



Múltiples sistemas hidrotermales en el proyecto Antakori Cu-Au-Ag: relaciones temporales y evidencias de un sistema pórfido

David G. Portocarrero¹, Erika J. Dávila, Kevin B. Heather, Hubert B. Gamarra, Stewart D. Redwood

¹Regulus Resources Inc., Ave. Jorge Chavez No. 184, Oficina No. 1001, Lima, Perú
(david.portocarrero@regulusresources.com)

Resumen

El proyecto Antakori (Regulus Resources Inc.) está ubicado a 50 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca y es parte del conjunto (clúster) de depósitos de Cu-Au-Ag del Mioceno del norte del Perú. La mineralización en el proyecto Antakori es el resultado de diferentes sistemas hidrotermales sobreimpuestos: 1) un sistema tipo *skarn* cálcico de Cu-Au-Ag desarrollado en las secuencias sedimentarias cretácicas asociado a cuerpos de sulfuros masivos de reemplazamiento, 2) un sistema tipo pórfido asociado a diques de pórfido de feldespato-biotita-(cuarzo) y brechas débilmente mineralizadas con Cu-Au-Ag-(Mo), 3) un segundo sistema pórfido asociado a una alteración sericita-illita-clorita (SCC) con importante mineralización de Cu-Au-Ag-(Mo), 4) un sistema epitermal de alta sulfuración con Cu-Au-Ag-As-Sb desarrollado en rocas volcánicas e intrusiones subvolcánicas del Mioceno con estructuras mayores de enargita-pirita y 5) un último sistema epitermal de intermedia sulfuración con mineralización tipo Carbonate Base Metal de Au-Ag-Pb-Zn-Cu asociado a diques y *stocks* riolíticos.

Abstract

The Antakori project (Regulus Resources Inc.) is located 50 km northwest of the city of Cajamarca and is part of the Miocene cluster of Cu-Au-Ag deposits of northern Peru. The mineralization in Antakori is the result of several different hydrothermal systems that overprints each other: 1) a Cu-Au-Ag calcic skarn developed in Cretaceous sedimentary rocks associated with massive replacement sulphide bodies, 2) a weakly mineralized porphyry Cu-Au-Ag-(Mo) system associated with several feldspar-biotite porphyry dikes and breccias, 3) a second porphyry system associated with sericite-clay(illite)-chlorite alteration (SCC) with significant mineralization of Cu-Au-Ag-(Mo), 4) a high sulphidation epithermal system with Cu-Au-Ag-As-Sb developed in Miocene volcanic rocks and subvolcanic intrusions with major enargite-pyrite structures and finally 5) an epithermal intermediate sulphidation system with "Carbonate Base Metal" mineralization of Au-Ag-Pb-Zn-Cu associated with rhyolitic dikes and stocks.

1. Introducción

El proyecto Antakori se encuentra ubicado a 600 km al norte de Lima y 50 km al noroeste de Cajamarca, dentro del distrito minero de Hualgayoc, región de Cajamarca, norte del Perú; y forma parte del conjunto (clúster) de depósitos de Cu-Au-Ag del Mioceno como Yanacocha (32 km al sureste de Antakori), Cerro Corona (7 km al este de Antakori), Tantahuatay (adyacente a Antakori), La Zanja, Sipán, Shahuindo, entre otros.

2. Historia

En el distrito de Sinchao se extrajo plata y cobre desde tiempos precolombinos. De 1920 - 1970 se realizó minería a pequeña escala con extracción de cobre y plata. A partir de 1995 hasta 2012, varias compañías desarrollaron trabajos de exploración con muestreo de trincheras, geoquímica, geofísica, perforaciones de aire reverso y perforaciones diamantinas, sumando un total de 17,950.81 metros con valores importantes de Cu-Au-Ag-Zn-Pb.

En el 2012 Southern Legacy Minerals (SLM) adquirió el proyecto Antakori y completó un recurso inferido de 295 Mt con 0.36 g/t de Au, 0.48 % de Cu y 10.2 g/t de Ag, según el NI 43-101 (Wilson, 2012), usando un *Cut-off* de 0.2% de Cu para operaciones a tajo abierto y 0.5% de Cu para operaciones subterráneas.

En octubre del 2014, Southern Legacy Minerals fue adquirida por Regulus Resources Inc. e inició un programa de perforación diamantina en el

2017, totalizando en diciembre del 2018 25,101.97 metros en 30 pozos, logrando nuevos recursos inferidos, según el NI 43-101 a publicarse en el primer trimestre del 2019.

3. Geología del depósito

La geología del proyecto Antakori consiste en un basamento cretácico con secuencias de areniscas, arcosas, limolitas, margas y calizas pertenecientes a las formaciones Farrat, Inca y Chulec. Este basamento de rocas cretácicas son intruídas por diques y/o *stocks* porfíricos (aún no muy bien reconocidos) generando halos de metamorfismo termal con cuarcitas, hornfels y mármoles, que posteriormente son afectados por fluidos hidrotermales generando alteración tipo *skarn*, tanto en los diques porfíricos (endoskarn) como en las secuencias sedimentarias (exoskarn).

La fase prógrada consiste principalmente en granates y piroxenos, con cantidades menores de vesuvianita, y se encuentra fuertemente afectada por la fase retrógrada con epidota, clorita y calcita; asociada a mineralización de Cu-Au-Ag en forma de diseminaciones, vetillas y cuerpos de sulfuros masivos.

La estratigrafía cretácica es cortada por numerosos diques porfíricos de feldespato-biotita-(cuarzo) y cuerpos de brechas que se superponen al *skarn* formado previamente (Brechas 1 y 2; *Figura 1*). Una intensa alteración de ensamble cuarzo-sericita-pirita-(turmalina) se desarrolla en los diques y la roca caja, dejando relictos de alteración propilítica y potásica. Los

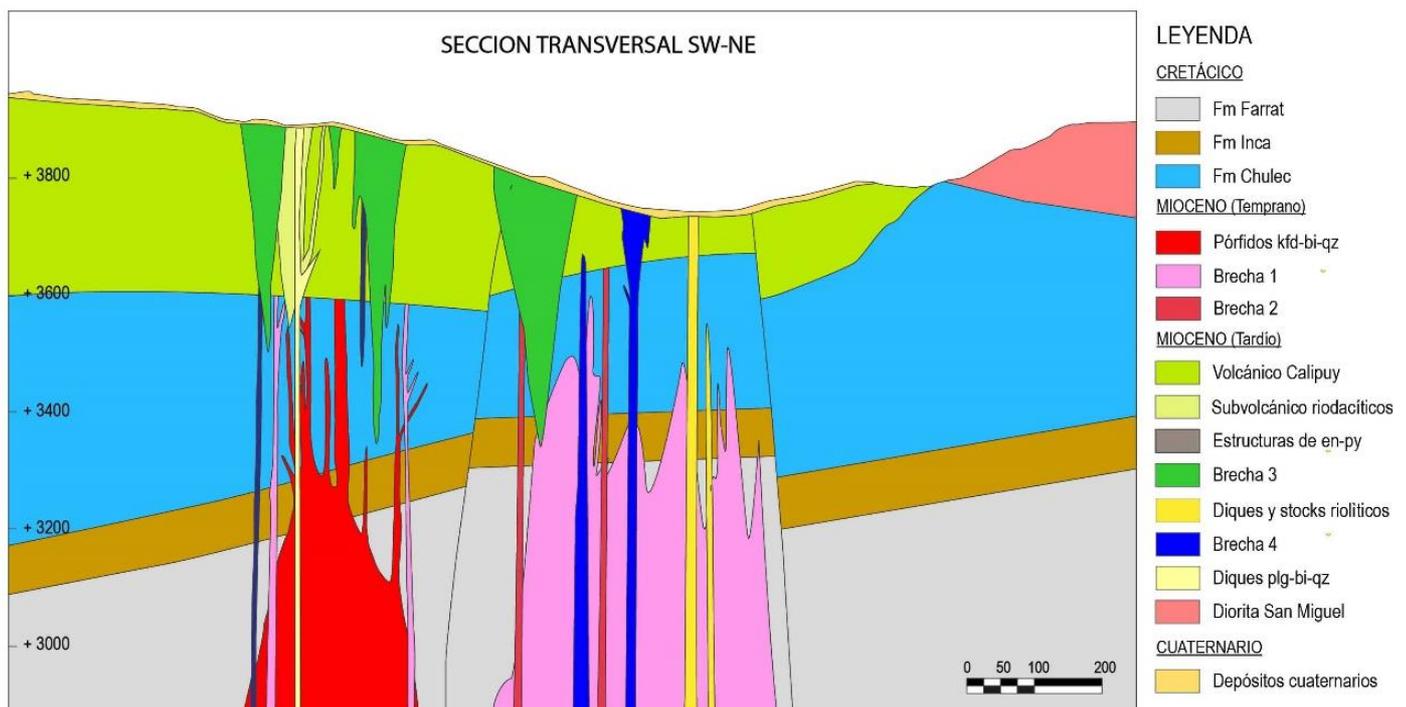


Figura 1. Sección geológica SW-NE del proyecto Antakori.

diques además poseen mineralización débil de Cu-Au-Ag-(Mo) en forma de diseminaciones de pirita-calcopirita-(bornita) y vetillas tipo "B" y "D". Tanto las brechas como los diques de feldespato-biotita-(cuarzo) son afectados por una intensa alteración sericita-illita-clorita (SCC de Sillitoe, 2010) con importante mineralización de Cu-Au-Ag-(Mo) en forma de diseminaciones, vetillas y cemento de brechas.

Las secuencias sedimentarias cretácicas son sobreyacidas en forma discordante por rocas volcánicas piroclásticas del Mioceno Medio provenientes del centro volcánico Tantahuatay, y es intruído por cuerpos sub-volcánicos andesíticos. Estas rocas presentan mineralización de Cu-Au-Ag en forma de diseminaciones, vetillas y estructuras mayores de enargita-pirita, asociada a una fuerte alteración argílica avanzada con pirofilita-alunita-kaolinita. Diferentes cuerpos de brechas freáticas (Brechas 3; *Figura 1*) de matriz de la roca molida cortan toda la geología anteriormente descrita.

Diques y *stocks* riolíticos intruyen las secuencias cretácicas y rocas volcánicas, extendiéndose en forma de domos en las partes más superficiales, con mineralización de Au-Ag-Zn-Pb-Cu en forma de vetillas y diseminaciones, asociada a alteración argílica intermedia de diferentes intensidades con procesos de brechamiento intra-mineral (Brecha 4; *Figura 1*).

Diques estériles de riodacita cortan toda la geología y representan el último evento magmático en el sistema Antakori.

4. Sistemas hidrotermales

4.1. Sistema ANK-01: skarn de Cu-Au-Ag

El primer sistema es un *skarn* cálcico de Cu-Au-Ag ampliamente desarrollado en los horizontes calcáreos de las formaciones Inca y Chulec. La fase prógrada presenta granates café en las partes proximales y granates verde-amarillo junto con vesuvianita cerca al contacto con el mármol. Diques de pórfido de feldespato-hornblenda (<5 m. de ancho) con desarrollo de endoskarn prógrado cortan a la secuencia sedimentaria, y se interpretan como manifestaciones de un pórfido generador aún no interceptado. La fase retrógrada se desarrolla ampliamente con epidota, clorita y calcita en forma pervasiva y reemplazamiento selectivo. La mineralización de Cu-Au-Ag se encuentra asociada con la alteración retrógrada y se presenta en forma diseminada, vetillas y cuerpos masivos de pirita-magnetita-calcopirita; mientras que la fase prógrada presenta trazas de pirita-calcopirita.

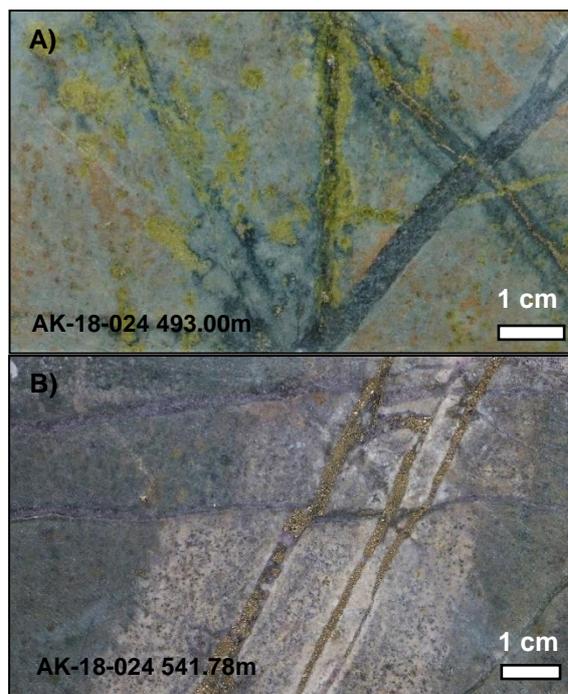


Figura 2. A) Exoskarn en la Formación Chulec del sistema ANK-01 con granates café de la fase prógrada, reemplazada por clorita-epidota de la fase retrógrada; ambas cortadas por venillas de anhidrita violácea del sistema ANK-02. B) pórfido de feldespato-biotita del sistema ANK-02 con alteración propilítica cortada por venillas de anhidrita violácea, y ambas cortadas por venillas de pirita-anhidrita con halo sericítico.

4.2. Sistema ANK-02: pórfido de Cu-Au

Diques porfiríticos de feldespato-biotita-(cuarzo) se emplazan en el *skarn* del sistema ANK-01 y un cambio abrupto de minerales de alteración y ausencia de calcosilicatos evidencian su diferente temporalidad, constituyendo la fuente del sistema hidrotermal ANK-02. En la fase temprana del sistema ANK-02 se desarrolla alteración potásica caracterizada por un intenso vetilleo de anhidrita violácea con trazas de pirita-calcopirita-magnetita-molibdenita. Una fuerte sobreimposición de alteración filica pervasiva con sericita-cuarzo-pirita-(turmalina) se desarrolla durante la fase retrógrada del sistema pórfido ANK-02 y halos de vetillas tipo "D" que cortan a las vetillas de anhidrita, dejando solo algunos vestigios de alteración potásica (*Figura 2B*). Debido a los valores bajos tanto en la fase prógrada y como en la retrógrada del sistema ANK-02, se le considera un sistema débilmente mineralizado. El sistema culmina con procesos de brechamiento que cortan a toda la secuencia sedimentaria cretácica.

4.3. Sistema ANK-03: pórfido de Cu-Au

Recientemente se ha identificado una alteración sericita-illita-clorita (SCC) que afecta a la brecha del sistema ANK-02 (*Figura 3*). Esta alteración

corresponde al sistema hidrotermal ANK-03, relacionada a una importante mineralización de Cu-Au-Ag-(Mo) con pirita-calcopirita-bornita-molibdenita en forma diseminada, vetillas y cemento de brechas. La alteración potásica y pórfidos precursores de este sistema aún son desconocidos.

Una superficie de erosión con presencia de óxidos de hierro (hematita-jarosita), arcillas de origen supérgeno (montmorillonita-kaolinita) e hidratación-lixiviación de anhidrita se desarrolla sobre los sistemas ANK-01, ANK-02 y ANK-03. Esta superficie de erosión constituye un indicador temporal y es referida como paleoregolito en el proyecto Antakori.

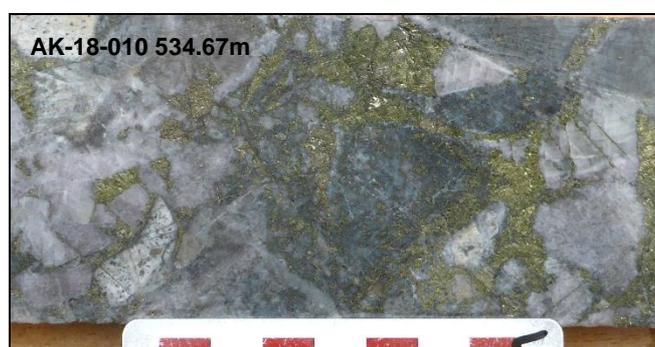


Figura 3. Alteración SCC del sistema ANK-03 con pirita-calcopirita-anhidrita como cemento de brecha.

4.4. Sistema ANK-04: epitermal de alta sulfuración Cu-Au-Ag-As-Sb

Un sistema epitermal de alta sulfuración ANK-04 se desarrolló durante el Mioceno Medio posterior a la formación del paleoregolito y depositación subsecuente de las rocas volcánicas piroclásticas del Calipuy. Este sistema se encuentra asociado a diques y *stocks* andesíticos, con mineralización de Au-Cu-Ag e introducción de cantidades importantes de As-Sb, distinguiéndose de los tres sistemas hidrotermales anteriores. De manera general se tiene el ensamble pirita-enargita-(calcosita)-(covelita), aunque en algunos sectores se depositan minerales de intermedia sulfuración como calcopirita-tenantita-esfalerita-galena, producto de fluctuaciones en el estado de sulfuración del fluido hidrotermal.

Si bien el sistema se desarrolla mejor en el paquete volcánico, se tiene alteración argílica avanzada y vetillas de enargita-pirita-tenantita a profundidad cortando a los sistemas hidrotermales anteriores (Figura 4B).

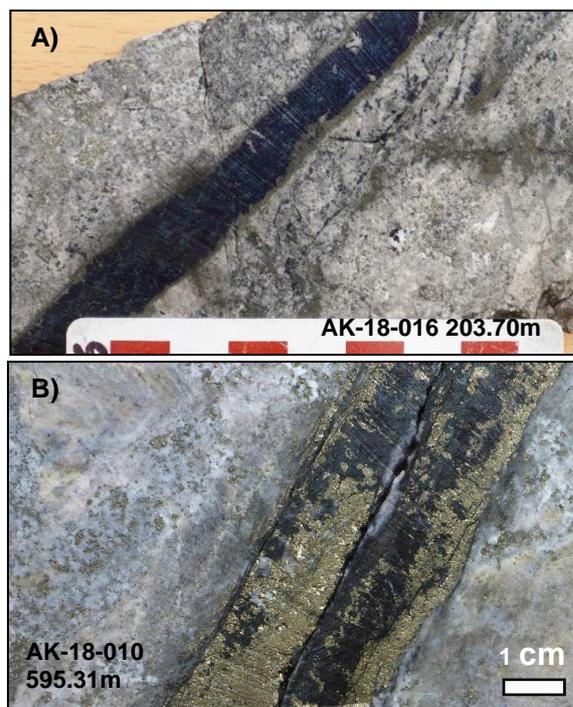


Figura 4. A) Venilla de covelita-pirita-enargita en toba de cristales con alteración argílica avanzada del sistema ANK-04. B) Vetilla de enargita-pirita del sistema ANK-04 cortando alteración SCC del sistema ANK-03.

4.5. Sistema ANK-05: epitermal de intermedia sulfuración Au-Ag-Zn-Pb-Cu

El último sistema hidrotermal ANK-05 corresponde a un epitermal de intermedia sulfuración. Está asociado a diques y *stocks* riolíticos que presentan alteración argílica intermedia y propilítica, contrastando con la fuerte alteración argílica avanzada de las rocas del sistema ANK-04.



Figura 5. Brecha polimíctica con alteración argílica intermedia y clastos mineralizados de esfalerita-galena-calcopirita del sistema ANK-05.

5. Conclusiones

Observaciones realizadas en la campaña de perforación 2017-2018 evidencian la presencia de varios sistemas hidrotermales y mineralización no sólo de tipo *skarn* y epitermal, sino también de tipo pórfido con importantes valores de Cu-Au-Ag y valores bajos de As, que juntos aportan al valor económico del proyecto Antakori. La diferenciación y conocimiento de dichos sistemas hidrotermales permite establecer criterios de exploración para orientar la perforación hacia zonas mejor mineralizadas (pórfido precursor del *skarn* y zona potásica de los pórfidos ANK-02 y ANK-03).

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la compañía Regulus Resources Inc. por el apoyo y facilidades para la realización del presente trabajo, así como al equipo de geólogos conformado por Carlos Mamani, Neil Huaripata, Cesar Cabrera, Abelardo Barboza, Jose Adco, William Chilón, Pilar Torres, Ever Oliva y Alan Ramirez.

Referencias

- Sillitoe, R.H., 2010, Porphyry copper systems: Economic Geology, v. 105, p. 3–41.
- Wilson, S.E., 2012. Technical Report. Southern Legacy Minerals Inc. AntaKori Property, Yanacocha-Hualgayoc Mining District, Department of Cajamarca, Peru. NI 43-101 Technical Report by Scott E. Wilson Consulting Inc., Highlands Ranch, Colorado for Southern Legacy Minerals Inc., 2 July 2012, 63 p.

