



Geología y Alcances Generales del Yacimiento Minero de Antamina, Perú

Ebert Cueva, Josvel A. Mostacero, Julio C. Aguilar

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Resumen

El yacimiento minero de Antamina es el más importante en producción de cobre actualmente en el Perú y uno de los 10 más grandes del mundo. Este está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash. Su historia se remonta a finales del siglo XIX en donde se dio a conocer en las obras de Antonio Raimondi; hoy en día el yacimiento es propiedad de cuatro corporaciones BHP Billiton (33.75%), Glencore (33.75%), Teck (22.5%) y Mitsubishi (10%). Con respecto a su geología, regionalmente se encuentra emplazado desde el Jurásico medio con la Formación Oyotún hasta el Cretácico Superior con la Formación Celendín y ubicándose metalogénicamente en la cordillera occidental; su geología local está determinada por la litología perteneciente a la Formación Jumasha y a la Formación Celendín y en su marco estructural está afectada por fallas transversales al sistema andino. El yacimiento se caracteriza por la intrusión ígnea de un pórfido cuarzo-monzonítico en rocas calcáreas dando así la formación de un depósito tipo Skarn, y que de acuerdo a su alteración ha producido las rocas con el mismo nombre (skarns) que están ligados con diferentes tipos de granates y otros minerales como la wollastonita y el diópsido los cuales influyen en la distinción de dominios del depósito, además la zonación está dada de tres formas según la proximidad al intrusivo así se tiene el endoskarn, el skarn intermedio y el exoskarn. La mineralización está asociada a los minerales granates que contienen las rocas skarn y a algunos sulfuros como la calcopirita, bornita, esfalerita y molibdenita dando resultado en la producción principalmente de Cu y en menor medida Zn, Ag, Mo. Con respecto a la vida útil de la mina, esta se ha estimado hasta el 2029 teniendo un total 745 millones de toneladas reservas métricas y un total de 1 934 millones de toneladas de recursos.

Abstract

The mining site of Antamina is the most important copper production currently in Peru and one of the 10 largest in the world. This is located in the district of San Marcos, province of Huari in the Region Ancash. Its history dates back to the late nineteenth century where it was made known in the works of Antonio Raimondi, today the site is owned by four corporations BHP Billiton (33.75%), Glencore (33.75%), Teck (22.5%), and Mitsubishi (10%). With respect to its Geology, regionally it is located from the middle Jurassic with the Formation Oyotún until the Upper Cretácico with the Formation Celendín and being located metalogénicamente in the western mountain range; Its local geology is determined by the lithology belonging to the Jumasha Formation and the Celendín Formation and in its structural framework it is affected by transverse faults to the Andean system. The deposit is characterized by the igneous intrusion of a quartz-monzonitic porphyry in calcareous rocks thus giving the formation of a deposit Skarn type, and that according to its alteration it has been produced the rocks with the same name (skarns) that are linked to Different types of garnets and other minerals such as wollastonite and diopside which influence in the distinction of domains of the deposit, besides the zonation is given of three forms according to the proximity to the intrusive so it has the endoskarn, intermediate skarn and the exoskarn. Mineralization is associated with the garnet ores containing skarn rocks and some sulphides such as chalcopyrite, bornite, sphalerite and molybdenite; resulting in the production mainly of Cu and to a lesser extent Zn, Ag, Mo. With regard to the useful life of the mine, this has been estimated until 2029 having a total 745 million metric tons metric reserves and a total of 1,934 Million tonnes of resources.

Introducción

En geología un yacimiento minero es una formación en la que existe una concentración estadísticamente anómala de minerales presentes en la corteza terrestre o litosfera, aquí la calidad y cantidad de los minerales presentes justifica un mayor estudio, el cual tiene por objetivo definir en cantidad, calidad, profundidad y la dimensión de dicho yacimiento con el fin de desarrollar las actividades mineras para que su explotación sea económicamente rentable con las tecnologías actuales. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los elementos químicos naturales, incluso

los menos abundantes, se encuentran en la corteza en cantidades considerables, sin embargo, para que sean extraíbles se necesitan concentraciones que sólo aparezcan de manera excepcional, además de unas adecuadas condiciones de accesibilidad.

Así se tiene el caso de Antamina, el cual es el yacimiento minero de cobre y zinc más importante del Perú, y es una de las 10 minas más grandes del mundo en términos de volumen de producción. Este yacimiento está ubicado en la provincia de Huari en la región de Ancash, y se ha formado por

Tipo de Yacimiento

Los intrusivos de Antamina datan de la deformación Quechua II del Mioceno medio que en su contacto con rocas calizas de las Formaciones Jumasha y Celendín han dado un yacimiento tipo Skarn. Su emplazamiento fue probablemente controlado por la reactivación de estructuras más antiguas, estando estas localizadas en parte de la inflexión del cinturón regional del Marañón. El núcleo de Antamina es un pórfido cuarzo-monzonítico, dónde hacia el contacto con el intrusivo (endoskarn) existe una zona de mayor concentración de Cu, y para lo zona más distal (exoskarn) la existencia de una zona más rica Zn-Ag y en menor medida Cu.

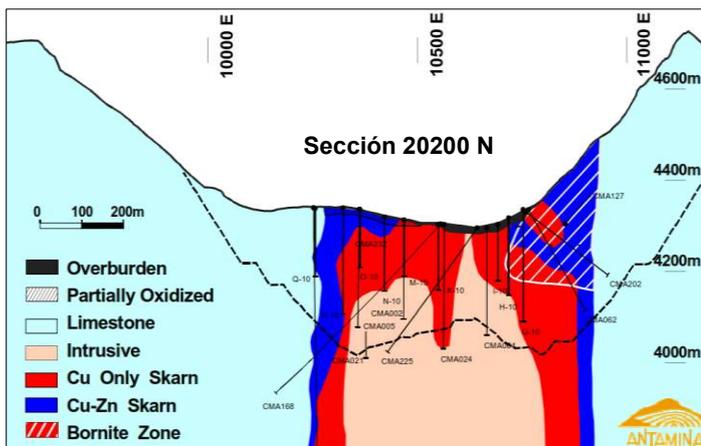


Fig. 4. Perfil geológico mostrando la intrusión cuarzo-monzonítica en las rocas carbonatadas.

Zonación y Alteración

La zonación general del Skarn se rige desde el núcleo intrusivo hacia fuera: En donde en el endoskarn están presentes el granate marrón o café y rosa, pero para el exoskarn el granate de color verde a marrón son los más abundantes y acompañados de una gran presencia de diópsido, wollastonita, hornfeles, mármol y en última instancia la roca caliza que no ha sido alterada. Además la brecha heterolítica compuesta de todos los tipos Skarn puede ocurrir en cualquier tipo de litología.

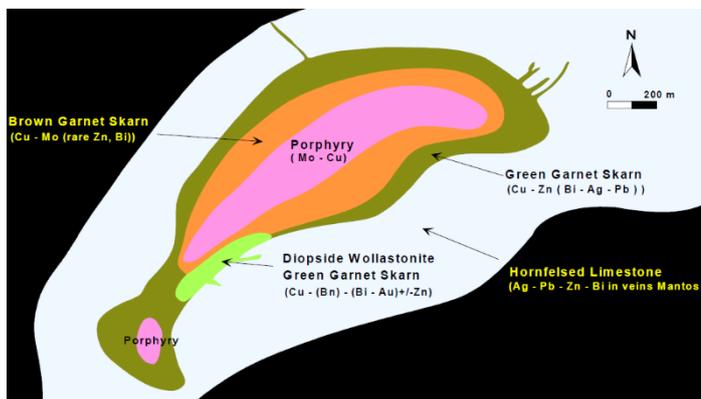


Fig. 5. Vista en planta de la zonación producido por el pórfido en donde se diferencian los skarn ricos en granates marrones y skarns ricos en granates verdes siendo estos más distales.

La mayor parte del Skarn es de tipo exoskarn, dominado por granates masivos. El halo de alteración del Skarn se divide en zonas concéntricamente desde granates marrones, a granates verdes, luego la roca caliza alterada (Skarn en sí) con zonas de wollastonita y diópsido.

Endoskarn

Es reconocido por granates pseudomorfo al del pórfido, y por la presencia de reliquias de este. Dos tipos endoskarn se reconocen en el yacimiento de Antamina: *Skarns con granates de color rosa de grano grueso*, compuesto de una matriz de plagioclasa de color blanco lechoso, que contrasta con la matriz de color gris pálido a translúcido similar al pórfido inalterado; y *Skarns con granates de color rosa oscuro de grano fino*, comúnmente alojados en brechas que constituyen muchos de los cuerpos que cortan la roca intrusiva.

Skarn Intermedio

Este tipo Skarn es la transición del endoskarn y el exoskarn, donde la generación de Skarn ha sido intensa y que comúnmente son de color marrón, de grano medio y de textura granular.

Exoskarn

En esta parte se reconocen dos colores de granates que contiene el exoskarn: *Granates café o marrones* los cuales están en menor proporción, aparentemente forman la zona más interna de exoskarn haciendo una especie de anillo con el endoskarn; y *los granates verdes* que constituye la mayor parte del depósito, que se producen junto a mármol o hornfels, estos se han formado por dos caminos de reacción diferentes uno a través de Skarn rico en wollastonita y el otro por reemplazamiento directo de calcita. Cabe resaltar que ambos granates son masivos, predominantemente compuestos por grosularia entre 0% y 28% y Andradita 72% a 100%. Además en el exoskarn existen tres minerales dominantes así se tiene la *magnetita* la cual es relativamente temprana, y se corta por venillas de calcopirita; la *wollastonita* produciéndose en mayor medida en la parte SE del depósito; y el *Diópsido* que forma el exoskarn más exterior, y se encuentra predominantemente en los flancos norte y este del depósito.

Los Hornfels también están presentes, estos son rocas de grano muy fino y están en los márgenes del depósito producto del metamorfismo térmico; las brechas comúnmente están en el contacto intrusivo – endoskarn y se distinguen un tipo de

brechas muy dominante llamadas brechas heterolíticas caracterizadas por poseer componentes de todas las rocas que cortan.

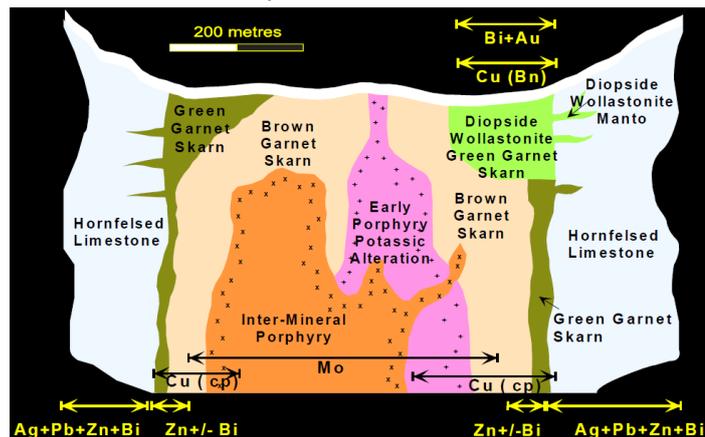


Fig. 6. Sección geológica que muestra las alteraciones que ha producido en pórfido.

Un actuante preponderante para la formación del depósito como yacimiento económico, ha sido la alteración retrógrada actuando en mayor parte en el endoskarn y caracterizándose por poseer minerales como clorita, epidota, actinolita, cuarzo, calcita, sericita y arcilla.

Mineralización

En la mineralización más del 90% de la Skarn está mineralizado con cantidades significativas de Cu y con cantidades menores de Zn, Ag y Mo. Aquí el Cu está asociado con granates rojo-marrón en el endoskarn y los promedios de zinc oscilan alrededor 2% en la zona exterior dominada por granates verdes. Con respecto a la mineralización de sulfuros (calcopirita, pirita, bornita, esfalerita, galena y molibdenita) estos están presente en tres formas: *intersticiales a los cristales de granate*, en *zonas de sulfuros masivos*, que son irregulares en forma y tamaño, que van desde unos pocos centímetros hasta 10 m de espesor y por último en *venillas transversales*; esta mineralización se ha depositado en dos etapas principales, la primera es la *etapa prógrada*, en donde los minerales de sulfuro van acompañados por calcita como adiciones menores; y la segunda es la etapa retrógrada en donde los sulfuros dominantes de pirita y calcopirita han sido componente importante para mineralización.

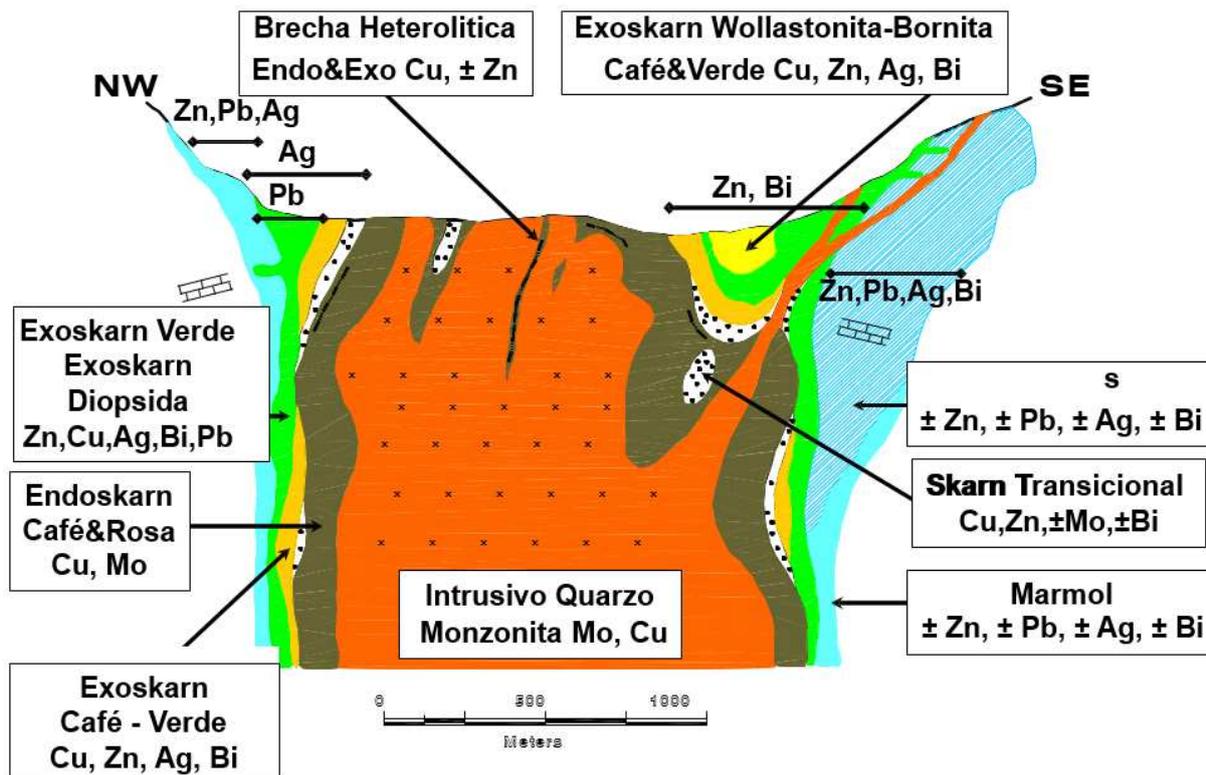


Fig. 7. Sección geológica que muestra los elementos químicos rentables asociados con el tipo de skarn según el color de los granates presentes.

Las asociaciones minerales principales en el yacimiento son:

- Calcopirita, está se formó en estadios tempranos de mineralización, y se distribuye en todo el endoskarn y exoskarn y que esta como la zona principal rica en cobre, coincidiendo con el granate marrón proximal.

- Bornita, la cual está restringido principalmente al Skarn rico en wollastonita y localmente en las secciones exteriores adyacentes del Skarn rico en granates verdes.
- Esfalerita, asociados a los granates y piroxenos típico de los Skarns ricos en Zn ubicados en las partes más distales de la intrusión.

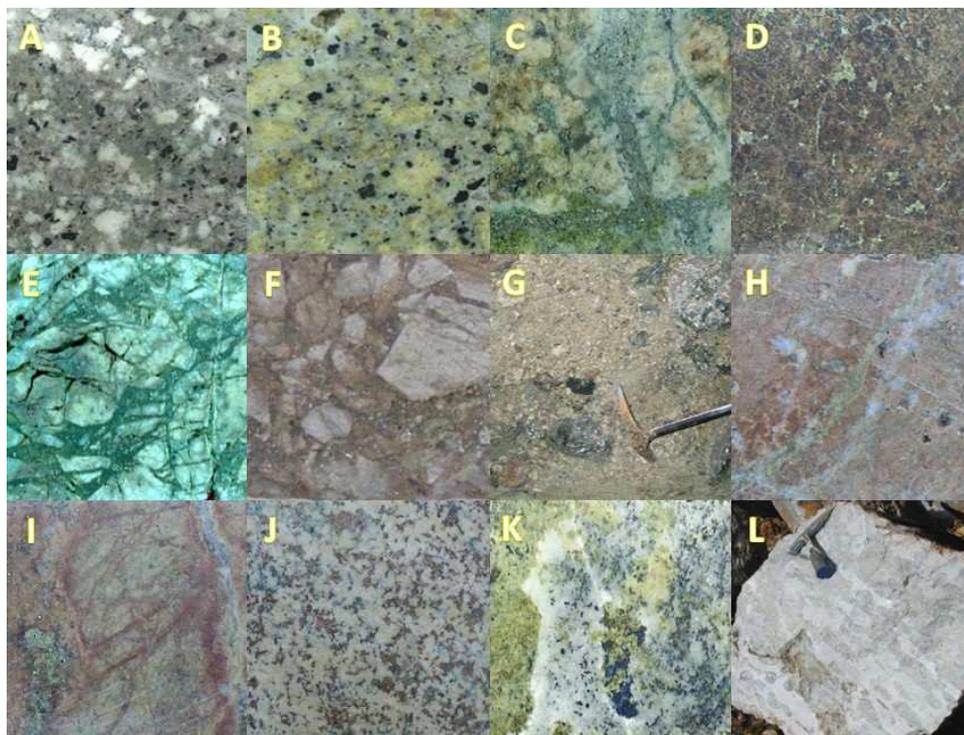


Fig. 8. Rocas y alteraciones presentes en el yacimiento de Antamina. A) Pórfido Cuarzo-Monzonita, con abundante plagioclasas. B) Pórfido Cuarzo-Monzonita con leve alteración sericítica. C) Endoskarn rosa con parches de epidota. D) Endoskarn café con calcopirita intersticial. E) Brecha crackle con venillas cuarzosas y matriz de clorita, arcilla y pirita. F) Brecha Mosaico con clastos de plagioclasa. G) Brecha heterolítica mineralizada con altas leyes de Cu. H) Skarn transicional con granates marrones. I) Exoskarn mixto café – verde, con pátinas de pirita y calcopirita. J) Exoskarn verde de grano medio con esfalerita intersticial. K) Exoskarn abundante en wollastonita-bornita. L) Hornfels con abundante presencia de diópsido.

Recursos y Reservas

En este año se ha estimado 745 millones de toneladas reservas métricas y un total de 1 934 millones de toneladas recursos desde el 2013, dándole una vida útil estimada hasta el 2029.

	Mtonnes	Cu (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Mo (%)
Reservas Probadas	147	1.00	0.69	10.4	0.025
Reservas Probables	675	0.92	0.65	10.4	0.021
Total Reservas Minerales	822	0.93	0.66	10.4	0.022
Recursos medidos e indicados	404	0.86	0.49	9.6	0.021
Recursos inferidos	708	0.73	0.42	9.3	0.014
Total Recursos minerales	1,934	0.84	0.53	9.8	0.019

Fig. 9. Reservas y Recursos estimados del Yacimiento en el año 2013.

Conclusiones

Actualmente Antamina es el principal productor de cobre en el Perú con una producción 1 300 000 TMF en promedio por año. Con respecto a su geología regionalmente está entre rocas del Jurásico medio al Cretácico superior, y su geología local está dada en rocas carbonatadas de la Formaciones Jumasha y Celendín las cuales han sufrido la intrusión de un pórfido cuarzo-monzonita que ha dado producto un

yacimiento tipo Skarn, cabe resaltar el control estructural de la zona el cual está dado por sistemas de fallas producto de la deformación en la fase Quechua II. La alteración que se ha dado ha sido la formación de Skarns como consecuencia de la intrusión, enriqueciéndolo en Cu el cual abunda en la calcopirita y bornita conjuntamente con los granates presentes en el Skarn; además también se presentan otros elementos como el Zn, Ag y Mo en algunos sulfuros y en los Skarn.

Referencias

- Departamento de Geología de Antamina., 2006, Geología de Antamina: Compañía Minera Antamina S.A.
- Lipten, E., y Smith, S., 2005, The geology of the Antamina copper – zinc deposit, Perú, South America: PGC Publishing, Adelaide, v. 1, p. 189 – 204.
- Love, D., Clark, A., y Glover, K., 2004, The Antamina deposit, Ancash, Perú; The stratigraphic and structural setting of a giant copper-zinc Skarn: Society of Economic Geology, v. 99, p. 887 – 916.
- Redwood, D., 1999, The geology of the Antamina copper – zinc Skarn deposit, Perú: The Gangue, Geological Association of Canada Mineral Deposits Division Newsletter, Issue 60, p. 1 – 7.
- Redwood, D., 2004, Geology and development history of the Antamina Copper – Zinc Skarn Deposit, Perú: Society of Economic Geology, v. 11, p. 259 – 277.
- Sillitoe, R., Perelló, J., y Vidal, C., 2004, Andean Metallogeny; New discoveries, concepts, and updates: Society of Economic Geology, Special Publication, N° 11.