

Mineralogía del yacimiento de oro y plata

del distrito de Colquemarca – Cusco

Jimmy Estela Yomona

jimy.estela@unmsm.edu.pe

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Unidad de Posgrado. Av. Venezuela cuadra 34 s/n,

Ciudad Universitaria, Lima - Perú.

<https://orcid.org/0000-0003-3702-5749>

RESUMEN

La determinación mineralógica es un proceso fundamental para el procesamiento óptimo del mineral con el que se está trabajando, permitiendo la obtención de la información relevante y una buena interpretación del recurso. Estudio que tiene como objetivo la determinación de asociaciones de minerales y conocer la relación de minerales de alteración con minerales de mena para optimizar el aprovechamiento de mineral de oro y plata ya que ello repercute en la recuperación, para lo cual se ha procedido a la extracción de muestras de galena argentífera, para luego analizar en el laboratorio del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET con estudios petromineralógicos, análisis mineralógico por difracción de rayos X y análisis geoquímico, donde la mineralización corresponde a un depósito tipo Skarn que ha sido influenciada por alteraciones como silicificación, cloritización, sericitización que han dado origen a la formación de minerales económicos como oro y plata.

Palabras clave: mineralogía; oro; plata; galena argentífera; asociaciones de minerales.

Gold and silver deposit mineralogy of the district of Colquemarca – Cusco

ABSTRACT

The mineralogical characterization is a very important procedure for the optimal processing of the mineral with which one is working, allowing the obtaining of relevant information and a good interpretation of the resource. Study that has as objective the determination of mineral associations and to know the relationship of alteration minerals with ore minerals to optimize the use of gold and silver ore since this affects the recovery, for which extraction has been carried out samples of silver galena, to later analyze in the laboratory of the Geological, Mining and Metallurgical Institute - INGEMMET with petromineralogical studies, mineralogical analysis by X-ray diffraction and geochemical analysis, where the mineralization corresponds to a Skarn-type deposit that has been influenced by alterations such as silicification, chloritization, sericitization that have given rise to the formation of economic minerals such as gold and silver.

Keywords: *mineralogy; gold; silver; silver galena; mineral associations.*

Artículo recibido 15 febrero 2023

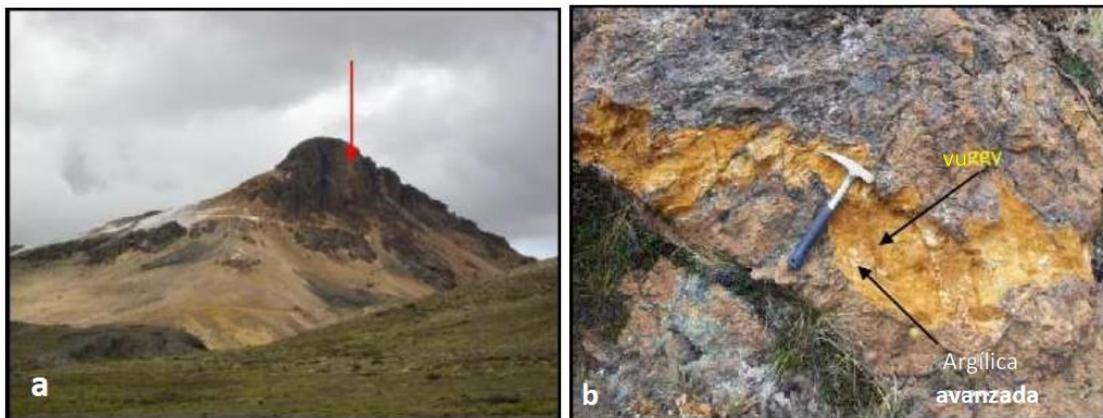
Aceptado para publicación: 15 marzo 2023

I. INTRODUCCIÓN

El yacimiento de Au y Ag del distrito de Colquamarca, constituido por asensos mineralógicos de la zona de estudio, pertenecen a la unidad y plutón Colquamarca, compuesto por roca granodiorita a tonalita. Corresponde a depósito foloniano conteniendo grietas saturadas por fajas de cuarzo con orientaciones de N-S, buzando en forma subvertical, representada por un espesor que oscila entre 0.10 y 0.40 m conteniendo Au, Ag, Cu y otros. Vetas que tienen control por fallas con rumbo N45°O (Loaiza & Galoso, 2009). Es un yacimiento hidrotermal con disgregación de brechas y vetas, también se visualizan afloramientos de brechas cortas de hidrotermalismo. Los yacimientos de tipo metasomatismo de contacto llamado skarn están presentes en la comunidad de Huinquiri, conteniendo minerales de Mg, Py y Au, presenta silicificación en la parte del centro de las vetillas con vuggy sílica sobre imponiendo en el perímetro de alteración, también existe alteración sericita, arcilla y óxidos de Fe (Ciprian, 2012).

Figura 1. a: *Capa de óxidos de Fe formada por una alteración retrograda,*

b: Au diseminado en roca, también se observa una silicificación (Ciprian, 2012).



En minería, los mayores retos es realizar la caracterización mineralógica del recurso en la etapa de procesamiento en planta, este estudio se realiza tanto a minerales de mena como a los minerales asociados, ganga y alteraciones hidrotermales repercutiendo directamente en la recuperación. La presencia de algunos minerales contaminantes en diferentes cantidades dificulta la eficiente recuperación en planta generando pérdidas económicas considerables durante el proceso metalúrgico

del mineral. Para ello es posible realizar una caracterización mineralógica para tener un mayor control geometalúrgico del área mineralizada y tomar buenas decisiones en el procesamiento.

La falta de una caracterización mineralógica de mineral de oro y plata conlleva al desconocimiento a detalle de la mena y los elementos que están asociados influenciando directamente en el proceso de exploración, extracción y recuperación del mineral a causa de poco estudio de estos yacimientos, falta de control de mineralización, escaso tratamiento de elementos contaminantes, falta de vectorización en las zonas enriquecidas, poca importancia que se le da a las impurezas asociadas al mineral.

En cuanto se refiere a lo prioritario sobre caracterización de minerales para su manejo sustentable tenemos como evidencia que el depósito de oro de Misky, ubicado al sur de Perú es extraído en forma artesanal, sin conocimiento geológico y mineralógico de las menas, con el propósito de especificar la génesis del yacimiento y factibilidad de beneficio (Palacios & Pura, 2011).

La caracterización mineralógica es una etapa fundamental para el aprovechamiento en forma optimizada de un recurso mineral, ya que tanto geólogo, minero y metalurgista trabajan en base a estos datos que es lo más detallado posible, de esta forma el personal dispondrá de la información necesaria para lograr sus objetivos. Existe un gran número de técnicas de caracterización de minerales desde lo más sencillos y prácticos como el terraspec hasta lo más complejo y exactos. La caracterización es realizar una interpretación mineralógica del yacimiento y para ello resulta particularmente útil la aplicación de estudios petrográficos, minerográficos, mineralógicos al microscopio, estudios de difracción de rayos X (XRD), análisis químico por fluorescencia de rayos X (XRF), estudios de microscopía electrónica de barrido (SEM) y estudios de inclusiones fluidas (Huamán, 2017). La muestra correspondiente se ha estudiado mediante el microscopio de luz polarizada por del método de reflexión, previamente confeccionado la sección pulida y sobre esta base se han determinado sus integrantes mineralógicos (Azañero, et al., 2010). Los patrimonios de investigación con luz ortoscópica transmitida y nícoles paralelos presentan colores como relieve, pleocroísmo, morfología, tamaño y clivaje (Chirif, 2010).

La caracterización de los minerales mediante técnicas instrumentales: Microscopio minerográfico, análisis por espectroscopia, análisis químico multielemental, permite corroborar la presencia de los minerales metálicos, así como la presencia de óxidos de hierro (Lovera, et al., 2005). En el caso de la

distribución de minerales argentíferos presentes en la muestra basadas en el análisis QEMSCAN, donde la mayoría de la plata se presentó como antimonidas, sulfosales y plata nativa (Tiu, et al., 2021). Se identificaron 8 minerales que contienen oro, el mineral con la segunda concentración más alta de Au es allargentum (592 g/t), la arsenopirita es otro mineral importante portador de oro, los comportamientos de Au estimados varían mucho entre muestras (Swinkels, et al., 2021). La pirita es el mineral más abundante del yacimiento de oro, se puede identificar 4 generaciones en base a morfología y composición química, la pirita euédrica y subédrica temprana, pirita arseniana y arsenopirita (Zhang, et al., 2018). La asociación de Au, Ag, Hg, Mo y Sb se revela a través de valores de vectores propios positivos y altos, los valores de oro más altos, mostrados por los considerables datos de puntaje de PC1, asociados principalmente con ocurrencias de alteración argílica (Andressa, et al., 2015). Un alto contenido de cuarzo indica que la resistencia al descenso de dimensión del material pétro está controlada por la dureza de éste, la presencia de minerales arcillosos como la illita perjudica el proceso de recuperación (Yáñez, et al., 2005).

Figura 2. Microscopio FEI Quanta 200 y su esquema de funcionamiento (Ipohorski & Bozzano, 2013).



El estudio geoquímico permite indagar la distribución ordenada de elementos químicos en las diferentes zonas de la tierra, como también las leyes que revelan esa distribución (Oyarzún, 2012).

Existen pocos estudios sobre estos temas, dentro de ello tenemos el estudio de (Crespo, et al., 2020) en su investigación **“Ore Mineralogy, Trace Element Geochemistry and Geochronological Constraints at the Mollehuaca and San Juan de Chorunga Au-Ag Vein Deposit in the Nazca-Ocaña Metallogenic Belt, Arequipa, Peru”** en donde El oro nativo se presenta como cristales

anédricos disseminados en vetas de cuarzo y micro-vetas de cuarzo-calcita, relleno de cavidades y fracturas en pirita. El oro nativo y el electrum forman cristales anédricos con tamaños entre ~50 nm y 260 μm que ocurren como electro libre en microvetas de cuarzo-calcita, el oro nativo se presenta como inclusiones a escala micrométrica en pirita, calcopirita y minerales bi-portantes y hematitas, el electrum se presenta como cavidad de relleno de fractura en pirita. En la zona de sulfuros en las vetas de Mollehuaca se observó acantita relleno de microfracturas ($<1 \mu\text{m}$) en calcopirita, en la zona de oxidación yodargirita y naumannita, así como seleniuro de plata relleno de cavidades en oxihidróxidos de hierro.

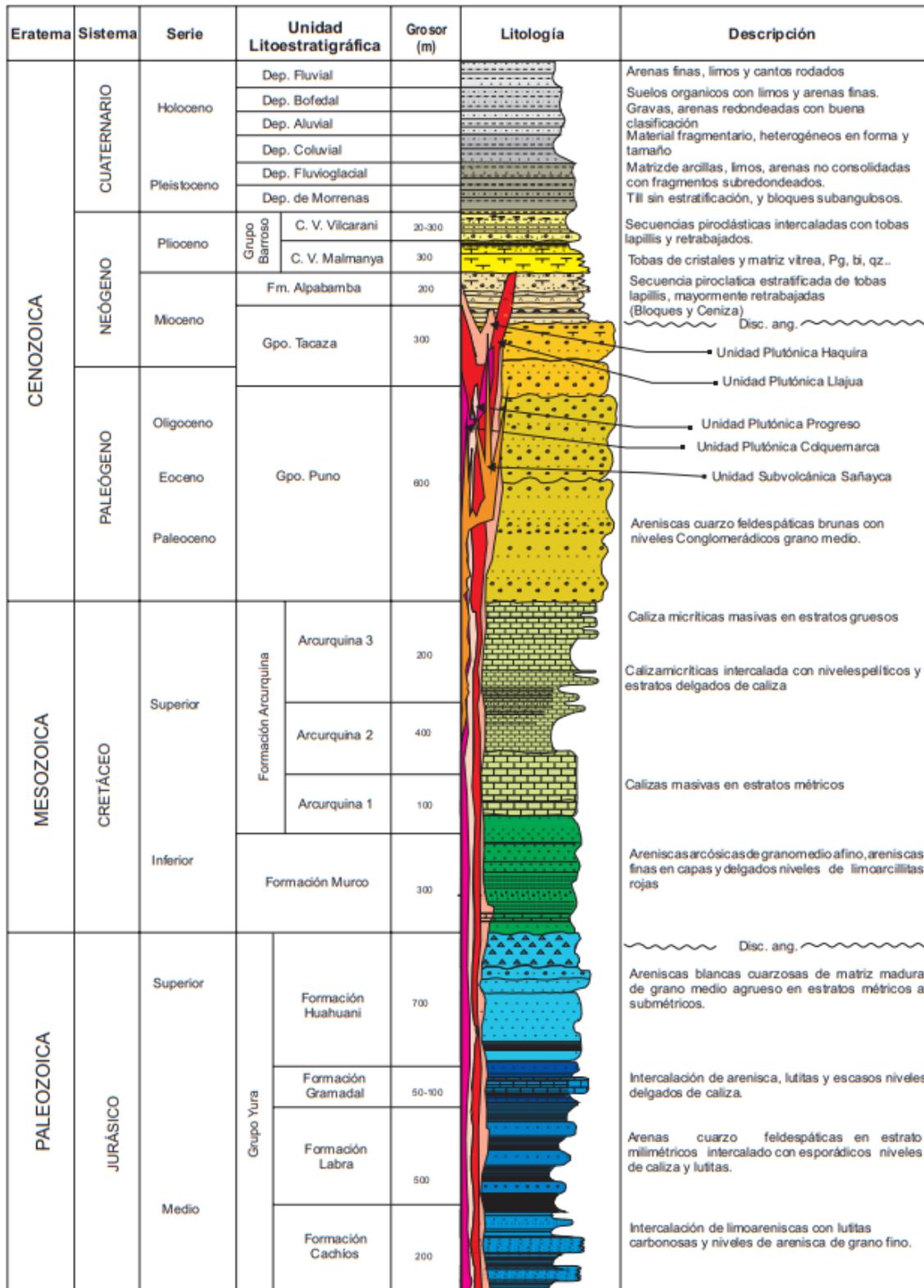
Tenemos como otra evidencia el estudio de (Palacios, et al., 2011) en su investigación **“Caracterización del Yacimiento de Oro de Misky, Sur del Perú”** donde las estructuras de vetas contienen cuarzo mayormente asociados con pirita, oro y minerales sulfurados, con el cuarzo comienza la cristalización. En primer lugar, precipitó la arsenopirita, seguidas de pirita. El oro nativo está incluido dentro de sulfuros de pirita con una dimensión de 80 micras, dentro de las fisuras de pirita se ubica electrum. Después de la pirita apareció dos generaciones de esfalerita que contiene calcopirita saturando fisuras, la galena satura fisuras que seccionan los sulfuros, las fracturas contienen también bismuto y sulfosales como aikinita, tetraedrita y bismuto nativo. Las inclusiones fluidas presentan dos fases, una líquida y otro vapor representando el 10 y 15% del volumen total, T° de fusión del hielo -18 y -3 $^\circ\text{C}$ indicando salinidades de 5 y 21% de NaCl, T° de homogenización está entre 143 y 296 $^\circ\text{C}$. Los datos $\delta^{34}\text{S}$ de los isótopos de azufre están entre -2.3 y $+5.2\%$, la mayor parte de los datos están comprendidos entre $+1$ y $+3\%$.

Este estudio tiene como objetivo la determinación de asociaciones de minerales para optimizar el aprovechamiento de mineral de oro y plata ya que ello repercute en la recuperación en planta.

Debido a la escasa información se ha considerado estudios más próximos a la zona mineralizada, en donde la geología local está conformada por la Formación Hualhuani (Ki-hu), litológicamente está compuesto por bancos de areniscas cuarzosas de color claro con textura fina a medio que tiene capas con laminados inclinados, arqueados y laminados entrelazadas y ciertas mezclas de areniscas feldespáticas de color marrón rojizo.

Formación Murco (Ki-mu), su litología está compuesta por sucesiones de lutitas y areniscas de tono rojo, que anteriormente se sedimentaron en un área continental (Vicente, 1981 citado en Palomino & Rodríguez, 2019).

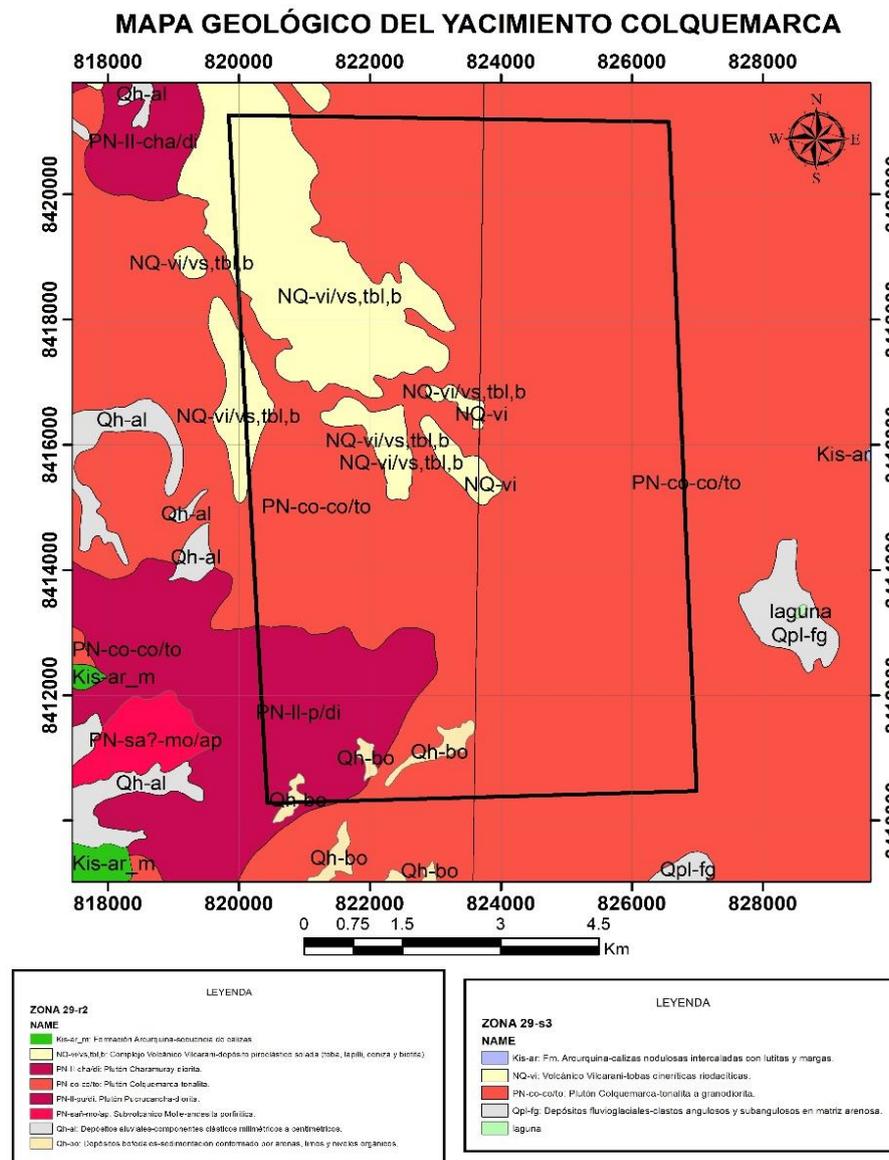
Figura 3. Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Santo Tomás 29 r (Galdos & Carrasco, 2003).



Formación Arcurquina (Kis ar), esta formación presenta estratificación laminar paralela, Slumps y nodulares, su litología contiene calizas de coloración gris oscuro a negro de textura fina a grueso, rocas dolomías formando capas medianas y lutitas con espesores de 350 m.

Presentan rocas intrusivas que forman parte del Batolito de Andahuaylas-Yauri y están representados por dioritas y tonalitas principalmente y que han sido intruidas por diques y rocas hipabisales como el pórfido andesítico, pórfido cuarzo diorítico, pórfido feldespático. Los minerales se encuentran en vetas de cuarzo conteniendo mayormente oro con ocurrencia microscópica y diseminación zona de silicificación (vuggy sílica) circundada por alteración argílica. También está conformada por óxidos goethéticos a jarosticos con elementos menores de hematita. En depósitos de skarn la mineralización es imperceptible y disgregada en la roca, por enmohecimiento de ciertos minerales, se evidencia óxidos de Fe con Au diseminado (Ciprian, 2012).

Figura 4. Mapa Geológico del yacimiento Colquemarca.



II. METODOLOGÍA

El tipo de pesquisa que se realizó es no experimental, que consiste en la observación de los acontecimientos en su área originario sin la manipulación intencional de las variables. Se trata de estudios en la cual no se hace variar deliberadamente la variable independiente para observar sus resultados sobre otras variables (Hernández, et al., 2014).

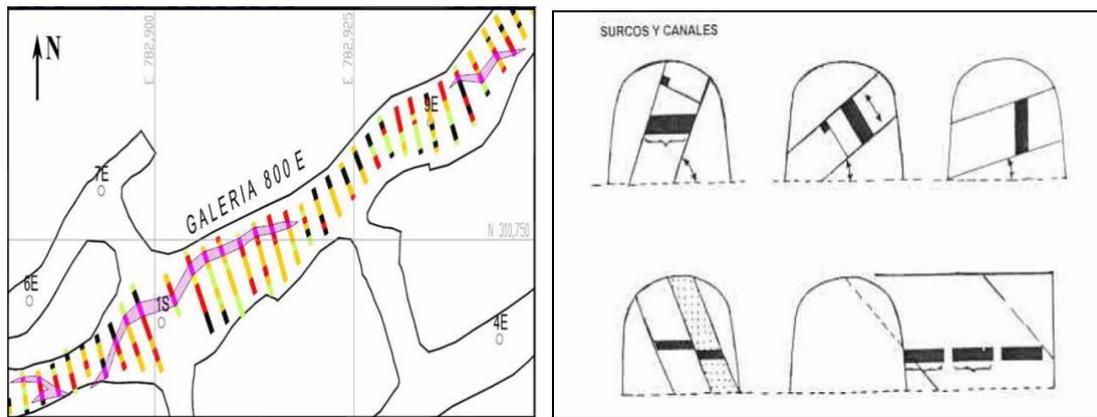
Para nuestro caso el diseño de la pesquisa es transeccional-causal ya que los datos se han recolectado en lapso único, con la intención de representar la variable estudiada y analizar la causa-efecto que presentan entre ambos.

La población de estudio está definida por 30 muestras de veta de mineral de oro y plata de las cuales 13 corresponden a la Labor Los Apus veta Rosario 2, 11 corresponden a la Labor San Francisco y 6 corresponden a la Labor San francisco 2 del yacimiento de Colquemarca - Cusco.

Se realizó el reconocimiento del área de las labores mineras y se estableció un plan de muestreo en las zonas de producción, se realizó el muestreo con una ficha de recolección de muestras, en cada bocamina se ubicó las coordenadas UTM y posteriormente se midió la distancia con cinta métrica de 30 m y se estableció el rumbo con una brújula hacia el inicio de la veta, una vez identificada la veta se limpió la parte superficial con cincel y comba, se procedió a la extracción de la muestra de mano en seguida se colocó la muestra en una bolsa transparente de polietileno con sus datos correspondientes (nombre de la labor, código y coordenadas). Se recolectaron 30 muestras de veta de mineral de oro y plata de las cuales 13 corresponden a la Labor Los Apus veta Rosario 2, 11 corresponden a la Labor San Francisco y 6 corresponden a la Labor San francisco 2 del yacimiento de Colquemarca - Cusco.

Se utilizó Drift (Dr) como técnica de muestreo, se ejecuta siguiendo el rumbo de la veta. Además, se le denomina como frontón o socavón de colgada. También se utilizó cruzados (xc) este procedimiento se ejecuta en forma perpendicular al rumbo de la veta. Teniendo en cuenta en depósitos de vetas para que una muestra sea distintiva debe extraerse en forma perpendicular a la roca caja (Lambert, 2006).

Figura 5. Muestreo de Drift, por canala interior mina en sistema de vetas (Lambert B, 2006).



Las técnicas de recolección que se utilizó fueron, la técnica de compilación de la información, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo en gabinete.

Los equipos, herramientas y materiales que se utilizó fueron: Picota, brújula, barreta, wincha de 5 m, libreta de campo, GPS, cámara, EPP (Casco, botas, guantes, correa porta lámpara, lámpara a batería, chaleco), comba de 2 kg, cincel, cinta métrica de 30 m, bolsas de polietileno transparente (9x14x4 pulg), saqueta para el transporte, cinta de embalaje, útiles de escritorio (lapicero, lápiz), ArcMap 10.3, AutoCAD 2016.

Las técnicas de análisis que se realizaron fueron la caracterización mineralógica a través de estudios petromineralógicos para identificar la relación de minerales de mena y ganga, determinación de texturas y alteraciones, toma de fotomicrografías y secuencia paragenética. Análisis mineralógico por difracción de rayos X para obtener un perfil de difracción para identificar y cuantificar minerales debido a la relación entre el perfil y la estructura cristalina de cada mineral. Análisis geoquímico con ensayo de roca total 18 elementos, ensayo multielemental 33 elementos y ensayo multielemental 23 elementos. Los análisis se ejecutaron en los laboratorios del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima-Perú.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asociaciones de minerales

Corresponde a una brecha hidrotermal monomictica, semicompacta, con textura fragmental. Conformado por fragmentos silicificados por cristales de cuarzo blauecino, incorporados en una

matriz de cuarzo fino asociado con pirita y galena, también se observa agregados de cloritas y sericita fracturadas.

Tabla 1:

CÓDIGO DE MUESTRA		LA-VetaRos-004	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
1	Cuarzo	SiO ₂	64.94
2	Galena	PbS	6.49
3	Albita	Na(Si ₃ Al)O ₈	5.84
4	Esfalerita	ZnS	5.19
5	Pirita	FeS ₂	3.90
6	Moscovita	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3,1} Al _{0,9})O ₁₀ (OH) ₂	3.90
7	Dickita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	3.25
8	Baritina	BaSO ₄	2.60
9	Calcita	Ca(CO ₃)	1.95
10	Microclina	K _{0,95} Na _{0,05} AlSi ₃ O ₈	1.94
Valor promedio del background			400
Nº de cuentas del pico máximo			4822
Error estadístico de conteo			2.82%

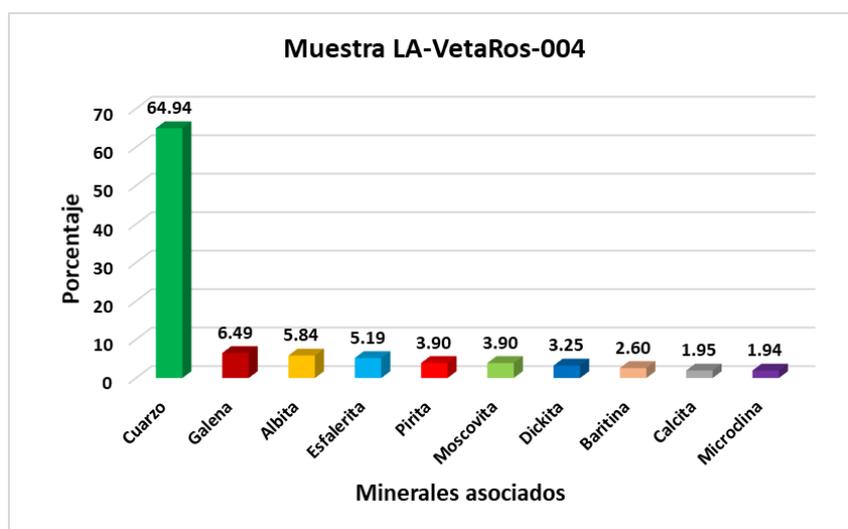


Figura 6. Se pueden observar los minerales asociados a oro y plata, en la muestra de la labor Los Apus correspondiente a la veta Rosario 2 en la cual el cuarzo está presente en un 64.94%, galena en 6.49%, albita en 5.84%, esfalerita en 5.19%, pirita en 3.90%, moscovita en 3.90%, dickita en 3.25%, baritina en 2.60%, calcita en 1.95% y microclina en 1.94% respectivamente.

Es una estructura de relleno compacta de tono gris, conformada por agregados de cuarzo, pirita y calcopirita en las áreas más cercanas a la roca caja; también presenta agregados prismáticos de cuarzo hacia un extremo. Presenta goethita y covelita en fracturas y limonitas como impregnaciones.

Tabla 2:

CÓDIGO DE MUESTRA		LSFranc-005	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
1	Cuarzo	SiO ₂	57.14
2	Calcopirita	CuFeS ₂	27.43
3	Pirita	FeS ₂	4.57
4	Clinocloro	(Mg,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	2.86
5	Goethita	FeO(OH)	2.86
6	Nontronita	(Na,Ca) _{0.3} Fe ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O	2.29
7	Montmorillonita	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	1.71
8	Illita	(K,H ₃₀)Al ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O	1.14
Valor promedio del background		240	
Nº de cuentas del pico máximo		10018	
Error estadístico de conteo		1.90%	

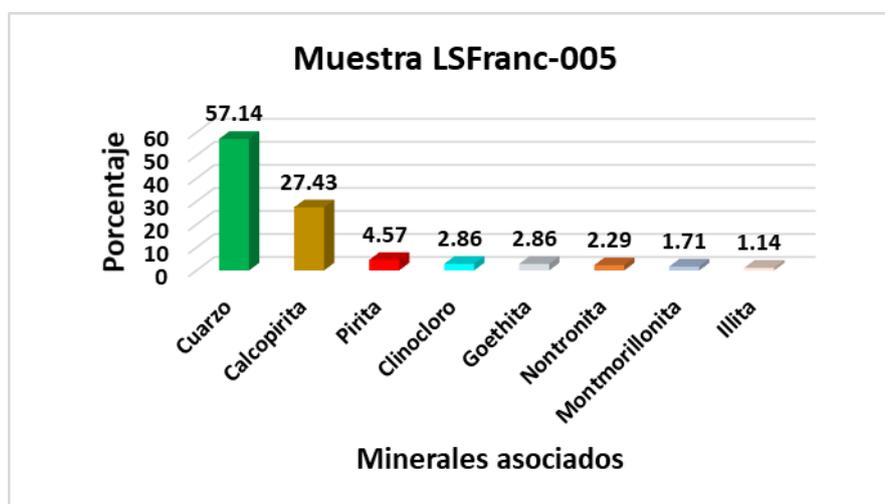


Figura 7. Se pueden observar los minerales asociados a oro y plata, en la muestra de la labor San Francisco en la cual el cuarzo está presente en un 57.14%, calcopirita en 27.43%, pirita en 4.57%, clinocloro en 2.86%, goethita en 2.86%, nontronita en 2.29%, montmorillonita en 1.71% y illita en 1.14% respectivamente.

Muestra de estructura compacta con textura de relleno, principalmente de calcita con cristales de cuarzo, parches grandes de pirita, también tiene microfracturas de cuarzo, arcillas, cloritas e impregnaciones de óxidos de hierro.

Tabla 3:

CÓDIGO DE MUESTRA		LSFranc-2-004	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
1	Calcita	Ca(CO ₃)	64.94
2	Cuarzo	SiO ₂	6.49
3	Clinocloro	(Mg,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	5.84
4	Heulandita-Ca	CaAl ₂ Si ₇ O ₁₈ ·7.5H ₂ O	5.19
5	Pirita	FeS ₂	3.90
6	Montmorillonita	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	3.90
7	Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	3.25
8	Cristobalita	SiO ₂	2.60
9	Yeso	Ca(SO ₄)(H ₂ O) ₂	1.95
10	Moscovita	(K,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si _{3.1} Al _{0.9})O ₁₀ (OH) ₂	1.94
Valor promedio del background		200	
Nº de cuentas del pico máximo		4822	
Error estadístico de conteo		2.82%	

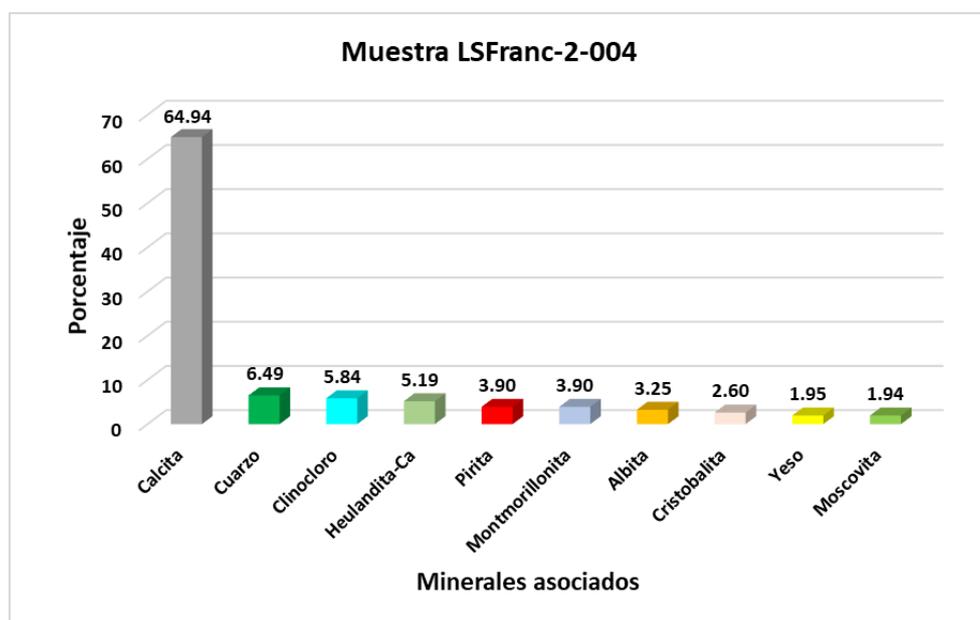


Figura 8. Se pueden observar los minerales asociados a oro y plata, en la muestra de la labor San Francisco 2 donde la calcita se encuentra en un 64.94%, cuarzo en 6.49%, clinocloro en 5.84%, heulandita-Ca en 5.19%, pirita en 3.90%, montmorillonita en 3.90%, albita en 3.25%, cristobalita en 2.60%, yeso en 1.95% y moscovita en 1.94% respectivamente.

Relación de minerales de alteración con minerales de mena

Los resultados indican que el oro está estrechamente relacionado con alteraciones de silicificación, cloritización, sericitización en la cual se formó el depósito tipo Skarn, dando origen a diversos minerales asociados que forman la mena, dentro de los más resaltantes se encuentra la pirita, cuarzo y calcopirita II.

Tabla 4:

Mineralogía de la muestra LSFranc-005

Mineral	Tamaño (mm)	%	Secuencia de formación
Pirita	≤4.10	40	
Cuarzo	≤7.75	28	
Calcopirita II	≤5.74	25	1.Sericita-cloritas
Goethita	≤0.12	2	2.Cuarzo- adularia
Covelita	≤0.02	2	3.Pirita
Sericita	≤0.03	1	
Calcosita	≤0.05	1	4.Calcopirita I-cubanita
Oro nativo	≤0.38	0.5	5.Oro nativo
Electrum	≤0.14	0.5	
Cloritas	≤0.22	Traza	6.Electrum-telururos de plata
Adularia	≤1.18	Traza	7.Calcopirita II
Limonitas	≤0.004	Traza	8.Telururos de plomo-telururos de
Calcopirita I	≤0.12	Traza	oro y plata-telururos de bismuto
Cubanita	≤0.11	Traza	
Telururos de oro y plata	≤0.03	Traza	9.Calaverita
Telururos de plomo	≤0.03	Traza	10.Covelita-calcosita
Telururos de plata	≤0.08	Traza	11.Goethita
Telururos de bismuto	≤0.09	Traza	12.Limonitas
Calaverita	≤0.02	Traza	

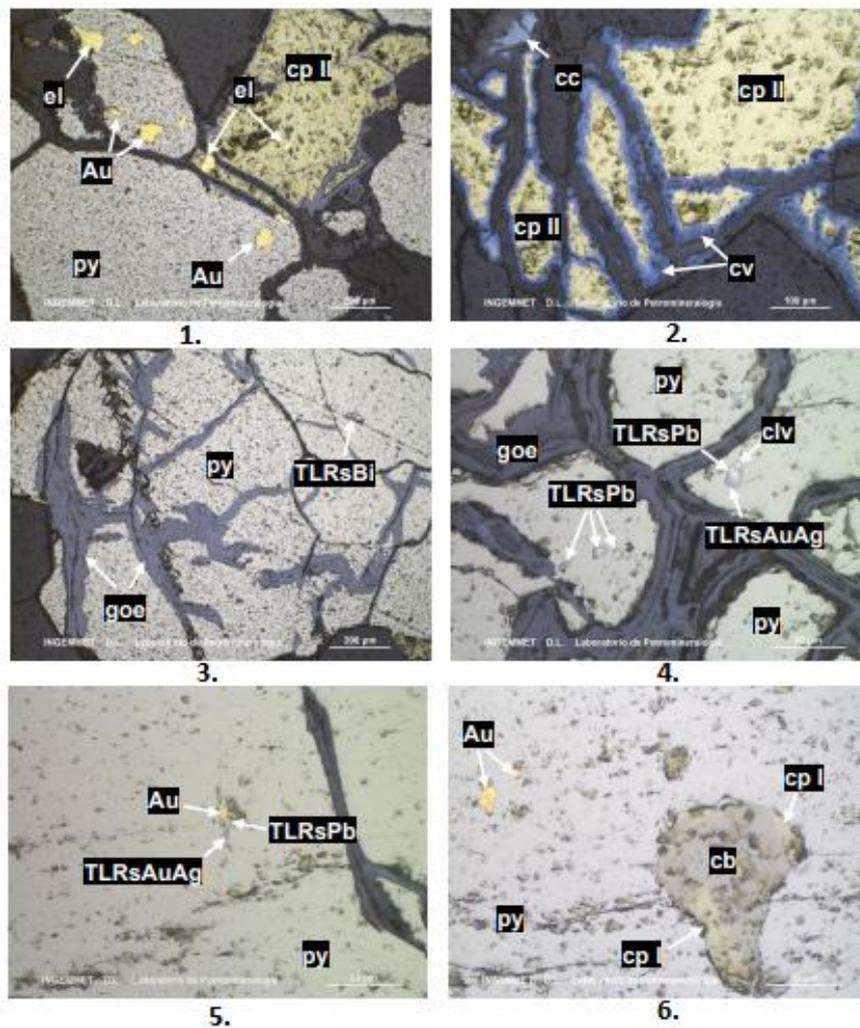


Figura 9. Fotomicrografías: 1. Parches de oro nativo: Au incluidos en pirita: py y parches de electrum: incluidos en calcopirita: cp y pirita. 2. Parches de calcopirita II: cp II con bordes alterados a covelita: cv y calcosita: cc. 3. Cristal de pirita: py alterado a goethita: goe y con inclusiones de telururos de bismuto: TLRsBi. 4. Cristales de pirita: py con inclusiones de calaverita: clv, telururos de plomo: TLRsPb y telururos de oro y plata: TLRsAuAg. 5. Inclusiones de telururos de plomo: TLRsPb, telururos de oro y plata: TLRsAuPb y oro nativo: Au en pirita: py. 6. Cristal de pirita: py con inclusiones de oro nativo: Au, también se observa cubanita: cb intercrecida con calcopirita I: cp I a manera de inclusiones en pirita.

IV. CONCLUSIONES

- El mineral de oro y plata está estrechamente asociado a minerales como cuarzo, galena, albita, esfalerita, pirita, moscovita, dickita, baritina, calcita, microclina y otros minerales en menor proporción.
- Los eventos de alteraciones hidrotermales como silicificación, cloritización, sericitización han dado origen a la formación de los diferentes minerales tanto de mena como de ganga.
- En algunas muestras se puede evidenciar que el oro está presente en forma nativa con una textura fragmental permitiendo una mejor liberación en el proceso de molienda en planta.
- El oro se encuentra contenido dentro de pirita, el electrum se encuentra contenido dentro calcopirita y pirita.

V. LISTA DE REFERENCIAS

- Andressa Carrino, T., Penteado Crósta, A., Bemfica Toledo, C., & Moreira Silva, A. (2015). Unveiling the hydrothermal mineralogy of the Chapi Chiara gold prospect, Peru, through reflectance spectroscopy, geochemical and petrographic data. *Ore Geology Reviews*, 19. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84926466065&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Unveiling+the+hydrothermal+mineralogy+of+the+Chapi+Chiara+gold+prospect%2c+Peru%2c+through+reflectance+spectroscopy%2c+geochemical+and+petrographic+da>
- Azañero Ortiz, Á., Aramburú Rojas, V., Quiñones Lavado, J., Puente Santibáñez, L., Cabrera Sandoval, M., Falconí Rosadio, V., . . . Medina, A. (2010). Tratamiento hidrometalúrgico del oro diseminado en pirita y arsenopirita del relave de flotación. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 6.
- Chirif Rivera, L. H. (2010). *Microscopía Óptica de Minerales*. Lima-perú.
- Ciprian Usca, W. (2012). *EXPEDIENTE TÉCNICO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y DEL INVENTARIO DE RECURSOS METÁLICOS, NO METÁLICOS, Y PELIGROS GEODINÁMICOS*. Expediente Técnico, Cusco-Perú.

- Crespo, J., Holley, E., Pfaff, K., Guillen, M., & Huamani, R. (2020). Ore Mineralogy, Trace Element Geochemistry and Geochronological Constraints at the Mollehuaca and San Juan de Chorunga Au-Ag Vein Deposits in the Nazca-Ocoña Metallogenic Belt, Arequipa, Peru. *Minerals*, 21.
- Galdos Huaco, J., & Carrasco Viza, S. (2003). *MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL CUADRÁNGULO DE SANTO TOMÁS (29-r)*. INGEMMET, Lima-Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huamán Mamani, L. E. (2017). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, MINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA DE LAS ALTERACIONES PRESENTES EN LA CONCESIÓN JULISSA 2A YANAQUIHUA-CONDESUYOS-AREQUIPA*. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Arequipa.
- Ipohorski, M., & Bozzano, P. B. (2013). MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES. *CIENCIA E INVESTIGACIÓN*, 11. Recuperado el 07 de 06 de 2022, de <http://aargentinpencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCeI/tomo63-3/5-MICROSCOPIA-ELECTRONICA-DE-BARRIDO-EN-LA-CARACTERIZACION-DE-MATERIALES-cei63-3-2013-5.pdf>
- Lambert B., A. (2006). *Manual de Muestreo para Exploración, Minería Subterránea y Rajo Abierto*. Cochimbo-Chile.
- Loaiza Choque, E., & Galloso Carrasco, A. (2009). *Actividad Minera Artesanal en las zonas de Apurímac, Cusco, Tacna y Moquegua*. Boletín, Lima-Perú.
- Lovera, D., Bustamante, Á., Gagliuffi, P., Quiñones, J., Puente, L., Gaudencio, L., . . . Romero, A. (2005). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PRUEBAS METALÚRGICAS EN LA PROSPECCIÓN DE MINERALES POLIMETÁLICOS EN EL COMPLEJO MARAÑÓN – PERÚ. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7.
- Oyarzún M., j. (2012). *CURSO DE EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA*. La Serena-Chile.
- Palacios, S., & Pura, A. (2011). *IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS YACIMIENTOS PARA SU APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE: EL EJEMPLO DE MISKY*,

- PERÚ. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/116269/18_PALACIOS-ALFONSO_281-290.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Palacios, S., Pura, A., & Mata Perelló, J. M. (2011). Caracterización del Yacimiento de Oro de Misky, Sur del Perú. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 2.
- Palomino Huarcaya, A., & Rodriguez Choquehuanca, D. (2019). *ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA COMUNIDAD PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO. CUSCO-PERÚ.*
- Swinkels, L. J., Burisch, M., Rossberg, C. M., Oelze, M., Gutzmer, J., & Frenzel, M. (2021). Gold and silver deportment in sulfide ores – A case study of the Freiberg epithermal Ag-Pb-Zn district, Germany. *Minerals Engineering*, 16. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687521004647>
- Tiu, G., Ghorbani, Y., Jansson, N., & Wanhainen, C. (2021). Tracking silver in the Lappberget Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) deposit, Garpenberg mine, Sweden: Towards a geometallurgical approach. *Elsevier*, 16. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687521001187>
- Yáñez Traslaviña, J., Vargas Ávila, M., García Páez, I., & Pedraza Rojas, J. (2005). Mejora de los procesos de beneficio y extracción de minerales auroargentíferos del asentamiento minero de San Pedro Frío, Colombia. *Revista de metalurgia*, 10.
- Zhang, H., Cai, Y., Zhang, Y., Ni, P., Li, S., Ding, J., . . . Bao, T. (2018). Mineralogical characteristics of silver minerals from the Dongyang Gold deposit, China: Implications for the evolution of epithermal metallogenesis. *Geochemical Exploration*, 14. Recuperado el 12 de 06 de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037567421730403X>