

Atlas petromineralógico de minerales y rocas del Perú - Parte I

Atlas petromineralógico of minerals and rocks of the Peru - Part I

Lourdes J. Quiñones L.*, Pedro M. Gagliuffi E.*

RESUMEN

El propósito fundamental de este atlas es ilustrar, a través de la descripción microscópica de las rocas y minerales acompañados de sus fotomicrografías, el rango de los tipos de rocas más comunes y más significativas del territorio peruano y para demostrar la forma y las condiciones de su formación, mostrados por sus diferentes texturas y asociaciones; asimismo se hará con los minerales constituyentes de los diferentes tipos de yacimientos.

Se presenta una numerosa variedad de especies minerales encontradas en gran parte de los Yacimientos del Perú, es por esta razón que el Laboratorio de Microscopía Óptica de la E.A.P. de Ingeniería Geológica quiere presentar de manera muy especial este nuevo atlas que será de gran utilidad para la comunidad geológica e interesada en las artes de la mineralogía.

En cuanto a las rocas se ha tomado en cuenta su composición mineralógica, clasificación y tipos de alteraciones (químicas, físicas y meteóricas), en muestras provenientes de estudios de exploración de yacimientos y de geotecnia. En el caso de los minerales metálicos se ha tomado en cuenta su descripción, alteración y textura. Asimismo también se ha considerado su relación con el medio ambiente, en este caso considerando a los minerales generadores de contaminantes.

Palabras clave: Mineralogía, microscopía de minerales, yacimientos minerales, alteración, paragénesis.

ABSTRACT

The fundamental intention of this atlas is to illustrate, across the microscopic description of the rocks and minerals accompanied of its microphotographies, the range of the types of rocks and more significant of the Peruvian territory and to demonstrate the form and the conditions of its formation, showed by its different textures and associations; likewise it will be done by the constituent minerals of the different types of deposits.

mineral opposing species largely of the Deposits of Peru, is for this reason that the Laboratory of Optical Microscopy of the E.A.P. of Geological Engineering wants to present in a very special way this new atlas that will be of great utility for the community geological and been interested in the arts of the mineralogy.

As for the rocks there have been born in mind its mineralogical composition, classification and types of alterations (chemical, physical and meteoric), in samples from studies of exploration of deposits and of geotecnia. In case of the metallic minerals its description, alteration and texture has been born in mind. Likewise also it has been considered to be its relation by the environment, in this case considering to the generating minerals of pollutants.

Keywords: Mineralogy, microscopy of minerals, mineral deposits, alteration, paragénesis.

* Departamento Académico de Ingeniería Geológica - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mails: lquinonesl@unmsm.edu.pe, pgagliuffie@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

A partir del conocimiento de la mineralogía óptica, para la identificación de las rocas; y de la microscopía de minerales opacos para el estudio de identificación de minerales metálicos, se desarrollan los aspectos más saltantes de los minerales y también de las rocas, los que permitieron la confección de un atlas petromineralógico de minerales y rocas del Perú.

En el presente trabajo se ha realizado un estudio microscópico detallado de rocas y minerales teniendo en cuenta el interés geológico y especialmente el mineralógico. Durante los estudios microscópicos se hace énfasis en la descripción de rocas, minerales y su génesis. En todos los casos, se ha realizado la caracterización de los minerales constituyentes de las rocas y de los minerales de los diferentes yacimientos peruanos; con la finalidad de confeccionar el atlas petromineralógico utilizando materiales de nuestro territorio, en el que se muestran los resultados de nuestro estudio, que será de mucha utilidad para las diferentes industrias, mineras, metalúrgicas, petroleras, geotécnicas y del medio ambiente.

Las muestras utilizadas provienen de diferentes yacimientos y prospectos, entre los cuales podemos mencionar para la segunda parte del proyecto a Proyecto Taruka-Antuyo, Break Creek, Cerro Negro, Toromocho, Cañariaco, mina la Estrella-Huaylillas, Proyecto Chaupi, Prospecto SAE, Sarim Milsa, El cóndor, Mina casapalca, mina yauricocha, mina morococha, etc.

La información descriptiva acompañada de las fotomicrografías que encontrará en este trabajo le permitirá conocer la mineralogía de la cual esta constituida nuestros yacimientos minerales peruanos. Para los estudiantes de geología va a servir como el complemento para sus estudios de mineralogía óptica, microscopía de minerales opacos y yacimientos minerales.

En el Perú no se conocen trabajos de esta índole, a pesar de que hay instituciones geológicas, en los cuales se realizan trabajos de Minerales y Rocas sobre sus respectivas secciones delgadas y pulidas, es decir, usando la microscopía de luz transmitida y reflejada, por lo que se puede mencionar con certeza de que no se conocen trabajos de difusión semejantes a los que se está llevando a cabo en este proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

Un atlas es un interesante y completa colección de minerales perteneciente a los diferentes tipos de rocas; incluye algunas propiedades como composición mineralógica, composición, clase, grupo, sistema cristalino, paragénesis, alteraciones, imágenes y un léxico. Ayuda en la identificación de los minerales, porque se presenta con fotomicrografías los diferentes

rasgos micrográficos de los conjuntos minerales de las rocas estudiadas.

Existen diferentes tipos de atlas, impresos, digitales y virtuales. Siendo los más comunes los de tipo virtual. La diferencia unos de otros se basa en la forma como se presentan y en las características acompañantes, algunos incluyen composición mineralógica, paragénesis, alteraciones, imágenes y un léxico y otros además incluyen la parte cristalográfica de cada una de las especies minerales, acompañados de resultados aplicando otras técnicas mineralógicas. Asimismo podría considerarse entre los tipos de atlas, de acuerdo al tipo de roca estudiado y así tenemos: atlas de rocas ígneas, atlas de rocas sedimentarias y atlas de rocas metamórficas, etc.

Para confeccionar un atlas petromineralógico se requiere del estudio de minerales y/o rocas bajo el microscopio de luz transmitida y/o reflejada, que representan los métodos más usados para el estudio e identificación de los minerales constituyentes de las rocas en sección delgada y los minerales opacos en sección pulida. Estos estudios permiten la clasificación de las rocas, identificación y porcentaje de minerales presentes, asociaciones mineralógicas, forma, textura y tamaño de granos, microfracturamiento, porosidades y tipos de relleno, alteraciones hidrotermales presentes y la posible roca original, Reacciones químicas de los minerales presentes. Esta información es muy útil para conocer el tipo de yacimiento y tomar decisiones en exploración, así como también para determinar procedimientos para la mejor recuperación de los minerales en las plantas metalúrgicas.

Existen otros tipos de Atlas Mineralógicos y/o Petrológicos, los cuales corresponde a diversos autores y que fueron publicados en diferentes países de habla anglosajona. Asimismo es necesario mencionar que existe un gran número de textos, que están impresos y son de conocimiento de la mayoría de los mineralogistas. Así tenemos Galopin and Henry (1972) y más reciente, Craig and Vaughan (1981) que son textos que nos dan aspectos teóricos y prácticos de la microscopía de opacos, incluyendo tablas de identificación mineralógica para los minerales opacos. En cuanto a tablas de identificación más amplias tenemos a Schouten (1962), Uytendogaardt and Burke (1971) y más reciente Criddle and Stanley (1986). Asimismo tenemos textos con un gran número de fotomicrografías en blanco y negro Edwards (1947), Oelsner (1966), y el más notable Ramdohr (1969). Textos con fotomicrografías a color son pocos, pero podemos nombrar a Picot and Johan (1977).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados para la preparación de secciones delgadas y pulidas son aquellos provenientes

de diferentes yacimientos minerales del Perú. Cada una de las muestras empleadas para el análisis microscópico fue tratada con materiales para realizar el repulido y así tener muestras disponibles para nuestro estudio.

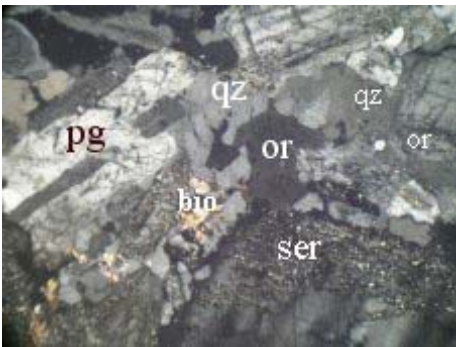
La elaboración del Atlas Petromineralógico de los Minerales y Rocas del Perú, se basó en la descripción de las diferentes secciones delgadas y secciones pulidas de diferentes regiones y zonas del Perú, particularmente, la región central, por tanto haciendo uso de ellas se empezó a hacer los respectivos estudios microscópicos y a la vez se hizo la toma de

las fotomicrografías de los aspectos más relevantes, caso de las texturas, alteraciones, integrantes mineralógicos y la cuantificación de ellos, sobre la base de ellos dar su identificación microscópica respectiva. Al final presentamos un mapa con la ubicación de las muestras estudiadas.

IV. RESULTADOS

A continuación se presentan parte de las fotomicrografías tomadas en este proyecto.

Fotomicrografías de rocas en seccion delgada



Mineralogía: Plagioclasas con alteración a sericita, muestra zonación y maclas. Cuarzo y ortosa intersticial entre las plagioclasas.

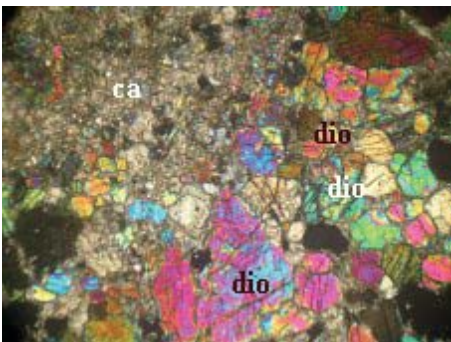
Sericita como producto de alteración de las plagioclasas. Biotita como producto de alteración potásica.

Textura: Porfírica.

Roca: Granodiorita.

Localidad: Yacimiento Yauricocha - yacimiento de metasomatismo - zona de exploración Éxito.

Magnificación: 40x - Nícoles cruzados.



Mineralogía: Diopsidos como agregados granoblasticos con disposición bandeada.

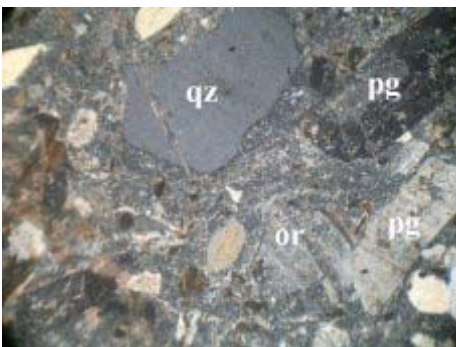
Calcita como agregados granoblásticos producto de la recristalización con disposición bandeada.

Textura: Granoblastica bandeada.

Roca: Skarn.

Localidad: Yauricocha - Éxito.

Magnificación: 40x - Nícoles cruzados.



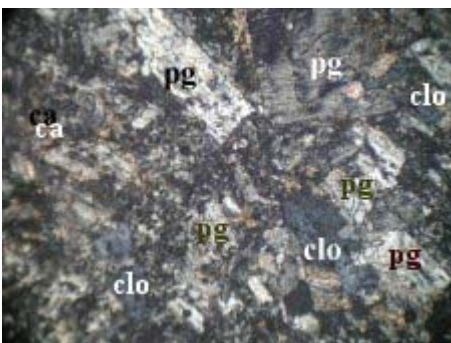
Mineralogía: Cuarzo como fenocristales con bordes algo redondeados y también engolfados. Plagioclasas como fenocristales. Ortosa como fenocristales.

Textura: Porfírica en matriz criptocristalina fluidal

Roca: Riolita.

Localidad: Morococha

Magnificación: 40x - Nícoles cruzados.



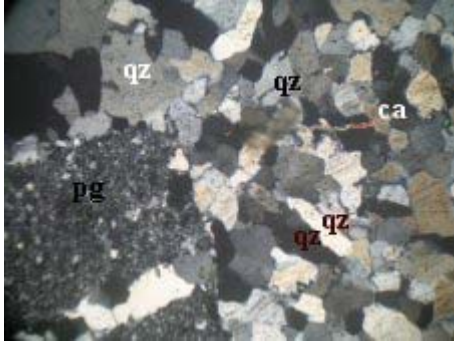
Mineralogía: Plagioclasa como fenocristales y parte de la matriz microgranular, presentan zonación y maclas complejas. Muestra incipiente alteración a sericita con posteriores sobreimpresión de los carbonatos. Clorita como producto de alteración de los ferromagnesianos preexistentes. Calcita como posible producto de alteración meteórica habiéndose sobreimpuesto a las cloritas y a algunas sericitas.

Textura: Porfírica en matriz microgranular.

Roca: Pórfido diorítico.

Localidad: San Cristobal.

Magnificación: 40 x - Nícoles cruzados.



Mineralogía: Cuarzo como agregado microgranoblastico intensamente intersuturado. Calcita, como agregados microgranoblásticos conformando microvenillas. Los minerales opacos están diseminados dentro del agregado microgranoblástico de cuarzo.

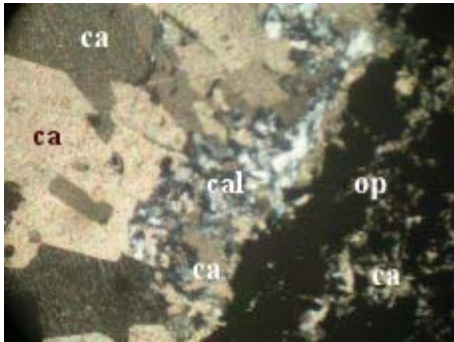
Textura: microgranoblastica.

Roca: Cuarcita.

Obs.: La muestra presenta clastos intensamente silicificados con aparente origen volcánico. Asimismo la muestra esta brechada.

Localidad: Mina casapalca.

Magnificación: 40x - Nicoles Cruzados.



Mineralogía: Calcita en agregados granoblásticos e intersticial en los opacos.

Calcedonia en agregados algo concéntricos.

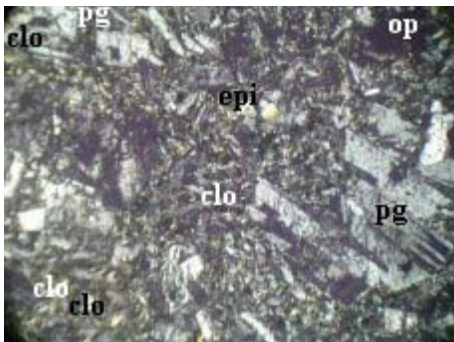
Minerales Opacos fracturados.

Textura: Granoblastica.

Roca: Skarn.

Localidad: Milpo.

Magnificación: 40x - Nicoles Cruzados.



Mineralogía: Plagioclasas (pg), como fenocristales y parte de la matriz microgranular. Epidota (ep) como agregados microtabulares conforman micronucleos; clorita como fenocristales y parte de la matriz microgranular. En los intersticios y microfracturas de las plagioclasas los minerales opacos (op) se encuentran distribuidos después de haber reemplazado a las cloritas.

Textura: Porfírica en matriz microlaminar y seriada.

Roca: Pórfido diorítico.

Localidad: Yauyurco - Lima.

Magnificación: 40x - Nicoles cruzados.



Mineralogía: Plagioclasas (pg) como agregados tabulares con zonación y maclas complejas; ortosa (or) intersticial entre los feldespatos; cuarzo (qz) entre los feldespatos; biotita (bio) y augita (aug) intersticiales como agregados tabulares

Textura: Hipidiomórfica granular

Roca: Granodiorita

Localidad: Kilcaska

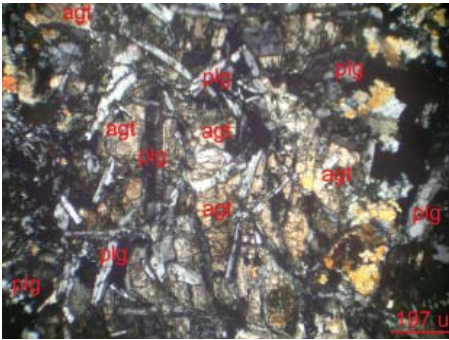
Magnificación: 40X - Nicoles cruzados



Mineralogía: Pseudofenocrystal de illita (ill) después de la alteración sufrida por el mineral ferromagnesiano; los fenocristales de plagioclase (plg) están rodeados por la matriz pilotaxítica de plagioclase (plg) alterada a arcilla (arc).

Localidad: Proyecto Taruka.

Magnificación: 63X - Nicoles cruzados



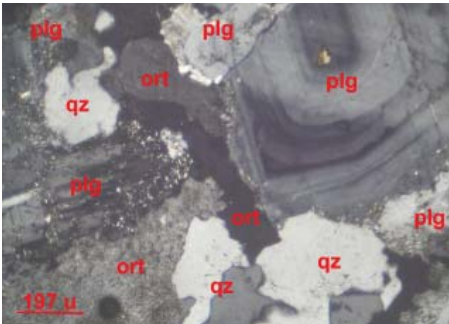
Mineralogía : Agregados tabulares de plagioclasa (plg) envueltos por la augita (agt), dando lugar a la textura poiquilitica.

Textura: poiquilitica

Roca: Diorita

Localidad: Proyecto Cerro Negro

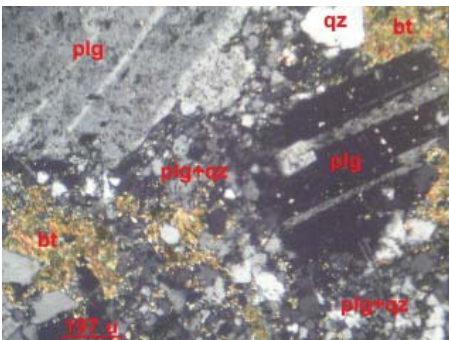
Magnificación: 40X - Nicoles Cruzados.



Mineralogía: Agregados granulares de plagioclasas (plg) con zonación, maclas y también algo alterada a sericita; ortosa (ort) y cuarzo (qz) intersticial.

Roca: Granito.

Localidad: Mina La Estrella - Huaylillas. Magnificación: 40X - Nicoles cruzados

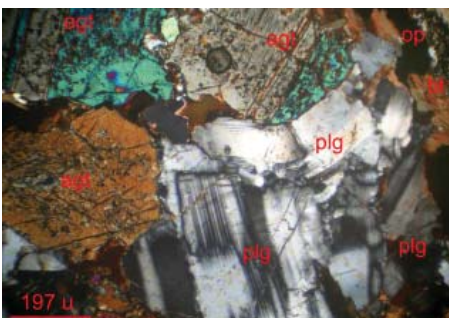


Mineralogía: Fenocristales de plagioclasa (plg) rodeados por la matriz microgranular integrada por la asociación de plagioclasa y cuarzo (plg+qz) en cuyos intersticios se han ubicado la biotita (bt) hidrotermal.

Roca: Pórfido diorítico.

Localidad: Proyecto Toromocho - Centromín Perú.

Magnificación: 40X. Nicoles cruzados.

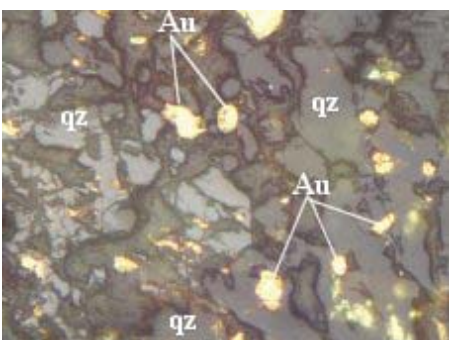


Mineralogía: Cristales subhedrales de augita (agt) parcialmente reemplazadas por la plagioclasa (plg); dentro de los intersticios se observa a la biotita (bt).

Localidad: Proyecto Cañariaco. 40X.

Magnificación: 40x -Nicoles cruzados.

Microfotografías de minerales metálicos

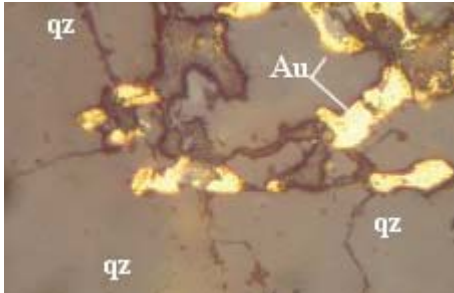


Descripción: Se observan partículas de oro (Au) intersticial entre los granos de cuarzo (qz).

Dificultad metalúrgica: Por su magnitud las partículas de oro, se convierten en refractarios porque a malla - 400 será imposible de liberarlos; sus tamaños son menores de 8 micras.

Localidad: Quiruvilca - La Libertad.

Magnificación: 200X - Nicoles Paralelos.

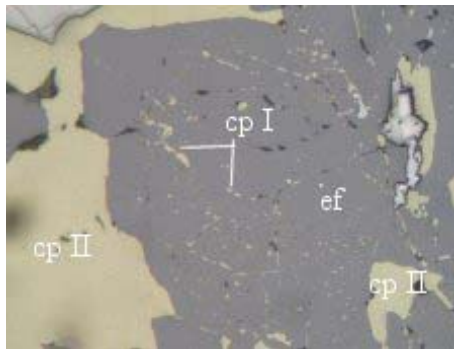


Descripción: Presencia de partículas de oro (Au) intersticial entre los granos de cuarzo(qz)

Dificultad metalúrgica: Por su magnitud las partículas de oro, se clasifican en oro grueso y oro fino, lo cual es un problema metalúrgico, en primer término para seleccionar el método de recuperación y luego su grado de liberación; sus tamaños son mayores de 80 micras y partículas menores de 15 micras..

Localidad: Quiruvilca - La Libertad.

Magnificación: 200X - Nicoles Paralelos.

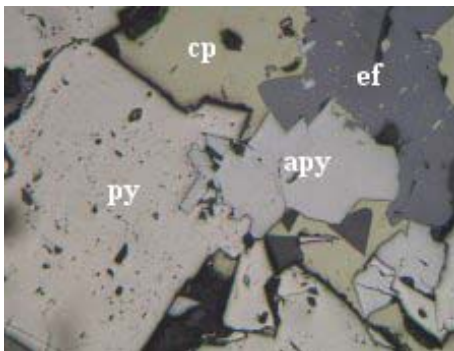


Descripción : Esfalerita con exsoluciones de calcopirita I y calcopirita II, manifestando dos etapas de cristalización de la calcopirita.

Dificultad metalúrgica : Por su magnitud las partículas de calcopirita I (cp I) es un problema metalúrgico, porque en el concentrado de zinc se encontrara valores de cobre y viceversa, en los concentrados de cobre se encontraran valores de zinc.

Localidad: Cerro de Pasco - Pasco.

Magnificación: 200X - Nicoles Paralelos.

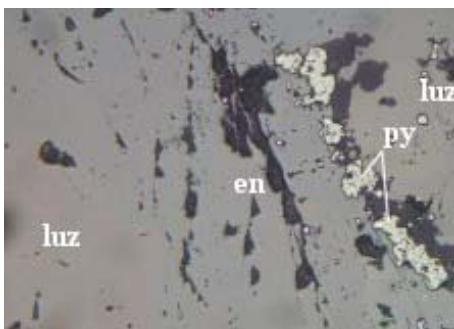


Descripción: En la presente vista se observa un grupo de minerales cianicidas tales como pirita (py), calcopirita (cp), esfalerita (ef) y arsenopirita (apy).

Problema metalúrgico: Son considerados minerales cianicidas porque durante el proceso de la recuperación del oro por el método de cianuración consumirán alto volumen de cianuro lo cual eleva el costo de producción del oro y ocasionará un problema medioambiental.

Localidad: Mina Huaylillas - La Libertad

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos

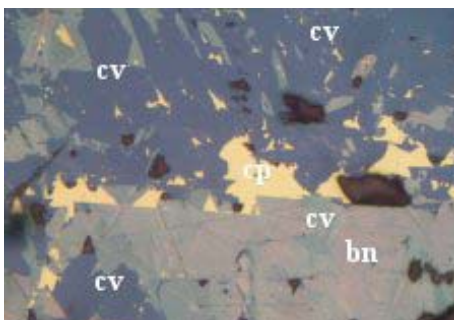


Descripción: Se observa una venilla de enargita(en) entre la luzonita(luz), cuya secuencia paragenética es pirita (py)parcialmente reemplazada por la luzonita y enargita; luego la cristalización de la luzonita que es cortada por la microvenilla de enargita de generación posterior.

Esta fotomicrografía es una guía para mostrar la paragénesis de un Yacimiento.

Localidad: Yauricocha - Lima.

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.

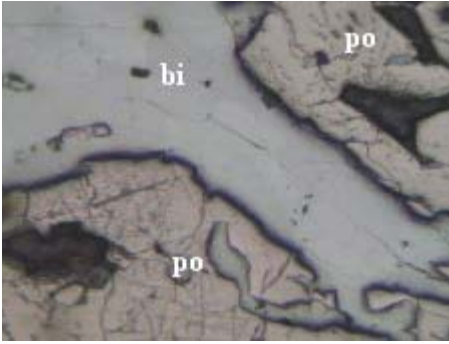


Descripción: Remanentes esqueléticos de calcopiirta (cp) y bornita (bn) alteradas a novelita (cv) correspondiente a la zona de enriquecimiento supergeno de cobre.

Ilustración académica: En esta vista se exhibe el mayor porcentaje de mineral secundario con respecto a los primarios y por tanto se deduce que corresponde a la zona de enriquecimiento supergeno.

Localidad: Yauricocha - Lima.

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.

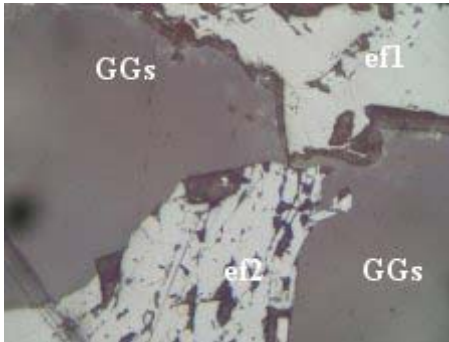


Descripción: Microvenilla de bismutinita (bi) que corta al cristal de pirrotita (po).

Ilustración académica: En esta vista se aprecia a la bismutinita (bi) como etapa de cristalización posterior a la pirrotita (po).

Localidad: Cobriza - Huancavelica

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.

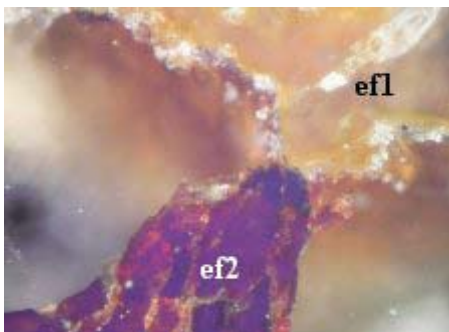


Descripción: Esfalerita rubia (ef1) y esfalerita común (ef2) como relleno de los intersticios de los granoblastos de las gangas (GGs).

Secuencia paragenética: La esfalerita común (ef2) por contener encima de 4% de Fe en su estructura reticular es de primera generación con respecto a la esfalerita rubia(ef1) que contiene menos de 4% de Fe en su estructura reticular, es decir, que el Fe reemplaza a una parte de los iones de zinc.

Localidad: Andaychagua - Junin.

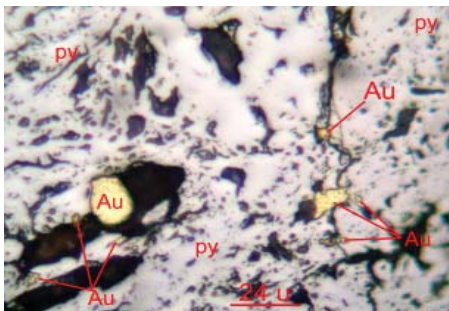
Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: La vista anterior en nicoles cruzados denotando las reflexiones internas de los dos tipos de esfaleritas con lo cual se puede distinguir con mayor precisión el contenido de Fe en ambas esfaleritas.

Localidad: Andaychagua - Junin.

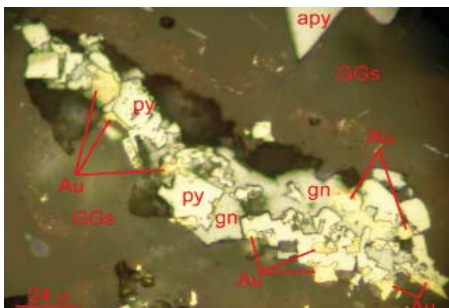
Magnificación: 200X - Nicoles cruzados.



Descripción: Cristales anhedrales de oro (Au) ubicados en las microfracturas y oquedades de la pirita (py).

Localidad: Prospecto SAE.

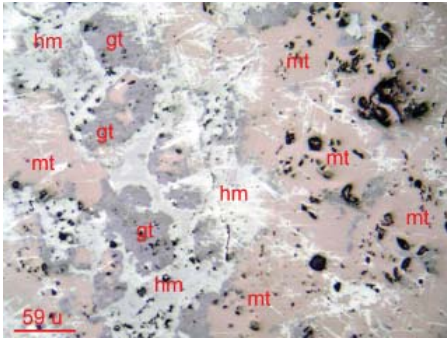
Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Cristales anhedrales de oro (Au) reemplazando a la pirita (py) y a su vez reemplazados por la galena (gn), en conjunto constituyen la microvenilla que atraviesa a las gangas (GGs).

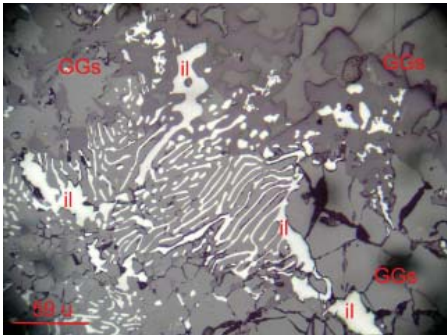
Localidad: Prospecto SAE.

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Remanentes de magnetita (mt) alteradas a hematita (hm) mediante el proceso de martitización, y la hematita (hm) a su vez está alterada goethita (gt).

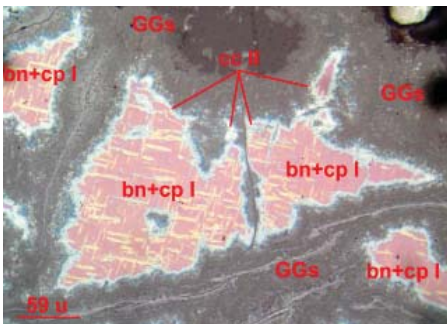
Localidad: Mina Cobriza (Centromín Perú). **Magnificación:** 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Ilmenita (il) en exsolución de tipo mirmequítica con el mineral ferromagnesiano (gangas (GGs)).

Localidad: Área de Chinchao - San Luis - Huánuco.

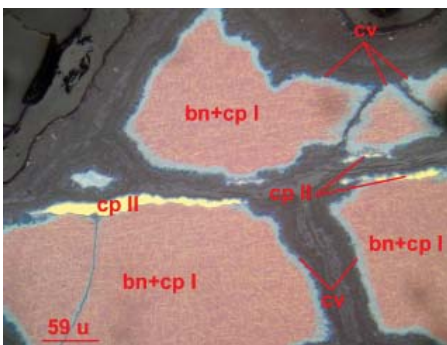
Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Bornita (bn) intercrecida con la calcopirita (cp I) de primera generación, están alteradas a calcosita (cc II) supérgena, las que a su vez están reemplazadas por las gangas (GGs).

Localidad: Proyecto El Cóndor. 200X.

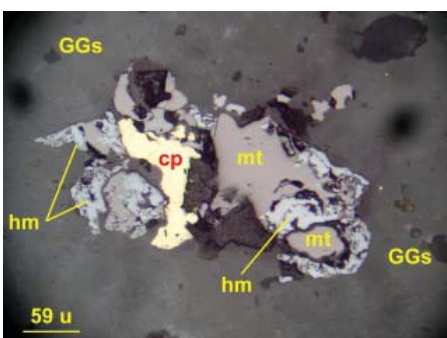
Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Bornita (bn) intercrecida con la calcopirita (cp I) de primera generación, está alterada a covelita (cv) a partir de sus bordes y fracturas, a su vez se observa a la calcopirita (cp II) de segunda generación en el contacto de la bornita (bn) con la ganga (GGs).

Localidad: Proyecto El Cóndor.

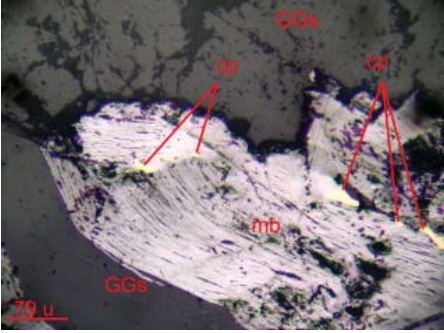
Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Cristales anhedrales de magnetita (mt) alteradas a hematita (hm) está parcialmente reemplazada por la calcopirita (cp) a partir de su microfractura. Todo el conjunto se halla ubicado en la oquedad de la roca y de este modo están diseminados. Observación hecha en nicoles paralelos.

Localidad: Proyecto Toromocho - Centromín Perú.

Magnificación: 200X - Nicoles paralelos.



Descripción: Cristal tabular de molibdenita (mb) en cuyos intersticios se han ubicado algunas calcopiritas (cp), ambas están conformando la microvenilla.

Localidad: Proyecto Cañariaco.

Magnificación: 100X - Nicoses paralelos.

9. CONCLUSIONES

El Atlas Petromineralógico de los Minerales y Rocas del Perú permitirá conocer la mineralogía de la cual esta constituida diferentes yacimientos minerales peruanos. Esta información es muy útil para conocer el tipo de yacimiento y tomar decisiones en exploración, así como también para determinar procedimientos para la mejor recuperación de los minerales en las plantas metalúrgicas.

Asimismo, podrá ser de gran ayuda en la selección de zonas o regiones representativas para la búsqueda de futuros yacimientos.

Nos permitirá conocer la mineralogía, la textura, tipos de rocas de diferentes yacimientos peruanos tales como Proyecto Taruka-Antuyo, Break Creek, Cerro Negro, Toromocho, Cañariaco, mina la Estrella-Huaylillas, Proyecto Chaupi, Prospecto SAE, Sarim Milsa, El cóndor, Mina casapalca, mina yauricocha, mina morococha, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Craig, J. R. and Vaughan, D. J. (1981). *Ore microscopy and ore petrography*. New York, Wiley and Sons.
2. Criddle, A. J. and Stanley, C. J. (1986). *The quantitative data file for one minerals of the comission on ore microscopy of the international mineralogical association (IMA/COM)*. 2nd edition, British Museum (Natural History) London, 477 pp.
3. Edwards, A. B. (1947). *Textures of the ore minerals. melbourne, Australasian Institute of Mining and Metallurgy*.
4. Galopin, R. and Henry, N. (1972). *Microscopic study of opaque minerals*. W. Hefferand Sons Ltda., Cambridge.
5. Oelsner, O. (1966). *Atlas of the most important ore mineral parageneses under the microscope*. Pergamon Press, Oxford, 311 p.
6. Picot, P. and Johan, Z. (1977). *Atlas des minéreaux métalliques*, Mémoires du Bureau de Géologiques et Minières, Elsevier, 90.
7. Ramdohr, P. (1969). *The ore minerals and their intergrowths* (english edition). Oxford, Pergamon Press.
8. Schouten, C. (1962). *Determination tables for ore microscopy*. Amsterdam, Elsevier.
9. Uytenbogaardt, W. and Burke, E. A. J. (1971). *Tables for the microscopic identification of ore minerals*. Amsterdam, Elsevier.

