

CONTROLES ESTRUCTURALES DEL DISTRITO MINERO DE TINTAYA

Lytman S. Jordán G., Edward Sánchez V., Marco Acebedo Z. & Mario C. Lázaro.

Compañía Minera Antapaccay S.A. - Campamento Minero Tintaya, Espinar - Cusco - Perú
lytman.jordan@glencore.com.pe, edward.sanchez@glencore.com.pe, marco.acevedo@glencore.com.pe,
mario.lazaro@glencore.com.pe

INTRODUCCIÓN

El Distrito Minero de Tintaya (Lat. 14°56'45'' S, Long. 71° 18'41'' W) está ubicado en el distrito y provincia de Espinar en el departamento de Cusco, con una altitud media de 4100 m.s.n.m., en el extremo SE del Cinturón de Cobre Andahuaylas – Yauri en el sur del Perú; a 256 Km. al SE de la ciudad de Cusco. El Distrito Minero de Tintaya presenta yacimientos tipo skarn y pórfidos cupríferos, inicialmente el distrito fue explorado por yacimientos metasomáticos de contacto tipo skarn, el descubrimiento de la mineralización económica en el pórfido de Antapaccay originó un giro en el concepto de las exploraciones a nivel distrital y en el cinturón de cobre. El distrito alberga a los yacimientos tipo skarn Cu-(Au, Ag y Mo) de Tintaya, Atalaya y Corocohuayco; y los yacimientos tipo pórfido de Cu-(Au y Ag) de Antapaccay y Quechua.

Esta investigación se orienta a integrar toda la información relacionada al Distrito Minero de Tintaya con la ayuda de trabajos de investigación de diversos autores, nuevos datos recopilados de campo, campañas de perforación DDH y trabajos de gabinete; lo que permitirá actualizar la información geológica-estructural con el objetivo de proporcionar una herramienta para el entendimiento del distrito.

GEOLOGÍA REGIONAL

EL Distrito Minero de Tintaya está situado en la elongación SE de las rocas sedimentarias mesozoicas que se extienden por más de 300 Km. desde Yauri hasta Andahuaylas, las cuales están correlacionadas con sus equivalentes en el centro y sur del Perú y están formados por secuencias deposicionales de procesos transgresivos - regresivos que se inician en el Cretácico inferior hasta fines del Cretácico medio. Regionalmente el paquete cretácico sedimentario aflora desde el N- NE de Tintaya (cerro Huinicunca) hasta el sur del proyecto cuprífero de Quechua (cerro Quinsa Puquio), y se presenta con una potente secuencia de areniscas cuarzosas y ortocuarcitas de coloración blanca pardusca de la Formación Soraya/ Hualhuani. Suprayaciendo a esta formación tenemos una secuencia de areniscas y lutitas de coloración marrón rojiza de la Formación Mara/ Murco. La secuencia cretácica finaliza con las calizas de coloración gris a gris blanquecina (tipo cebra) de la formación Ferrobamba/ Arcurquina, la que alberga a los yacimientos tipo skarn de cobre y hierro en la franja metalogénica de Andahuaylas - Yauri (Terrones, 1958; Bellido, 1962; Santa Cruz et al., 1979).

Intruyendo a la secuencia sedimentaria mesozoica, tenemos plutones y stocks del eoceno - oligoceno que forman el Batolito de Andahuaylas-Yauri conformado por múltiples fases magmáticas. Regionalmente afloran dioritas y microdioritas como plutones de gran dimensión en los cerros Choquechampe y Chabuca Sur. Los stocks monzoníticos al intruir a las calizas Ferrobamba han dado origen al anillo de skarn. Posterior a los eventos de skarn se tienen diques de latitas y andesitas porfiríticas del Mioceno - Plioceno, correlacionados con los volcánicos del Grupo Barroso que se ubican al SO de Tintaya (Dávila 1988).

Cubriendo grandes áreas en la cuenca tenemos sedimentos de origen lacustre - aluvial de la Formación Yauri del Pleistoceno. En el cuaternario reciente tenemos depósitos fluvio-glaciares y aluviales que se depositaron en las cuencas de los ríos y quebradas. (De la Cruz, 1995). Ver figura 4.

MARCO TECTONO - SEDIMENTARIO DE LA CUENCA JURÁSICA – CRETÁCICA EN EL SUR DEL PERÚ

Para explicar las estructuras sedimentarias a manera de pliegues complejos en la Formación Ferrobamba en el Distrito Minero de Tintaya es importante entender el comportamiento tectono-sedimentario de la cuenca jurásica - cretácica en el sur del Perú y las investigaciones realizadas sobre este tema.

Durante el Mesozoico y Cenozoico la sedimentación fue mayormente jurásica y cretácica y está se desarrolló en dos cuencas principales, la Cuenca Occidental o también conocida como la Cuenca Arequipa (Vicente et al., 1982) y la Cuenca Oriental o también conocida como la Cuenca Putina (Jaillard, 1994); estas cuencas estuvieron separados por un alto estructural conocido como el Alto Cusco-Puno que incluye alrededor de 900m de capas rojas interestratificados con lutitas, calizas y yeso (Carlotto et al., 1993; Jaillard et al., 1994).

La Cuenca Arequipa viene a ser lo que actualmente se conoce como Cordillera Occidental, y consta de una secuencia sedimentaria de alrededor de 4 500 m de espesor, en la parte inferior tenemos turbiditas seguidos por areniscas cuarzosas en la parte media y en la parte superior presenta calizas (Vicente et al., 1982; Jaillard and Santander, 1992). La Cuenca Putina, consta de una secuencia sedimentaria del cretáceo superior de rocas clásticas marinas y rocas carbonatadas, con un espesor alrededor de 2 600m (Jaillard et al., 1993, Jaillard, 1994; Cárdenas et al., 1997). Ver Figura 1.

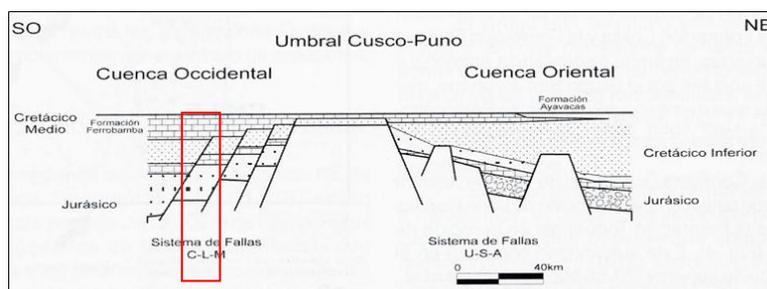


Figura 1: Modelo Tectono-Sedimentario de la Cuenca Jurásica – Cretácica en el Sur del Perú, muestra el Alto Estructural Cusco Puno (Carlotto, 2005); el Distrito Minero de Tintaya se encuentra al oeste del umbral indicado por el rectángulo rojo.



Fotografías 1 y 2: Obsérvese megaestructuras sedimentarias de pliegues cerrados complejos definidas en las calizas Ferrobamba cerro Alto Huarca, Antapaccay.

Estudios realizados por Carlotto y Cárdenas en la zona de Comercocha “Evolución Sedimentaria y Tectónica de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano) de la Región Cotabambas-Apurímac”¹, muestran claras evidencias de movimientos tectónicos extensionales durante la sedimentación de las calizas Ferrobamba que dieron origen a la formación de estructuras sedimentarias complejas a manera de pliegues que fueron estudiados por Carlotto, Cárdenas y coautores (2006). En los reconocimientos de campo en el Distrito Minero de Tintaya, se han identificado en diversos afloramientos de las calizas Ferrobamba estructuras sedimentarias a manera de pliegues complejos que escapan de la lógica de la deformación compresiva, esto se pone en clara evidencia en el cerro Alto Huarca de Antapaccay, la presa de relaves de Huinipampa, Chabuca Norte, Quechuas y demás afloramientos que han complicado el entendimiento estructural del distrito. (Ver fotografías 1 y 2).

CONTEXTO METALOGENÉTICO

El Distrito Minero de Tintaya está ubicado en la terminación sur de la franja metalogenética de Andahuaylas - Yauri, la mineralización en este cinturón está asociada espacial y temporalmente al

¹ Trabajo presentado al XIII Congreso Peruano de Geología en octubre del 2006 por Victor Carlotto, José Cárdenas, Teresa Velarde, Luis Cerpa, Víctor Tupac Yupanqui, Harmuth Acosta y Fredy Jaimes (2006). “Evolución Sedimentaria y Tectónica de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano) de la Región Cotabambas-Apurímac”. Boletín de La Sociedad Geológica del Perú. Resúmenes Extendidos, 525-528.

Batolito Andahuaylas - Yauri de composición calco alcalina y de edad Eoceno medio - Oligoceno inferior (-48-30 Ma; Carlotto, 1998). Este batolito se ha emplazado en el borde norte de la antigua cuenca occidental mesozoica sur peruana y al límite con el alto estructural Cusco-Puno, en una zona de fallas que corresponde al sistema Cusco- Lagunillas-Mañazo y su prolongación denominada Abancay-Andahuaylas-Totos. Este sistema controló la sedimentación mesozoica, separando el alto de la cuenca y actuando como fallas normales, sin embargo, durante el eoceno inferior jugó como de rumbo dextral creando la cuenca Kayra y en el Eoceno superior - Oligoceno inferior como inversa desarrollando la cuenca sin-orogénica Soncco; además, controlando el emplazamiento del batolito y el desarrollo de cuenca Anta (Carlotto, 1998; Carlotto et al., 2005).

Un modelo regional propuesto por Perelló et al y Carlotto (2003a) en “Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region Peru”², sugiere que los magmas calco alcalinos del Batolito Andahuaylas-Yauri y la subsecuente mineralización tipo pórfido fueron generados durante un evento de subducción horizontal, originando el acortamiento cortical, la tectónica compresiva y el levantamiento sincrónico, que se relaciona con el evento tectónico Inca del eoceno medio. Es posible que en este periodo también se haya producido una delaminación litosférica (Carlotto et al., 1999b). El acortamiento de la parte superior de la corteza habría impedido el rápido ascenso de magma, favoreciendo el almacenamiento de fluidos en grandes cámaras magmáticas, que a una adecuada profundidad de la corteza más superior, permitió el emplazamiento a gran escala de pórfidos de Cu, en regímenes compresivos. Otro aspecto que resalta en esta franja, es que se sitúa en plena Deflexión de Abancay, donde la dirección de las estructuras andinas NO-SE cambia a E-O. Estudios recientes muestran que esta deflexión, también se habría formado en relación al evento tectónico Inca que se inicia en 43 Ma, y que la rotación antihoraria, que es la causa del cambio de dirección, ha estado controlada por grandes estructuras antiguas como los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y Urcos-Sicuani-Ayaviri.

CONTROLES ESTRUCTURALES DEL DISTRITO MINERO DE TINTAYA

Los controles estructurales del distrito minero de Tintaya están ligados a pliegues y fallas de la Deformación Andina relacionados a la Fase Inca, que corresponde a pliegues en la secuencia sedimentaria cretácica y fallas regionales con orientaciones preferentes NNW-SSE; cortando a las estructuras antes descritas se presentan las fallas NNE-SSW, NE-SW y E-W que fueron la respuesta al proceso de la deflexión de Abancay. Los esfuerzos formadores de las estructuras corresponden a esfuerzos ligados a la rotación del ángulo de convergencia y de subducción horizontal de las placas, en el eoceno medio al oligoceno inferior (~48-32 Ma); creando condiciones favorables para el emplazamiento de los intrusivos dioríticos y pórfidos monzoníticos mineralizantes en el distrito.

A nivel regional el control estructural del distrito está definido por las siguientes fallas.

- Fallas NW-SE, estas fallas limitan el distrito, al oeste se presenta la Falla Cañipia y al este la Falla Yauri, estas son concordantes con los ejes de los pliegues regionales que deforman la secuencia cretácica en la zona, y a su vez. Las fallas indicadas concuerdan con el sistema de Fallas que delimitan el dominio geotectónico del bloque Andahuaylas Yauri; al este del dominio se presenta el Sistema de Fallas Cusco - Lagunillas - Mañazo y al oeste el Sistema de Fallas Puquio – Condorama.
- Fallas NNE-SSW, en este sistema tenemos limitando el distrito al norte, la falla Ccayo.
- Fallas NE-SW, estas fallas cortan los ejes de los pliegues de la zona y las fallas regionales Cañipia y Yauri. Las fallas Alto Huarca y Tintaya delimitan un corredor a manera de un gravens donde se ubican los yacimientos de Tintaya y Antapaccay. La falla Corocohuayco corta al NW a los yacimientos de Quechua y Corocohuayco.
- Fallas E-W, en la zona está representada por la Falla Quechuas que probablemente marca el límite sur del Distrito Minero de Tintaya.

(Ver figura 2: Plano Geológico - Estructural del Distrito Minero de Tintaya).

Dentro del contexto geológico - estructural del Distrito Minero de Tintaya tenemos los siguientes yacimientos:

² “Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru” Trabajo publicado en Economic Geology Vol. 98, 2003, pp. 1575–1605; por José Perelló y Victor Carlotto.

ANTAPACCAY Y ATALAYA

El yacimiento tipo pórfido de Cu-(Ag y Au) de Antapaccay y el Skarn de Cu-(Ag y Au) de Atalaya están controlados por un anticlinal cuyo eje tiene una dirección NNW-SSE (Deformación Andina), este sinclinal ha sido reconocido regionalmente y corroborado por la perforación DDH y afloramientos en el actual tajío de Antapaccay Sur donde el pórfido cuprífero está emplazado cortando la charnela del eje del anticlinal.

Al norte de Antapaccay Norte se aprecia regionalmente la falla Alto Huarca con movimiento sinistral normal que va hasta el norte del yacimiento de Tintaya desplazando claramente al eje del anticlinal y a su vez baja el paquete sedimentario con un salto de 620m (verificado en los taladros DDH de Antapaccay y los afloramientos de la formación Soraya de cerro Ccayo).

En mapeos recientes en el Tajo Antapaccay Sur se han identificado fallas normales post mineral con orientaciones NE- SW y E-W (donde se emplaza el dique dacítico estéril); estas fallas en el actual Tajo de Antapaccay Sur generan inestabilidad en los taludes. En el flanco SE del anticlinal de Antapaccay se presenta el yacimiento metasomático de contacto tipo skarn de Cu (Ag, Au y Mo) de Atalaya producto del contacto del pórfido cuprífero emplazado en una falla de orientación NE-SW con las calizas de la Formación Ferrobamba.

TINTAYA

Las ocurrencias de mineralización de Tintaya corresponden a un yacimiento metasomático de contacto tipo Skarn de Cu-(Ag, Au y Mo) producto del contacto del pórfido cuprífero con las calizas de la Formación Ferrobamba; el yacimiento de Tintaya está conformado por Tintaya (Tajo Antiguo), Chabuca Este-Oeste, Chabuca Norte y Zona Industrial que están controlados por un anticlinal de orientación ENE-WSW y Chabuca Sur, cuyo control es un sinclinal de orientación similar.

Por años los geólogos que han estudiado la zona han tratado de explicar la orientación de estas estructuras que escapan de la lógica de la orientación de los pliegues de la Deformación Andina cuyo patrón dominante para el distrito es NNW-SSE. La presente investigación permite aseverar que la disarmonía regional de los pliegues de Tintaya están ligados a las fallas regionales Alto Huarca y Tintaya con orientaciones NE-SW y fallas menores con orientaciones NNE-SSW con movimientos de desplazamiento de rumbo y normales (con un salto de 720m en la vertical) que han rotado a los pliegues andinos y su vez ha permitido el emplazamiento del pórfido cuprífero mineralizador de la zona. Estas fallas han generado regionalmente un corredor a manera de un grabens que va desde Tintaya hasta Antapaccay, donde el paquete sedimentario cretácico ha descendido considerablemente en relación al entorno; este postulado está sustentado por evidencias encontradas en el mapeo regional y las perforaciones DDH en la zona donde se ha interceptado a las lutitas de la Formación Mara (por el metamorfismo se encuentran como hornfels) y cuarcitas de la Formación Soraya en profundidad que están parcialmente mineralizadas en Tintaya y Antapaccay.

QUECHUA

EL pórfido cuprífero del proyecto Quechua está emplazado en un sistema de fallas en el flanco SW del anticlinal NNW-SSE que ha sido reconocido desde el cerro Quinsa Puquio y llega hasta ser truncado por una falla dextral normal al sur de Tintaya donde aflora el intrusivo diorítico de dimensiones regionales. La mineralización del yacimiento de Quechua ocurre en el pórfido y las cuarcitas de la Formación Soraya que han sido cortadas por diques y sills de este pórfido cuprífero.

COROCOBUAYCO

Las ocurrencias de mineralización de la zona corresponden a yacimientos metasomáticos de contacto tipo Skarn de Cu-(Ag, Au y Mo) producto del contacto del intrusivo diorítico y el pórfido cuprífero con las calizas de la Formación Ferrobamba.

Corocobuayco está controlado por un sinclinal de orientación NNW-SSE, en la zona se tiene el emplazamiento del intrusivo diorítico a manera de sills gigante en el sinclinal que genera un metamorfismo y metasomatismo incipiente en las calizas de la Formación Ferrobamba; posterior a este evento se emplazó el pórfido monzonítico cuprífero cortando la base del sinclinal NNW-SSE con bifurcaciones de diques, completando el metasomatismo y la mineralización en el yacimiento.

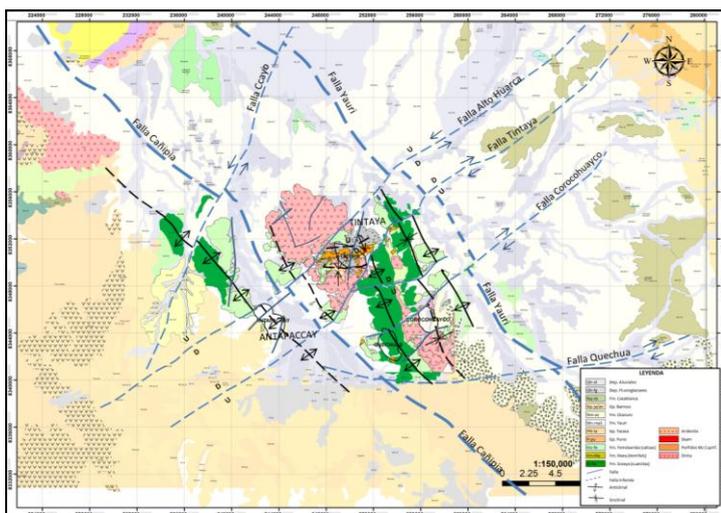


Figura 2: Plano Geológico - Estructural del Distrito Minero de Tintaya, actualizado con trabajos de campo en base a los trabajos de A. Maldonado, 2006 e INGEMMET.

CONCLUSIONES

- Los controles tectónicos-estructurales del distrito, están ligados al cambio en la dirección de rotación del ángulo de convergencia y de subducción horizontal de las placas, que permitieron la formación de las estructuras (pliegues y fallas), el emplazamiento del magmatismo y la consecuente ocurrencia de yacimientos en el distrito; en un contexto altamente compresivo de subducción plana.
- A nivel regional las fallas Cañipia y Yauri (NW-SE), falla Ccayo (NNE-SSW), y la falla Quechua (E-W) se presentan como controles de importancia que definen y delimitan el Distrito Minero de Tintaya.
- La mineralización del Distrito Minero de Tintaya se encuentra relacionada estrechamente con el magmatismo del eoceno medio al oligoceno inferior (~48 a 32 Ma) que dio origen al batolito de Andahuaylas – Yauri.
- El entendimiento de los pseudo-pliegues complejos en la Formación Ferrobamba como estructuras sinsedimentarias producto de esfuerzos distensivos durante la sedimentación en esta cuenca, permite entender y discriminar estas estructuras en el comportamiento tectónico-estructural compresivo del distrito.
- La Fase Inca con pliegues NNW-SSE y fallas NE-SW y E-W constituyen los principales controles estructurales para el emplazamiento de los pórfidos cupríferos en el distrito.
- La ocurrencia de yacimientos se presentan como metasomáticos de contacto tipo skarn de Cu-(Ag, Au y Mo) con Tintaya, Atalaya y Corocohuyco; y como pórfidos de Cu-(Ag y Au) los yacimientos de Antapaccay y Quechua.

REFERENCIAS

1. Carlotto, V. (2013). Paleogeographic and tectonic controls on the evolution of Cenozoic basins in the Altiplano and Western Cordillera of southern Peru. *Tectonophysics* 589, 195-219.
2. Carlotto, V., Cárdenas J. y coautores, (2006). Evolución Sedimentaria y Tectónica de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano) de la Región Cotabambas-Apurímac. *Boletín de La Sociedad Geológica del Perú, XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos*, 525-528.
3. De la Cruz, N., 1995, Geología de los cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri, y Azángaro: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Boletín 58, Serie A, 144 p.
4. Maldonado, A. 2006. Caracterização das estruturas geológicas e estimativas da resistência ao cisalhamento das descontinuidades na mineração de cobre de Tintaya, Perú. Tesis de Maestría en Geología, UnB – Brasilia – Brasil, 65-88p.
5. Terrones, L., A.J., 1958, Structural control of contact metasomatic deposits in the Peruvian cordillera: *American Institute Mining Metall. Petroleum Engineers*, v. 211, p. 365-372.
6. Perello, J. & Carlotto, V. (2003). "Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru". *Economic Geology* Vol. 98, 2003, pp. 1575–1605.
7. Rivera R., Santisteban A. (2009). Evaluación del Potencial de los Depósitos Minerales en el Batolito Andahuaylas – Yauri. Programa de Metalogenia Proyecto GE-24.