FUERTE | | | | | 0.75 | 61.46 | 9.48 | 1428.71 | 1097.89 | 2.93 | 39.34 | 13.84 | 15204.53 | 10.46 | |



| ID | COD. | ESTE | NORTE | Li | Mg | Mn | Mo | Pb | S | Te | U | W | Zn | Zr | |
|----|--------|--------|---------|----------------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| | | | | ppm | % | ppm | ppm | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| | | | | <i>MIN DETECTION</i> | <i>0.1</i> | <i>0.01</i> | <i>2</i> | <i>0.05</i> | <i>0.5</i> | <i>0.01</i> | <i>0.01</i> | <i>0.05</i> | <i>0.1</i> | <i>0.5</i> | <i>0.5</i> |
| | | | | <i>10000</i> | <i>15</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10</i> | <i>500</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | <i>10000</i> | |
| 1 | PMC-01 | 799503 | 8403909 | 2.20 | 0.01 | 20.00 | 6.42 | 186.00 | 1.68 | 0.24 | 1.50 | 1.50 | 38.20 | 30.00 | |
| 2 | PMC-02 | 800010 | 8403605 | 8.60 | 0.02 | 35.00 | 3.50 | 156.00 | 1.10 | 0.45 | 1.87 | 0.98 | 45.70 | 33.07 | |
| 3 | PMC-03 | 800032 | 8403604 | 12.30 | 0.09 | 265.00 | 7.20 | 531.00 | 0.45 | 0.96 | 1.99 | 3.80 | 234.00 | 31.30 | |
| 4 | PMC-04 | 799933 | 8403514 | 11.36 | 0.06 | 112.00 | 3.15 | 78.00 | 0.68 | 1.35 | 1.98 | 2.78 | 38.90 | 11.40 | |
| 5 | PMC-05 | 799672 | 8403450 | 5.60 | 0.19 | 54.00 | 3.70 | 421.00 | 1.69 | 1.32 | 2.35 | 3.62 | 145.00 | 20.30 | |
| 6 | PMC-06 | 799799 | 8403601 | 3.60 | 0.16 | 37.00 | 1.25 | 96.00 | 1.58 | 0.25 | 1.45 | 1.12 | 53.60 | 30.50 | |
| 7 | PMC-07 | 799884 | 8403615 | 4.91 | 0.23 | 23.00 | 3.57 | 452.00 | 0.68 | 0.98 | 1.32 | 0.91 | 89.30 | 45.70 | |
| 8 | PMC-08 | 799993 | 8403844 | 5.63 | 0.13 | 33.00 | 1.87 | 133.00 | 1.18 | 0.75 | 2.01 | 1.35 | 45.30 | 14.30 | |
| 9 | PMC-09 | 800046 | 8403977 | 7.31 | 0.32 | 69.00 | 2.32 | 98.00 | 0.45 | 1.15 | 2.68 | 1.11 | 87.20 | 17.03 | |
| 10 | PMC-10 | 799784 | 8403933 | 6.69 | 0.11 | 125.00 | 23.60 | 347.00 | 1.36 | 1.96 | 4.58 | 1.17 | 99.80 | 10.90 | |
| 11 | PMC-11 | 799749 | 8403822 | 4.32 | 0.16 | 47.00 | 1.00 | 269.00 | 0.26 | 0.68 | 2.36 | 0.96 | 45.80 | 11.20 | |
| 12 | PMC-12 | 799737 | 8403791 | 9.36 | 0.31 | 369.00 | 5.74 | 78.00 | 0.09 | 2.38 | 4.70 | 3.12 | 37.20 | 12.30 | |
| 13 | PMC-13 | 799798 | 8403764 | 7.34 | 0.20 | 65.00 | 1.78 | 195.00 | 0.14 | 2.35 | 1.89 | 0.92 | 65.00 | 23.40 | |
| 14 | PMC-14 | 799613 | 8403584 | 4.36 | 0.21 | 36.00 | 1.15 | 457.00 | 0.64 | 0.57 | 2.05 | 1.80 | 111.00 | 12.30 | |
| 15 | PMC-15 | 799414 | 8403419 | 5.34 | 0.26 | 56.00 | 3.45 | 258.00 | 1.23 | 2.52 | 1.28 | 1.89 | 253.00 | 36.50 | |
| 16 | PMC-16 | 799380 | 8403382 | 3.56 | 0.22 | 126.00 | 2.89 | 68.00 | 0.98 | 1.35 | 3.54 | 2.15 | 52.00 | 24.20 | |
| 17 | PMC-17 | 799305 | 8403348 | 8.34 | 0.39 | 1232.00 | 3.56 | 267.00 | 0.79 | 3.01 | 7.90 | 3.72 | 135.00 | 36.40 | |
| 18 | PMC-18 | 799114 | 8403254 | 3.45 | 0.28 | 98.00 | 1.25 | 49.00 | 1.12 | 0.56 | 2.13 | 1.16 | 102.00 | 33.30 | |
| 19 | PMC-19 | 798994 | 8403232 | 4.68 | 0.24 | 73.00 | 3.50 | 58.00 | 0.56 | 0.23 | 1.20 | 0.95 | 45.30 | 23.50 | |
| 20 | PMC-20 | 798877 | 8403188 | 7.35 | 0.18 | 86.00 | 4.38 | 1244.00 | 0.13 | 0.35 | 3.20 | 0.85 | 115.00 | 38.50 | |
| 21 | PMC-21 | 798698 | 8403111 | 7.45 | 0.13 | 50.00 | 3.17 | 147.00 | 1.23 | 1.12 | 3.50 | 1.71 | 68.20 | 29.40 | |
| 22 | PMC-22 | 798962 | 8403330 | 9.31 | 0.32 | 235.00 | 22.50 | 548.00 | 0.68 | 2.68 | 8.60 | 4.10 | 325.00 | 25.30 | |
| 23 | PMC-23 | 798574 | 8403284 | 5.36 | 0.25 | 165.00 | 2.30 | 321.00 | 1.68 | 1.68 | 3.12 | 1.03 | 41.20 | 30.20 | |
| 24 | PMC-24 | 798557 | 8403312 | 8.32 | 0.14 | 87.00 | 3.19 | 523.00 | 0.09 | 1.23 | 3.67 | 2.15 | 36.20 | 31.20 | |



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|---------|--------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 25 | PMC-25 | 798835 | 8403606 | 9.90 | 0.12 | 49.00 | 5.70 | 402.00 | 0.31 | 1.16 | 2.31 | 1.60 | 36.60 | 33.20 | |
| 26 | PMC-26 | 798580 | 8403084 | 9.32 | 0.56 | 231.00 | 4.60 | 2354.00 | 0.32 | 0.98 | 23.50 | 3.20 | 159.00 | 23.50 | |
| 27 | PMC-27 | 798590 | 8403324 | 8.32 | 0.15 | 63.00 | 2.63 | 312.00 | 0.16 | 1.36 | 1.23 | 1.70 | 111.00 | 45.30 | |
| 28 | PMC-28 | 799030 | 8403523 | 13.50 | 0.36 | 57.00 | 3.80 | 231.00 | 0.19 | 1.64 | 6.31 | 1.50 | 86.00 | 37.20 | |
| 29 | PMC-29 | 799356 | 8403737 | 10.30 | 0.25 | 56.00 | 3.78 | 632.00 | 0.12 | 1.06 | 3.10 | 0.70 | 30.70 | 29.30 | |
| 30 | PMC-30 | 799523 | 8403870 | 7.60 | 0.15 | 23.00 | 2.50 | 235.00 | 0.18 | 1.15 | 6.65 | 2.30 | 36.20 | 30.60 | |
| 31 | PMC-31 | 799574 | 8403990 | 6.70 | 0.24 | 47.00 | 3.60 | 459.00 | 0.56 | 1.51 | 1.89 | 2.30 | 230.00 | 23.80 | |
| 32 | PMC-32 | 799649 | 8403997 | 1.60 | 0.35 | 231.00 | 5.36 | 222.00 | 0.12 | 1.32 | 4.36 | 1.50 | 142.00 | 29.30 | |
| 33 | PMC-33 | 799523 | 8403870 | 8.60 | 0.39 | 59.00 | 3.69 | 465.00 | 0.65 | 0.26 | 2.65 | 3.90 | 97.60 | 45.30 | |
| 34 | PMC-34 | 798785 | 8403420 | 3.50 | 0.12 | 76.00 | 3.20 | 320.00 | 0.51 | 2.31 | 1.68 | 1.32 | 70.30 | 24.00 | |
| 35 | PMC-35 | 799660 | 8404007 | 10.90 | 0.29 | 52.00 | 5.57 | 5509.00 | 0.53 | 0.88 | 26.80 | 3.81 | 65.30 | 13.50 | |
| 36 | PMC-36 | 798574 | 8403284 | 7.30 | 0.25 | 2059.00 | 0.92 | 153.00 | 1.12 | 0.99 | 30.92 | 1.30 | 323.00 | 36.30 | |
| 37 | PMC-37 | 799662 | 8403869 | 11.10 | 0.27 | 40.00 | 6.16 | 488.00 | 0.27 | 0.23 | 1.39 | 1.80 | 32.60 | 23.00 | |
| 38 | PMC-38 | 799689 | 8403925 | 5.20 | 0.28 | 55.00 | 3.12 | 613.00 | 0.09 | 2.26 | 3.93 | 1.90 | 146.00 | 32.10 | |
| 39 | PMC-39 | 799798 | 8403764 | 5.30 | 0.15 | 137.00 | 3.55 | 618.00 | 0.26 | 0.01 | 1.53 | 1.10 | 31.00 | 11.70 | |
| 40 | PMC-40 | 799755 | 8403805 | 8.30 | 0.65 | 78.00 | 24.08 | 138.00 | 0.17 | 2.31 | 2.20 | 2.50 | 45.10 | 16.90 | |
| TOTAL | | | | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| VALOR MAX | | | | 13.50 | 0.65 | 2059.00 | 24.08 | 5509.00 | 1.69 | 3.01 | 30.92 | 4.10 | 325.00 | 45.70 | |
| VALOR NINIMO | | | | 1.60 | 0.01 | 20.00 | 0.92 | 49.00 | 0.09 | 0.01 | 1.20 | 0.70 | 30.70 | 10.90 | |
| MEDIA | | | | 7.10 | 0.23 | 170.28 | 4.97 | 503.28 | 0.65 | 1.24 | 4.78 | 1.93 | 98.78 | 26.68 | |
| MEDIANA | | | | 7.33 | 0.22 | 64.00 | 3.53 | 290.50 | 0.55 | 1.15 | 2.36 | 1.65 | 69.25 | 29.30 | |
| DESVIACION ESTANDAR | | | | 2.82 | 0.13 | 363.38 | 5.53 | 902.25 | 0.51 | 0.78 | 6.72 | 1.01 | 77.63 | 9.93 | |
| BACKGROUND | | | | 7.21 | 0.23 | 117.14 | 4.25 | 396.89 | 0.60 | 1.19 | 3.57 | 1.79 | 84.02 | 27.99 | |
| THRESHOLD | | | | 12.74 | 0.49 | 897.03 | 16.02 | 2307.77 | 1.67 | 2.79 | 18.23 | 3.95 | 254.03 | 46.54 | |
| ANOMALIA LEVE | | | | 10.03 | 0.35 | 480.51 | 9.77 | 1299.13 | 1.11 | 1.97 | 10.29 | 2.80 | 161.64 | 37.92 | |
| ANOMALIA NORMAL | | | | 12.85 | 0.48 | 843.89 | 15.30 | 2201.38 | 1.61 | 2.75 | 17.01 | 3.81 | 239.27 | 47.85 | |
| ANOMALIA FUERTE | | | | 15.67 | 0.61 | 1207.27 | 20.83 | 3103.62 | 2.12 | 3.53 | 23.73 | 4.81 | 316.89 | 57.78 | |

Fuente: Elaboración propia (Tesis) – resultados laboratorio acreditado CERTININ LIMA S. A



La presencia de elementos como arsénico (As) y las asociaciones entre elementos puede indicar la presencia de una alteración hidrotermal específica, como la propilítica o argílica, que son comunes en ambientes de depósito de oro

La fuerte correlación positiva entre oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) sugiere una estrecha asociación genética entre estos metales. Es probable que se hayan depositado en el mismo evento mineralizante.

5.7.1. *Análisis e interpretación de datos geoquímicos en el Prospecto Minero*

Condortiyana

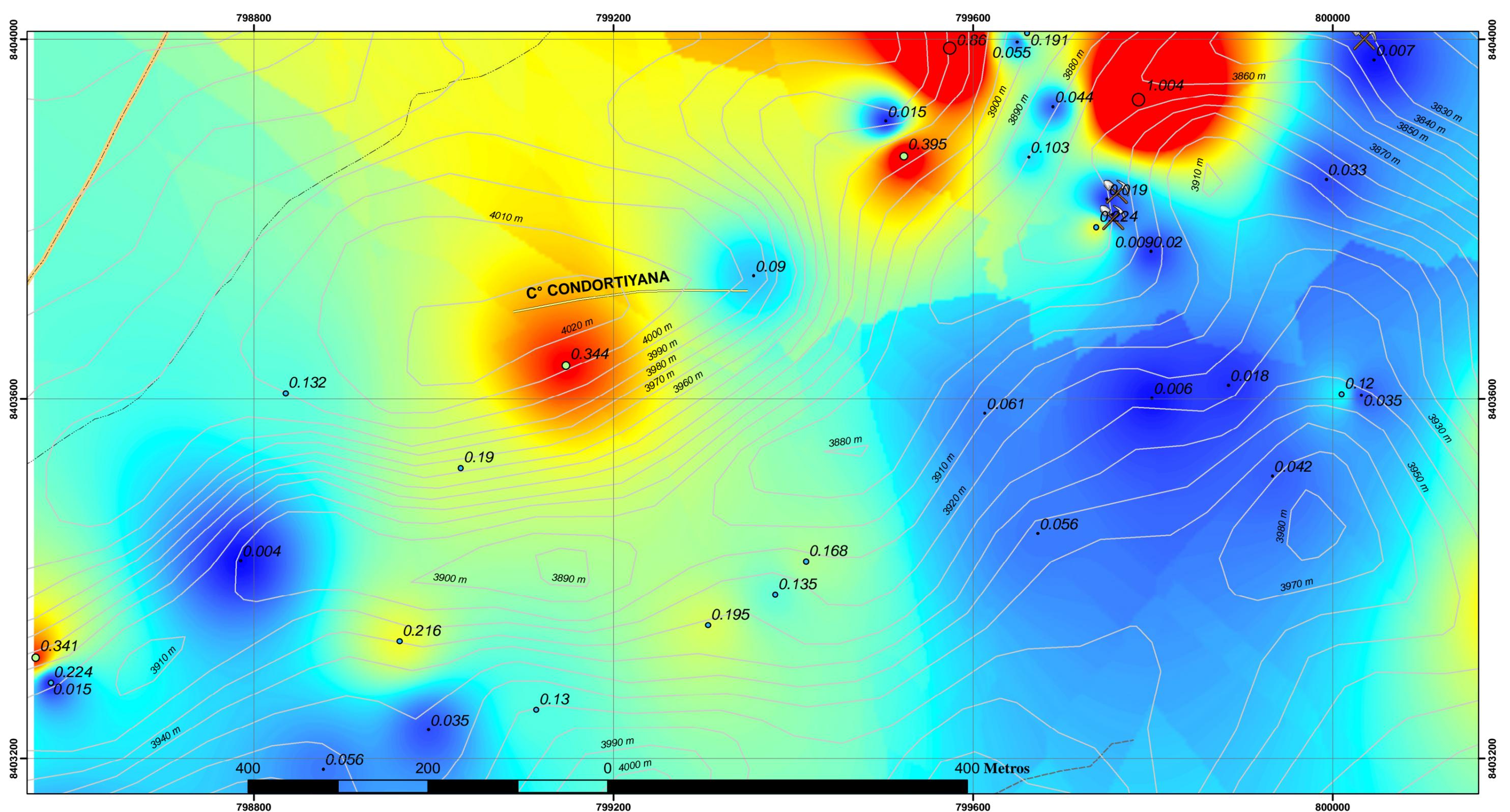
A. Anomalías de Oro (Au) (ppm)

Los resultados de laboratorio para Oro (Au) nos muestran los siguientes datos geoestadísticos (Tabla 7) con valores que van desde 0.01 ppm hasta 1.00 ppm, con una media de 0.16 ppm, y desviación estándar de 0.21 ppm lo que indica que el prospecto minero Condortiyana presenta una distribución de Oro (Au) es heterogéneo; el valor umbral (Threshold) que presenta un valor de 0.57 ppm sugiere que las muestras por encima de este valor se pueden considerar como anomalías de Oro.

Tabla 7: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos para Au (ppm)

| | |
|----------------------------|-------|
| TOTAL | 40.00 |
| VALOR MÁXIMO | 1.00 |
| VALOR MÍNIMO | 0.01 |
| MEDIA | 0.16 |
| MEDIANA | 0.10 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 0.21 |
| BACKGROUND | 0.13 |
| THRESHOLD | 0.57 |
| ANOMALÍA LEVE | 0.34 |
| ANOMALÍA NORMAL | 0.54 |
| ANOMALÍA FUERTE | 0.75 |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)



LEYENDA

Anomalia Au (ppm)

Au_ppm_

- 0.000000 - 0.110000
- 0.110001 - 0.320000
- 0.320001 - 0.530000
- 0.530001 - 0.740000
- 0.740001 - 1.004000

SIMBOLOGIA

— CN_10_PMC

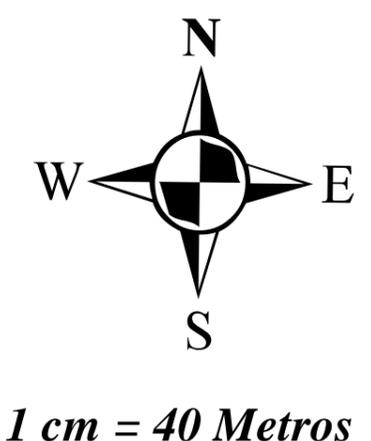
— CERROS ESPER

Anomalia Au (ppm)

Value

High : 1.00324

Low : 0.00401798

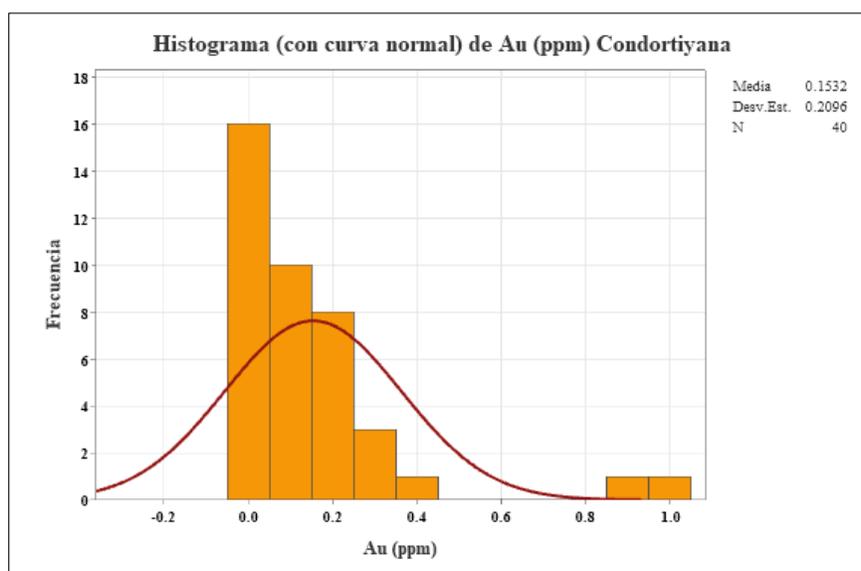


| | | |
|---|---|-----------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> | | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | | |
| <p>MAPA GEOQUÍMICO DE ORO (Au)</p> | | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | | <p>PLANO: Nº - 11</p> |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:4,000 PROYECCION: UTM, WGS 84</p> | <p>FECHA: Noviembre, 2024</p> |



La Figura 9 evidencia una clara asimetría positiva en la distribución de los datos, lo cual sugiere que la mayoría de las muestras presentan concentraciones de oro bajas, mientras que un número menor de muestras exhiben valores significativamente más altos. Esta cola hacia valores altos de concentración indica la presencia de anomalías geoquímicas, es decir, zonas con enriquecimiento anormal de oro en comparación con el promedio. Estas anomalías se asocian principalmente con sistemas de vetas que intersectan las andesitas porfiríticas, con un objetivo de exploración prioritario identificado frente al cerro Condortiyana, donde actualmente se desarrolla actividad minera artesanal.

Figura 9: Histograma de Au (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana



Fuente: Elaboración propia (Tesis)

B. Anomalías de Plata (Ag) (ppm)

Los resultados geoquímicos de plata presentan un rango de concentración considerable, variando entre 0.12 ppm y 95 ppm (Veta Esperanza), lo que evidencia una alta heterogeneidad en su distribución. La asociación de la plata con plomo, zinc y cobre sugiere un origen hidrotermal para la mineralización, posiblemente relacionado con un sistema de vetas polimetálicas. La



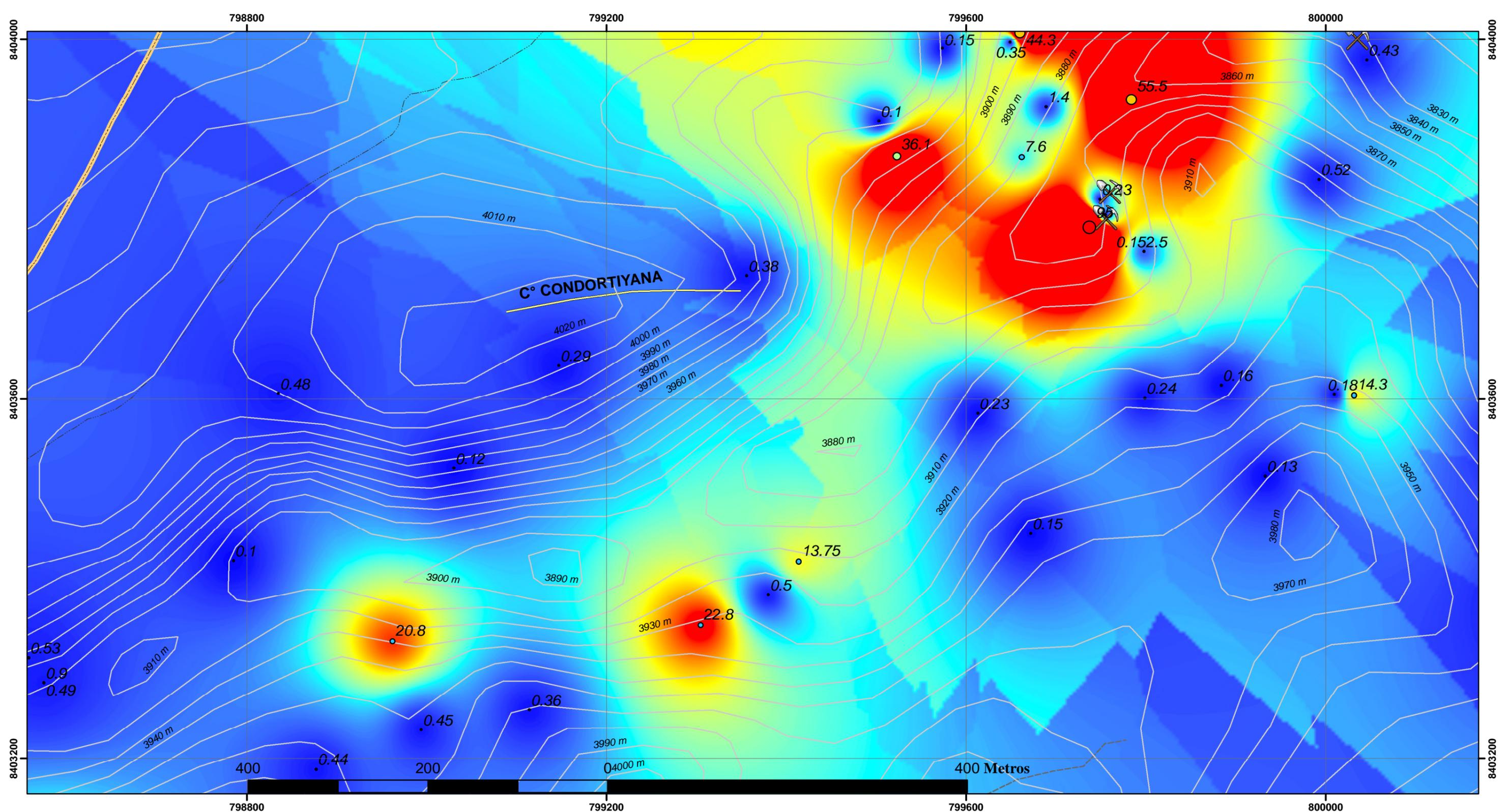
presencia de oro en asociación con la plata indica un potencial de mineralización de tipo epitermal. Los controles estructurales ejercidos por las vetas Cornelia Antonia y Lorena, en combinación con la alteración hidrotermal asociada, han sido fundamentales para la formación y concentración de la mineralización de plata en el área de estudio.

Tabla 8 : Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos Ag (ppm)

| | |
|----------------------------|-------|
| TOTAL | 40.00 |
| VALOR MÁXIMO | 95.00 |
| VALOR MÍNIMO | 0.12 |
| MEDIA | 8.35 |
| MEDIANA | 0.45 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 19.02 |
| BACKGROUND | 4.40 |
| THRESHOLD | 46.39 |
| ANOMALÍA LEVE | 23.42 |
| ANOMALÍA NORMAL | 42.44 |
| ANOMALÍA FUERTE | 61.46 |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Según la figura 5, la asimetría positiva observada en el histograma de plata sugiere que la mineralización de este elemento está controlada por procesos geológicos localizados, como la formación de vetas hidrotermales. Las anomalías de plata identificadas indican zonas de mayor enriquecimiento y representan objetivos prioritarios para la exploración. La desviación de la distribución de los datos respecto a una curva normal confirma la influencia de factores geológicos en la distribución de la plata y sugiere la necesidad de estudios más detallados para comprender los procesos de mineralización.



LEYENDA

Anomalia_Ag_(ppm)

Ag_ppm_

- 0.100000 - 4.390000
- 4.390001 - 23.420000
- 23.420001 - 42.440000
- 42.440001 - 61.460000
- 61.460001 - 95.000000

SIMBOLOGIA

~ CN_10_PMC

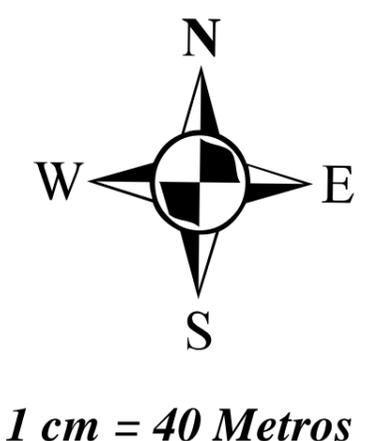
— CERROS ESPER

Anomalia Ag (ppm)

Value

High : 93.3843

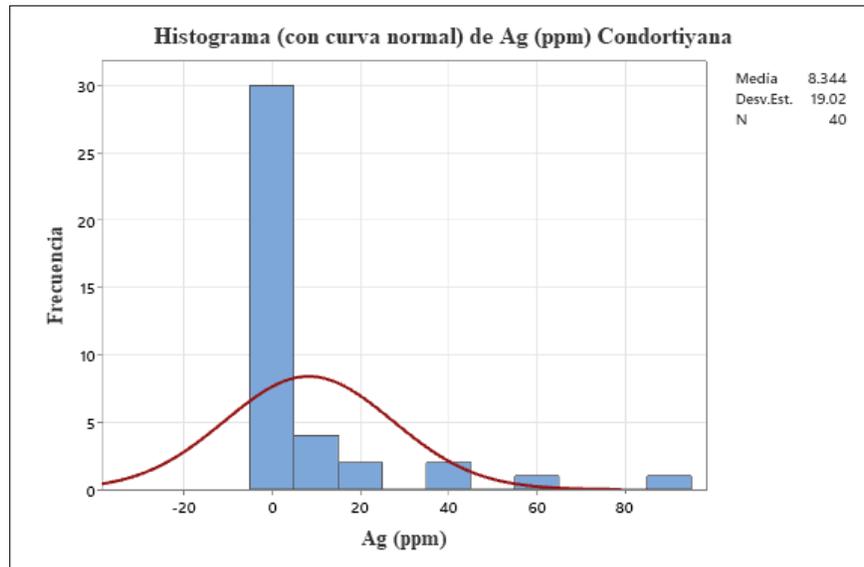
Low : 0.100585



| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> | | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | | |
| <p>MAPA GEOQUÍMICO DE PLATA (Ag)</p> | | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | | <p>PLANO: Nº - 12</p> |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:4,000 PROYECCION: UTM, WGS 84</p> | <p>FECHA: Noviembre, 2024</p> |

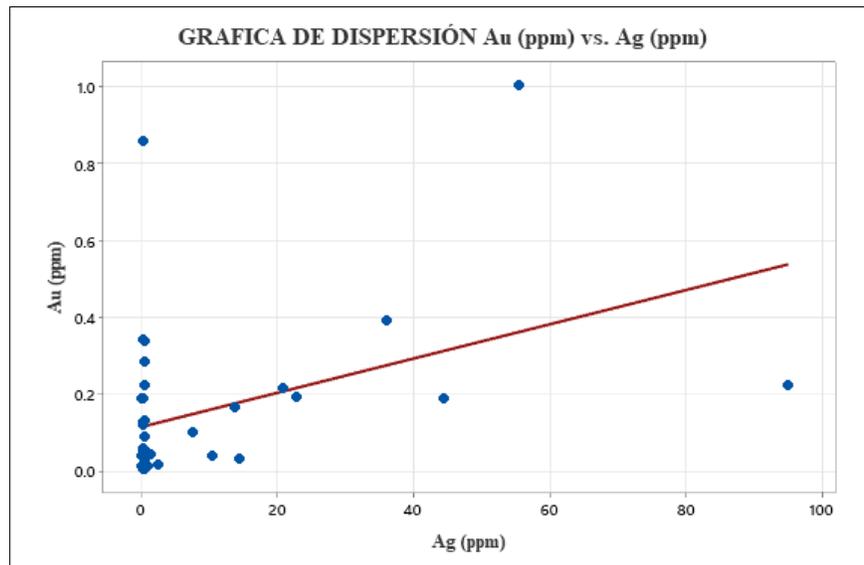


Figura 10: Histograma de Ag (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Figura 11: Grafica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Plata Ag (ppm)



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Según la figura 10, dispersión de Au y Ag, presenta una Correlación positiva débil a moderada con presencia de valores anómalos con tendencia lineal positiva. La asociación de estos



elementos indica que es de un sistema hidrotermal epitermal, esta dispersión demuestra que hay control estructural de mineralización que se dio en un mismo pulso para estos elementos.

C. Anomalías de Cobre (Cu) (ppm)

Los datos geoquímicos de cobre presentan un rango de valores extremadamente amplio, variando entre 40.20 y 28480 ppm, lo que indica una alta heterogeneidad en su distribución. La elevada desviación estándar (4732.38 ppm) confirma esta variabilidad, evidenciando una amplia dispersión de las concentraciones. El cobre se encuentra diseminado en afloramientos de andesita porfírica en las zonas de Loreqaqa, Condortiyana y Yanaqaqa, y concentrado en vetas como la Esperanza, donde se registran los valores máximos (28480 ppm), asociados a zonas de alteración sericítica y silícica.

Tabla 9: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos para Cu (ppm)

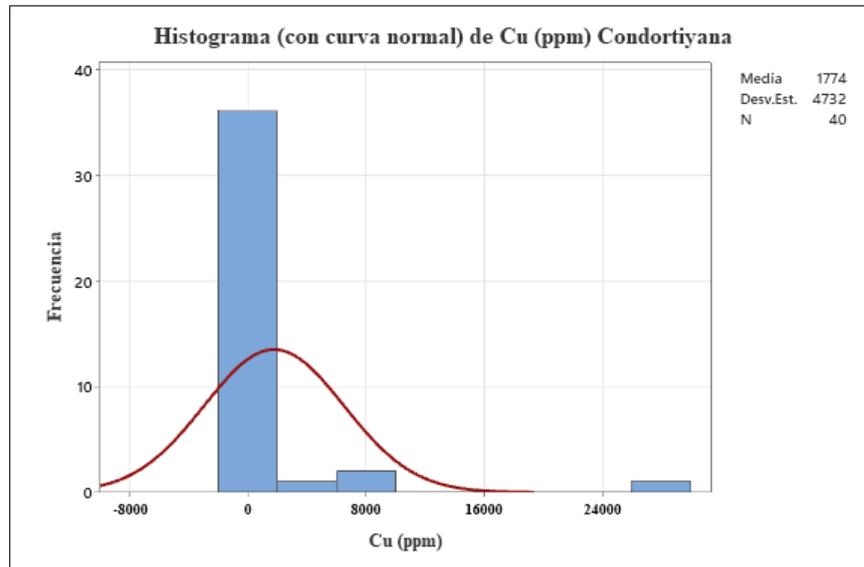
| | |
|----------------------------|----------|
| TOTAL | 40.00 |
| VALOR MÁXIMO | 28480.00 |
| VALOR MÍNIMO | 40.20 |
| MEDIA | 1773.78 |
| MEDIANA | 241.00 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 4732.38 |
| BACKGROUND | 1007.39 |
| THRESHOLD | 11238.54 |
| ANOMALÍA LEVE | 5739.77 |
| ANOMALÍA NORMAL | 10472.15 |
| ANOMALÍA FUERTE | 15204.53 |

Fuente: Elaboración propia (Tesis)

La mineralización de cobre muestra una clara asociación con plata (Ag), oro (Au) y plomo (Pb). Esta distribución asimétrica y la presencia de una cola larga en el histograma sugieren un control estructural y litológico en la mineralización.

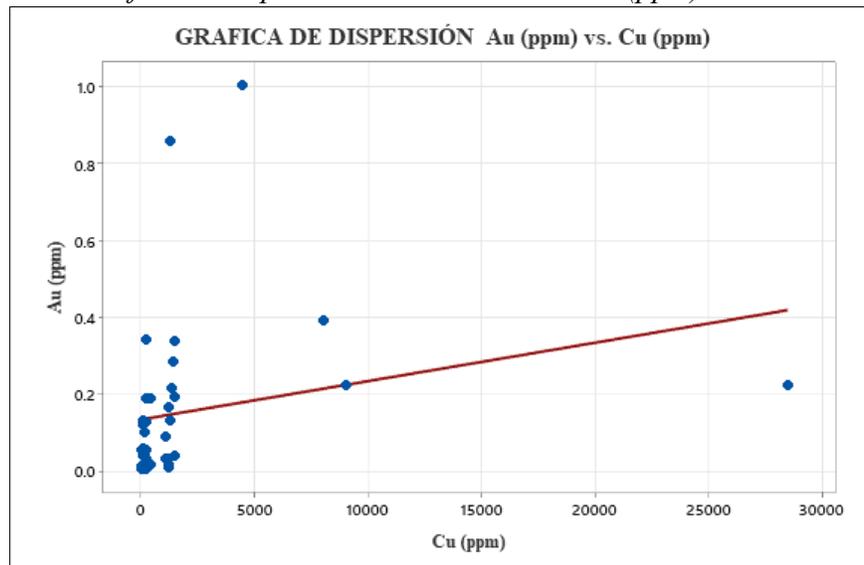


Figura 12: Histograma de Cu (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana



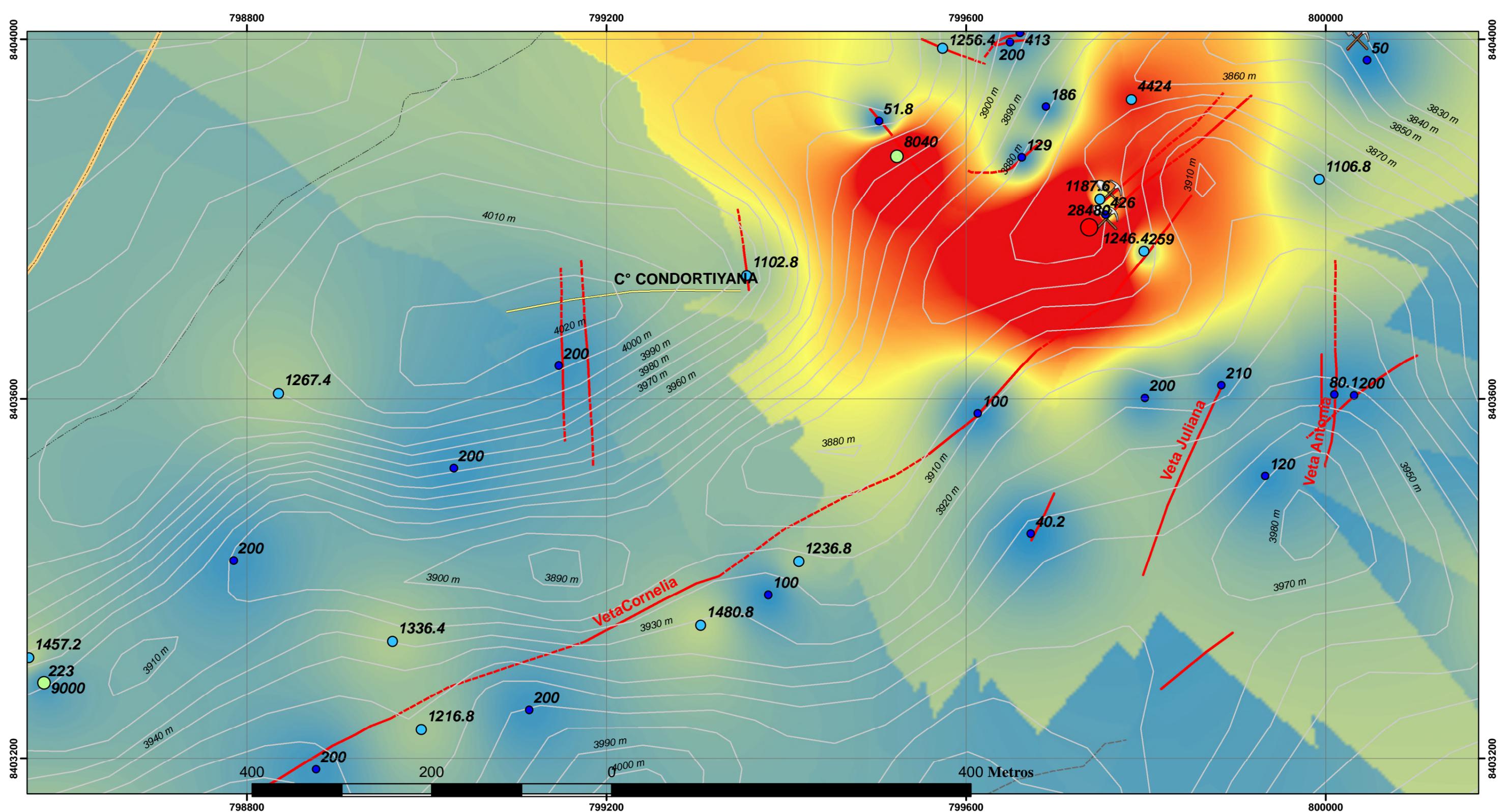
Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

Figura 13: Gráfica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Cobre Cu (ppm)



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

La gráfica de dispersión N°13 evidencia una correlación positiva entre las concentraciones de oro (Au) y cobre (Cu). A medida que aumenta el contenido de cobre, también lo hace el de oro, lo que sugiere una asociación genética entre ambos elementos. La línea de tendencia confirma esta



LEYENDA

Anomalia_Cu_(ppm)

Cu_ppm_

- 40.200000 - 1007.390000
- 1007.390001 - 5739.770000
- 5739.770001 - 10472.150000
- 10472.150001 - 15204.530000
- 15204.530001 - 28480.000000

SIMBOLOGIA

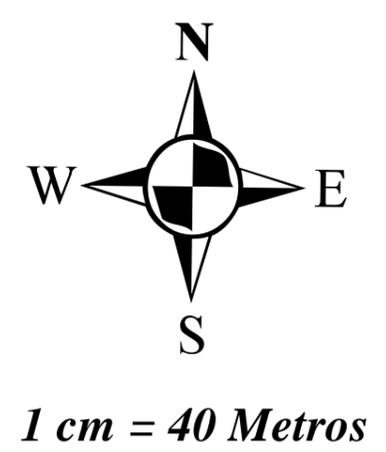
- CN_10_PMC
- CERROS ESPER

Anomalia Cu (ppm)

Value

High : 27999

Low : 40.2692



| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> | | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUINOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | | |
| <p>MAPA GEOQUÍMICO DE COBRE (Cu)</p> | | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | | <p>PLANO: Nº - 13</p> |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:4,000 PROYECCION: UTM, WGS 84</p> | <p>FECHA: Noviembre, 2024</p> |



relación. Los datos sugieren un sistema hidrotermal que depositó tanto el oro como el cobre bajo condiciones similares de temperatura y presión. Esta asociación es característica de yacimientos tipo pórfido-epitermal, con una etapa inicial dominada por la mineralización de cobre y una etapa posterior, o de sobreimposición, enriquecida en oro, típica de ambientes epitermales.

D. Anomalías de Arsénico (As) (ppm)

Los datos de arsénico presentan una variabilidad significativa, con concentraciones que oscilan entre 28 y 1969 ppm. Esta amplia gama indica una distribución heterogénea del elemento en el yacimiento. La asociación del arsénico con oro, plata y cobre sugiere una relación genética entre estos metales. La presencia de arsénico es indicativa de alteración hidrotermal, especialmente de tipo propilítico, caracterizada por la presencia de piritita y arsenopiritita, lo que sugiere sistemas mineralizantes de tipo pórfido-epitermal.

En la zona de estudio, la correlación positiva entre las concentraciones de arsénico, oro, plata y cobre, asociada a una geología de pórfido andesítico, refuerza la relación genética entre estos elementos.

Tabla 10: Variables geoestadísticas elaborados a partir de los resultados geoquímicos As (ppm)

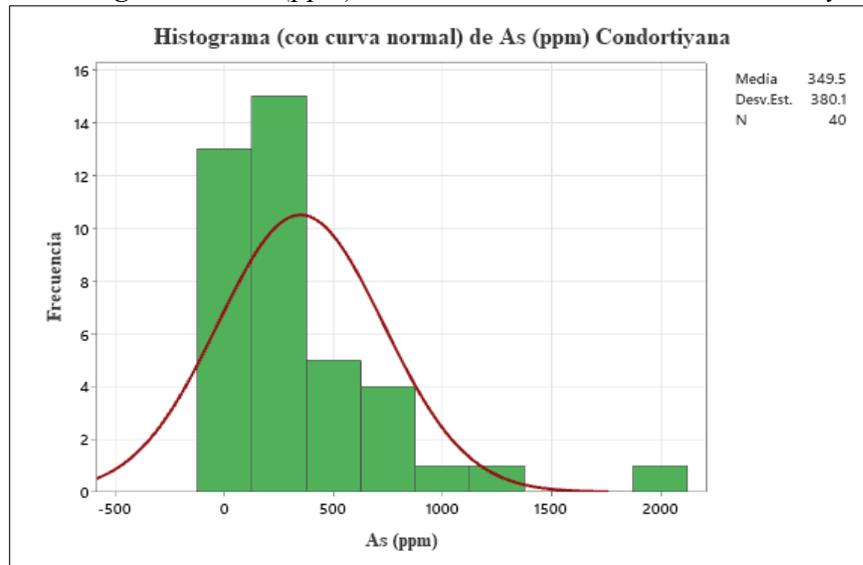
| | |
|----------------------------|---------|
| TOTAL | 40.00 |
| VALOR MÁXIMO | 1969.00 |
| VALOR MÍNIMO | 28.00 |
| MEDIA | 349.49 |
| MEDIANA | 227.50 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 380.07 |
| BACKGROUND | 288.50 |
| THRESHOLD | 1109.63 |
| ANOMALÍA LEVE | 668.57 |
| ANOMALÍA NORMAL | 1048.64 |
| ANOMALÍA FUERTE | 1428.71 |

Fuente: Elaboración propia (Tesis)



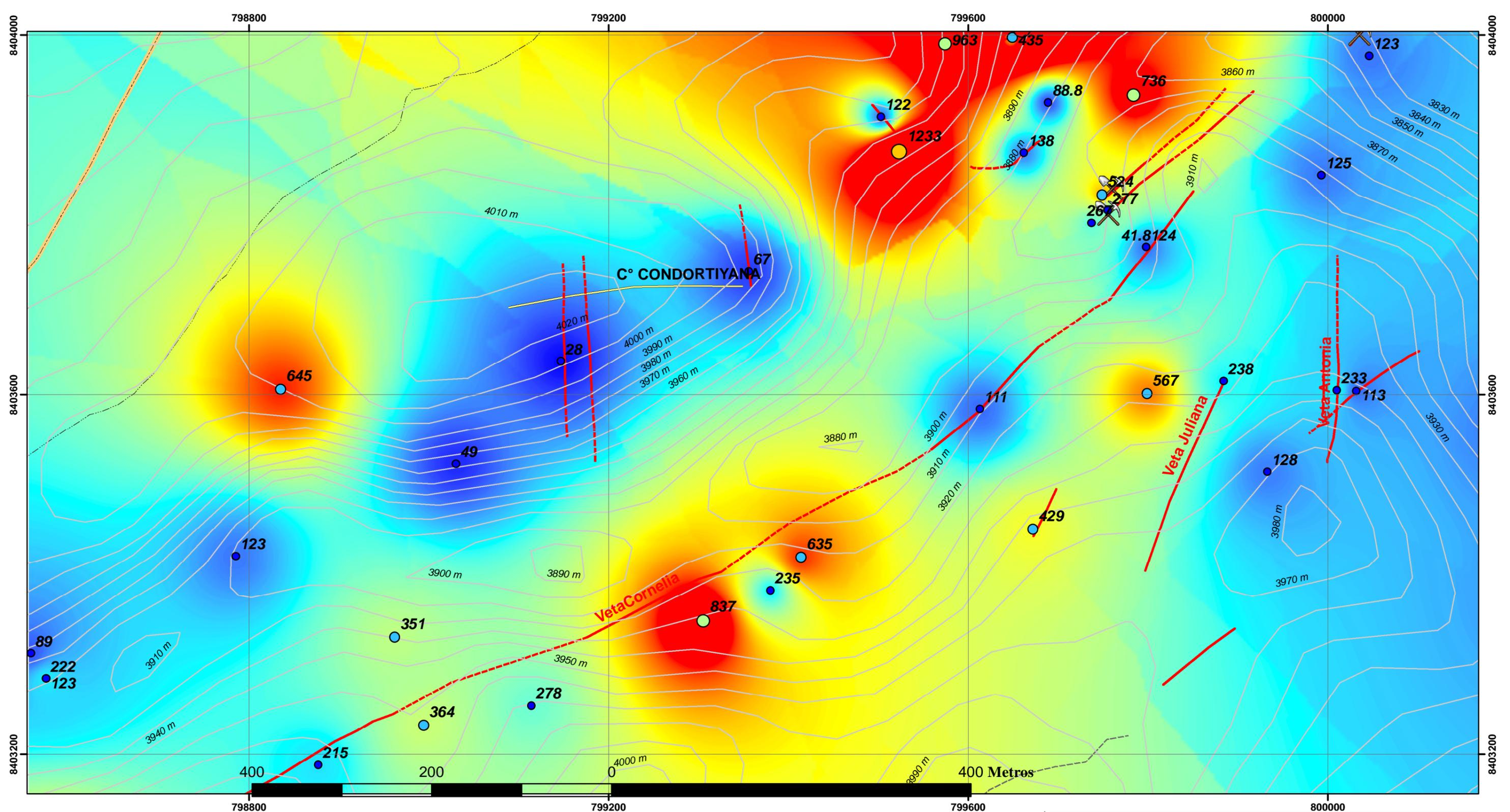
El histograma (figura 9) de arsénico confirma esta distribución heterogénea, evidenciando la concentración del elemento en zonas específicas del yacimiento. Esto sugiere un control estructural en la mineralización, donde fracturas y vetas han actuado como conductos para los fluidos mineralizantes.

Figura 14: Histograma de As (ppm) con curva normal del P.M. Condortiyana



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

La correlación positiva moderada (figura 14) entre oro y arsénico, junto con la presencia de vetas de cuarzo y la asociación con alteración propilítica, sugiere un modelo de mineralización epitermal de baja sulfuración. El arsénico, como elemento volátil y ligado a fases sulfuradas, indica un ambiente de deposición relativamente oxidante y temperaturas moderadas. Esta asociación es común en depósitos epitermales de oro y representa un vector de exploración importante en la zona de estudio.



LEYENDA

Anomalia_As_(ppm)

As_ppm_

| | |
|---|---------------------------|
| ● | 28.000000 - 288.500000 |
| ● | 288.500001 - 668.570000 |
| ● | 668.570001 - 1048.640000 |
| ● | 1048.640001 - 1428.710000 |
| ● | 1428.710001 - 1969.000000 |

SIMBOLOGIA

— CN_10_PMC

— CERROS ESPER

Anomalia As (ppm)

Value

High : 1963.19

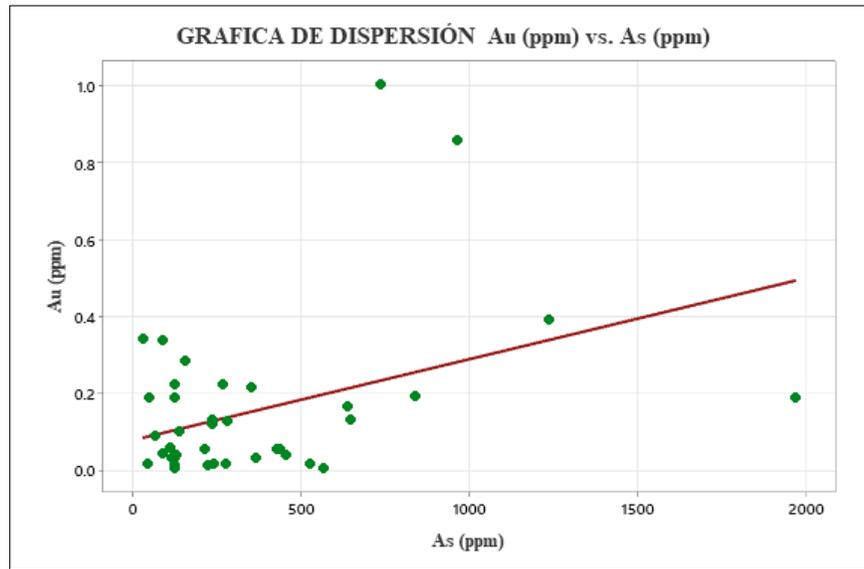
Low : 28.0402



| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> | | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | | |
| <p>MAPA GEOQUÍMICO DE ARSÉNICO (As)</p> | | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | | <p>PLANO: Nº - 14</p> |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:4,000 PROYECCION: UTM, WGS 84</p> | <p>FECHA: Noviembre, 2024</p> |



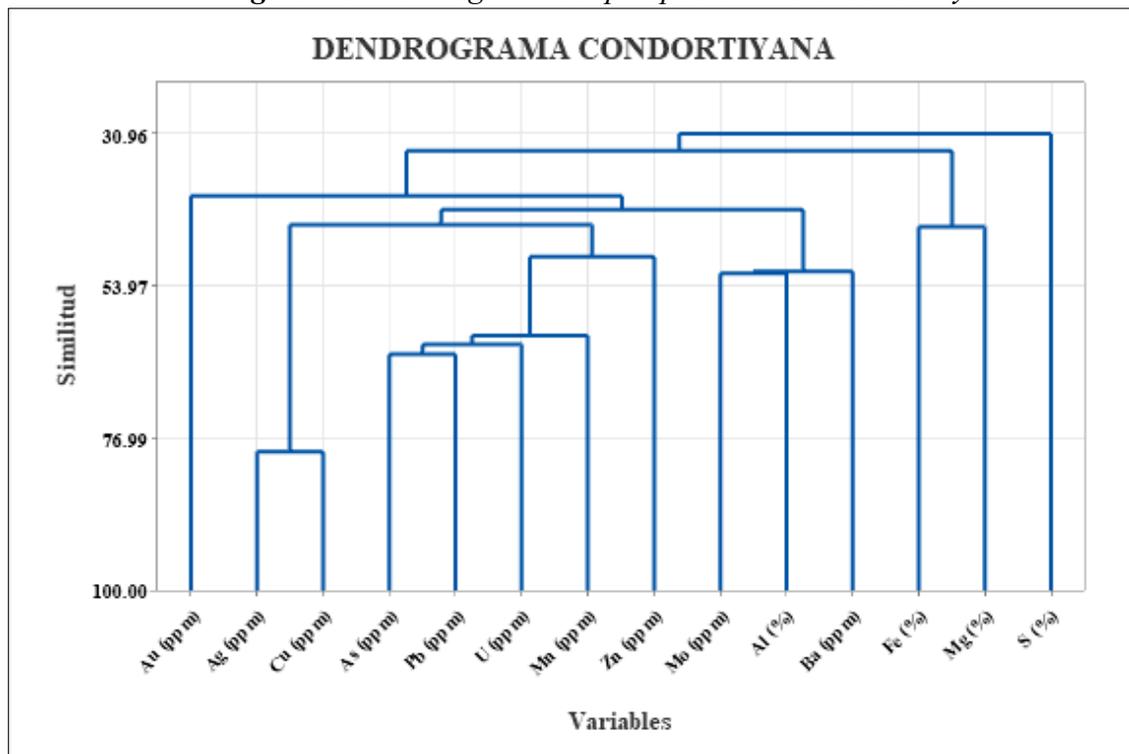
Figura 15: Grafica de dispersión de los elementos Au (ppm) vs Arsénico As (ppm)



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

5.7.2. Análisis e interpretación Dendrograma y Matriz de Correlación

Figura 16: Dendrograma del prospecto Minero Condortiyana



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

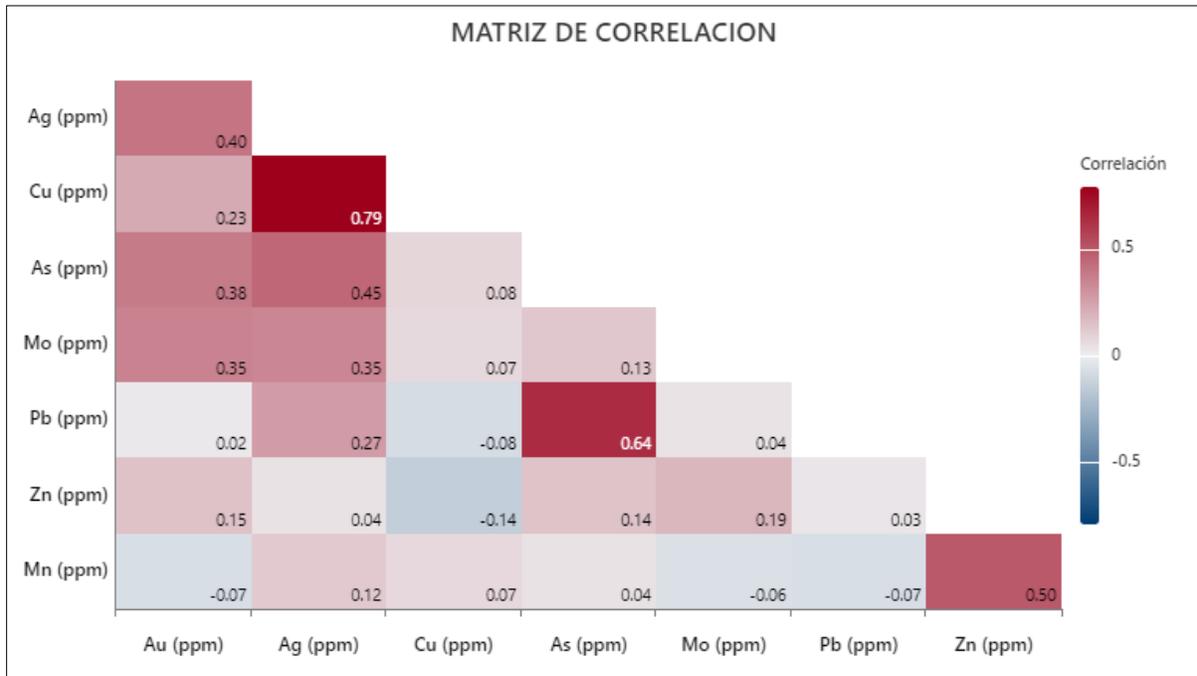


Los elementos se agrupan en diferentes "clusters" o grupos. Estos grupos sugieren que ciertos elementos tienen comportamientos geoquímicos similares y podrían estar asociados a los mismos procesos geológicos.

- El primer clusters de Au, Ag y Cu sugiere que estos metales podrían estar asociados a un mismo tipo de mineralización, como, por ejemplo, vetas de cuarzo auríferas, o depósitos epitermales.
- La asociación del arsénico con ciertos elementos podría indicar la presencia de una alteración hidrotermal específica, como la propilítica, que suele asociarse a la deposición de sulfuros.
- La agrupación de Fe, Mg y S sugiere que estos elementos podrían estar controlados por la composición de la roca huésped.
- La separación entre los diferentes grupos podría indicar la existencia de dos o más eventos mineralizantes distintos.



Figura 17: Coeficientes de correlación de elementos guía del Prospecto Minero Condortiyana



Fuente: Elaboración propia (Tesisistas)

- **Au-Ag-Cu:** La fuerte correlación positiva entre oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) sugiere una estrecha asociación genética entre estos metales. Es probable que se hayan depositado en el mismo evento mineralizante o en eventos muy relacionados, y son característicos de depósitos epitermales.
- La fuerte correlación entre ciertos elementos indica que fueron depositados por los mismos fluidos hidrotermales, bajo condiciones similares de temperatura y presión.
- Las asociaciones observadas pueden estar relacionadas con ciertos tipos de alteración hidrotermal, como la propilítica o la filica, que son comunes en estos tipos de depósitos.



CAPITULO VI

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA

6.1. MINERALOGÍA

La mineralogía de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de plata (Ag) y oro (Au) como principales metales, acompañados por menores cantidades de cobre (Cu). Macroscópicamente se identificaron sulfuros como calcopirita, pirita y galena, frecuentemente asociados a la mineralización de plata. Además, se observaron óxidos como goethita, jarosita y limonita, típicamente asociados a zonas de alteración hidrotermal, vetas silicificadas y vetas de cuarzo. Estas mineralizaciones se presentan alojadas o relacionadas a rocas de composición Andesítica como en rocas de composición Dacítica con alteración hidrotermal.

6.1.1. *Minerales de mena*

Los minerales de mena son aquellos que contienen metales o elementos químicos de alto valor económico. Estos minerales constituyen la base de la industria minera moderna, debido a su amplia aplicación en diversos sectores industriales y tecnológicos. En la zona de estudio, destacan los siguientes minerales:

- A. **Oro (Au):** Este metal de interés económico se encuentra estrechamente asociado a una paragénesis de óxidos, predominantemente hematita, limonita, jarosita y goethita, en compañía de cuarzo. En la zona de oxidación, se presenta en forma de finas partículas o pepitas de tamaño micrométrico, generalmente alojadas en cavidades de cuarzo o diseminadas en arcillas producto de la alteración, siendo imperceptible a simple vista. Los análisis de laboratorio indican leyes que varían



entre 0.01 ppm y 1.0 ppm, concentrándose principalmente en vetas y sistema de vetillas silicificadas con presencia de óxidos.

B. Galena (CuFeS): La galena, un sulfuro de plomo (PbS), es un mineral de mena fundamental en yacimientos epitermales de alta sulfuración. En la zona de estudio, se encuentra asociada a pirita y se presenta en diversas formas, como cristales isométricos, masas granulares y rellenando fracturas y vetas. La mineralización de galena está frecuentemente asociada a concentraciones significativas de plata (Ag), presente como inclusiones o diseminaciones, lo que indica un potencial económico adicional.

C. Calcopirita: La calcopirita, un sulfuro de cobre y hierro, es uno de los minerales de mena más importantes en yacimientos epitermales. En la zona de estudio, se encuentra concentrada en vetas y sistemas de vetillas, asociada a pirita, cuarzo y minerales de ganga como sericita y alunita. La presencia de estos minerales indica un ambiente hidrotermal característico de yacimientos epitermales.

6.1.2. Minerales de ganga

Los minerales de ganga son aquellos que acompañan a los minerales de mena, careciendo de valor económico directo. Sin embargo, su presencia, distribución y características mineralógicas son fundamentales para comprender el entorno geológico, las condiciones de formación del yacimiento y, por ende, guiar las actividades de exploración y explotación. En la zona de estudio, estos minerales se originan a partir de fluidos hidrotermales en un régimen de baja a moderada temperatura (aproximadamente 50°C a 300°C) y baja presión. Constituyen el volumen mayoritario de las vetas, vetillas y rocas alteradas adyacentes, encapsulando los minerales



de mena. Los minerales de ganga más comunes en esta área son cuarzo, calcita, goetita, hematita, jarosita y pirita.

- A. Cuarzo:** Mineral de ganga dominante en el prospecto minero Condortiyana, presenta una amplia variedad textural, incluyendo texturas granulares, masivas, brechadas y craqueladas. La mineralización de oro y plata se encuentra preferentemente asociada al cuarzo poroso (sílice masiva), producto de la lixiviación por fluidos hidrotermales y posterior relleno por óxidos. En las zonas de vetas, se observan delgadas venillas de cuarzo blanco lechoso.
- B. Calcita:** La calcita, en el área de estudio, se identifica como un mineral de ganga en ensambles hidrotermales. Su asociación principal es con cuarzo lechoso y pirita (diseminada o en microagregados). Se presenta rellenando vetillas de forma masiva y, esporádicamente, en geodas. Su distribución a lo largo de fracturas controladas estructuralmente es discontinua. Estas vetillas son preferentemente hospedadas por unidades volcánicas (toba lítica y toba andesítica), intersectando en algunos casos los bordes de pórfidos andesíticos. Esta observación sugiere un control tectónico significativo en su emplazamiento y la sitúa como una fase intermedia a tardía en la evolución hidrotermal de un sistema epitermal de baja sulfuración.
- C. Goetita:** Este mineral, un óxido de hierro hidratado ($\text{FeO}(\text{OH})$), se genera habitualmente como resultado de la oxidación y alteración de minerales de hierro primarios, como la pirita y otros sulfuros metálicos. En la zona de estudio la goetita está presente en forma de masas terrosas, recubriendo espacios porosos en rocas alteradas, formando pequeñas vetas o rellenando fracturas. Su color varía desde tonalidades pardo-amarillentas hasta marrón oscuro.



- D. Hematita:** Un óxido de hierro (Fe_2O_3), es un mineral común en las zonas de alteración de la zona de estudio, particularmente en las zonas de argílica avanzada a intermedia. Se presenta en forma de masas terrosas y rellenando fracturas y cavidades, frecuentemente asociada a jarosita y goetita. Su coloración varía entre el rojo oscuro y el negro metálico
- E. Jarosita:** Un sulfato de hierro y potasio ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), es un mineral secundario comúnmente formado por la oxidación de sulfuros, principalmente pirita, en ambientes superficiales. En la zona de estudio, se presenta en forma de rellenos terrosos y cristales tabulares, con una coloración que varía del amarillo al marrón amarillento. La jarosita es un indicador de condiciones ácidas y se encuentra frecuentemente asociada a zonas de oxidación y enriquecimiento secundario de metales preciosos, como oro y plata.
- F. Limonita:** La limonita, un óxido de hierro hidratado amorfo, es un mineral secundario comúnmente asociado a zonas de oxidación. Se forma por la alteración de sulfuros de hierro y su presencia indica condiciones oxidantes en el ambiente geológico. En la zona de estudio, la limonita se encuentra en zonas de alteración argílica avanzada, como material terroso de coloración variable. Su presencia es un indicador de procesos post-mineralización.
- G. Pirita:** Sulfuro de hierro (FeS_2), el sulfuro más común, se encuentra ampliamente distribuida en la zona de estudio, asociada a zonas de alteración argílica y vuggy sílica, así como en estructuras mineralizadas. Su presencia, tanto en forma diseminada como en vetas y venillas, a menudo acompañada de enargita y galena, indica condiciones hidrotermales y un ambiente oxidante ácido.



6.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VETAS

Las vetas del prospecto minero Condortiyana exhiben una geometría predominantemente tabular, con un emplazamiento controlado estructuralmente a lo largo de estructuras tectónicas preexistentes, tales como fracturas y fallas. Su composición de ganga se caracteriza por una matriz silíceo dominante (cuarzo), acompañada de carbonatos (principalmente calcita), y albergan una mineralización epitermal de baja sulfuración enriquecida en metales preciosos (Au y Ag), con bajos contenidos relativos de sulfuros de metales base. Texturalmente, las vetas presentan evidencia de relleno de espacio abierto

Las vetas presentan espesores variables desde centímetros hasta metros, controlados por la estructura del macizo rocoso, y contienen oro (máximo valor 1 g/t), con una media de plata (8.35 g/t) y cobre en menores concentraciones. La intensa alteración hidrotermal, caracterizada por zonas de argilización avanzada y silicificación, evidencia la interacción de fluidos mineralizantes con las rocas encajonantes.

La alteración hidrotermal en las rocas encajonantes se manifiesta principalmente por la formación de Sericita, caolinita e illita, y la presencia de hematita, goetita, indicando condiciones oxidantes. El cuarzo, asociado a la mineralización, señala un pulso de silicificación y la precipitación de sulfuros.

El prospecto Condortiyana presenta un interesante potencial económico, especialmente por sus contenidos de oro y plata. Los contenidos de cobre, aunque menores, podrían ser relevantes en futuras exploraciones a mayor profundidad o en zonas con menor oxidación.



6.2.1.1. Veta Antonia

Estructura silicificada gris oscuro, con sulfuros diseminados, con una potencia de 0.35 metros, con una orientación N-S y un buzamiento de 60° W, acompañadas por un sistema de vetillas paralelas y perpendiculares.

6.2.1.2. Veta Lorena

Veta silicificada gris blanquecino a oscuro, presencia de sulfuros diseminados y con óxidos de hierro en patinas principalmente Goetita más que la jarosita ($Gt > Jr$), esta veta se presenta en un área de alteración argílica, haciendo su desarrollo más notorio, con una potencia de 0.60 metros, y con orientación de N40E y una inclinación de 75NW.

6.2.1.3. Veta Juliana

Estructura silicificada de color blanquecino con oquedades y sulfuro fino diseminada y rellenos de óxidos de hierro en fracturas, con una potencia de 1 metro, pero que varía a lo largo de la estructura que van entre 1.30 metros a 0.70 metros, con una orientación de N25E, y una inclinación 80NW, y es importante hacer mención que esta veta tienen otra estructura paralela a la misma con las mismas características y solo la variación de dirección de inclinación, a quien se denominó como Juliana 2 (N15E y 80SE).

6.2.1.4. Veta Cornelia

La veta de cuarzo lechoso, con impregnaciones de óxidos de hierro como jarosita y goetita (siendo la jarosita más abundante), y diseminaciones de sulfuros predominantemente pirita y en menor proporción calcopirita, se localiza a lo largo de la ladera Hierbabuenayoq, frente al cerro Condortiyana, paralela al río Antuyo. Esta veta presenta una potencia variable, desde 1 metro hasta 2.5 metros en algunos sectores, siendo la más significativa del área por sus dimensiones. Su rumbo



es N60E y su buzamiento es de 45° hacia el SE. La veta está encajonada en una roca volcánica andesítica de color gris blanquecino.

Foto N.º 27: En vista Veta Cornelia, veta de sílice con patinas de óxidos de hierro (Goetita, Jarosita) con una potencia de 1 a 2.5 metros(variable).



6.2.1.5. Veta Esperanza

Esta veta se encuentra encajada en una zona de silicificación masiva. Además, presenta brechas con matriz arcillosa y nódulos terrosos. La mineralización de la veta incluye sulfuros diseminados, principalmente pirita y calcopirita. Tiene una potencia de 0.55 metros, con un rumbo N40E y un buzamiento de 80° SE. Los análisis geoquímicos indican que esta veta es la de mayor interés económico, con contenidos de oro (Au) de 0.22 gr/Tn, plata (Ag) de 96 gr/Tn y cobre (Cu) de 2.85%. Estos valores, especialmente el de plata, sugieren una mineralización significativa.



Foto N.º 28: Veta Esperanza, con estructuras de tipo vetillas paralelas a la estructura principal, con brecha tectónica veta.



6.3.ALTERACIONES HIDROTERMALES

El prospecto minero Condortiyana, emplazado en un ambiente volcánico, ha sido intensamente alterado por fluidos hidrotermales. La presencia de vetas de sílice masiva y red de vetillas de sílice con óxidos de hierro, junto con la alteración de rocas volcánicas como andesitas porfíricas, lavas andesíticas polimícticas con matriz afanítica, dacitas porfíricas toba litica, sugiere un sistema epitermal de baja sulfuración. Los procesos de silicificación, argilitización, sericitización (filica) y propilitización, evidenciados por la presencia de cuarzo, sericita, caolinita, illita y otros minerales, son guías fundamentales para la exploración minera. Estas alteraciones hidrotermales delimitan zonas de interés económico, donde es probable encontrar mineralización de oro, plata y otros metales.

6.3.1. Alteración propilitica

En el prospecto minero Condortiyana, la alteración propilitica se desarrolla predominantemente en rocas andesíticas frescas, localizadas en los contactos con el pórfido



andesítico-dacítico porfídico y en la periferia de las zonas de alteración más intensa, concentradas alrededor de los cerros Condortiyana y Loreqaqa.

Esta alteración se caracteriza por una coloración verdosa oscura y se manifiesta por la presencia de clorita y epidota, minerales que reemplazan a las plagioclasas y a los minerales máficos originales (hornblenda, biotita), también se encontró carbonatos en las zonas más distal de Condortiyana. La clorita se forma a partir de la alteración de los minerales ferromagnesianos, mientras que la epidota reemplaza a las plagioclasas y otros minerales cálcicos, indicando condiciones de temperaturas moderadas (200-300°C) y fluidos hidrotermales neutros a ligeramente alcalinos.

Adicionalmente, se observan vetillas de cuarzo que rellenan fracturas y que representan canales por donde circularon los fluidos hidrotermales. Aunque menos abundantes que en zonas de alteración más intensa, estas vetillas sugieren eventos de silicificación local.

a. Descripción macroscópica de la muestra PMC-06

Foto N.º 29: Muestra de mano con código PCM – 06, pórfido andesítico de color gris verduzco.



Código de Muestra : PMC – 06



| | |
|-----------------------------|---|
| Fecha de descripción | : 12/08/2024 |
| Muestreado por | : Abiega R. y Huayhua J. (2024) |
| Descrito por | : Abiega R. y Huayhua J. (2024) |
| Localidad de muestra | : Cerro Condortiyana. |
| Coordenadas UTM | : E = 799356 N = 8403739 H = 4021 m.s.n.m |
| Proyecto | : Tesis para ingeniero Geólogo. |
| Unidad Litológica | : Grupo Tacaza |
| Cristalinidad | : Microcristalina |
| Textura | : Porfírica, fenocristales de plagioclasa en forma tabular. |
| Estructura | : Masiva |
| Matriz | : Afanítica, a menudo grano fino. |
| Color | : Gris verdosa a blanquecino, variable según la alteración. |
| Nombre de la roca | : Andesítica porfírica. |

Tabla 11: *Distribución mineralógica porcentual de Andesita porfírica.*

| MINERALES PRINCIPALES | % |
|----------------------------------|----------|
| Cuarzo | 15 |
| Plagioclasa | 50 |
| Feldespato Potásico | 5 |
| MINERALES ACCESORIOS | |
| Biotita | 5 |
| ALTERACION | |
| Clorita | 10 |
| Sericita | 10 |
| Óxidos (Hm) | 5 |

Fuente: Elaboración propia (tesistas)

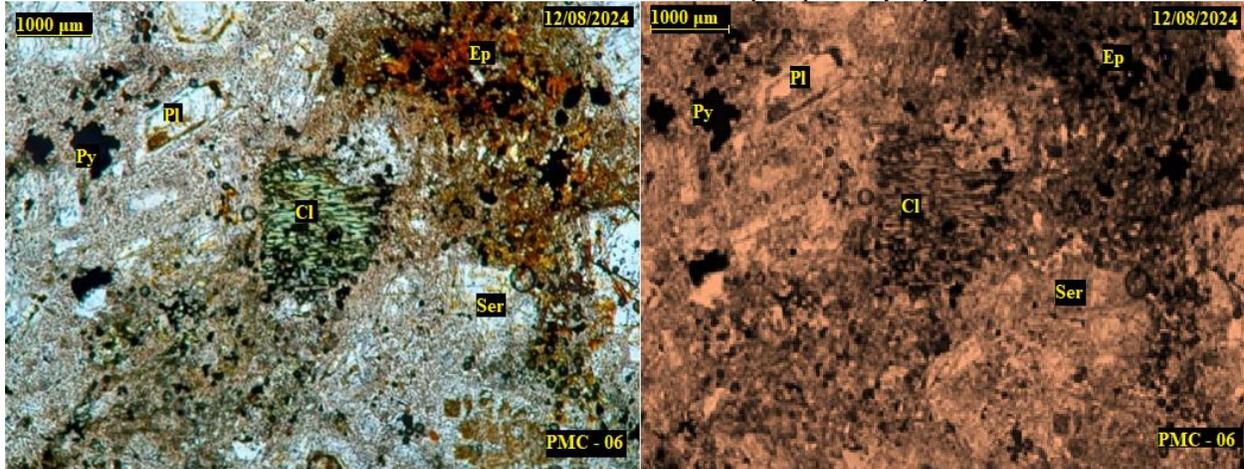
Descripción Macroscópica: Roca subvolcanica porfírica, de composición intermedia, con fenocristales de plagioclasa incrustados en una matriz de grano fino; de color gris oscuro a gris



verdosa, con impregnación de óxidos de hierro. Con alteración propilitica, evidenciado por clorita(biotita), sericita(plagioclasa), epidota y pirita diseminada (**Foto N.º 29**).

b. Descripción microscópica de la muestra PMC-06

Microfotografía N° 1: Sección delgada Muestra PMC-06. Derecha (NC) e Izquierda (NP);
Pl=Plagioclasa, Ser= Sericita, Cl=Clorita, Ep=Epidota y Py=Pirita.



Nota: *Vista Nícoles en Nícoles cruzados* (NC): Textura porfiritica, biotita (Bi) es remplazada por la clorita (Cl), en tanto la plagioclasa (Pl) es remplazada por la epidota (Ep), también se observa fenocristales de plagioclasa (Pl) con extinción recta o ligeramente ondulosa lo que sugiere una composición andesina a dacítica. *Nícoles Paralelos* (NP): Matriz merocristalina compuesto por cristales finos principalmente de Pl, Qz; presencia de pirita (Py), también se observa alteración de feldespatos especialmente en los bordes y las zonas de microfractura formando minerales arcillosos (Sericita) dando un aspecto turbio a la roca.

Conclusión: La microfotografía revela una andesita porfiritica, con una textura porfiritica típica, caracterizada por fenocristales de plagioclasa y piroxeno en una matriz microcristalina. La alteración de los feldespatos a minerales arcillosos sugiere que la roca ha experimentado procesos hidrotermales posteriores a su formación. Y la evidencia de los minerales alterados presentes definen el tipo de alteración propilitica.



6.3.2. Alteración filica

La alteración cuarzo-sericítica es la más extensa en el prospecto minero Condortiyana. Se caracteriza por la presencia dominante de cuarzo en diversas formas: masiva, lechosa, silícea oquerosa, microcristalina y en venillas polidireccionales. La sericita, por su parte, se presenta como mica blanco de grano fino con una textura sedosa, producto de la alteración de los feldespatos. En algunos sectores, se observan cantidades menores de clorita y sulfuros diseminados. Este tipo de alteración se ubica entre las zonas de alteración argílica avanzada y propilítica, formando un patrón de zonamiento característico.

a. Descripción macroscópica de la muestra PMC-05

Foto N.º 30: Descripción macroscópica de muestra de mano correspondiente a una roca toba andesítica.



| | |
|-----------------------------|---|
| Código de Muestra | : PMC – 05 |
| Fecha de descripción | : 12/08/2024 |
| Muestreado por | : Abiega R. y Huayhua J. (2024) |
| Descrito por | : Abiega R. y Huayhua J. (2024) |
| Localidad de muestra | : Cerro Condortiyana (base a nivel de la quebrada) |



| | | | |
|--------------------------|---|-------------|------------------|
| Coordenadas UTM | : E = 798831 | N = 8403174 | H = 3900 m.s.n.m |
| Proyecto | : Tesis para ingeniero Geólogo. | | |
| Unidad Litológica | : Grupo Tacaza | | |
| Cristalinidad | : Microcristalina. | | |
| Textura | : Porosa fragmentada con fragmentos de vidrio volcánico. | | |
| Estructura | : Masiva, con bandeamientos ligeros, fracturas rellenas con óxidos de hierro. | | |
| Matriz | : Afanítica, compuesta de material piroclástica. | | |
| Color | : Blanco grisáceo, blanco anaranjado a beige | | |
| Nombre de la roca | : Toba andesítica | | |

Tabla 12: *Distribución mineralógica porcentual de Toba Andesítica.*

| MINERALES PRINCIPALES | % |
|-----------------------------------|----------|
| Plagioclasa | 45 |
| Cuarzo | 15 |
| MINERALES ACCESORIOS | |
| Biotita | 5 |
| Fragmentos de vidrio volcánico | 5 |
| Fragmentos líticos | 5 |
| ALTERACION | |
| Sericita | 15 |
| Caolinita | 5 |
| Óxidos (Hm) | 5 |

Fuente: Elaboración propia (tesistas)

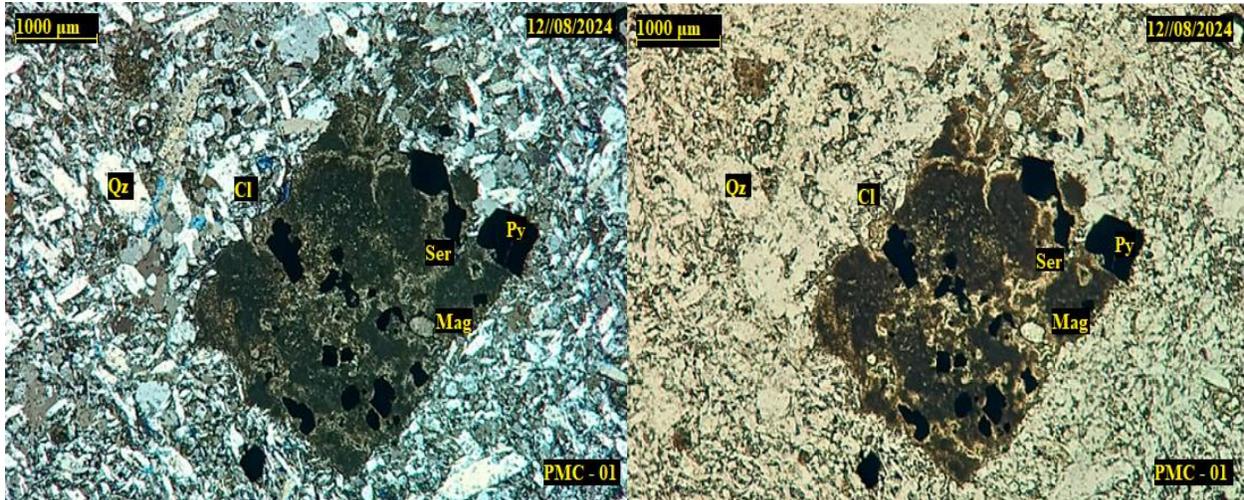
Descripción Macroscópica: La muestra corresponde a una toba andesítica de grano fino a mediano, de color gris claro a beige, con fragmentos líticos y cristalinos visibles a una lupa. Los fragmentos líticos, predominantemente de andesita, presentan texturas porosas a fragmentada. La



matriz vítrea es homogénea, con fracturas concoides y evidencia de alteración moderada en forma de óxidos de hierro y presencia considerable de sericita, evidenciando el tipo de alteración filica.

b. Descripción microscópica de la muestra PMC-05

Microfotografía N° 2: Sección delgada Muestra PMC-05. Derecha (NC) e Izquierda (NP); Qz=Cuarzo, Ser= Sericita, Cl=Clorita, Ep=Epidota y Py=Pirita, Mag = Magnetita.



Nota: Vista en nicoles cruzados (NC): La Sericita (Ser) muestra colores de interferencia de bajo orden, cuarzo (Qz) presenta colores de interferencia de primer orden, con textura porosa por disolución de minerales como feldespatos. **Nicoles paralelos (NP)** la Sericita (Ser) reemplaza a los feldespatos (Fel) y plagioclasas (Pl) obteniendo la roca un aspecto mate y blanquecino, el cuarzo (Qz) se presentan como cristales equidimensionales, también se presentan minerales secundarios como la clorita (Cl), Magnetita (Mag). Se observa relictos de minerales originales.

Conclusión: La presencia de sericita y cuarzo como minerales principales, junto con la alteración de los feldespatos plagioclasa, y presencia de clorita es indicativo de una alteración filica. Esta alteración se produce en condiciones de temperatura y presión moderadas, típicamente asociadas a la circulación de fluidos hidrotermales ácidos.

6.3.3. Alteración argílica

En el prospecto minero Condortiyana, la alteración argílica se desarrolla principalmente en rocas volcánicas de composición andesítica, como tobas andesíticas, andesitas porfíricas y tobas líticas. Estas rocas alteradas exhiben una coloración variable, que va desde el blanco grisáceo hasta tonos pardos rojizos, como resultado de la intensa interacción con fluidos hidrotermales ácidos.



Este tipo de alteración se caracteriza por la destrucción completa de los minerales primarios, principalmente feldspatos, y su reemplazo por minerales arcillosos secundarios, tales como caolinita, illita y otras arcillas. La presencia de estos minerales arcillosos confiere a las rocas una textura suave y terrosa, típica de la alteración argílica.

Asociada a esta alteración, se observa una densa red de vetillas de sílice que corta a las rocas alteradas. Estas vetillas indican una etapa de silicificación posterior a la alteración argílica, sugiriendo una evolución de los fluidos hidrotermales hacia condiciones más ácidas y temperaturas más bajas. La presencia de minerales oxidados como jarosita, hematita, limonita y goetita, tanto en las fracturas como recubriendo las superficies de las rocas, evidencia una oxidación de sulfuros primarios, probablemente pirita.

a. Descripción macroscópica de la muestra PMC-03

Foto N.º 31: Muestra de mano con código PCM – 03, Toba andesítica.



Código de Muestra : PMC – 03
Fecha de descripción : 12/08/2024
Muestreado por : Abiega R. y Huayhua J. (2024)



Descrito por : Abiega R. y Huayhua J. (2024)

Localidad de muestra : Aymarillayoc (en la vertiente lateral frente al cerro Condortiyana).

Coordenadas UTM : E = 799716 N = 8403403 H = 3615 m.s.n.m

Proyecto : Tesis para ingeniero Geólogo.

Unidad Litológica : Grupo Tacaza

Cristalinidad : Microcristalina.

Textura : Piroclástica, con fragmentos líticos angulosos de tamaño variable inmersos en una matriz fina.

Estructura : Masiva, con bandeamientos ligeros, fracturas rellenadas con óxidos e hidróxidos de hierro.

Matriz : Afanítica, compuesta de material piroclástica.

Color : Tono claro, blanco amarillento, presencia de minerales arcillosos.

Nombre de la roca : Toba andesítica lítica

Tabla 13: *Distribución mineralógica porcentual de Toba Andesítica lítica*

| MINERALES PRIMARIOS | % |
|--------------------------------|----------|
| Feldspatos | 15 |
| Cuarzo | 15 |
| MINERALES ACCESORIOS | |
| Biotita | 5 |
| Fragmentos líticos | 25 |
| MINERALES DE ALTERACIÓN | |
| Sericita | 10 |
| Arcillas (Caolinita, Illita) | 25 |
| Óxidos de Hierro (Hm > Gt) | 5 |

Fuente: Elaboración propia

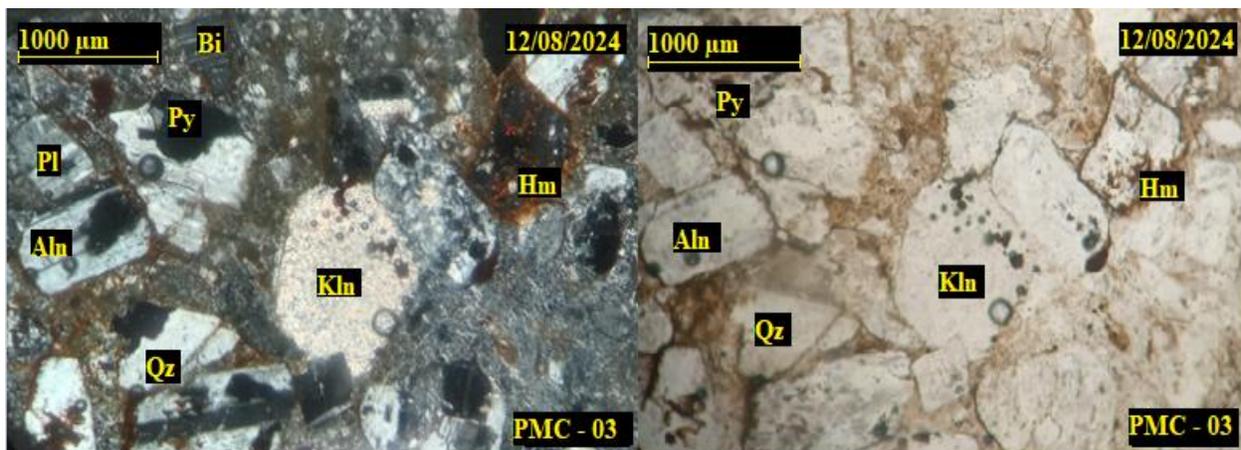
Descripción Macroscópica: La muestra corresponde a una toba andesítica de grano fino a mediano, que exhibe una alteración argílica moderada a intensa. Se observa un color blanco



amarillento característico, indicativo de la presencia de minerales de arcilla. La muestra presenta fragmentos líticos y cristalinos, con fragmentos líticos predominantemente andesíticos que muestran texturas porosas y fragmentadas. La matriz, ahora alterada, muestra una textura homogénea con fracturas concoideas. La alteración argílica se manifiesta por la presencia de minerales de arcilla, probablemente caolinita y/o illita, que reemplazan a los feldespatos y la matriz vítrea. Se observan óxidos de hierro, producto de la alteración de minerales ferromagnesianos.

b. Descripción microscópica de la muestra PMC-03

Microfotografía N° 3: Sección delgada Muestra PMC-03. Derecha (NP) e Izquierda (NC);
Pl=Plagioclasa, Qz=Cuarzo, Bi=Biotita, Aln= Illita, Kln=Caolinita, Hm=Hematita y
Py=Pirita.



Nota: *Vista en nicoles cruzados* (NC): Zonas de plagioclasa (Pl) con birrefringencia baja a moderada, con una textura de mosaico debido al reemplazo por caolinita; la extinción en las biotitas (Bi) es heterogénea, y en algunos sectores aparecen manchas opacas producto de la alteración. La matriz con birrefringencia muy baja debido a la caolinita, con zonas de cuarzo microcristalino que exhiben mosaicos con extinción ondulante. Caolinita (Kln) con birrefringencia muy baja, con apariencia lechosa; Illita (Aln) presenta birrefringencia moderada, con colores pastel distintivos; y OxFe totalmente opacos. *Vista en nicoles paralelos* (NP): Los fenocristales de plagioclasa (Pl) muestran bordes irregulares y reemplazo parcial o total por caolinita, plagioclasa original es difícil de identificar debido al alto grado de alteración; la biotita (Bi) se presenta con bordes sustituidos por minerales arcillosos (Kln) y óxidos de hierro. La matriz originalmente vítrea es completamente reemplazada por caolinita, cuarzo microcristalino y óxidos de hierro dispersos. Masas de caolinita (Kln) blancas homogéneas, con desarrollo homogéneo en zonas de alteración avanzada; alunita (Aln) granos finos, opacos a traslúcidos, asociados a fracturas.

Conclusión: La toba andesítica muestra una alteración argílica dominante, evidenciada por el reemplazo casi completo de plagioclasa, matriz vítrea y minerales máficos por caolinita,



cuarzo microcristalino, y óxidos de hierro. La preservación de texturas originales es limitada, especialmente en la matriz, mientras que algunos fenocristales relictos aún permiten identificar la roca original como de composición andesítica.

6.3.4. Alteración silícica (Silicificación)

La silicificación, un proceso de alteración hidrotermal caracterizado por la precipitación y enriquecimiento de cuarzo a partir de fluidos hidrotermales, es una característica distintiva del prospecto Condortiyana. Esta alteración ha afectado principalmente a las rocas volcánicas andesíticas, tobas andesíticas, tobas líticas, generando un endurecimiento de las mismas y la formación de vetas, vetillas y brechas silicificadas. La silicificación masiva, con textura de cuarzo microcristalino, con presencia de cavidades rellenas con óxidos de hierro sugiere condiciones oxidantes y la posibilidad de mineralización de metales preciosos.

6.3.4.1. Sílice masiva

La alteración silícica masiva en la zona de estudio se manifiesta como cuerpos masivos de cuarzo que reemplazan a las rocas encajantes, como tobas líticas y andesitas porfíricas principalmente. Esta alteración está estrechamente relacionada con sistemas de vetillas, vetas y en socavones de la minería artesanal abandonada, como la Veta Lorena, Antonia y Juliana. La coloración de estos cuerpos varía desde blancos a gris oscuro, debido a la presencia de óxidos de hierro y otros minerales. Las texturas oquerosas, producto de la oxidación de sulfuros, son comunes y reflejan la evolución de los procesos hidrotermales.

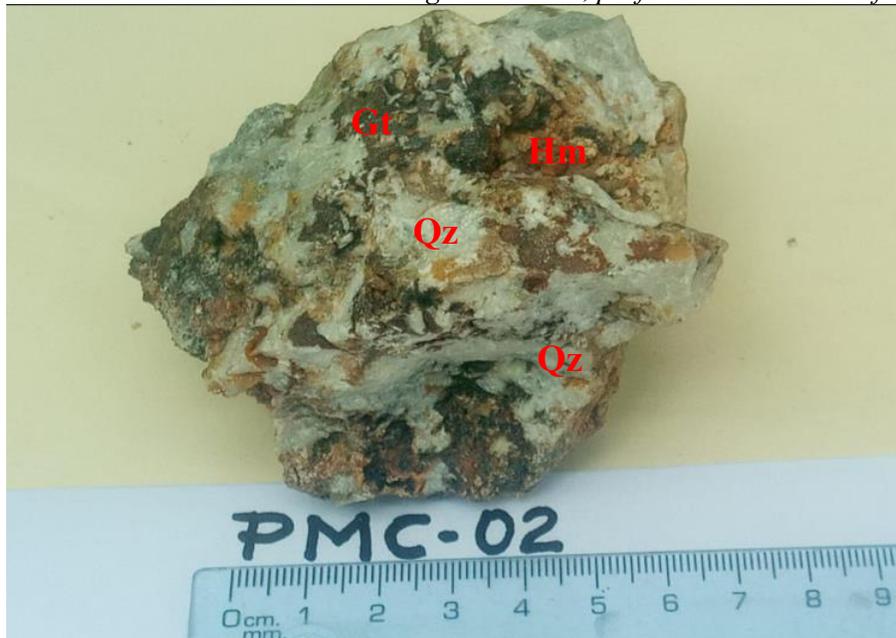


Foto N.º 32: Sílice masiva asociados a vetas y silicificación



a. Descripción macroscópica de la muestra PMC-02

Foto N.º 33: Muestra de mano con código PCM – 02, pórfido andesítico silicificado..



Código de Muestra : PMC – 02
Fecha de descripción : 12/08/2024
Muestreado por : Abiega R. y Huayhua J. (2024)



| | |
|-----------------------------|--|
| Descrito por | : Abiega R. y Huayhua J. (2024) |
| Localidad de muestra | : Cerro Condortiyana (base a nivel de la quebrada) |
| Coordenadas UTM | : E = 799521 N = 8403874 H = 3938 m.s.n.m |
| Proyecto | : Tesis para ingeniero Geólogo. |
| Unidad Litológica | : Grupo Tacaza |
| Cristalinidad | : Hipocristalina (parte vítrea, parte cristalizada). |
| Textura | : Porfídica, con fenocristales de plagioclasa plagioclasa. |
| Estructura | : Masiva, fracturas rellenas con óxidos de hierro. |
| Matriz | : Sub afanítica |
| Color | : Blanco grisáceo a blanco oscuro, con manchas oscuras y marrón. |
| Nombre de la roca | : Andesita porfiritica |

Tabla 14: *Distribución mineralógica porcentual de Andesita Porfiritica*

| MINERALES PRINCIPALES | % |
|----------------------------------|----------|
| Plagioclasa | 25 |
| Cuarzo | 40 |
| MINERALES ACCESORIOS | |
| Biotita | 5 |
| ALTERACION | |
| Goetita, Hematita | 15 |
| Jarosita | 5 |
| Arcillas | 5 |
| Pirita | 5 |

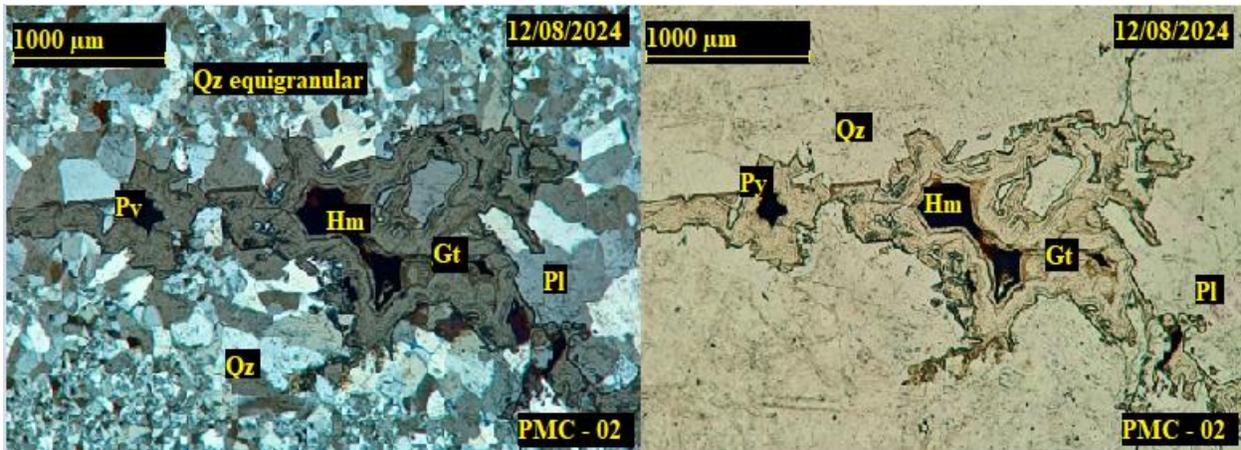
Fuente: Elaboración propia

Descripción Macroscópica: La muestra corresponde a una andesita porfiritica (roca caja) que ha experimentado una intensa silicificación hidrotermal. En el prospecto Condortiyana, la alteración sílica constituye el componente dominante de las estructuras vetiformes, manifestándose a través de una diversidad de texturas cuarzosas, incluyendo bandeamiento crustiforme, así como rellenos

de espacio abierto. Esta alteración presenta una estrecha asociación espacial y genética con la mineralización de metales preciosos (Au-Ag), evidenciada en la veta Esperanza, y delimita las paleozonas de intenso flujo hidrotermal y consecuente precipitación de sílice.

b. Descripción microscópica de la muestra PMC-02

Microfotografía N° 4: Sección delgada Muestra PMC-02. Derecha (NP) e Izquierda (NC);
Qz=Cuarzo, Qz-e= Cuarzo equigranular, Hm=Hematita, Gt=Goetita y Py= Pirita.



Nota: Vista en Nícoles cruzados (NC): Las plagioclasas (Pl) presenta una interferencia de tonos grises de primer orden, con extinción ondulante en zonas alteradas; el cuarzo (Qz) presenta extinción ondulante en cristales más grandes, el cuarzo microcristalino del cemento de la brecha muestra interferencias de bajo orden y bordes poligonales; la Hm muestra alta opacidad en luz transmitida; la Gt se observa como agregados parduzcos con texturas coloidales o botroidales comunes en las zonas de fractura; zonas con microfracturas rellenas de hematita y goetita, evidenciando procesos de oxidación; presenta una matriz predomina el cuarzo microcristalino con textura equigranular, que confiere a la roca un carácter masivo.

Vista en Nícoles cruzados (NP): Los fenocristales de plagioclase presentan hábitos euhedral a subhedral con bordes parcialmente corroídos y reemplazados por cuarzo; el cuarzo (Qz) se presenta como agregado poligonal microcristalino en zonas alteradas, extinción ondulante ocasional y textura de cementación en las zonas de micro brecha; los óxidos (Hm-Gt) se presentan como impregnaciones y en relleno de fracturas, la Hm exhibe tonos rojizos característicos, mientras que la goetita un color parduzco disposición irregular a menudo asociado a los bordes y zonas de fractura de os fragmentos clásticos. Matriz microcristalina completamente recristalizada por sílice, la relación cuarzo feldespato modificada por la alteración hidrotermal.

Conclusión: La presencia de cuarzo, vetas y venillas de cuarzo y zonas (rocas caja) de silicificación indica una intensa alteración hidrotermal. La alteración silícica ha modificado significativamente la textura y mineralogía original de la andesita, indicando interacción intensa con fluidos hidrotermales ricos en sílice, presencia de hematita y goetita en la microbrecha sugiere



procesos de oxidación secundarios, posiblemente vinculados a un sistema epitermal de baja sulfuración.

CAPITULO VII

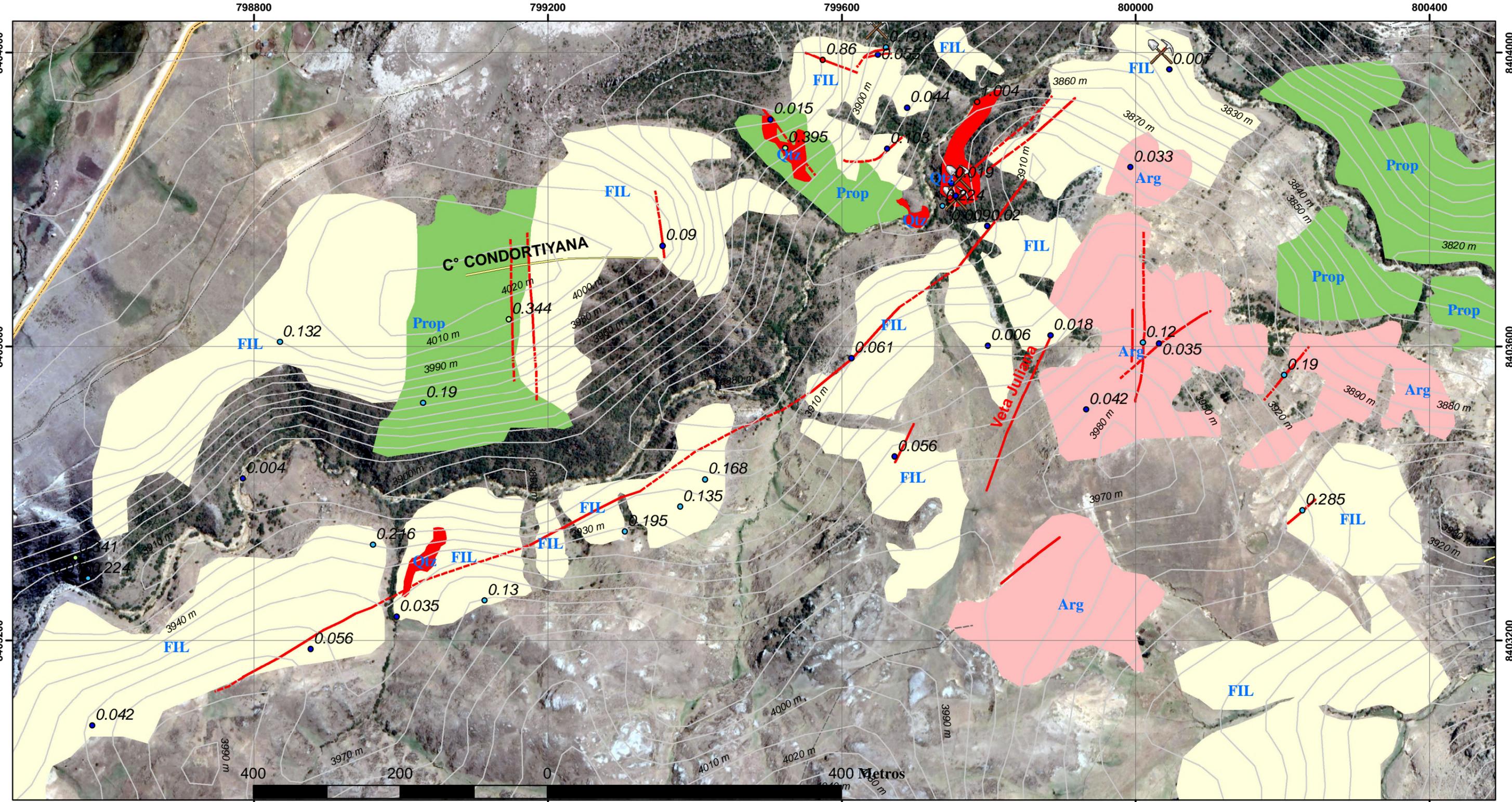
METALOGENIA

7.1. FRANJAS METALOGÉNICAS

El prospecto minero Condortiyana esta localiza en una zona de próxima al límite metalogénica de notable complejidad, específicamente entre la Franja XV, caracterizada por pórfidos y skarns de Cu-Mo (con subproductos de Au y Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe asociados a intrusiones del Eoceno-Oligoceno, y la Franja XXI-b, reconocida por sus depósitos epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas. Esta ubicación, según la versión actualizada del mapa metalogénico de INGEMMET (Acosta, J. et al., 2020), que a su vez se basa en los datos de los mapas de 2007 y 2008 (Quispe, et al.), implica una superposición de diversos estilos de mineralización, lo que confiere al área un alto potencial para la exploración de múltiples tipos de yacimientos minerales.

7.1.1. XV. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno.

Esta franja metalogenica, ubicada entre la Cordillera Occidental y el Altiplano, abarcando las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno, presenta una mineralización vinculada a intrusiones granodioríticas y dioríticas del Batolito Andahuaylas-Yauri, de edad Eoceno-Oligoceno. Estos eventos intrusivos, emplazados bajo un régimen tectónico transpresional (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003), muestran una notable dependencia estructural, controlados por sistemas de fallas regionales como Urcos-Sicuaní-Ayaviri, Cusco-Lagunillas-Mañazo, Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condoroma-Caylloma.



LEYENDA

ALTERACIONES TIPO

| | |
|--|---------------|
| | PROPILITICA |
| | ARGILICA |
| | FILICA |
| | SILICE MASIVA |

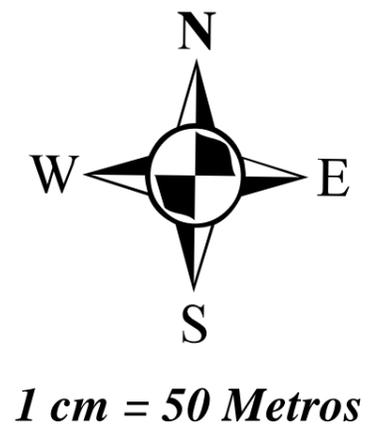
SIMBOLOGIA

CN_10_PMC

CERROS ESPER

ZONA CONDORTIYANA RGB

| | |
|--|---------------|
| | Red: Band_1 |
| | Green: Band_2 |
| | Blue: Band_3 |



| | | | |
|--|----------------------------|--|---------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA | | | |
| TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS" | | | |
| MAPA DE ALTERACIONES | | | |
| BACHILLER: | | ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A. | |
| ASESOR: | | MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO | |
| ZONA 18L | ESCALA: 1:5,000 | FECHA: Noviembre, 2024 | |
| | PROYECCION: UTM, WGS 84 | | |
| | | | PLANO: N° - 15 |



La mineralización de Cu-Mo (Au) se asocia a intrusivos de composición intermedia a ácida. Adicionalmente, se observa la formación de cuerpos de skarn de Cu-Zn en el contacto entre los intrusivos y las secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano. Por otro lado, los intrusivos de carácter más básico están relacionados con mineralizaciones de Fe-Cu-Au, que se manifiestan como cuerpos de contacto con las secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano, así como en vetas de Au-Cu dentro de los intrusivos.

La franja metalogenética examinada exhibe una notable concentración de depósitos cupríferos, incluyendo Tintaya, Kananga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haqaira, Los Chancas, Antillas y Trapiche, con eventos de mineralización datados entre 42 y 30 Ma. Adicionalmente, el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri alberga cuencas continentales sin-orogénicas (Carlotto et al., 2005), donde se localizan depósitos de Cu tipo "Red Bed" alojados en capas rojas eoceno-oligocenas del Grupo San Jerónimo, genéticamente vinculados al Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, 2004). Ejemplos representativos de esta mineralización incluyen Tambomachay, Ushpa, Tipón y Anta."

7.1.2. XXI-A. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas

La porción meridional de la franja metalogenética se define por un control estructural dominante de fallas con orientación NO-SE, pertenecientes a los sistemas Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta zona alberga una diversidad de depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu), que exhiben características de alta, baja e intermedia sulfuración. La cronología de los eventos de mineralización permite la subdivisión de esta franja en dos episodios metalogenéticos distintos, ocurridos entre 18-13 Ma y 12-8 Ma. Dentro de los depósitos alojados en rocas volcánicas, se destacan Quiruvilca, Pierina, Tamboraque y Santa Rita.



Durante el evento metalogénico de 12-8 Ma, se registra una significativa actividad mineralizadora en el norte del Perú, manifestada en la formación de depósitos epitermales de Au-Ag en los distritos mineros de Yanacocha, Tantahuatay y La Zanja. Adicionalmente, se observa la génesis de vetas y cuerpos de reemplazamiento de sulfuros polimetálicos (Pb-Zn-Cu \pm Ag, Au). En la región central del país, este período coincide con el segundo pulso de mineralización de Pb-Zn (Ag) en Cerro de Pasco (12.4-10.9 Ma, Baungartner et al., 2006), así como con la mineralización del distrito de Colquijirca, donde el evento principal es precedido por un episodio de superposición epitermal.

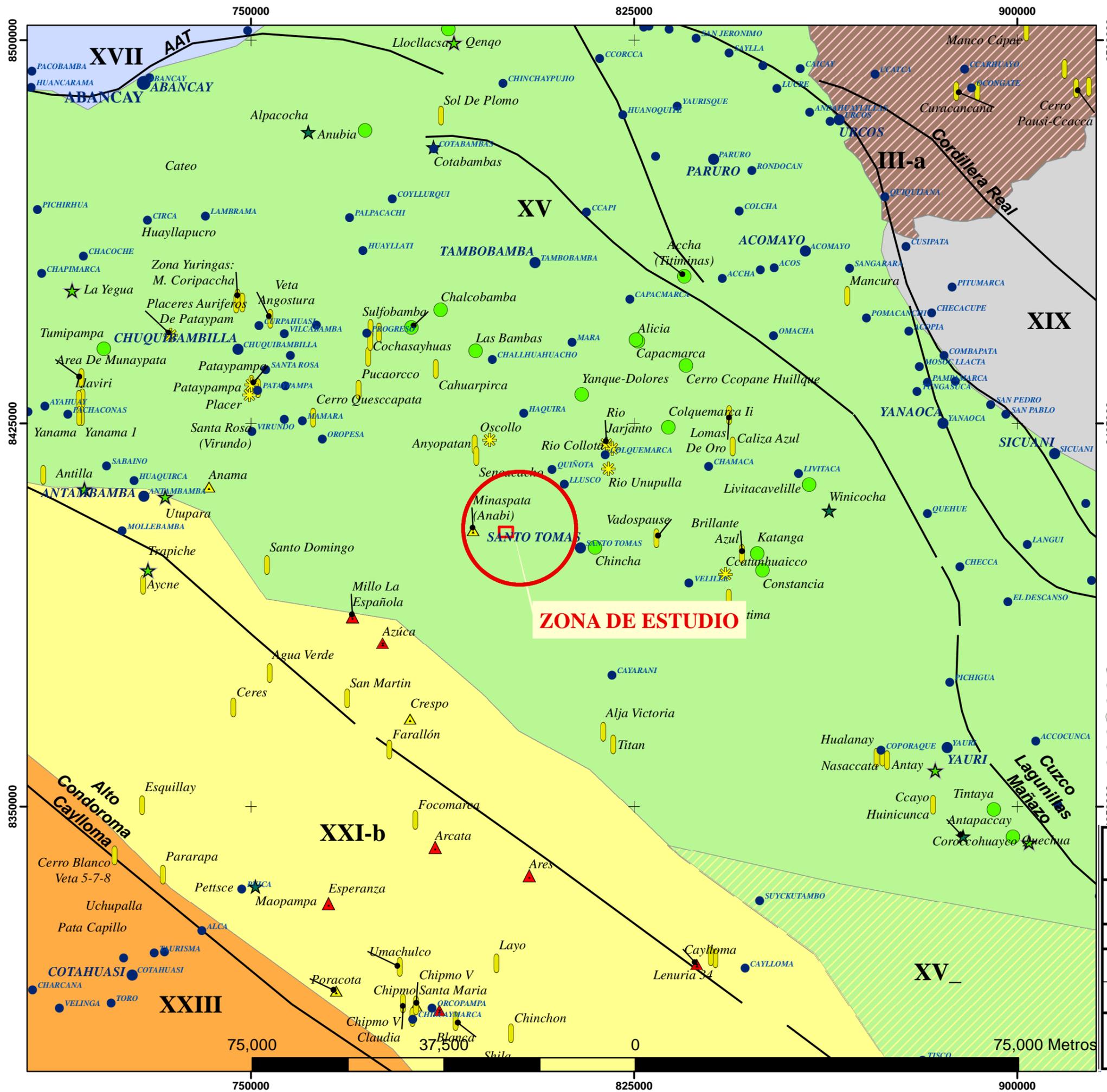
En la región Sur occidental (latitudes 14°-16°), predominan los depósitos epitermales de Au-Ag de baja sulfuración, representados por yacimientos como Ares, Millo la Española, Arcata, Ares y Azuca. Esta franja epitermal miocénica se caracteriza por la presencia de mineralización alojada tanto en rocas cretácicas como en depósitos polimetálicos con sobreimpresión epitermal, los cuales se describirán a continuación.

7.2.RESULTADOS

La mineralización del prospecto minero Condortiyana está relacionado a los sistemas de vetas de cuarzo, vetillas silicificadas y fallas extensionales, pero principalmente a las vetas que se presenta en ambientes frágiles y asociados a fluidos hidrotermales, por las anomalías de Au, Ag, Cu, y que tendrían una relación con los subvolcanicos de Loreqaqa, Yanaqaqa y Condortiyana.

La ley media de Au es de 0.25 ppm con una ley máxima de 1.04 ppm; de Ag: 8.35 ppm con una ley máxima de 95 ppm esta ley se encuentra en la Veta Esperanza con 55 cm de potencia.

La litología del prospecto Condortiyana está conformada por las volcánicos andesíticos, tobas líticos de composición andesítica y la intrusión de pórfido andesítico generando mayor permeabilidad y facilitando el ascenso y transporte de fluidos mineralizantes.



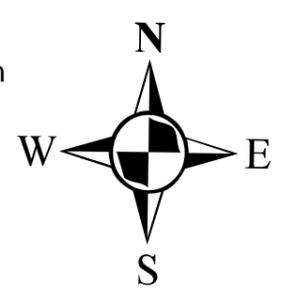
- Capital Departamental
- Capital provincial
- Capital distrital

— Grandes_fallas

▭ AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

- ▲ Epitermales de alta sulfuración
- ▲ Epitermales de baja sulfuración
- ▲ Epitermales de intermedia sulfuración
- ▲ Epitermales indiferenciados
- ✱ Placeres
- ★ Pórfidos de Cu-Au
- ★ Pórfidos de Cu-Mo
- ★ Pórfidos de Cu-MoSkarn
- ★ Pórfidos de W-Cu
- Skarn
- ▬ Vetas



LEYENDA

- III-a Depósitos U-W-Sn-Mo,Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos skarn Cu-Ag del Pérmico Triásico.
- XIX Depósitos de Sn-Cu-W relacionados
- XV Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno
- XV_ Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno
- XVII Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depositos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno
- XXI-b Epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas
- XXIII Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

1 cm = 8 km

| | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p> | | |
| <p>TEMA "PROSPECCION GEOLOGICA Y MINERALIZACION DEL PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA - QUIÑOTA-CHUMBIVILCAS"</p> | | |
| <p>MAPA METALOGENETICO</p> | | |
| <p>BACHILLER: ABIEGA CARRILLO, Roxana HUAYHUA SALVADOR, José A.</p> | | |
| <p>ASESOR: MGT. ZEGARRA CARRÉON, MAURO</p> | | |
| <p>ZONA 18L</p> | <p>ESCALA: 1:750,000</p> | <p>FECHA: Noviembre, 2024</p> |
| | <p>PROYECCION: UTM, WGS 84</p> | |
| | | <p>PLANO: Nº - 10</p> |



7.2.1. Origen y tipo de yacimiento

7.2.1.1. Origen

Se propone un modelo conceptual en el cual un sistema subvolcánico tipo pórfido andesítico actuó como fuente de calor y metales, generando la circulación de fluidos hidrotermales de origen magmático-meteórico en un entorno volcánico. Estos fluidos ascendieron a través de un sistema estructuralmente controlado por fallas con orientación NW-SE (inversas-dextrales) y NE-SW (extensionales), favoreciendo la apertura de espacios para la precipitación mineral. Como resultado, se desarrolló un sistema epitermal de baja sulfuración, caracterizado por vetas y vetillas de cuarzo bandeado, impregnaciones de óxidos de hierro, pirita diseminada y una zonación de alteración hidrotermal (silicificación, fílica, argílica y propilítica), donde se alojan las mineralizaciones de oro, plata y cobre subordinado.

7.2.1.2. Controles de mineralización

a) Control estructural

El prospecto Minero Condortiyana presenta fallas y fracturas que controlan la distribución de la mineralización:

- Sistema de Fallas NW – SE como la falla Challawilca, Qoyccaorcco y Komohashi que son de tipo compresivo dextral, estas fallas presentan un sistema de vetillas silicificadas paralelas al rumbo andino.
- Sistema de Fallas SE – SW representados por las fallas Kimsamarca y Qqello Qqello, con la característica de fallas normales o extensionales, estas fallas se presentan paralelas a zonas débiles estructuralmente como los ríos Antuyo y Querpuco.



- El contacto entre las rocas volcánicas (Tobas Andesíticas, Tobas Dacíticas, Lava Andesítica) y los subvolcánicos (Pórfido andesítico representados por los cerros Loreqaqa, Yanaqaqa y Condortiyana) modificando levemente la dirección y zonas débiles de las estructuras que cruzan por estos afloramientos.

b) Control litológico

Las rocas volcánicas félsicas a intermedias proporcionan el espacio poroso para la circulación de los fluidos y la deposición de minerales.

La litología de la zona de estudios está representada por Volcánicos andesíticos, Toba lítica Polimictica, Toba andesítica, Toba dacítica, y los subvolcánicos como el pórfido andesítico de Loreqaqa, Yanaqaqa, y Condortiyana.

En la parte superior se encuentran la secuencia dacítica representado por las tobas dacíticas bien soldadas con fenocristales de cuarzo y de color blanco rosáceo, definidos en forma verticales y se encuentran aflorando en las planicies de Charcaccasa; luego el volcánico dacítico de aymarillayoq, que tienen una composición dacítica, con textura porfírica, con fenocristales subhedrales con matriz afanítica de color gris plomizo.

En la parte inferior se presenta la secuencia andesítica como el volcánico andesítico con textura porfírica con fenocristales de plagioclasa, hornblenda y piroxeno en una matriz afanítica a microcristalina; también se presenta la toba lítica polimictica de matriz andesítica con fragmentos de naturaleza subangulosa y tamaño variable lo que sugiere material volcánico fragmentado. Estas unidades se encuentran en contacto con los pórfidos andesíticos de Loreqaqa, Yanaqaqa y Condortiyana de color gris verdoso a blanquecino con textura granular de composición mineralógica se caracteriza por la presencia de plagioclasa (10-15%) y biotita (5-10%).



c) Control por alteración hidrotermal

La alteración hidrotermal crea zonas permeables que facilitan la circulación de los fluidos y la deposición de minerales. La mineralización del prospecto está relacionada principalmente a las vetas de cuarzo, silicificación cerca a las vetas con impregnaciones de óxidos de hierro.

Emplazado en un ambiente volcánico, ha sido intensamente alterado por fluidos hidrotermales. La presencia de vetas de cuarzo y red de vetillas de sílice con óxidos de hierro, junto con la alteración de rocas volcánicas. Esta zona está caracterizada por la alteración Silícica (precipitación y enriquecimiento de cuarzo), Argílica (Caolinita y illita), filica (cuarzo en sus diferentes aspectos, y la sericita producto de la alteración de los feldespatos), Propilitica (Clorita, epidota y Py -Cpy).

7.2.2. Tipo de yacimiento

El prospecto minero Condortiyana presenta un potencial económico interesante para la exploración de Oro (Au), Plata (Ag) y Cobre (Cu) en proporciones menores. Los resultados como un ambiente volcánico de composición andesítica – dacítica, las estructuras geológicas con orientaciones de rumbo andino (NW – SE), el control estructural ejercida por las fallas compresivas dextrales y otro sistema de fallas normales, la mineralización presente en la zona; los tipos de alteraciones hidrotermales como silicificación, seritización, argilización y propilitica sugieren un sistema epitermal de baja sulfuración.

7.3.DISCUSIÓN

Aunque inicialmente se planteó que el prospecto correspondía a un sistema de alta sulfuración, los datos obtenidos en campo y gabinete, incluyendo la litología, la alteración hidrotermal, la mineralización, la geoquímica y los datos estructurales, indican que el prospecto minero Condortiyana presenta características de un yacimiento epitermal de baja sulfuración. Este



modelo ofrece un marco sólido para futuras exploraciones y destaca la importancia del control estructural y la interacción entre la intrusión andesítica y las rocas huésped en la formación del sistema mineralizado.

La interpretación del prospecto como un sistema de baja sulfuración encuentra respaldo en modelos genéticos bien documentados en la literatura. Según Hedenquist et al. (2000), los yacimientos epitermales de baja sulfuración se caracterizan por:

- Alteración silícica predominante.
- Metales predominantes Au, Ag (Zn, Pb, Cu)
- Mineralización en vetas, vetillas y diseminaciones.
- Profundidad de formación superficiales (de 0 – 1000 m)
- Asociaciones de sulfuros como pirita y calcopirita con metales preciosos.

Estos elementos coinciden ampliamente con las características del prospecto Condortiyana – Quiñota.

7.3.1. Tectónica-magmática-hidrotermal

La región sur occidental del Perú, según Echavarría et al. (2006), se caracteriza por un vulcanismo que generó extensos sistemas hidrotermales, asociados a depósitos epitermales, predominantemente vetiformes de sulfuración intermedia a baja. Estos sistemas alcanzaron su clímax en el Mioceno (23-5 Ma), con múltiples ciclos metalogénicos identificados. Las rocas volcánicas relacionadas genéticamente con estos depósitos son de composición calco-alcalina, variando de andesíticas a riolíticas, y se engloban en formaciones como Tacaza, Alpbamba y Aniso-Sencca. Por otro lado, Noble et al. (1999) sugiere que la actividad magmática e hidrotermal está más vinculada a tectonismo extensional o transtensional. El tectonismo continúa activo en la actualidad, como lo demuestran los numerosos centros volcánicos presentes. La mineralización del prospecto Condortiyana está relacionada con la acción de los fluidos hidrotermales ascendentes del magma, facilitados por las fuerzas extensivas de la fase tectónica Quechua 1, y la evolución tectónica de los subvolcanicos de Tacaza.



Tabla 15: Cuadro comparativo de las características geológicas entre la mina Arcata en operación, y el prospecto minero Condortiyana en exploración.

| SEMEJANZAS GEOLOGICAS DE LA MINA ARCATA vs PROSPECTO MINERO CONDORTIYANA | | |
|--|--|---|
| | <i>MINA ARCATA</i> | <i>PROSPECTO MINERO CONDORTIYA</i> |
| Tipo de yacimiento | <i>Epitermal de baja sulfuración</i> | <i>Epitermal de baja sulfuración</i> |
| Geología | <p>La región está dominada por secuencias volcánicas del Cenozoico, principalmente del Grupo Tacaza (Paleoceno-Eoceno) y la Formación Alpabamba (Mioceno Superior). Estas unidades volcánicas incluyen lavas andesíticas, tobas líticas y flujos piroclásticos, que han sido afectados por eventos tectónicos y magmáticos posteriores. Intrusiones subvolcánicas también juegan un papel importante en la geología local, afectando la estratigrafía y la mineralización.</p> | <p>La secuencia incluye: en la base, lavas andesíticas y tobas líticas brechadas del Grupo Tacaza (Paleoceno-Eoceno); sobre estas, tobas brechadas blanquecinas y flujos piroclásticos de la Formación Alpabamba (Mioceno Superior); y en la cima, complejos volcánicos dacíticos a riolíticos de las formaciones Malmanya y Vilcarani (Grupo Barroso, Plioceno). El prospecto Condortiyana exhibe una secuencia volcánica que gradúa de lavas andesíticas y tobas líticas polimícticas de matriz andesítica basal, a tobas dacíticas soldadas y brechadas con fenocristales de cuarzo en el tope</p> |
| Mineralización | <p>La mineralización en Arcata está asociada a un sistema de vetas epitermales alojadas en rocas volcánicas. Intrusiones subvolcánicas también juegan un papel importante en la geología local, afectando la estratigrafía y la mineralización. Los minerales de mena incluyen plata nativa, oro nativo, sulfuros de plata (como argentita y sulfosales), y sulfuros de metales base (como galena y esfalerita).</p> | <p>La mineralización se presenta en estructuras vetiformes silicificadas bandeadas y presencia de sulfuros diseminados. Vetas de cuarzo - calcita con diseminación de sulfuros pirita - chalcopirita, rellenos y patinas de óxidos de hierro hematita - Goetita. La mineralización del prospecto minero Condortiyana está relacionada a las vetas de cuarzo y estructuras silicificadas con patinas de óxido.</p> |
| Alteraciones | <p>Arcata presenta una variedad de alteraciones hidrotermales típicas de yacimientos epitermales, incluyendo: Silicificación: Presencia de cuarzo en vetas y reemplazando la roca encajante. Argilización: Alteración de feldespatos a minerales de arcilla, como illita y caolinita. Sericitización: Alteración de feldespatos a sericita, un mineral de mica blanca. Propilitización: Alteración a clorita, epidota y calcita.</p> | <p>El prospecto minero Condortiyana está caracterizada por los siguientes procesos de alteración como la silicificación (cuarzo masivo y en vetillas), argilización (caolinita-illita), Filica (cuarzo-sericita) y propilitización (clorita – epidota -pirita),</p> |

Fuente: Elaboración propia (Tesisistas).



CONCLUSIONES

1. Litológicamente el prospecto minero Condortiyana se encuentra en un ambiente volcánico de composición intermedia, representada por lavas andesitas, dacitas y tobas líticas polimícticas, los cuerpos mineralizados de tipo vetas están hospedadas en lavas andesitas y tobas líticas con intenso venilleo de cuarzo del grupo Tacaza, estas unidades volcánicas están cortadas por un subvolcánico como el pórfido andesítico con alteración propilitica, principalmente hacia el nor – noreste de la zona de estudios, hacia los poblados de Antuyo y Miraflores, generando zonas de debilidad y alta permeabilidad para favorecer el transporte de fluidos hidrotermales y la mezcla de aguas meteóricas.
 - 1.1. La intensa alteración hidrotermal, caracterizada por silicificación, argilización, sericitización (fílica) y propilitización, refleja un sistema hidrotermal de moderada a baja temperatura asociado a procesos de mineralización. Las zonas de alteración de silícica, argílica y cuarzo-sericita, con abundante vetilleo de cuarzo, son las más prospectivas para la mineralización. La alteración supergena en vetas y venillas presenta series de óxidos (hematita – goetita), hidróxidos (limonita) y sulfatos (jarosita) principalmente en patinas o rellenando oquedades. Del mismo modo se encuentra sulfuros en forma diseminada y fina como la pirita, calcopirita y esfalerita.
2. El análisis estructural de la zona de estudio se determinó mediante el diagrama de rosetas, y bajo el resultado de este análisis que las principales estructuras de falla y vetas obedecen al régimen estructural del rumbo andino con una tendencia de NW – SE todas estas cortando las secuencias volcánicas andesíticas y dacíticas.



- 2.1. La mineralización en el área de estudio está fuertemente controlada por estructuras tectónicas, concentrándose preferentemente en las zonas de intersección entre dos sistemas de fallas locales. El sistema de fallas inversas dextrales con orientación NW-SE (como C'hallawillca, Qoyccaorecco y K'omohashi) actúa como conducto principal para la migración de fluidos hidrotermales, favoreciendo su canalización a lo largo de planos de debilidad tectónica. Por otro lado, el sistema de fallas normales de orientación NE-SW (Kimsamarca y Qqello Qqello 2) genera un régimen extensional local, creando espacios abiertos que facilitan la precipitación de minerales. La interacción de estos dos regímenes estructurales establece un entorno favorable para la concentración de mineralización, definiendo zonas de mayor potencial exploratorio.
3. Los resultados de geoquímica presentan una ley media de Au es de 0.16 gr/tn, y un valor máximo de 1.0 gr/tn; del mismo modo los valores el valor medio de plata es 8.35 gr/tn y con un valor máximo de 95 gr/tn que corresponden a la veta esperanza con un espesor de 55 cm. Las anomalías más importantes son de Au, Ag, Cu (Pb y Zn); que según las interpretaciones la dispersión de Au y Ag presentan una correlación positiva débil a moderada proponiendo sistema epitermal. La presencia significativa de arsénico asociada a la presencia de Au, Ag y Cu sugiere una relación genética, indicando que la mineralización fue transportada por los fluidos hidrotermales.
- 3.1. La mineralización de oro y plata, ocurre principalmente en las rocas tobaceas, las que estuvieron en contacto con el intrusivo y en cuerpos vetiformes, están asociados a la alteración silícica, principalmente en la sílice masiva, y a las vetas de cuarzo



lechoso, con contenidos de sulfuros como la pirita y calcopirita, en las vetas Esperanza y Cornelia principalmente.

4. Considerando la litología volcánica, la alteración hidrotermal, la mineralización y las estructuras presentes, se propone que el prospecto minero Condortiyana – Quiñota – Chumbivilcas corresponde a un yacimiento epitermal de baja sulfuración. Este tipo de yacimientos se caracteriza por la deposición de metales preciosos en vetas, vetillas y diseminaciones asociadas a rocas volcánicas y sistemas hidrotermales de moderada a baja temperatura.



RECOMENDACIONES

- Ejecutar un muestreo geoquímico sistemático de rocas, suelos y fluidos hidrotermales, utilizando técnicas analíticas de alta precisión (ICP-MS, AAS) para determinar la distribución y concentración de elementos mayores, menores y traza.
- Implementar un programa de muestreo más exhaustivo, combinado con análisis petrográficos y espectroscópicos (TerraSpec), para obtener un conjunto de datos más completos para una mejor comprensión de la mineralización y alteración en el prospecto minero Condortiyana.
- Realizar un estudio geofísico detallado en el Prospecto Minero Condortiyana, utilizando métodos como la polarización inducida (IP) y la resistividad. Estos métodos permitirán identificar y caracterizar las zonas de alta cargabilidad asociadas a la mineralización, así como delimitar la geometría de los cuerpos mineralizados en profundidad.
- Realizar estudios de inclusiones fluidas, para determinar la temperatura, salinidad y composición de los fluidos mineralizantes, y así determinar el tipo de yacimiento epitermal



BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. et all (2020). Memoria de mapa metalogenético del Perú. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET. Lima Perú.
- Benavente, C. et all (2013). Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región Cusco. Boletín N° 55 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica. INGEMMET. Lima Peru.
- Berkowski, D. (1978). Los Yacimientos de óxidos de Hierro en los Departamentos de Cusco y Apurímac.
- Campumbri, A. et al (2003). Depositos Epitermales de alta y baja sulfuración: Una tabla comparativa. Boletín de la sociedad Geológica mexicana. Tomo LVI. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus UNAM-Juriquilla, C.P. 76230, Santiago de Querétaro
- Caraujulca, C. (2016). Estudio Geológico del depósito Epitermal de alta sulfuración Utunsa, Apurímac – Perú.
- Carlier, G.; Carlotto, V.; Ligarda, R. & Manrique, E. (1989) Estudio Metalogenetico de la Subprovincia Cuprífera Tintaya-Bambas convenio de corporación científica UNI-ORSTOM. Informe Final.
- Dalmayrac, P. C. (1998). Tectonics and geodynamic evolution of the Andean cordillera. In The Andean plate margin (pp. 213-254). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Galdós, J, Segundo, H.; 2002, Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba. Lima INGEMMET.
- Galdós, J, Segundo, H.; 2003, Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas. Lima INGEMMET.



- Hoempler, A. (1957). Geología de la Region de Santo Tomas, Cusco. Bol.Soc. Geol. Peru, (32): 121-125.
- Mantilla, J. (2022). Geología Estructural y su relación con los mantos de Carbón en el distrito de Pedro Galvez y alrededores, de la Provincia de San Marcos. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Mendivil Echevarría, S., & Dávila Manrique, D. (1994). Geología de los cuadrángulos de Cusco y Livitaca 28-s, 29-s – [Boletín A 52]. INGEMMET. Lima: INGEMMET.
- Park, C. F. Jr., & MacDiarmid, R. W. (1975). Ore Deposits. Freeman, San Francisco.
- Perelló, J., et all. (2003). Porphyry-style alteration and mineralization of the middle Eocene to early Oligocene Andahuaylas Yauri belt, Cuzco region, Peru. Economic Geology, vol. 98, n. 8, 1575-1605 p.
- PECHO, V. (1981) - Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás (hojas 29-p, 29-q y 29-r). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 35, 94 p.
- Ríos, H. (2005). El Yacimiento Epitermal de Oro de Alta Sulfuración de Alto Chicama, controles de Mineralización y Modelo Genético Preliminar. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Siesquen, D.; et al. (2012) - Estratigrafía cenozoica del sector Santo Tomás - Cayarani (Cusco - Arequipa), sur del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, 2012. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú
- Soto, K. (2018). Controles de mineralización del Yacimiento Epitermal de alta Sulfuración Ancos, Ayacucho. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Tipo, R. (2017). Caracterización geológica y alteraciones hidrotermales del yacimiento Pucamarca – Tacna. Universidad Nacional del Altiplano. UNA – EPIG-



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° SEP0153.R24

| | |
|---------------------------------------|--|
| Solicitante : | JOSE ALBERTO HUAYHUA SALVADOR |
| Dirección : | Calle. Ollantay 01 - Altos Los Incas, Cusco Cusco |
| Solicitado por : | Jose Huayhua Salvador |
| Referencia : | Email del 20-08-2024 |
| Proyecto / Prospecto : | - |
| Tipo(s) de Muestra(s) : | Exploración Geoquímica |
| Estado de la Muestra : | 04 Caja conteniendo muestras tipo Roca. |
| Número de muestras : | 40 |
| Fecha de Recepción : | Miércoles, 04 de Setiembre de 2024 |
| Lugar de Recepción : | S.J. de Miraflores, Lima |
| Fecha de Ejecución de Ensayo : | 2024-09-04 al 2024-09-12 |
| Fecha de reporte : | Jueves, 12 de Setiembre de 2024 |

Los resultados corresponden al ensayo solicitado en la(s) muestra(s) recibida(s)

Los ensayos han sido realizados en:

CERTIMIN S.A.
Av. Las Vegas 845.
San Juan de Miraflores - Lima.
Perú.
Teléfonos: (51-1) 205-5656.
Fax: (51-1) 205-5656.
Correo Electronico: certimin@certimin.pe



PIN de Validación:
07495D

SANTOS OROYA ROJAS
Gerente de Laboratorios
Lima, 12 de Setiembre de 2024

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente