

Caracterización mineralógica de muestras  
con contenido de bismuto del yacimiento Cobriza

*Mineralogical characterization of samples with bismuth containing  
from reservoir Cobriza*

LOURDES JANET QUIÑONES LAVADO<sup>1</sup>, PEDRO MIGUEL GAGLIUFFI ESPINOZA<sup>2</sup>

- 
- 1 Docente asociada del Departamento Académico de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ingeniera Geóloga con estudios en Maestría en Geología. Ha laborado como Geóloga del Laboratorio de Microscopía de Petróleos del Perú, Laboratorio de Petromineralogía del Centromín Perú y en el CESGA-EAPIG (FIGMMG-UNMSM). Es profesora de los cursos de Microscopía de Minerales Opacos y de Mineralogía Óptica en la EAP de Ingeniería Geológica de la FIGMMG de la UNMSM. E-mail: lquinonesl@unmsm.edu.pe, lourdesjanetq@gmail.com
  - 2 Docente asociado del Departamento Académico de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ingeniero Geólogo con estudios en Maestría en Geología. Ha laborado como Petromineralogista en el Laboratorio de Petromineralogía del Ingemmet, Centromín Perú, CESGA-EAPIG (FIGMMG-UNMSM) y consultor de empresas mineras, geotécnicas y metalúrgicas. Es profesor de los cursos de Mineralogía Óptica y Petrología de la EAP de Ingeniería Geológica de la FIGMMG de la UNMSM. E-mail: pgagliuffie@unmsm.edu.pe, mgagliuffie@gmail.com

## Resumen

La investigación tiene como objetivo la caracterización mineralógica y la determinación del contenido del bismuto o la presencia de minerales de bismuto que están asociados a los minerales de cobre, como ocurren en el yacimiento Cobriza. El método empleado es la microscopía de polarización de luz reflejada.

Como resultado del estudio microscópico, se identificaron minerales metálicos y las relaciones entre ellos, a fin de conocer las fases minerales existentes en el depósito.

El conjunto mineralógico está constituido por calcopirita, pirita, arsenopirita, lollingita, pirrotita, esfalerita, bismuto nativo, bismutinita, tenantita, galena, magnetita, hematita, goetita, marcasita, plata nativa y platas rojas.

Las muestras estudiadas contienen minerales de bismuto, los que se encuentran preferentemente como sulfuros de bismuto (bismutinita) y bismuto nativo. El bismuto nativo generalmente se presenta como granos libres de tamaños menores a 60 micras y se encuentra alterado a bismutinita que presenta tamaños menores de 20 micras.

**Palabras clave:** Cobriza, cobre, bismuto, mineralogía, yacimientos minerales.

## Abstract

The research aims mineralogical characterization and determination of bismuth or the presence of bismuth minerals that are associated with copper ores, as they occur in the Cobriza site. The method is polarization microscopy reflected light.

As a result of microscopic study, metal ores and the relationships between them were identified in order to meet existing mineral phases in the reservoir.

Mineralogical set consists of chalcopyrite, pyrite, arsenopyrite, Löllingite, pyrrhotite, sphalerite, native bismuth, bismuthinite, tennantite, galena, magnetite, hematite, goethite, marcasite, native silver and red silver.

The samples studied minerals containing bismuth, which are preferably as bismuth sulfides (bismuthinite) and Bismuth. The native bismuth generally occurs as free grains of smaller sizes to 60 microns; which is altered to bismuthinite having sizes less than 20 microns.

**Keywords:** Cobriza, copper, bismuth, mineralogy, mineral deposits.

## I. Introducción

Este trabajo de investigación consiste en la caracterización mineralógica de muestras provenientes del yacimiento Cobriza, utilizando un microscopio de luz reflejada, que nos permita la identificación de los minerales que constituyen las muestras en estudio.

Se ha realizado un estudio microscópico detallado de las muestras, teniendo en cuenta el interés geológico y especialmente el mineralógico. En los estudios microscópicos se prioriza la descripción de minerales y su textura. En todos los casos, se ha realizado la caracterización de los minerales constituyentes de las muestras preparadas en secciones pulidas, utilizando un microscopio de polarización de luz reflejada.

Los resultados de nuestro estudio serán de mucha utilidad para la industria minera, metalúrgica y del medio ambiente. Cabe resaltar que este estudio tiene como objetivo la caracterización mineralógica para determinar el contenido del bismuto.

Se muestran los resultados obtenidos como son el contenido mineralógico, textura de la muestra acompañados de las respectivas microfotografías.

### 1.1 Geología del área de estudio

El área de estudio está ubicada en el distrito de San Pedro de Coris, provincia de Churcampa, de-

partamento de Huancavelica, región Huancavelica, Perú. Está determinada por las coordenadas 74 23' de longitud oeste y 12 30' de latitud sur. (Samane, 1980). Ver Figura 1.

El yacimiento Cobriza es un depósito polimetálico estratoligado en rocas carbonatadas del Grupo Tarma (Huamán et al. 1990). El depósito se encuentra en el Grupo Tarma, dentro de una secuencia de calizas de 25 m de potencia, que está limitada en el techo y piso por lutitas y lutitas arenosas. El cuerpo mineralizado consiste en un núcleo de calcopirita, arsenopirita, pirita y pirrotita que está graduando lateral y verticalmente a calcosilicatos, magnetita y baritina con menor cantidad de galena y esfalerita. Dataciones radiométricas indican una edad pérmica temprana de la mineralización y las investigaciones de isótopos de plomo señalan que la fuente de metales fueron rocas antiguas de la corteza (Noble et al. 1995). Cobriza es considerado como un skarn distal de Cu (Petersen, 1965; Valdez, 1983, Noble et al., 1995). Por otra parte, Huamán et al. (1990), basándose en la ausencia de un intrusivo mineralizante y en investigaciones estratigráficas y sedimentológicas, señalan un origen singenético de la mineralización, la cual, según ellos, fue afectada más tarde por eventos metamórficos y tectónicos. Ver Figura 2



Figura 1: Ubicación del yacimiento Cobriza (tomado de <http://www.doerun.com.pe>)

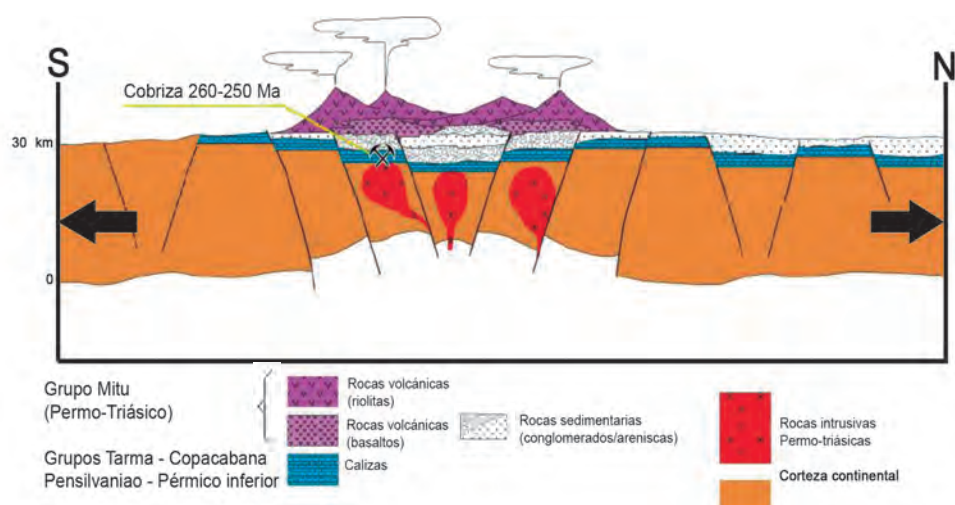


Figura 2: Sección estructural mostrando la paleografía permo-triásica donde se ha desarrollado yacimientos del tipo pórfido y Skarn como cobrizas, relacionados con intrusivos del Pérmico. Tomado de Carlotto et al (2009).

## II. Materiales y métodos

Para la toma de muestras fue necesario determinar los puntos de recolección que van a ser estudiados. La preparación en secciones pulidas se hizo de acuerdo al número de muestras seleccionadas.

Las muestras se han estudiado mediante el método de microscopía de polarización de luz reflejada, para lo cual se prepararon previamente las secciones pulidas, se determinaron las propiedades ópticas de los minerales y se procedió a la identificación usando tablas mineralógicas (Picot 1982), (Uytenbogaardt y Burke 1985). Se caracterizó definiendo el conjunto mineralógico y volumen porcentual. Los resultados de las diferentes muestras se encuentran especificados a continuación.

## III. Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización mineralógica nos precisan que tenemos un contenido mineralógico, en el cual se observa la presencia de minerales de bismuto y bismutinita en las muestras analizadas.

### 3.1 Análisis minerográfico de las muestras

#### 3.1.1 Muestra LM- 2665

##### a. Descripción microscópica

La muestra está constituida por el agregado granular de arsenopirita, pirrotita, calcopiri-

ta, en la que se aprecia el reemplazamiento que ha sufrido la arsenopirita por acción de la pirrotita y calcopirita en grado moderado, notándose estos minerales inclusive como relleno de sus oquedades y microfracturas; en cuanto a la relación existente de calcopirita y pirrotita se menciona que la primera está como relleno de algunas microfracturas y oquedades de la pirrotita; aparentemente se observa pirrotita de los dos sistemas de cristalización: hexagonales y las monoclinicas. Otro mineral observado dentro de esta muestra son los cristales anhedrales de bismuto nativo, los cuales tienen tamaño hasta de 0,210 mm de longitud y están como relleno de algunos intersticios y microfracturas de algunas arsenopiritas, como consecuencia de la alteración del bismuto nativo, se genera la presencia de cristales anhedrales de bismutinita, lo cual acontece dentro de las microfracturas de la arsenopirita; la loellingita, dentro de los minerales minoritarios están como remanentes dentro de la arsenopirita, como evidencia que ha sido reemplazada por la arsenopirita, y también remanentes esqueléticos de pirrotita que han sido reemplazados tanto por la calcopirita como por la pirrotita. Ver Tabla I

Dentro de algunas microfracturas de pirrotita se observa escasa presencia de goethita después de la alteración de la pirrotita. Ver Figuras 3,4, 5 y 6

Tabla1: Distribución Volumétrica Por centual

MINERALES	PORCENTAJES (%)
Arsenopirita	25,0
Calcopirita	0,05
loellingita	5,0
Bismutinita	Trz
Goethita	Trz
Bismuto nativo	0,01
Gangas	69,94
Total	100,00

Fuente: Datos recolectados por los investigadores

b.- Textura: Masiva y de reemplazamiento

c.-Alteración: Incipiente proceso de alteración de bismuto nativo a bismutinita a partir de sus bordes, notándose que esta última exhibe esqueletos del primero con tamaños casi submicroscópicos.

d.- Paragénesis:

1. Loellingita,
2. Arsenopirita
3. Pirita
4. Pirrotita
5. Bismuto nativo
6. Calcopirita
7. Bismutinita
8. Goethita

e.- Observaciones

Macroscópicamente, se observó la presencia de arsenopirita, rodeada por la pirrotita.

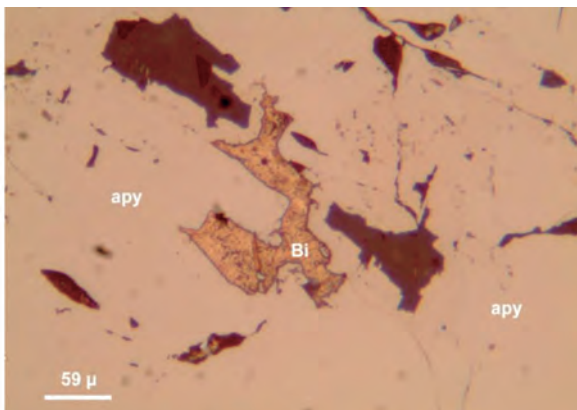


Figura 3: Bismuto nativo (Bi) dentro de algunas oquedades de la arsenopirita (apy). 200X.

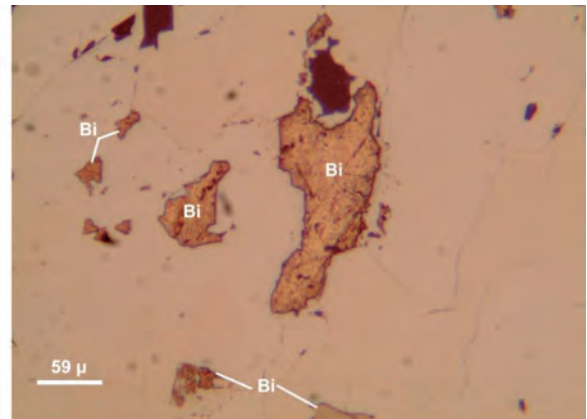


Figura 4: Cristales anhedrales de bismuto nativo (Bi) como relleno de algunas oquedades de la arsenopirita (apy). 200X.

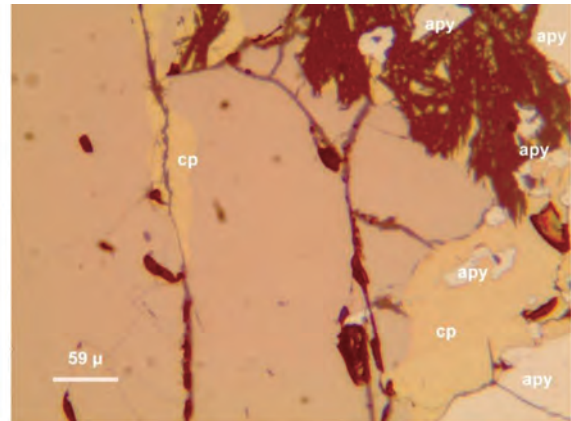


Figura 5: Calcopirita (cp) como relleno de algunas microfracturas de la pirrotita (po) y otra está en el contacto de la pirrotita (po) y de la arsenopirita (apy), a esta última la ha reemplazado fuertemente. 200X.

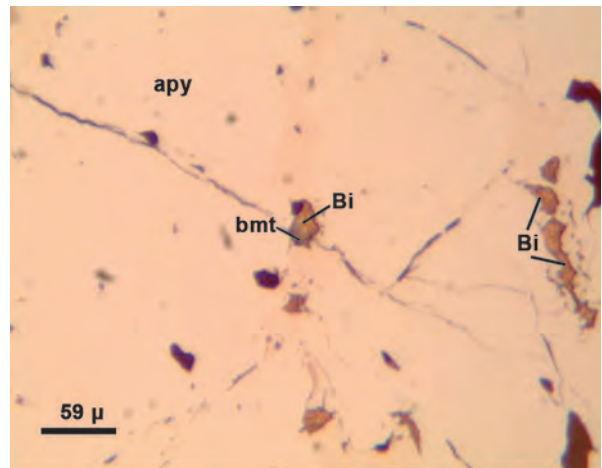


Figura 6: Diminutos cristales de bismuto nativo (Bi) como relleno de algunas oquedades de la arsenopirita (apy), uno de los cristales de bismuto nativo (Bi) por alteración ha dado lugar a la formación de la bismutinita (bm). 200X.



### 3.1.2 Muestra LM-2669

#### a.- Descripción microscópica

Agregados microgranulares de arsenopirita, que están íntimamente asociadas a las loellingitas, a las cuales las ha reemplazado, tienen formas que varían de euhedrales a anhedrales y es el mayor constituyente de la muestra dentro de cuyos intersticios y microfracturas se encuentran ubicadas la galena, pirrotita, calcopirita y tennantita; de estos últimos minerales mencionados la pirrotita y la galena son los integrantes que ocupan porcentajes apreciables, junto con la piritita, además de la arsenopirita; las pirititas con cristales que varían de subhedrales a anhedrales están ubicadas en un sector de la muestra, donde están aglomerados, presentan pleocroísmo y anisotropía anómala y de ese modo han reemplazado parcialmente a las arsenopiritas, pero están reemplazadas por las pirrotitas y galenas; dentro de las microfracturas y oquedades de las arsenopiritas se encuentran diminutos cristales de galena y calcopirita; en algunos sectores se observa cierta transformación de la pirrotita hacia la marcasita sin haber llegado a una presencia total de la marcasita, sino solamente en forma de un paso casi transicional.

La bismutinita se encuentra como producto de alteración del bismuto nativo y está ubicado dentro del intersticio de la ganga. Se presenta en tamaños de hasta 29 micras. En cuanto a la presencia del bismuto nativo, se encuentra ubicado en el contacto de la ganga con la arsenopirita con formas anhedrales, con tamaños de hasta 56 micras. (Ver fig. 7)

Se observa también la presencia de la plata nativa, cuyos cristales están como remanentes esqueléticos dentro de las galenas, donde, en algunos casos, están asociados a las pirrotitas y en otras están en forma individual, pero en ambos casos con dimensiones de apenas escasas micras de longitud.

Dentro de las gangas, en contacto con las arsenopiritas, hay cristales anhedrales de plata nativa, en donde, posiblemente, por alteración, han dado origen a las platas rojas; otra

ocurrencia de la plata roja son las que están dentro de algunos sectores de la galena, en el contacto entre la galena con la calcopirita y en el contacto de la calcopirita con la ganga y con la pirrotita; en el contacto de la ganga con la arsenopirita, está asociada a la galena; sus tamaños son de escasas micras de longitud.

Otros minerales que se observan en esta muestra son las calcopiritas y tennantitas, las cuales están como relleno de algunos intersticios y microfracturas de las gangas, además de estar dentro de los intersticios y microfracturas de las arsenopiritas. Ver Tabla II.

TablaII: distribución Volumétrica Porcentual

MINERALES	PORCENTAJES (%)
Arsenopirita	20,00
Pirita	10,00
Loellingita	5,00
Pirrotita	5,00
Calcopirita	0,50
Tennantita	Trz
Galena	1,00
Bismutinita	0,02
Bismuto nativo	0,01
Plata Nativa	0,01
Plata Roja	Trz
Marcasita	Trz
Gangas	58,46
<b>TOTALES</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Datos recolectados por los investigadores

b.- **Textura:** Relleno de espacios vacíos y de reemplazamiento.

c.- **Paragénesis**

1. Loellingita
2. Arsenopirita
3. Pirita
4. Pirrotita
5. Marcasita
6. Calcopirita
7. Plata nativa
8. Tennantita
9. Plata Roja

#### d.- Observaciones

Las gangas mayormente están constituidas por la siderita, después de haber englobado y reemplazado a los cuarzos. Ver Figura 7

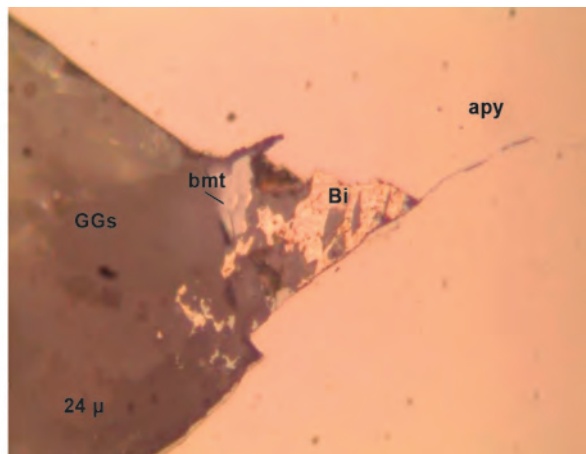


Figura 7: Bismuto nativo (Bi) en el vértice de unión de dos granos de arsenopirita (apy), por alteración ha dado lugar a la formación de la bismutinita (bm), la cual está dentro de laganga (GGs). 500X.

#### 3.1.3. Muestra LM- 2668

##### a.- Descripción microscópica

Los minerales opacos que se observaron en esta muestra son los que a continuación se muestran en la tabla III y se describen sus rasgos micrográficos.

Las loellingitas están como remanentes dentro de la arsenopirita, después de haber sido reemplazadas por estas, se presentan con hábito en forma de lengüetas y patch.

El bismuto con formas anhedrales está ubicado dentro de los intersticios, microfracturas y oquedades de algunas arsenopiritas, con tamaño de hasta 0,050mm de longitud.

La arsenopirita se encuentra en formas que varían de euhedrales a anhedrales, es uno de los constituyentes mineralógicos más abundantes de la muestra y por este motivo, se manifiestan en playas amplias hasta de algunos centímetros de longitud.

La bismutinita se observa en forma de halos alrededor de algunos cristales de bismuto nativo, de los cuales se han originado como

consecuencia de su alteración, presenta forma anhedral y su tamaño es de 0,018mm de longitud. Están ubicadas dentro de las microfracturas e intersticios de las arsenopiritas.

Las calcopiritas se observan en playas amplias y están ubicadas en los intersticios, fracturas y oquedades de las arsenopiritas, gangas y pirrotitas a los cuales los ha reemplazado de grado moderado a fuerte; sus formas son anhedrales y sus longitudes son de hasta algunos centímetros. En algunos sectores se pueden observar sus maclas de tipo hojas de laurel.

La pirrotitas se encuentra junto con las arsenopiritas que predominan en la muestra, presentan formas anhedrales y sus tamaños llegan a ser de hasta algunos centímetros de longitud, han englobado y reemplazado a las arsenopiritas con remanentes de loellingita. Algunos de los cristales de pirrotita que se observan, posiblemente son del sistema monoclinico y otros son del sistema hexagonal.

La esfalerita se observa en cristales dentro de los intersticios de las gangas, por lo que sus formas son anhedrales y sus tamaños llegan hasta 0,048mm de longitud. Ver figuras 8,9 y 10

Tabla III: Distribución Volumétrica Porcentual

MINERALES	PORCENTAJES (%)
Arsenopirita	20,00
Loellingita	10,00
Pirrotita	59,00
Calcopirita	10,00
Gangas	1,00
Bismutinita	Trz
Bismuto	Trz
Esfalerita	Trz
TOTAL	100,00

Fuente: Datos recolectados por los investigadores

##### b. Textura

Relleno de espacios vacíos y de reemplazamiento.

##### c. Paragénesis

Deposición hipógena de los minerales

- 1.- Loellingita
- 2.- Arsenopirita
- 3.- Pirrotita
- 4.- Esfalerita
- 5.- Bismuto nativo
- 6.- Bismutinita
- 7.- Calcopirita

#### d. Observaciones

En algunos sectores de la muestra, las pirrotitas aparentan estar con cierto proceso de alteración que da lugar a la posible presencia de melnicovita.

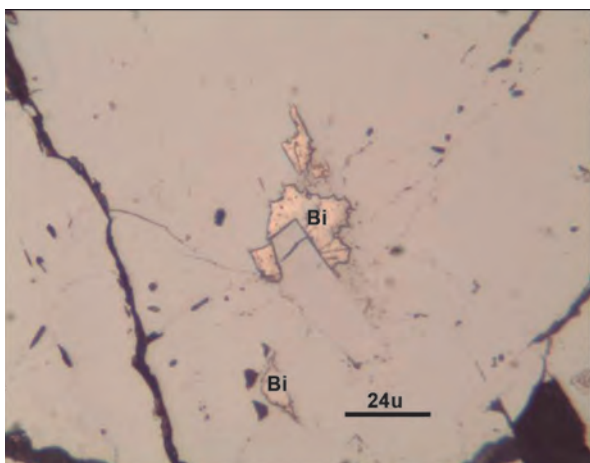


Figura 8: Bismuto nativo (Bi) como relleno de los clivajes de la arsenopirita (apy). 200X

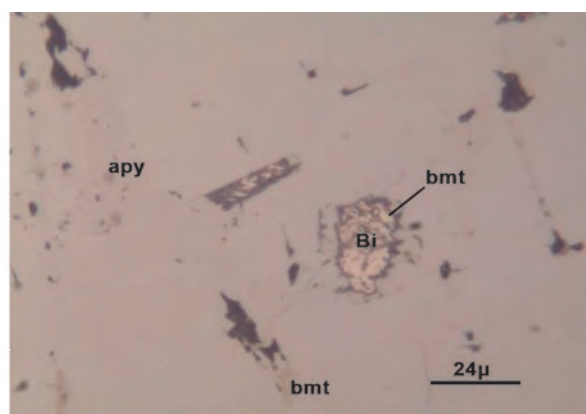


Figura 9: Bismuto nativo (Bi) como relleno de algunas oquedades de la arsenopirita (apy) y a partir de sus fracturas y bordes están alteradas a bismutinita (bmt). 200X

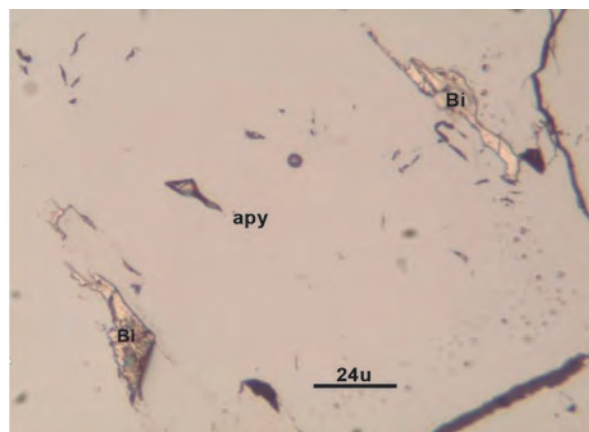


Figura 10: Bismuto nativo como relleno de los clivajes de la arsenopirita. 200X

#### IV. Conclusiones

1. Como resultado de la fase de descripción microscópica, se identificaron minerales metálicos y sus relaciones, así se obtuvo una idea clara acerca de las fases minerales existentes en el depósito. Para cada una de estas fases se describieron sus propiedades ópticas.
2. El conjunto mineralógico está constituido por calcopirita, pirita, arsenopirita, lollingita, pirrotita, esfalerita, bismuto nativo, bismutinita, tenantita, galena, magnetita, hematita, goetita, marcasita, plata nativa y platas rojas.
3. Las muestras estudiadas contienen minerales de bismuto los que se encuentran preferentemente como sulfuros de bismuto (bismutinita) y bismuto nativo. El bismuto nativo generalmente se presenta como granos libres de tamaños menores a 60 micras; el cual se encuentra alterado a bismutinita que presenta tamaños menores de 20 micras.

#### Agradecimientos:

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, al Consejo Superior de Investigaciones por el financiamiento al Proyecto N.º 121601091 del año 2012, al



Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica (IIGEO - FIGMMG) y a la Escuela de Ingeniería Geológica por el apoyo brindado en el uso del Laboratorio de Microscopía Óptica.

#### **Referencias bibliográficas**

- Carlotto V., et al. 2009. Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. 14-16
- Noble Donald C., et al. 1995. The Cobriza Copper Skarn Deposit, Central Perú: Permian Age, Radiogenic lead Isotope Composition and Association with Two Mica Granite. Bol. Soc. Geológica del Perú. Vol. Jubilar Alberto Benavides. 239-242
- Huamán, M.A., et al. 1990. Manto Cobriza: Mineralización Estrato ligada y Estratiforme en los Sedimentos del Grupo Tarma. Bol. Soc. Geológica del Perú. Vol. 79. 23-32
- Picot P. and Z. Johan 1982. Atlas of ore minerals. B.R.G.M. Elsevier.
- Samamé Boggio Mario 1980. El Perú Minero Tomo IV Yacimientos. Vol. 1. Lima.
- Steinmüller Klaus 1999. Depósitos metálicos en el Perú. Su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente.
- Uytendogaardt W. y Burke E. A. J. 1985 Tables for microscopic identification of ore minerals, Courier Dover Publications.
- Valdez C.M. 1983. Alteración y Mineralización Hidrotermal del Manto Cobriza-Mina Cobriza. Bol. Soc. Geológica del Perú. N.º 72. 111-126.