

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE LOS ALISOS MINING PROSPECT, LA ENCAÑADA - CAJAMARCA, 2025

Culqui Santillan, Angel Jhoel¹; Llovera Chunqui, José Luis²; Quispe Larreategui, Diana Lizett³; Vergara Medina, Melody
Fernanda⁴ and Cáceres Pérez, Shonel, Ing⁵
^{1,5}Universidad Privada del Norte, Perú, n00196818@upn.pe¹, n00252004@upn.pe², n00235679@upn.pe³, n00196818@upn.pe⁴,
shonel.caceres@upn.edu.pe⁵

Abstract– The research conducted at the Los Alisos mining prospect aimed to characterize its geology and geochemistry in order to evaluate its mining potential. The study was developed in three phases: pre-field, field, and post-field.

In the pre-field phase, a bibliographic review and analysis of historical information from the study area were carried out. Data collection formats were designed, and an area of 11 hectares within the permitted zone was delimited. Additionally, geochemical and petrographic sampling was planned, along with a geophysical line to evaluate the resistivity and chargeability of the lithology, in order to improve the interpretation of the deposit. Likewise, a selective Rock Chip sampling method was defined, collecting samples within a 2 m radius to obtain representative data from areas with potential.

During the field phase, geological mapping was conducted at a scale of 1:1,000. Eight samples were collected for geochemical analysis of Au and Ag using the gravimetric method, and six samples were collected for thin sections as part of the petrographic study. In parallel, a 50 m long geophysical line with a NE–SW orientation was carried out using the resistivity method. For this purpose, a PQWT resistivity meter was used, allowing analysis of ground resistivity to a depth of 150 m.

In the post-field phase, the obtained data were processed using specialized software such as ArcGIS 10.8, Excel, and AutoCAD 20.1. The geochemical samples were analyzed at L & M Laboratory S.A.C., while the petrographic samples were analyzed at the UPN Geology Laboratory using the Keesell universal petrographic stereoscope and subsequently an OPTIKA B-510POL-I petrographic microscope with an HDMI/USB 4K/8 MP CMOS camera.

The results of the geochemical and petrographic studies indicate that the prospect presents favorable characteristics, making it a prospective area for the development of more detailed exploration work.

Keywords– geological characterization, geochemistry, geophysics, gold and silver.

Caracterización Geológica y Geoquímica del Prospecto Minero Los Alisos, La Encañada - Cajamarca, 2025

Resumen— La investigación realizada en el prospecto minero Los Alisos tuvo como objetivo caracterizar su geología y geoquímica para evaluar su potencial minero. El estudio se desarrolló en tres fases: pre-campo, campo y post-campo. En la fase pre-campo, se realizó una revisión bibliográfica y de información histórica de la zona de estudio, se diseñaron formatos de recolección de datos y se delimitó un área de 11 hectáreas dentro de la zona permitida. Además, se planificó el muestreo geoquímico y petrográfico, así como una línea geofísica para evaluar la resistividad y cargabilidad de la litología, con el fin de mejorar la interpretación del yacimiento. Asimismo, se definió el método de muestreo Rock Chip selectivo, recolectando muestras en un radio de 2 m para obtener datos representativos de zonas con potencial. Durante la fase de campo, se realizó un mapeo geológico a escala 1:1,000. Se recolectaron 8 muestras para análisis geoquímico de Au y Ag mediante el método gravimétrico y 6 muestras para láminas delgadas como parte del estudio petrográfico. De manera paralela, se ejecutó una línea geofísica de 50 m de longitud con dirección NE-SO, empleando el método de resistividad. Para ello, se utilizó un resistivímetro PQWT, que permitió analizar la resistividad del terreno hasta una profundidad de 150 m. En la fase post-campo, los datos obtenidos se procesaron mediante software especializado como ArcGIS 10.8, Excel y AutoCAD 20.1. Las muestras geoquímicas fueron analizadas en el laboratorio L & M Laboratory S.A.C., mientras que las muestras petrográficas se analizaron en el laboratorio de Geología de UPN, utilizando el estereoscopio petrográfico universal Keysell y posteriormente un microscopio petrográfico OPTIKA B-510POL-I con cámara HDMI/USB 4K/8 MP CMOS. Los resultados de los estudios geoquímico y petrográfico indican que el prospecto presenta características favorables, lo que lo convierte en una zona prospectable para el desarrollo de trabajos de exploración a mayor detalle.

Palabras clave— caracterización geológica, geoquímica, petrográfica, geofísica, oro y plata.

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad fundamental para el desarrollo económico global, debido a su papel en el suministro de materias primas esenciales para la industria y la tecnología [1][2]. En los últimos años, el potencial minero mundial ha mostrado un crecimiento significativo, destacando regiones como Canadá, América Latina, el Caribe y Australia, impulsadas por recursos metálicos como oro, plata, cobre y molibdeno [3]. En el caso del Perú, las exportaciones de oro se incrementaron de US\$ 6,791 millones a US\$ 8,482 millones entre 2009 y 2019, lo que evidencia la importancia del sector minero en la economía nacional [4][5].

La geología y la geoquímica son herramientas clave en

la exploración minera, ya que permiten comprender la formación y distribución de los yacimientos. La geología identifica unidades litológicas, estructuras y procesos de alteración asociados a la mineralización, mientras que la geoquímica evalúa la concentración y dispersión de elementos químicos en rocas y suelos, lo que permite reconocer anomalías relacionadas con posibles depósitos minerales [6][7][8].

El oro y la plata son metales de alta importancia económica. El oro puede presentarse en forma nativa o asociado a sulfuros en sistemas hidrotermales, mientras que la plata se encuentra en minerales como la argentita o en aleaciones naturales como el electrum. Estos elementos se asocian principalmente a depósitos epitermales y sistemas de vetas hidrotermales, siendo fundamentales en la evaluación del potencial mineral de una zona [4][5].

El Perú mantiene un rol destacado en la producción minera global, especialmente en plata. En 2024, las inversiones mineras alcanzaron los US\$ 3,756 millones [9][10]; sin embargo, los conflictos socioambientales han paralizado proyectos por aproximadamente US\$ 18 mil millones [11]. A pesar de ello, la minería continúa siendo un pilar económico del país, representando cerca del 13 % del PBI y más del 70 % de las exportaciones nacionales [12][13][14].

Diversos proyectos han fracasado por la falta de estudios geológicos y geoquímicos integrales, lo que ha generado impactos económicos y ambientales [15]. En este sentido, la aplicación de estas metodologías permite mejorar la identificación de zonas mineralizadas y reducir la incertidumbre en la exploración [16][17][18].

El prospecto minero Los Alisos, ubicado en el distrito de La Encañada (Cajamarca), presenta un potencial aún no delimitado con precisión, lo que evidencia la necesidad de estudios geológicos y geoquímicos más detallados. En la zona se han identificado evidencias de alteración hidrotermal y estructuras favorables. Por ello, el objetivo de la presente investigación es caracterizar geológica y geoquímicamente el prospecto minero Los Alisos, La Encañada – Cajamarca, 2025.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basó en el siguiente flujograma estructurado en tres etapas, las cuales se explican a continuación.

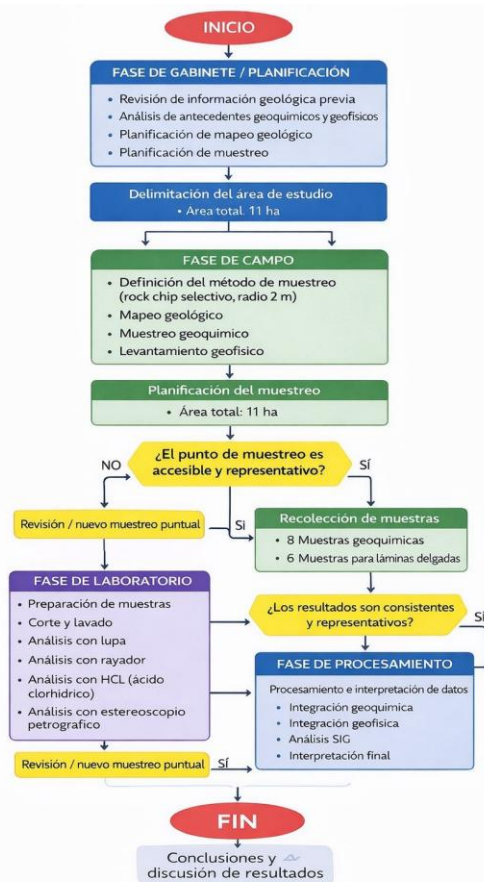


Fig. 1. Flujograma de metodología.

A. Etapa Pre-Campo

Para el reconocimiento de la zona, se planificó la logística de trabajo, iniciando con una revisión bibliográfica y del historial geológico del área, así como con el diseño de formatos estandarizados para la recolección de datos en campo. Posteriormente, se delimitó el área de estudio, con una extensión aproximada de 11 hectáreas, y se definió el mapeo geológico mediante recorridos sistemáticos y criterios de observación. Asimismo, se establecieron la ubicación, extensión y dirección de la línea geofísica. Finalmente, se definió la metodología de muestreo, considerando la distribución espacial, el tipo de muestras a recolectar y la densidad de muestreo, de acuerdo con las características geológicas del área.

B. Etapa de Campo

Se subdividió en tres subetapas: mapeo geológico, muestreo de rocas y levantamiento geofísico.

1) *Mapeo Geológico*: Se realizó a escala 1:1,000, registrando la geología del prospecto mediante la observación

directa de los afloramientos visibles, sin considerar suposiciones previas ni interpretaciones geomorfológicas.



Fig 2. Mapeo geológico del área de estudio.

2) *Muestreo de rocas*: El muestreo se realizó de manera adaptativa, incrementando la densidad en sectores con mayor complejidad estructural y presencia de alteración hidrotermal. En cada estación se recolectaron fragmentos de roca tipo *rock chip* dentro de un radio aproximado de 3 m, lo que permitió obtener muestras representativas del área de estudio. En total, se recolectaron 8 muestras destinadas al análisis geoquímico de oro (Au) y plata (Ag), así como 6 muestras de mano de láminas delgadas y su posterior análisis petrográfico. El análisis geoquímico se realizó mediante el método gravimétrico, mientras que el estudio petrográfico se llevó a cabo utilizando un microscopio OPTIKA B-510POL-I con cámara HDMI/USB 4K/8 MP CMOS.



Fig.3. Recolección de muestras

3) *Geofísica*: Se realizó un levantamiento geofísico mediante una línea de 50 m de longitud con dirección NE-SO, ubicada en el sector suroeste del prospecto. Este levantamiento permitió analizar la resistividad del terreno hasta una profundidad de 150 m. Para ello, se utilizó un resistímetro PQWT.



Fig 4. Toma de datos geofísicos.

C. Etapa Post- Campo

En esta fase, se validaron los datos obtenidos en campo para su procesamiento mediante software especializado, y se prepararon las muestras para su análisis.

1) *Análisis en Laboratorio:* En el laboratorio de mineralogía, se prepararon las muestras recolectadas en campo para el análisis geoquímico y la elaboración de láminas delgadas para el estudio petrográfico. Inicialmente, las muestras fueron lavadas, etiquetadas y codificadas para su correcta identificación. Para el análisis geoquímico, se consideró un peso entre 2 y 3 kg de material por muestra; mientras que, para la preparación de láminas delgadas, se seleccionaron muestras de mano con un tamaño mínimo de 12 cm de diámetro (12 × 12 × 12 cm).



Fig 5. Etiquetado de las muestras para preparación de láminas delgadas



Fig. 6. Izquierda: Microscopio Petrográfico, Derecha: Secciones delgadas y pulidas.

El análisis macroscópico se realizó utilizando una lupa, un rayador, ácido clorhídrico y un estereoscopio petrográfico universal Keysell. Posteriormente, las secciones delgadas fueron examinadas con un microscopio petrográfico para el estudio de minerales transparentes y traslúcidos, así como para la interpretación de sus texturas y propiedades ópticas.



Fig 7. Descripción macroscópica.

A continuación, se describe las propiedades a analizar en la tabla:

TABLA I
PROPIEDADES A ANALIZAR

Propiedades Mineralogía	
Propiedades Ópticas	Brillo
	Raya
	Color
	Clivaje
	Transparencia
Propiedades Físicas	Dureza
Propiedades químicas	Sabor
	Estructuras cristalinas
	Magnetismo
	Fluorescencia
	Radioelectricidad
	Piezoelectricidad
	Reacción al ácido
	Color de la llama
	Solubilidad

La nomenclatura y clasificación de las rocas metamórficas se realizó empleando un diagrama de flujo que permite identificar las principales rocas de metamorfismo regional, como se muestra en la Fig. 8:

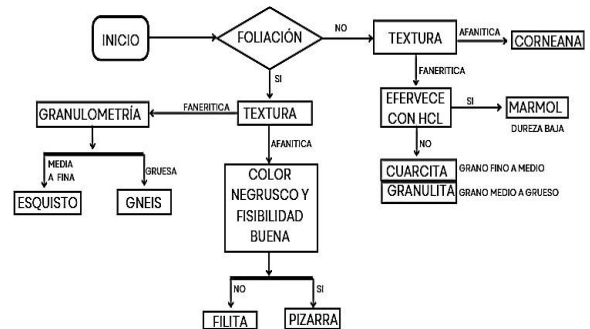


Fig. 8. Diagrama de reconocimiento de las principales rocas

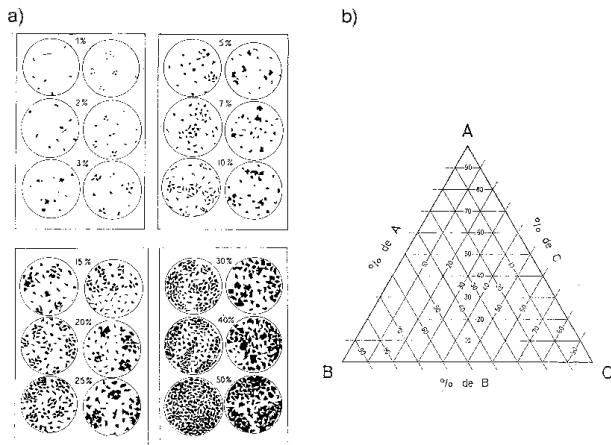


Fig. 9. a) Gráficos de estimación visual de porcentajes. b) Diagramas triangulares. [19]

Las cantidades modales de los minerales se determinan mediante diagramas triangulares, los cuales permiten estimar visualmente los porcentajes de cada mineral, como se muestra en la Fig. 9.

Tras la observación macroscópica inicial, se realizó un análisis detallado de las láminas delgadas mediante microscopía petrográfica, lo que permitió estudiar minerales transparentes y traslúcidos, así como interpretar las texturas de las rocas. Las láminas delgadas presentan un espesor de 0.03 mm y dimensiones aproximadas de 5×3 cm.

D) Procesamiento y análisis de datos geofísicos

Los datos de resistividad obtenidos con el equipo PQWT fueron procesados en el software Res2DInv, el cual permite generar modelos tomográficos 2D del subsuelo hasta una profundidad aproximada de 150 m. Posteriormente, los perfiles obtenidos se exportaron a AutoCAD y ArcGIS, donde se integraron con la información geológica y geoquímica para un análisis más completo del prospecto Los Alisos.

III. RESULTADOS

A) *Ubicación:* Geográficamente, la zona se encuentra ubicada en la vertiente Oriental de la Cordillera de los Andes. En el distrito de la Encañada, que pertenece a la provincia y departamento de Cajamarca, ver figura 10. Entre las coordenadas UTM WGS84: 9211,785 N – 798,863 E; 9211,785 N – 799,863 E; 9210,785 N – 799,863 E y 9210,785 N – 798,863 E. Abarcando aproximadamente 11 ha.

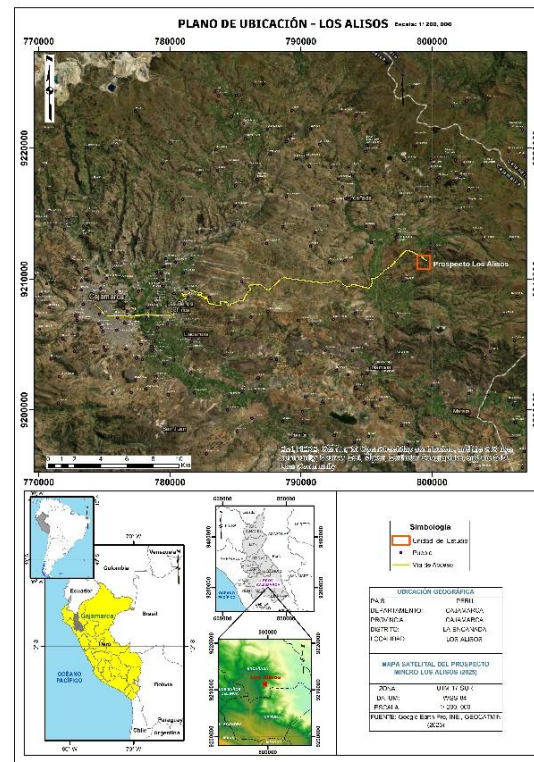


Fig. 10. Plano de Ubicación – Los Alisos

B) Geología

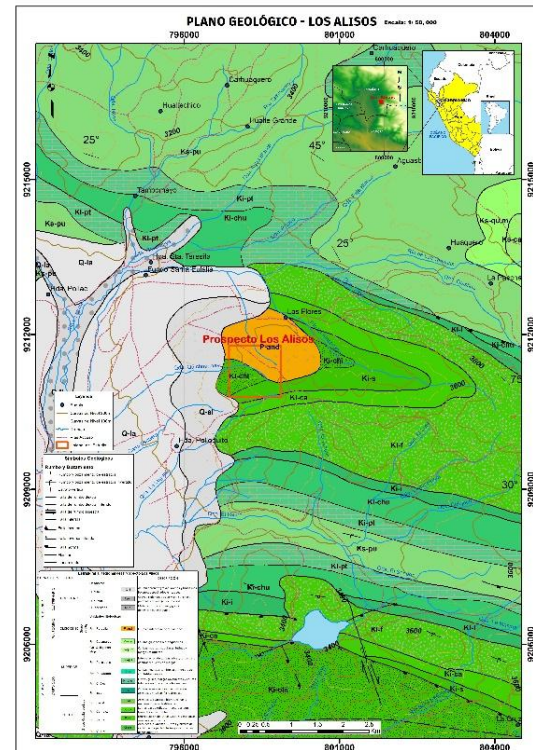


Fig. 11. Plano Geológico Regional– Los Alisos

1) *Geología Regional*: En esta parte de la provincia de Cajamarca se presenta una evolución geológica caracterizada por secuencias sedimentarias del Cretácico, dominadas por el Grupo Goyllarisquiza, las cuales han sido deformadas por la tectónica andina, generando plegamientos y fallas con direcciones NW–SE y NE–SW. Asimismo, se reconoce magmatismo paleógeno representado por el Grupo Calipuy, asociado a importantes yacimientos en la región. Finalmente, se identifican depósitos cuaternarios.

2) *Geología Local*: Durante el reconocimiento de campo en el prospecto Los Alisos, se identificaron rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas. Los afloramientos más representativos corresponden a secuencias volcánicas andesíticas, constituidas por materiales piroclásticos y flujos lávicos, que conforman gran parte de la cobertura superficial del área. Tafloran unidades sedimentarias, principalmente areniscas y lutitas, así como pizarras de forma puntual, correspondientes al grupo de rocas metamórficas. Asimismo, se reconoció la presencia de cuerpos intrusivos de composición intermedia a félsica, cuya distribución estaría controlada por estructuras tectónicas regionales con dirección NW–SE, con evidencias locales de alteración hidrotermal. Estas características sugieren un control estructural–magmático en la evolución geológica del área, coherente con el corredor mineralizado asociado al sistema tipo pórfido Michiquillay, como se muestra en la Fig. 12.



Fig. 12 Plano Geología Local, escala 1/1000

C) *GEOQUÍMICA*: El estudio geoquímico en el prospecto Los Alisos evaluó la distribución de oro (Au) y plata (Ag) mediante análisis de laboratorio, incluyendo técnicas como gravimetría, volumetría y espectroscopía de absorción atómica, lo que permitió determinar sus concentraciones en distintos tipos de litologías y estructuras mineralizadas.

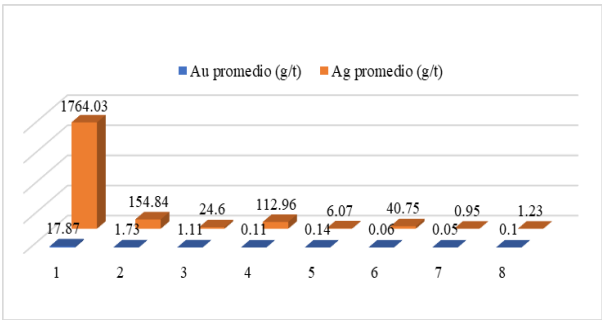


Fig. 13. Distribución de las leyes promedio de Au y Ag

En la Fig. 13, el Au muestra una distribución asimétrica positiva, con predominio de valores bajos y pocas anomalías altas, indicando una mineralización puntual controlada por estructuras y procesos de alteración hidrotermal.

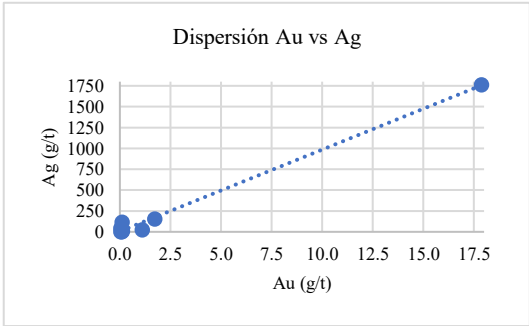


Fig. 14. Relación geoquímica entre Au y Ag

En la Fig. 14, evidencia una fuerte correlación positiva entre Au y Ag ($r = 0.97$), lo que sugiere un origen común asociado a pulsos hidrotermales y control estructural compartido. Esta relación indica que ambos elementos se movilizaron y precipitaron bajo condiciones similares dentro del sistema mineralizante.

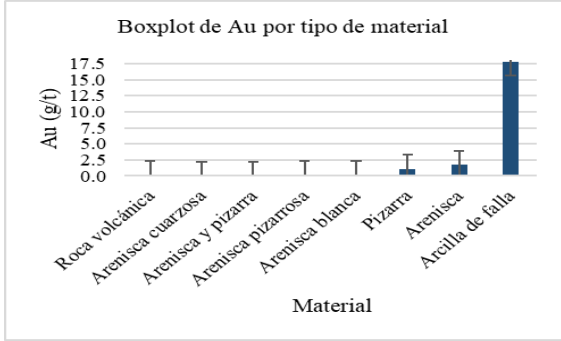


Fig. 15. Análisis de leyes por tipo de material

En la Fig. 15, las arcillas de falla presentan las mayores concentraciones de Au, indicando su papel como zonas preferenciales de acumulación mineral por su alta permeabilidad y deformación. Las areniscas y pizarras muestran valores intermedios, mientras que las areniscas cuarzosas y rocas

volcánicas presentan bajas concentraciones, evidenciando menor afinidad con la mineralización.

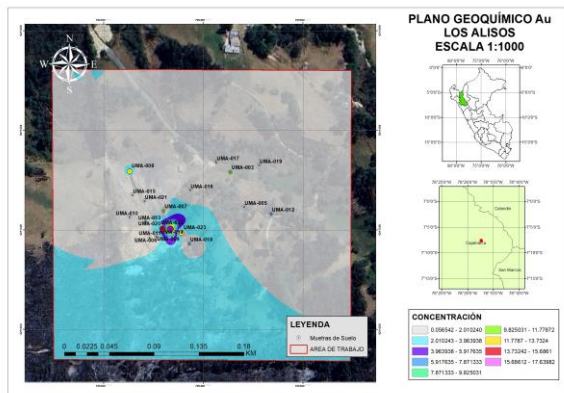


Fig. 16 Plano geoquímico de Oro (Au)

La Fig. 16, (mapa geoquímico de Au) muestra la distribución espacial de las leyes de oro (g/t), donde predominan valores bajos (0.01–0.14 g/t) y zonas puntuales con anomalías moderadas a altas (0.20–0.39 g/t y hasta 17.87 g/t). Estas anomalías indican posibles zonas de enriquecimiento aurífero asociadas a estructuras mineralizadas, siendo la muestra de 17.87 g/t una anomalía significativa dentro del sistema.

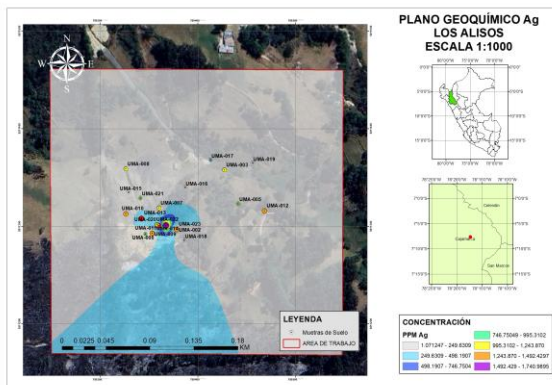


Fig. 17. Plano geoquímico de Plata (Ag)

La Fig. 17, (mapa geoquímico de Ag) muestra una distribución amplia, con valores entre 0.10 y 1764 g/t. Las mayores concentraciones se asocian a zonas estructuralmente favorables, relacionadas con procesos hidrotermales. El valor máximo de 1764 g/t (56.72 oz/t) representa una anomalía significativa que indica potencial mineralización argentífera en el área de estudio.

C) *Petrografía*: El estudio petrológico en Los Alisos incluyó una caracterización detallada a nivel macroscópico y microscópico. En la etapa macroscópica se evaluaron textura, dureza y tamaño de grano, permitiendo una primera identificación de las litologías. Luego, el análisis microscópico permitió examinar con mayor precisión la mineralogía, las alteraciones y las asociaciones paragenéticas, evaluando

la calidad del material, el cual evidencia procesos de metamorfismo y metasomatismo.

Muestra P-1. La muestra, pertenece a la Lithocap (Volcánico); coordenadas UTM WGS84, zona 17S: Norte 9,211,365 m; Este 799,456. Altitud: 3276 m.

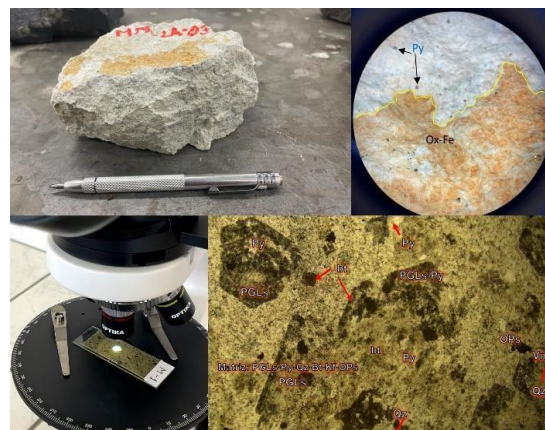


Fig. 18, Muestra P-1

En la Fig. 18, se observa una andesita porfírica gris con tonos blanquecinos, conformada por plagioclasas (65%), pirita (15%), feldespatos (10%), cuarzo (7%), minerales opacos (2%) y biotita (1%). Presenta fenocristales euhedrales y subhedrales de plagioclase <3 mm, alterados a arcillas con inclusiones de sulfuros de hierro (PGLs-Py). El cuarzo aparece en granos redondeados <1 mm formando venillas que cortan a las plagioclasas. La biotita subhedral mide <0.5 mm y los minerales opacos se encuentran diseminados. La matriz microgranular está compuesta por cuarzo, plagioclasas, pirita, feldespatos, biotita y abundantes arcillas producto de la argilización.

Muestra P-2. Coordenadas UTM WGS84: Norte 9,211,292; Este 799,346. Altitud: 3276 m.

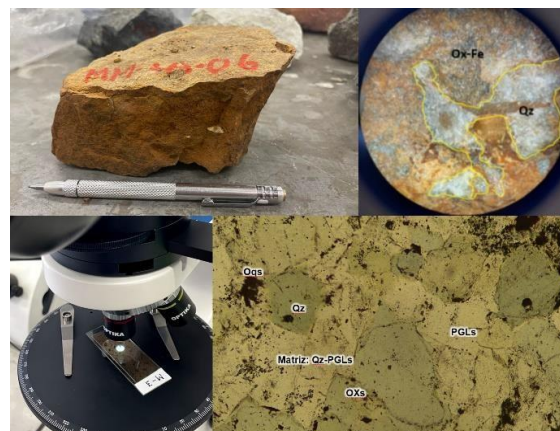


Fig. 19. Muestra P-2

En la Fig. 19, se muestra una Arenisca Pizarrosa de

grano fino y tonalidad oscura con reflejos amarillo latón, moderadamente silicificada, con venilla de cuarzo (Vnll-Qz) y ligera argilización. Presenta sulfuros de hierro (FeS) diseminados y en venillas de 1–1.5 mm y 0.5–3 mm. Mineralógicamente, contiene 50% sulfuros de hierro, 25% minerales opacos, 20% cuarzo y 5% plagioclasas. Se observan fenocristales de cuarzo (Qz) silicificados, plagioclasas (PGLs) levemente argilizadas y pirita (Py) diseminada y en venillas. Los minerales opacos (OPs) muestran alteraciones por FeS. La matriz incluye los minerales mencionados, con abundante FeS que indica transformación del protolito bajo alta temperatura y presión.

Muestra P-3. La muestra, pertenece a zona de contacto de rocas sedimentarias y volcánico. Coordenadas UTM WGS84: Norte 9,211,365; Este 799,456. Altitud: 3306 m.

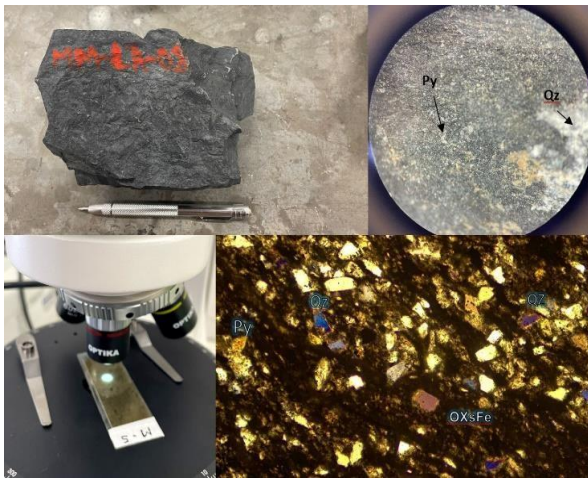


Fig. 20. Muestra P-3

En la Fig. 20, se muestra una Arenisca Pizarrosa de grano fino y tonalidad oscura con reflejos amarillo latón, moderadamente silicificada, con venilla de cuarzo (Vnll-Qz) y ligera argilización. Presenta sulfuros de hierro (FeS) diseminados y en venillas de 1–1.5 mm y 0.5–3 mm. Mineralógicamente, contiene 50% sulfuros de hierro, 25% minerales opacos, 20% cuarzo y 5% plagioclasas. Se observan fenocristales de cuarzo (Qz) silicificados, plagioclasas (PGLs) levemente argilizadas y pirita (Py) diseminada y en venillas. Los minerales opacos (OPs) muestran alteraciones por FeS. La matriz incluye los minerales mencionados, con abundante FeS que indica transformación del protolito bajo alta temperatura y presión.

Muestra P-4. Coordenadas UTM WGS84: Norte 9,211,297; Este 799,378. Altitud: 3250 m.

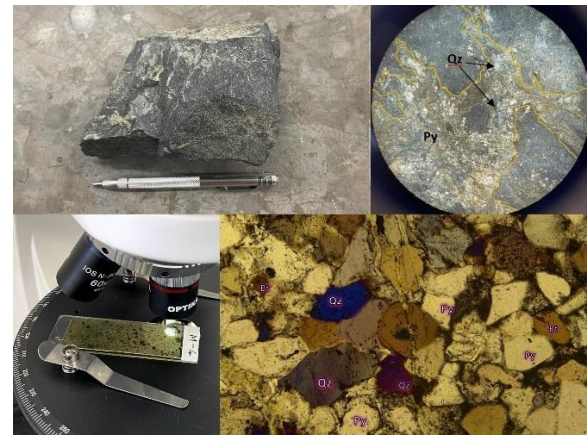


Fig. 21. Muestra P-4

En la Fig. 21. se observa una Arenisca Pizarrosa de color gris oscuro y grano fino, con textura fanerítica, además de una ligera silicificación y argilización. El sulfuro de hierro (FeS) predominante es la pirita (Py), presente tanto de forma diseminada como en venillas de 0.5 mm a 5 mm. Mineralógicamente, contiene aproximadamente 85% de pirita (Py) y 15% de cuarzo (Qz).

Muestra P-5. La muestra pertenece a la zona mineralizada Coordenadas UTM WGS84: Norte 9,211,365; Este 799,456. Altitud: 3276 m.

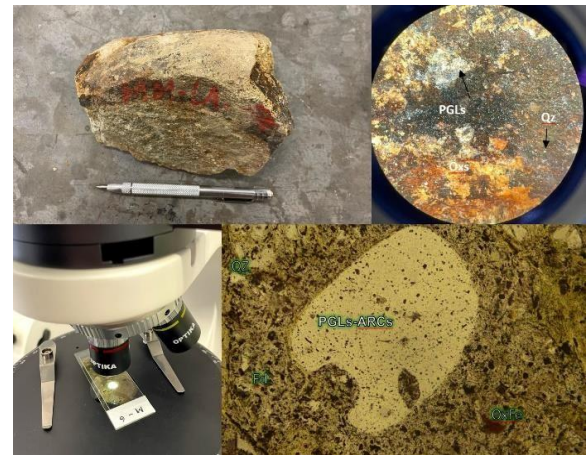


Fig. 22. Muestra P-5

En la Fig. 22, se observa una Pizarra de color gris oscuro con foliación bien definida. Mineralógicamente, contiene 20% de cuarzo (Qz) con hábito anhedral a subhedral, y sulfuros de hierro (FeS), principalmente pirita (Py), que representan ~3% con morfología euhedral a subhedral. Además, se identifican óxidos de hierro (OxsFe) en un 1%, diseminados y asociados a la alteración de los sulfuros. La roca presenta una textura lepidoblástica, con minerales alineados según la foliación.

Muestra P-6. Clasto del volcánico contiguo la

zona mineralizada. Coordenadas UTM WGS84: Norte 9,211,365; Este 799,456. Altitud: 3276 m.

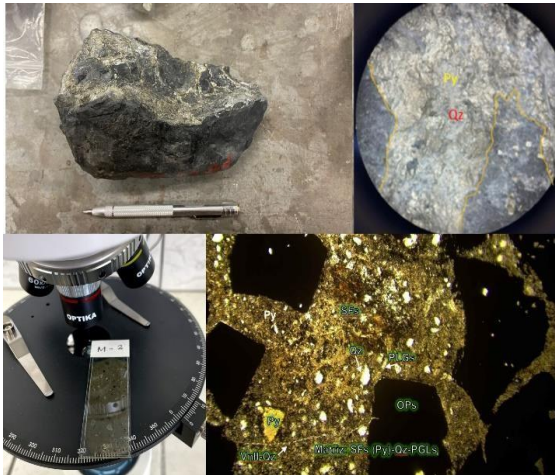


Fig. 23. Muestra P-6

En la Fig. 23, se observa una andesita de color beige a gris verdosa, con fragmentos grisáceos en una matriz similar y con alteración argílica. Presenta textura fanerítica a porfirítica y está compuesta por plagioclasas (PGLs) 75%, máficos 5%, cuarzo (Qz) 10%, feldespato (Fd) 5% y óxidos de hierro (OxFe) 5%.

E) *Levantamiento Geofísico*: Realizamos una línea geofísica en dirección Oeste – Este, de 95 m, la equidistancia de electros fue de 2 m, con la finalidad de conocer las características de resistividad en la zona, la influencia vertical de esta línea geofísica es de 150 m.

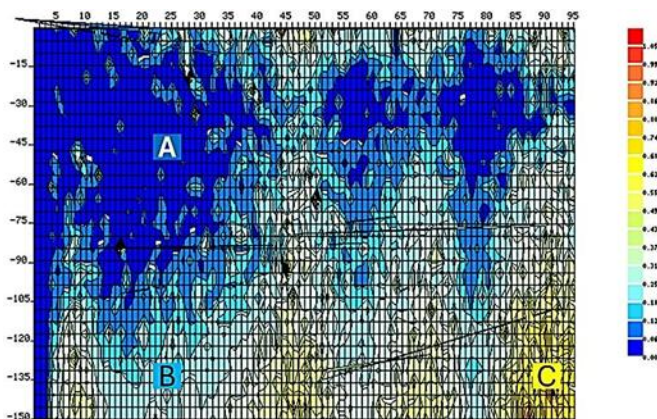


Fig. 24. Vista perfil con el detalle de los contornos de las diferentes litologías.

En la Fig. 24, se interpreta que el nivel superficial hasta unos 120 m de profundidad (Sector A) presenta baja resistividad, con valores entre $0.6 \Omega \cdot m$ y $0.12 \Omega \cdot m$. A partir de los 120 m (Sector B), la resistividad aumenta ligeramente, alcanzando valores de $0.31 \Omega \cdot m$ a

$0.49 \Omega \cdot m$. Finalmente, desde los 135 m de profundidad (Sector C), la resistividad supera los $0.55 \Omega \cdot m$, indicando materiales más resistentes al paso de la corriente.

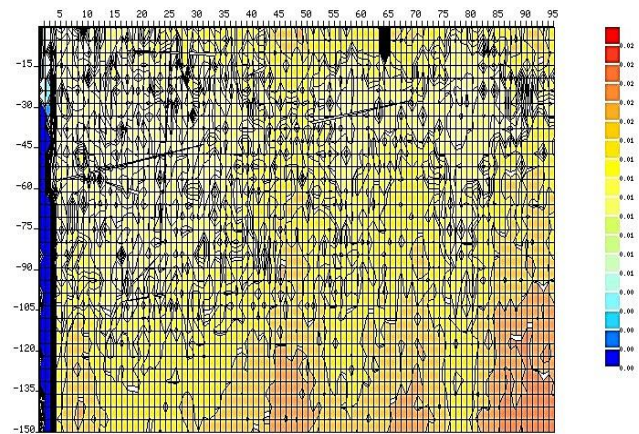


Fig. 25. Vista de perfil procesado, delimitando la densidad de las rocas, así como las fracturas.

En la Fig. 25, se identifican fracturas con orientación E–O a 3, 47, 70 y 90 m desde el inicio de la línea geofísica. La resistividad, resistencia y densidad del material aumentan con la profundidad, mientras que la alta conductividad del terreno se asocia a la presencia de agua en poros y/o sulfuros diseminados.

IV. DISCUSIÓN

La integración de la información geológica, geoquímica y geofísica indica que el prospecto Los Alisos corresponde a un sistema mineralizado controlado por litologías volcánicas andesíticas, intrusivos intermedios a félsicos y estructuras regionales de orientación NW–SE. La coincidencia entre anomalías geoquímicas, contrastes geofísicos y estructuras favorables respalda el modelo conceptual del sistema mineralizante.

Los resultados geoquímicos muestran anomalías significativas de Au y Ag, con valores máximos de 17.87 g/t y 1764 g/t, respectivamente, asociadas principalmente a zonas de falla y rocas sedimentarias alteradas. Esto evidencia un control estructural y litológico de la mineralización, típico de sistemas hidrotermales.

Los datos geológicos y geofísicos indican que las zonas fracturadas y de alteración presentan condiciones favorables para la circulación de fluidos mineralizantes, mientras que los contrastes de resistividad reflejan cambios litológicos y posibles cuerpos mineralizados en profundidad.

Sin embargo, el estudio presenta limitaciones asociadas al muestreo selectivo y a la resolución de los datos geofísicos, lo que reduce la representatividad espacial. Por ello, se recomienda

incrementar la densidad de muestreo, realizar mapeo detallado y complementar con métodos como polarización inducida (IP).

VI. CONCLUSIONES

La caracterización del prospecto Los Alisos permite definir un sistema mineralizado controlado por litologías volcánicas andesíticas, unidades sedimentarias y estructuras tectónicas NW–SE, que favorecen la circulación de fluidos hidrotermales.

Los resultados petrográficos confirman una mineralogía dominada por cuarzo, plagioclasas y feldespatos, además de piritita diseminada y en venillas, evidenciando procesos de alteración como silicificación y argilización.

Los análisis geoquímicos identifican anomalías relevantes de Au (17.87 g/t) y Ag (1764 g/t), asociadas a zonas estructurales y litologías alteradas, confirmando el control estructural de la mineralización.

La información geofísica muestra contrastes de resistividad asociados a cambios litológicos, fracturamiento y posibles zonas mineralizadas, sugiriendo continuidad del sistema en profundidad.

La integración de los datos geológicos, geoquímicos y geofísicos permite delimitar objetivos de exploración prioritarios y justifica la necesidad de estudios complementarios para evaluar el potencial económico del prospecto.

REFERENCIAS

- [1] J. D. Aguilar, H. Tafur, N. Cubas y J. Revilla, “Desarrollo sostenible y conflictos medioambientales causados por la minería en la Región Cajamarca,” *Latin American Journal of Development*, vol. 5, no. 8, pp. 3218–3235, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/883>
- [2] M. Ali, F. Mewafy, W. Qian, F. Alshehri, M. Ahmed y H. Saleem, “Integration of Electrical Resistivity Tomography and Induced Polarization for Characterization and Mapping of (Pb–Zn–Ag) Sulfide Deposits,” *Minerals*, vol. 13, no. 7, art. 986, 2023.
- [3] *Boletín Estadístico Minero Noviembre 2024*, Ministerio de Energía y Minas del Perú, Ed. N.º 11-2024, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/6374753-boletin-estadistico-minero-noviembre-2024>.
- [4] R. Castellares y M. Rouché, *The Determinants of Social Conflicts in Mining Production Areas*, Peruvian Economic Association, Working Paper No. 100, pp. 1–26, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://elcomercio.pe/politica/actualidad/conflictos-sociales-peru-han-dejado-63-muertos-desde-2011-noticia>
- [5] Z. Chen, U. Awan, A. A. Nassani, K. M. Al-Aiban y K. Zaman, “Enhancing sustainable growth in the global south: The role of mineral resource management, supply chain efficiency, technology advancement, and local downstream processing,” *Resources Policy*, vol. 100, p. 105451, 2025, doi: 10.1016/j.resourpol.2024.105451.
- [6] Corilla y W. Pardo, “Estudio geológico de un yacimiento en la etapa de exploración,” pp. 1–15, 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.123.94/16203/1/IV_FIN_110_TE_Corilla_Pardo_2024.pdf
- [7] *Exportaciones de productos tradicionales – valores FOB (millones US\$) – Minero-Otro*. [En línea]. Disponible en: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/trimestrales/resultados/PN02713BQ/html>
- [8] J. Fraser, “Peru Water Project: Cerro Verde case study,” University of British Columbia, pp. 1–9, 2017. [En línea]. Disponible en: www.cirdi.ca
- [9] J. Hammarstrom, “Porphyry Copper: Revisiting Mineral Resource Assessment Predictions for the Andes,” *Minerals*, vol. 12, no. 7, art. 856, 2022.
- [10] Hamza, A. Hussein y M. Mahmoud, “Introduction to reservoir fluids and rock properties,” en *Reservoir Engineering*, vol. 78, Elsevier, pp. 1–19, 2020, doi: 10.1016/B978-0-323-99285-5.00003-X.
- [11] J. Herrera, *Introducción a la minería: Conceptos, tecnologías y procesos*. Madrid, España: Fondo Editorial Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- [12] A. Lazarte, “Caracterización geológica del prospecto por oro Pléyades,” Univ. Nac. de Ingeniería, Lima, Perú, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20500.14076/9892>
- [13] R. Le Maitre, *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2002.
- [14] Ministerio de Energía y Minas (MINEM), *Boletín Estadístico de Minería*, Lima, Perú, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/6-boletin-estadistico-minero>
- [15] H. Montano, “Caracterización geoquímica de magmas y su relación con la formación de yacimientos en el norte del Perú,” *Sociedad Geológica del Perú*, Publ. Esp. N.º 9, pp. 575–578, Cusco, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG15-138.pdf>
- [16] O. F. Navarro, “Análisis de las exportaciones de oro del Perú: Comportamiento a corto y largo plazo (2009–2019),” *NE*, vol. 7, no. 1, pp. 32–46, jun. 2022, doi: 10.21704/ne.v7i1.1934.
- [17] M. A. Nugra, W. H. Illescas, P. A. Cuadros y R. A. Valdivia Ramos, “Turismo minero en Yanacocha: Una alternativa de desarrollo para la región de Cajamarca–Perú,” *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 27, no. 1, pp. 278–289, 2021.
- [18] OECD, *Multi-dimensional Review of Peru: Volume 3. Development Pathways*, París, Francia, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c6c23d2c-en/index.html>
- [19] Raico, *Reporte del XXV Foro del Futuro: Situación actual y perspectiva futura de la minería en el Perú*, CEPLAN, Lima, Perú, 2024.
- [20] J. A. Torres y R. Reátegui, “Gestión sostenible del agua y la gran minería del oro en Perú,” *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas Metal. Cienc. Geogr.*, vol. 25, no. 49, pp. 173–180, 2022, doi: 10.15381/iigeo.v25i49.23006.