

## Características Metalogenéticas de los Depósitos Tipo Pórfidos y Epitermales de las Franjas XV, XXIII, XXI-A y XXI-C del Sur del Perú

Luis Ysaías Quispe-Rentería<sup>1</sup>, Victor Raúl Torres-Bazán<sup>1</sup>, Alonso Arturo Marchena Campos<sup>1</sup>, Carlos Nicolás Fernández Geraldino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá #1470, San Borja, Lima  
([lquispe@ingemmet.gob.pe](mailto:lquispe@ingemmet.gob.pe), [vtorres@ingemmet.gob.pe](mailto:vtorres@ingemmet.gob.pe), [amarchena@ingemmet.gob.pe](mailto:amarchena@ingemmet.gob.pe))

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Tupac Amaru 210, Cercado de Lima 15333  
([carlos.fernandez.g@uni.pe](mailto:carlos.fernandez.g@uni.pe))

### Metallogenic Characteristics of the porphyry and epithermal deposits of the XV, XXIII XXI-A, XXI-C metallogenic belts XV, XXIII, XXI-A y XXI-C from the south of Peru

**Abstract** Important mineral deposits like Arcata, El Zafranal, Las Bambas, Trapiche, Orcopampa and others, are located in southern Perú in the Western Cordillera of the Andes, specifically in the metallogenic belts X, XV, XX-A and XXIII. The present research has been developed based on field information, geochemical, isotopic and geochronological data of the main deposits; as well as compiled information from different works of several authors; with all of that, it has been determined the following main metallogenic epochs: 5-6 My (XXIII belt), 10-18 My (XXI-A belt) and 36-40 My (XV belt); all these ages are associated to tectonostratigraphic units, Magmatic Arc Plutonism (Eocene-Oligocene) and Miocene Magmatic Arc.

Key Words: Metallogeny, Tectonostratigraphic units, geochronology, metallogenic belts.

**Resumen:** Importantes yacimientos minerales como Arcata, El Zafranal, Las Bambas, Trapiche, Orcopampa, entre otros; se emplazan en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, específicamente en las franjas metalogenéticas X, XV, XX-A y XXIII. El presente trabajo se ha desarrollado en base a la información recolectada en campo, así como a los datos geoquímicos, isotópicos y dataciones geocronológicas de los principales yacimientos, recopilados de distintos trabajos de múltiples autores, con lo que se ha determinado las siguientes principales épocas metalogenéticas: entre los 5 y 6 Ma (Franja XXIII), entre los 18 -10 Ma (franja XXI-A) y 40-36 Ma (Franja XV); asociadas a las unidades tectonoestratigráficas, Plutonismo de Arco Magmático Eoceno Oligoceno y al Arco magmático del Mioceno.

Palabras clave: Metalogenia, unidades tectonoestratigráficas, geocronología, franjas metalogenéticas.

### 1. Introducción

El presente trabajo se llevó a cabo bajo el marco del proyecto denominado "Características Metalogenéticas de los depósitos tipo pórfido y epitermales de la Cordillera Occidental" del INGEMMET; para ello se ha tomado como base las unidades tectonoestratigráficas definidas en base a sus características litoestratigráficas y su ambientes tectónicos; además, se han considerado los aspectos geocronológicos variaciones temporarias entre la rocas huésped y los eventos mineralizantes; así como el análisis geoquímico de los principales arcos magmáticos y como estos influyen en la generación de estos tipos de depósitos minerales; en cuanto a los estudios geocronológicos se han tomado como referencia a las muestras obtenidas por otros autores en los depósitos de Tintaya, Trapiche, Sulfobambas y Cotabambas, en el batolito Andahuaylas Yauri; por su parte en la franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno, hospedados en rocas volcánicas cenozoicas XXIA; se describen las dataciones presentes en las minas de Orcopampa y Selene. Por último, para la franja de

depósitos polimetálicos con superposición epitermal XXIII, se destaca las edades radiométricas halladas en la mina Arcata. En este trabajo se presentan nuevos datos litogeoquímicos que suman a los ya existentes para los distintos arcos magmáticos presentes en la Cordillera Occidental sur; para este análisis se emplearon los elementos menores y traza inmóviles, de las rocas ígneas presentes en la zona de estudios asociados a los depósitos pórfidos, epitermales y skarn; por lo que se han elaborado los diagramas como de Espesor cortical estimado (km) vs la Distancia a la fosa oceánica (km), además de las razones LaN/YbN vs EuN/Eu\*, Th/Yb vs NbN/TaN, por último el diagrama para Sr/Y vs Y. Las muestras procesadas provienen de minas, proyectos y prospectos presentes en estas franjas que se encuentran alojados en rocas volcánicas que proceden de distintos centros volcánicos emplazados entre el Eoceno al Plioceno; fueron reconocidos por Perelló et al. (2003), Carlotto et al., (2009) Acosta et al. (2009). Estos depósitos se encuentran controlados por los corredores estructurales que tienen una dirección de NO-SE; sistemas de

fallas son Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo (Carlotto et al., 2009). Es así que en esta región se encuentran depósitos epitermales de alta, intermedia y baja sulfuración.

**2. Metodología**

Para realizar el presente trabajo, se llevó a cabo la recopilación bibliográfica de artículos, revistas, boletines, mapas, tesis e informes técnicos internos y externos; así como información otorgada por compañías privadas. Con todo ello se confeccionaron mapas preliminares para los trabajos de campo lo que permitió generar una base de datos robusta con información geoquímica de roca total, geoquímica de sedimentos, isotópica y datos geocronológicos de los principales yacimientos presentes en la Cordillera Occidental sur. Durante el 2017, especialistas del INGEMMET realizan la visita a minas y proyectos, en donde se tomaron muestras de carácter selectivo de testigos de perforación y esquirlas de roca. Dichas muestras se tomaron con distintos propósitos como, estudios petrominerográficos, inclusiones fluidas, DRX para tipificar arcillas y estudios isotópicos, además, del respectivo cartografiado geológico y estructural. Posteriormente se enviaron las muestras para sus respectivos análisis al laboratorio tanto interno como externo y se le aplicó un riguroso protocolo de aseguramiento y control de calidad (QA/QC). Una vez validada la data, se procedió al procesamiento respectivo e interpretación.

**3. Contexto Geológico Tectónica presente en la Cordillera Occidental sur**

Se ha logrado definir al menos dos unidades tectonoestratigráficas separadas por discontinuidades tectónicas regionales:

- Plutonismo de Arco Magmático del Eoceno al Oligoceno (PeoNo - pAM); representador por rocas del Batolito de Andahuaylas-Yauri, constituido por intrusivos que se exponen en una superficie de dimensiones que van ~300 km x 130 km; estos se emplazan cortando a las rocas sedimentarias del Cretácico. (Carlotto, 1998; 2002 Perelló et al. (2003). Este cuerpo plutónico está controlado por el corredor Cusco-Lagunillas-Mañazo: En el que destacan los depósitos de Las Bambas, Tintaya, Cotabambas, Katanga y depósitos de Cu-Au-Fe con edades de mineralización entre 42 y 30 Ma.
- Los depósitos del Arco Magmático del Mioceno; esta unidad se encuentra controlada por los sistemas de fallas de Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas- Mañazo. (Velarde et al., 2004; Velarde, 2006, Carlotto et. al., 2009). Son rocas andesíticas y tobas calcoalcalinas, se relacionan a la subducción, se encuentra definida por Grupos Tacaza, Palca y Sillapaca, y formaciones como Llallahui, Arma, Confital, Andamarca, Chacoma, Chibemi, Añashuayco, Alpabamba, Huayllillas, Puquio, Aniso, Huaycha, Caudalosa,

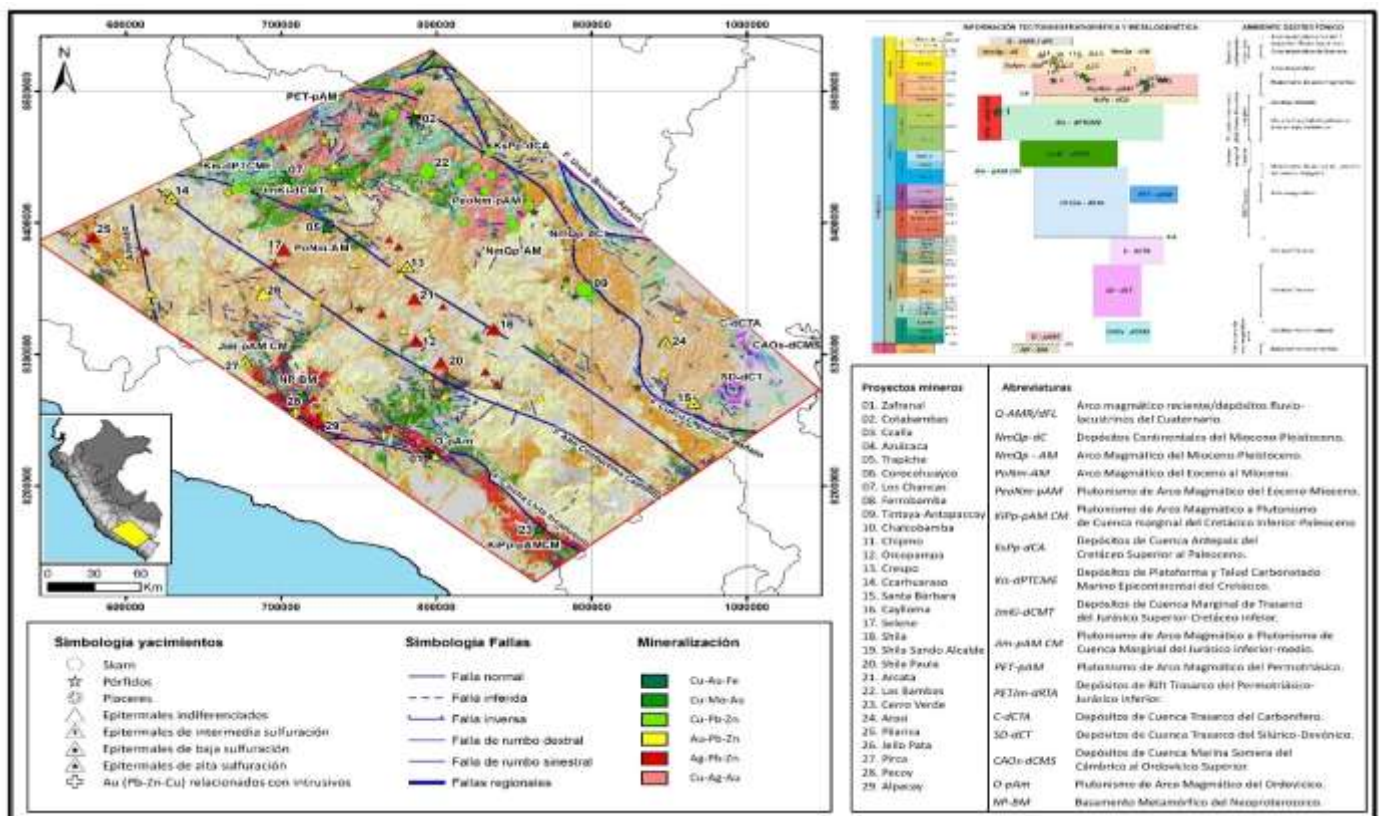


Figura 1. Unidades tectonoestratigráficas y yacimientos en la zona de estudio.



también incluye a cuerpos subvolcánicos asociados a estos centros volcánicos (Benavides, 1999; Klinck et al., 1986; Jenks, 1946; Boudesseul et al., 2000, Carlotto et al., 2009 Acosta et al., 2009, Cereceda et. al., 2010); por su parte Mamani et al. (2013) establece la ocurrencia de los arcos Calamarca-Tacaza (30-24 Ma.), Calipuy-Huaylillas (24-10 Ma.) y Barroso inferior (10-3 Ma.), Barroso superior (3-1 Ma), y Arco Frontal (<1 Ma.). Estos yacimientos se han desarrollado generalmente en las intersecciones de fallas y fracturas con direcciones NO-SE y NE- SO. Figura 1.

#### 4. Interpretaciones geocronológicas

A continuación se presenta la definición de tres franjas metalogénicas. Una síntesis de las edades geocronológicas se da en la Figura 2.

#### XV. Franja de Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno.

##### a. Batolito Andahuaylas Yauri

La mineralización en esta franja tomó lugar entre el Eoceno medio y el Oligoceno (~42 a ~30 Ma). En la mina Tintaya, las dataciones radiométricas K/Ar y Re-Os llevados a cabo tanto en la alteración como en la mineralización del tipo pórfido arrojaron una edad  $41.9 \pm 0.2$  Ma. por el método Re- Os de (Mathur et al., 2001). Perelló et al., (2003a) reporta edades que van de  $39.5 \pm 1.1$  Ma para Peña Alta y  $30.3 \pm 0.8$  Ma. para Trapiche, mientras que en Sulfobamba obtiene una edad de  $35.2 \pm 0.9$  Ma y para Cotabambas reporta una  $35.7 \pm 0.9$  Ma.

#### XXIA. Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas.

##### a. Distrito Minero Orcopampa

Este distrito se encuentra conformado por Chipmo, la veta Calera, Orcopampa, Poracota, Shila, Paula (Mayta, 1999; Salazar, 2008). Por su parte Gibson et al., (1995) data la mineralización del sector Calera entre 17.0 y 17.9 Ma sobre adularia, mientras que las alunetas hipógenas de la veta Santiago Norte han dado edades entre 18.4 y 19.5 Ma.

Por otro lado Swanson (1998) data las adularias de las zonas de alteración vinculadas a la mineralización de la mina Chipmo, esta adularia fue datada por el método K-Ar (adKAr), cuyas edades se encuentran entre  $17.00 \pm 0.5$  y  $17.90 \pm 0.5$  Ma, similares a las obtenidas por Mayta (1999). En la veta Prometida con 18.1 Ma (Ramos A., 2014), otros datos geocronológicos son los obtenidos por Salazar (2008) quien por el método Ar-Ar dató las plagioclasas de las dacitas de Chipmo obteniendo edades de 18.90 a 19.45 Ma. En Poracota las alunetas datadas de la veta 1900 y el cuerpo Silvana, por el método  $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ , dan  $13.52 \pm 0.20$  Ma y  $14.02 \pm 0.06$  Ma (Vidal et al.2014).

##### b. La Mina Selene

Palacios et al., (2005 y 2008), obtiene edades por el método  $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$  que sugiere cuatro eventos magmáticos, para este distrito durante el Mioceno. El primero conformado por tobas de  $16.2 \pm 0.2$  Ma., el segundo conformado por andesitas y tobas

de  $15.1 \pm 0.1$  Ma. La tercera etapa se encuentra asociada al emplazamiento de complejos de domos riódacíticos: Explorador (biotita  $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$   $14.6 \pm 0.1$  Ma) y Parcachata ( $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$  biotita  $14.5 \pm 0.1$  Ma). El último evento marca el inicio de la actividad hidrotermal, que se ha datado en las alunetas de las vetas, por el método  $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$  de  $14.62 \pm 0.05$ ; se superpone a los complejos de domos, además se tiene otra edad de  $14.2 \pm 0.1$  Ma para el complejo de domo Explorador más joven que la edad de biotita de la misma muestra de ( $14.6 \pm 0.1$  Ma) obtenida por  $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$  en roca total.

#### XXIII. Franja de depósitos polimetálicos con superposición epitermal

##### a. Mina Arcata

Candiotti et al., (1990) dató, por el método K-Ar, las adularias y alunetas hipógenas de la Caldera Chonta, relacionadas con la mineralización de baja sulfuración; reportando edades de  $5.10 \pm 0.3$ , a  $5.60 \pm 0.2$  Ma, además de dataciones de biotitas por el mismo método obteniendo una edad de  $6.10 \pm 0.2$  Ma. (Figura 2).

#### 5. Nuevos aportes a la Litogeoquímica para el sector sur

A continuación, se describen las principales características litogeoquímicas de acuerdo con las Franjas Metalogénicas.

Para la franja XXI-A, los magmas Miocenos muestran mayor potencial que los intrusivos Oligocenos, los cuales presentan valores de LaN/YbN y Sr/Y en rangos adakíticos, sin embargo, dada la anomalía negativa de Eu, estos intrusivos no son muy fértiles, al no contener muchos fluidos en su sistema ni ser muy oxidados. El contenido de volátiles igualmente, señalado indirectamente por la ratio U/Th, es más bajo que el promedio.

El comportamiento para los intrusivos oligocénicos en la franja XXI-C es igualmente poco favorable para generar magmas fértiles (Tabla 1). En esta franja destacan valores muy favorables para Pinaya, Los Chancas, Las Águilas, aunque no presentan valores de anomalía de Eu positiva en algunos casos. Se dan parámetros relativamente favorables para Trapiche, pero con bajo Sr/Y, lo que sugiere remoción del Sr por alteración, dado el alto LaN/YbN que no corresponde con este bajo valor de Sr/Y. Para la franja XV, en el caso de Anama-Utopara, no presentan valores de LaN/YbN y Sr/Y altos, a pesar de encontrarse a una mayor distancia a la fosa; además el U/Th es anómalamente bajo, por lo que esta muestra en particular no indica magmatismo fértil, pero puede haber hidrotermalismo ya que la anomalía de Eu es en torno a 1. En el caso de Los Chancas, compuestos por dioritas a granodioritas y monzonitas porfíricas a feldespáticas, se tienen valores de anomalía de Eu en torno y mayores a 1, así como para las rocas más félsicas se tiene alto contenido de volátiles. El LaN/YbN y Sr/Y sin embargo, no se encuentran en rangos adakíticos, y mientras más parámetros confluyan mayor será el potencial del magma de generar un sistema hidrotermal en sus últimos estadios de diferenciación. Dichos parámetros son los que indican engrosamiento cortical anómalo, que haya permitido la liberación masiva de fluidos estructurales de anfíbol en la base de la corteza, debido a la generación de granates, minerales anhidros; gran contenido de fluidos magmáticos, por una



anomalía de  $Eu > 1$  y gran contenido de volátiles, por  $U/Th > 0.25$ ).

Por su parte en Pinaya, que pertenece a la franja XV con superposición epitermal, los valores con respecto a  $LaN/YbN$  y  $Sr/Y$  son cercanos a rangos adakíticos. La anomalía de  $Eu$  se encuentra en torno a 1, aunque una anomalía negativa, sin embargo, el  $U/Th$  es alto, por lo que puede esperarse el desarrollo de un sistema hidrotermal. Algo que se destaca en estas tablas, es que hay un buen grado de correlación entre el incremento de la distancia a la fosa y el incremento del espesor cortical.

## 6. Conclusiones

El criterio de las unidades tectonoestratigráficas facilita e integra la información geocientífica así como de los procesos geológicos que han sido precursores y generadores de los procesos de la mineralización, constituyendo buenas herramientas para desarrollar mapas metalogenéticos.

Las principales edades de mineralización se encuentren entre el Eoceno y Mioceno (Tintaya, Trapiche, Sulfobamba, Cotabambas). Esta se encuentra dentro de la unidad tectonoestratigráfica denominada Plutonismo de Arco Magmático (PeoNo- pAM) Eoceno al Oligoceno; mientras que los depósitos epitermales como Orcopampa, Selene Arcata, se hallan en la unidad depósitos de Arco Volcánico Mioceno (PoNm-AM).

La mayoría de depósitos epitermales y pórfidos se dan entorno a los valores más altos de parámetros litogeoquímicos que indican magmas fértiles.

## Agradecimientos

Queremos agradecer a la Presidencia Ejecutiva, la Coordinación de Geología y Laboratorios, a la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico por las facilidades y el apoyo para la consecución del presente trabajo de investigación.

## Referencias

**Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Santisteban, A.** (2009). Memoria Mapa Metalogenético del Perú.

**Baier, J., Audetat, A. y Keppler, H.** (2008). Origin of the negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 267(1-2), 290-300.

**Bissig, T., Leal-Mejía, H., Stevens, R., & Hart, C.** (2017). High Sr/Y Magma Petrogenesis and the Link to Porphyry Mineralization Revealed by Garnet-Bearing I-Tyoe Granodiorite Porphyries of the Middle Cauca Au-Cu Belt, Colombia. *Economic Geology*. Vol. 112, 551-568.

**Mamani M., Díaz-Martínez E., Navarro P., Jaimes F., Velarde T., Lu S., y Cueva E** (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. En Bol. Soc. Geol. Perú 103: 1-89 (2009).

**Du Bray, E.** (2016). Geochemical characteristics of igneous rocks associated with epithermal mineral deposits- A review. *Ore Geology Reviews*. Vol. 80.

**Gauthier, A., Díaz, N., & Quirita, V.** (1999). Yacimiento La Arena - Virgen, Huamachuco, La Libertad - Peru. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999, Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología. Lima.

**Gibson, P.C., MacKee, E.H., Noble, D.C. & Swanson, K.E.** (1995). Timing and interrelation of magmatic, tectonic, and hydrothermal activity at the Orcopampa District, southern Peru. *Econ. Geol.*, 90, 2317-2325.

**James, J.** (1998). Geology, alteration y mineralisation of the Cerro Corona porphyry copper-gold deposit, Cajamarca province, Perú. Unpubl. MSc Thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada.

**Keppler, H. y Wyllie, P. J.** (1990). Role of fluids in transport and fractionation of uranium and thorium in magmatic processes. *Nature*. Vol.348, 531-533.

**Li, L., Xiong, X. L. y Liu, X. C.** (2017). Nb/Ta Fractionation by Amphibole in Hydrous Basaltic Systems: Implications for Arc Magma Evolution and Continental Crust Formation. *Journal of Petrology*. Vol. 58(1), 3-28.

**Llosa, F., Georgel, M., & Veliz, J.** (2000). Geología, alteración y mineralización de los pórfidos de Au-Cu de Minas Conga, norte del Perú (Cajamarca). X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes, Sociedad Geológica del Perú, Lima.

**Carlotto, V., Quispe, J., Acosta H., Rodríguez R., Romero D., Cerpa L., Mamani M., Díaz-Martínez E., Navarro P., Jaimes F., Velarde T., Lu S. y Cueva E.** (2009); Dominios geotectónicos y Metalogénesis del Perú. Bol. Soc. Geol. Perú 103: 1-89.

**Mantle, G. y Collins, W.** (2008). Quantifying crustal thickness variations in evolving orogens: correlations between arc basalt composition and Moho depth. *Geology*, Vol 36:162-182.

**Martínez, W., Cervantes J., Romero, D.** (2006). El Arco Magmático Jurásico-Paleogeno, nuevas contribuciones estratigráficas, petrográficas y geoquímicas. Arequipa Tacna, Sur de Perú. Informe interno INGEMMET, Proyecto GR-1, Dirección de Geología Regional.

**Mamani, M.; Navarro, P.; Carlotto, V.; Acosta, H.; Rodríguez, J.; Jaimes, F.; Santos, A.; Rodríguez, R.; Chávez, L.; Cueva, E. & Cereceda, C.** (2010). Arcos Magmáticos Meso-Cenozoicos del Perú. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú. Pub. Esp. N° 9 (2010), Cusco p. 563-570.

**Macfarlane, A. W., Prol-Ledesma, R.-M., & Conrad, M. E.** (1994). Isotope and fluid inclusion studies of geological and hydrothermal processes, northern Peru. *International Geology Review*, vol. 36: 645-677.

**Mathur, R., Ruiz, J. & Munizaga, F.** (2001). Insights into Andean metallogenesis from the perspective of Re- Os analyses of sulfides. III South American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstracts, p. 500-503. Edit. Soc. Geol. Chile. CD

**Mayta, O.** (1999). Yacimiento aurífero Chipmo (The Chipmo gold deposit). I Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores. Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología. Inst. Ing. Minas, Lima, 37-48.

**Montgomery, A.** (2012). Metallogenetic controls on Miocene high-sulphidation epithermal gold mineralization alto Chicama district, La Libertad, Northern Perú: (Tesis), p. 455.

**Navarro, P., Monge, R., & Rivera, M.** (2010). Geología y Metalogenia del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) Segmento Santiago de Chuco, Norte del Perú. Boletín N° 28 Serie D – INGEMMET.

**Noble, D. C.** (2002). Age of mineralization at mina Antapite and Jatun Orcco. Cía. de Minas Buenaventura, Lima, informe interno.

**Noble, D. C., Vidal, C., Perelló, J., & Rodríguez, O.** (2004). Space-time relationships of some porphyry Cu-Au, epithermal Au, and other magmatic-related mineral deposits in northern Peru. In: Sillitoe, R.H., Perelló, J. & Vidal, C., eds. Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates.

**Palacios, C., Dietrich, A., Nelson, E.P. & Layer, P.W.** (2008). Estilos y control de mineralización en el distrito minero de Selene, Apurímac, Perú. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología, 6 p. Edit. Soc. Geol. Perú. CD.

**Perelló, J.; Carlotto, V.; Zárate, A., Ramos, P.; Posso, H.; Neyra, C.; Caballero, A.; Fuster, N. y Muhr, R.** (2003). Porphyry-style alteration and mineralization of the Middle Eocene to early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru: Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, v. 98: 1575-1605.

**Perelló, J., Neyra, C., Posso, H., Zárate, A., Ramos, P. Caballero, A., Martini R., Fuster, N. & Muhr, R.** (2004). Cotabambas: Late Eocene Porphyry Copper-Gold Mineralization Southwest of Cuzco, Peru. In: Sillitoe, R.H., Perelló, J. & Vidal, C., eds. Andean metallogeny: new discoveries, concepts, and updates, Society of Economic Geologists Special Publication, 11: 213-230.

**Rivera, M., Navarro, P., Monge, R., & Rolin, D.** (2006). Evolucion del Volcanismo Cenozoico en el norte del Perú: departamento de La Libertad (7° 45' - 8° 25' S): XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos Sociedad Geológica del Peru, p. 304-307.

Salazar, J.C. (2008). Epithermal gold-telluride mineralization in the Chipmo deposit, Orcopampa district, Arequipa, Peru. M.Sc. thesis, University of Western Australia, 105 p.

Sarmiento J., Castroviejo R., Tassinari C y Vidal C. (2010) Inclusiones Fluidas e isótopos de plomo en Chipmo y Poracota, región minera de Orcopampa - Perú, implicancias para la exploración. En XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 (2010), Cusco p. 644-649.

Somoza, R., & Ghidella, M. (2012). Late Cretaceous to recent plate motions in Western South America revisited. Earth and Planetary Science Letters, 331-332, 152–163. doi:10.1016/j.epsl.2012.03.003.

Swanson, K. E. (1998). Geology of the Orcopampa 30 Minute Quadrangle, Southern Perú, with Special Focus on the Evolution of the Chinchón and Huayta calderas. A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Geology. University of Nevada, Reno.

Vidal C., Miranda M., Salazar J. C., Coller D, Canchaya S., Meza J y Noble D. (2014) Geología volcánica, geocronología, geofísica, y paragénesis de alteración y mineralización del depósito epitermal de oro de Poracota, y sus relaciones con los depósitos de plata y oro del distrito minero de Orcopampa. En Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 109: 116-121 (2014)

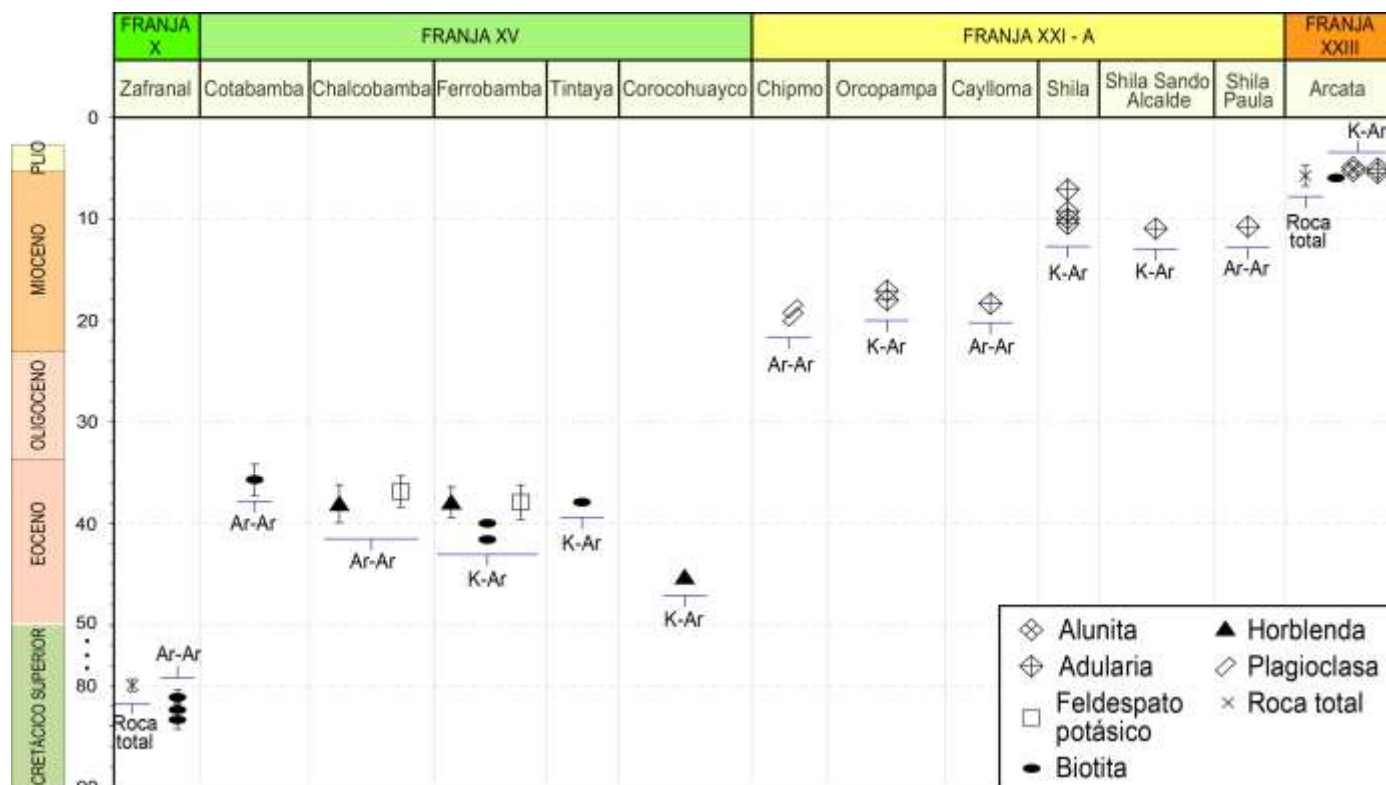


Figura 2. Cuadro resumen de las edades geocronológicas de cristalización, alteración y mineralización de los principales yacimientos de las regiones Cajamarca y La Libertad, según franja metalogénica.

Tabla 01. Características Litogeoquímicas de los principales yacimientos del área de estudio.

Yacimiento	YACIMIENTOS PO				
	FRANJA X	FRANJA XV			sup
	Zafranal	Corocohuayco	Los Chancas	Utupara	Las Aq
SiO <sub>2</sub> (%)	63.25	65.22	68.30	54.89	57.
La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	4.68	8.15	11.21	9.46	15.
Sr/Y	7.77	61.87	31.76	29.72	20.
Zr/Y	0.00	11.41	2.08	2.69	9.5
Y (ppm)	17.27	12.25	8.50	14.58	23.
Espesor cortical	29.20	35.42	46.65	45.80	46.
Th/Yb	1.80	2.90	9.01	7.68	4.5
Eu <sub>N</sub> /Eu <sup>+</sup>	1.00	0.86	0.94	0.89	0.7
Nb <sub>N</sub> /Ta <sub>N</sub>	1.85	-	2.77	1.46	1.6
V/Sc	-	10.25	9.23	18.77	10.
U/Th	0.25	-	0.22	0.27	0.2
Distancia a la fosa (km)	198.67	360.84	319.28	318.81	378