

TÍTULO

NUEVOS ALCANCES SOBRE LA MINERALIZACIÓN DE Au-Sn-U EN LA CORDILLERA ORIENTAL DEL SURESTE PERUANO.

NEW FACTS ON THE MINERALIZATION OF Au-Sn-U IN THE CORDILLERA ORIENTAL OF SOUTHEASTERN PERU.

COMITÉ DE GEOLOGÍA

AUTORES

Michael VALENCIA, Jorge ACOSTA & Raymond RIVERA
mvalencia@ingemmet.gob.pe, jacosta@ingemmet.gob.pe, rroyrc77@gmail.com

PARA PRESENTAR AL BLOQUE: GEOLOGÍA

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
Programa de Metalogenia
Av. Canadá 1470 San Borja – Lima
Teléfono (51 – 1) 6189800, anexo 145
Fax (51 – 1) 2254540

LIMA – 2013

a. Resumen

El estudio aporta información sobre la génesis y fuente de mineralización de los depósitos de las tres principales franjas relacionadas con las mineralizaciones de oro, estaño y uranio en la Cordillera Oriental del Sureste Peruano.

De las cinco franjas metalogenéticas reconocidas, tres se han considerado de importancia: la franja de oro, franja de estaño y la franja de uranio.

La franja de oro, está emplazada en rocas del Paleozoico Inferior producto de una extensión (rifting) y adelgazamiento cortical, formando una cuenca sedimentaria marina (Cuenca Paleozoica), afectada por eventos tectónicos compresivos y transpresivos que originaron la mineralización con removilizaciones del oro, durante un posterior metamorfismo progrado.

La franja de estaño, relacionada a intrusiones graníticas de tipo "S" de contaminación cortical,

tiene dos edades: Permotriásica y Oligocena (Cenozoico), afectadas por procesos metasomáticos y relacionadas a las mineralizaciones de Sn-Cu-W.

La franja de uranio, relacionada a un volcanismo fuertemente peraluminoso, es producto de una anatexia cortical, lo cual trajo consigo un magmatismo que se enriqueció en uranio.

De las cinco franjas metalogenéticas reconocidas en el área de estudio, tres de ellas presentan importancia económica y son las de oro, relacionadas a los depósitos La Rinconada y Ananea; estaño, cuyo mayor representante es la mina San Rafael; y la de uranio, en los depósitos del campo volcánico de Macusani.

Finalmente, todos estos depósitos minerales tienen una amplia dispersión de Pb radiogénico de sus fluidos mineralizantes, provenientes principalmente de la corteza superior.

a. Abstract

The study provides information on the origin and source of mineralization of the deposits of the three main belts related to the mineralization of gold, tin and uranium in the Eastern Cordillera of Southeastern Peru.

There are five metallogenic belts in this area; three were considered important: the golden, tin and uranium.

The gold belt is located on lower Paleozoic rocks, originated for extension (rifting) and cortical thinning forming a marine sedimentary basin, affected by compressive and transpressive tectonic events that led to the gold mineralization removilizations during prograde metamorphism.

The tin belt, related to granitic intrusions of type "S" with crustal contamination. They are of two ages: permotriassic and Oligocene (Cenozoic), and affected by metasomatic processes related to the mineralization of Sn-Cu-W.

The uranium belt, related to peraluminous volcanism, product of a cortical anatexia, which brought magmatism that was enriched in uranium.

There are five metallogenetic belts recognized in the study area, three of which have economic importance: the gold, relate to La Rinconada and Ananea deposits; tin, the most important is the San Rafael mine; and uranium, with deposits in Macusani volcanic field.

Finally, all these mineral deposits have a wide dispersion of radiogenic Pb mineralizing fluids, mainly from the upper crust.

b. INTRODUCCIÓN

La zona se ubica al sureste del Perú, entre las regiones de Puno y Cusco, en las Cordilleras de Carabaya y Vilcabamba (Cordillera Oriental del sureste peruano). Geológicamente (Laubacher, 1978), sus unidades sedimentarias tienen una orientación NO-SE (Figura 1) y se distribuyen de NE a SO en el siguiente orden: Paleozoico inferior (Formaciones Sandía y Ananea del Ordovícico, Silúrico y Devónico) relacionada a la Franja I del estudio; Paleozoico superior (Grupos Ambo, Tarma y Copacabana del Carbonífero y Pérmico) relacionada a la Franja IV del mismo; Cretáceo (Cuenca Putina: Formaciones Huancané y Ayabacas) relacionada a la Franja III y la zona Potencial de U; y Cenozoico (Grupo Puno y volcánicos) disperso en todo el área. Las intrusiones han sido divididas por edad en Permotriásico, Triásico Tardío, Jurásico, Cretácico y Cenozoico, con la misma tendencia NO-SE. Tectónicamente se ha reconocido tres ciclos orogénicos: Precámbrico, Paleozoico y la Tectónica Andina.

c. OBJETIVOS

Este estudio aporta nueva información sobre la génesis y fuente de mineralización de los depósitos de las tres principales franjas relacionadas con las mineralizaciones de oro, estaño y uranio en la Cordillera Oriental del Sureste Peruano.

d. DESARROLLO Y COLECCIÓN DE DATOS.

En el año 2011, INGEMMET realizó en cooperación de otras entidades, un estudio metalogenético sobre mineralización polimetálica y de elementos de tierras raras (REE) de la región Puno y Cusco, en el sur del Perú. El estudio contó con la participación de equipos multidisciplinarios de geólogos de diversas disciplinas y comprendió la recolección de muestras, datos de campos, envío de muestras para análisis geoquímico y de isótopos, y finalmente interpretación de resultados con preparación de Informe y Mapa Metalogenético del área de estudio.

De esta forma se realizaron dos salidas de campo entre los meses de junio y agosto del 2011, que incluyeron a los geólogos autores del presente trabajo. En estas salidas se recolectaron numerosas muestras de rocas intrusivas para caracterización geoquímica.

e. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

e.1. TECTÓNICA Y MAGMATISMO

El Permotriásico (Grupo Mitu), se le relaciona con un rifting diacrónico, emplazado en la Cordillera

Oriental del Perú (Kontak et al., 1985; Quispe et al, 2007), dentro de un ambiente deposicional definido como continental y marino.

En esta área, los volcánicos del Grupo Mitu, geoquímicamente se han definido como basaltos traquíticos (Figura 2A), de tendencia alcalina (Figura 2C), y también muestran una tendencia toleítica (Figura 2B).

Seguidamente, una faja discontinua de intrusivos permotriásicos graníticos a granodioríticos, coetáneos con el Grupo Mitu, se emplazaron a lo largo del eje de la Cordillera Oriental, en el límite del Paleozoico Inferior y Superior. En general, intruyen a series misisipianas al oeste y silurodevonianas al este. Geoquímicamente, son granitos a granodioritas calcoalcalinas (Figura 2D y Figura 2E), pero que muestran una tendencia hacia los álcalis. Además evidencian peraluminosidad (Figura 2F), y algunos, metaluminosidad como los intrusivos de Ayapata y Antarane.

Los resultados de los análisis se plotearon en el Diagrama de Pearce-Modificado por Christiansen & Keith (1996) para discriminación de granitos Permotriásicos (Figura 3A) y de sus equivalentes volcánicos (Figura 3B), en donde: los granitos tipo S están relacionados a los Granitos sin-colisionales (syn-COLG), los de tipo I a los Granitos de arcos volcánicos (VAG), los de tipo A a los Granitos de intraplaca (WPG), y los de tipo ORG a los granitos de dorsales oceánicas (ORG). Los intrusivos Permotriásicos tienen composición de granitos y monzogranitos; el resto de intrusivos, excepto las sienitas alcalinas jurásicas, varían de granitos a dioritas. El círculo rojo es el intrusivo de Limacpampa y los diamantes morados el Intrusivo de Untuca, los cuales se han clasificado como leucogranitos (Valencia et al, 2011a).

Todas estas intrusiones presentan una fuerte contaminación de diferentes fuentes, donde no está claro el tipo de granito (Figura 3A); sin embargo, basados en los análisis mineralógicos (Miskovic, 2009; Valencia et al, 2011a), se puede evidenciar que las intrusiones del Permotriásico, derivan de un protolito sedimentario proveniente de la corteza continental (Tipo S). Los intrusivos Triásico Tardíos y Cenozoicos (Laubacher, 1978; Kontak et al, 1984; Miskovic, 2009) se han derivado de una fuente del nivel de la corteza y el manto. El intrusivo peralcalino Jurásico, tiene un origen en el manto, pero con contaminación cortical; mientras que los intrusivos del Cretáceo han derivado de una fuente del nivel del manto y representan un régimen extensional. Esta misma relación la tiene el Permotriásico volcánico del Grupo Mitu (Noble et al, 1978); mientras que las rocas volcánicas Cenozoicas del Grupo Quenamari (Sandeman et al, 1990) están relacionadas con una contaminación de corteza, que se distingue claramente en la Figura 3B.

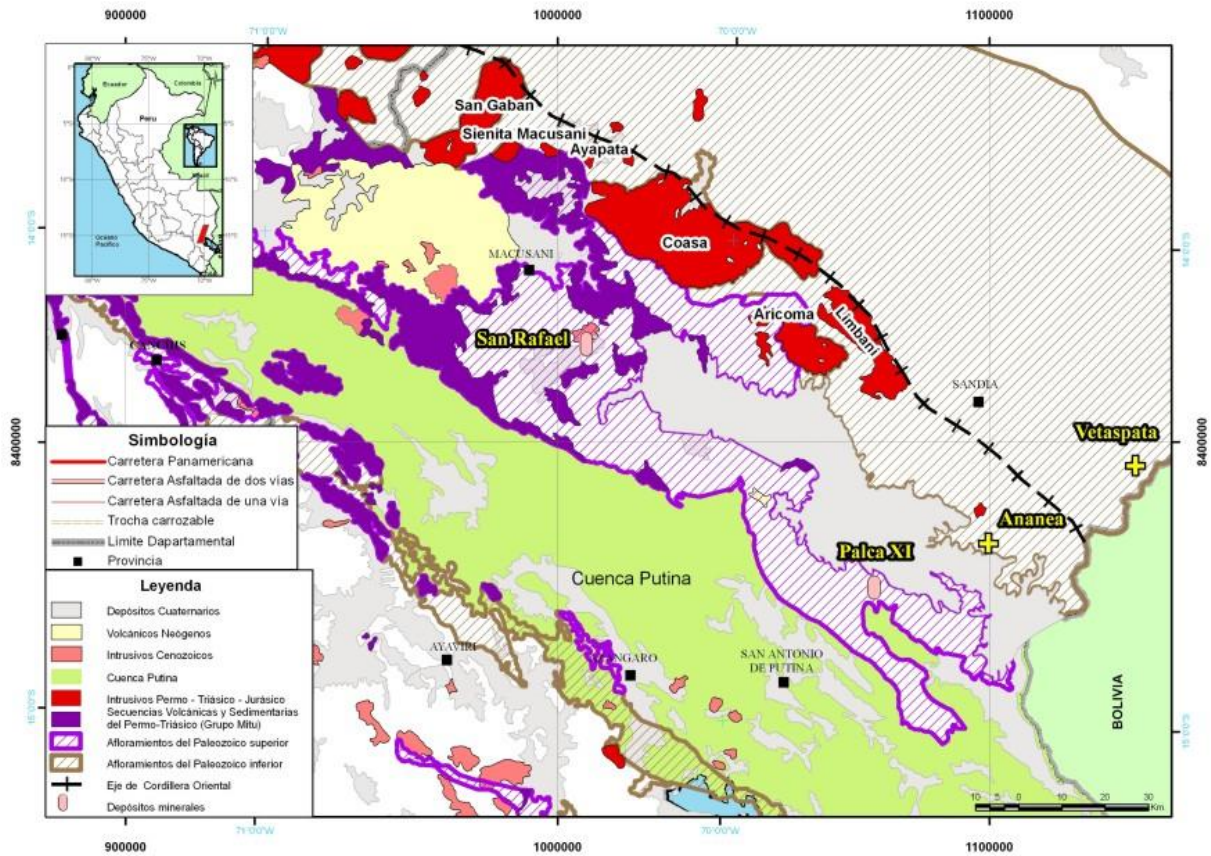


Fig 01.- Geología generalizada y ubicación de los principales yacimientos minerales. Cruces discontinuos: eje de la Cordillera Oriental.

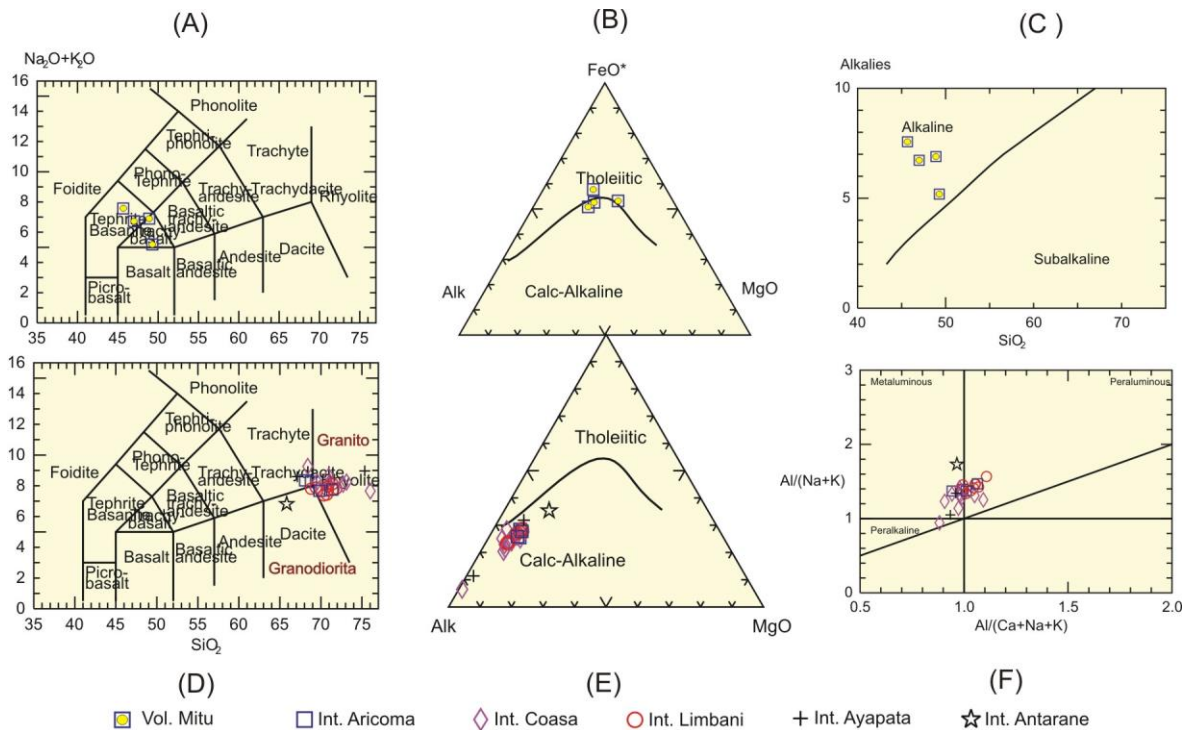


Fig.02:- Geoquímica magmática: (A) Diagrama TAS de Gpo. Mitu; (B) Gráfico AFM de Irvine & Baragar para Gpo. Mitu; (C) Diagrama de Sílice vs Álcalis de Irvine & Baragar para Gpo. Mitu; (D) Diagrama TAS con sus equivalentes plutónicos de los Int. Permotriásicos; (E) Gráfico AFM de Irvine & Baragar para los Int. Permotriásicos; y (F) Diagrama de Aluminosidad de Shade para los Int. Permotriásicos.

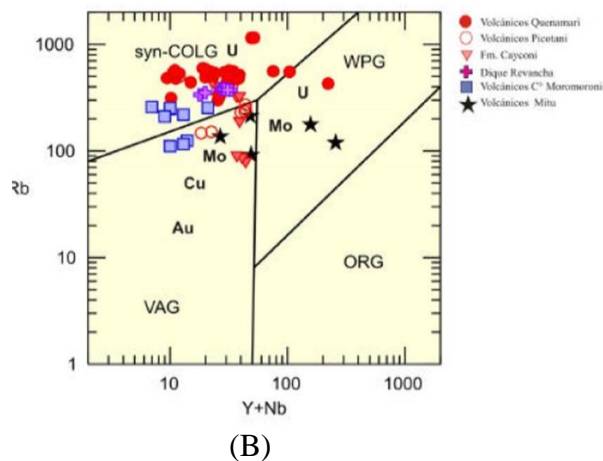
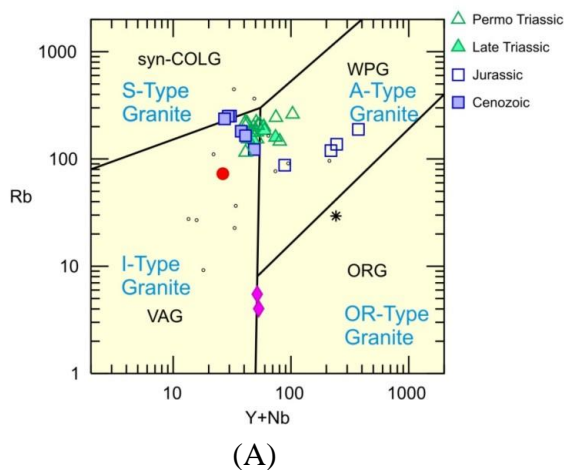


Fig. 03.- Muestras recolectadas en este estudio y ploteadas en el Diagrama de Pearce-Modificado por Cristiansen & Keith (1996) para intrusivos (A) y volcánicos (B).

e.2. ESTUDIOS ISOTÓPICOS DE PLOMO

La interpretación de datos isotópicos se ha realizado a partir de muestras de roca total y muestras de sulfuros (galena, pirita, pirrotita, calcopirita, molibdenita y esfalerita), recopiladas en nuestros trabajos de campo de una mina de oro en la localidad de Untuca (Tabla 1), y de otro tipo de ocurrencias (Tabla 2); así como de información bibliográfica (Kontak et al., 1990a; Bustamante, 2008; Miskovic, 2009).

Los datos de la fuente principal de Pb radiogénico de las mineralizaciones (sulfuros) para una mina de oro sobre la Cordillera Oriental, sugieren que la mineralización proviene de la corteza superior. Este mismo rasgo se distingue para los demás tipos de depósitos minerales de Sn, W, Mo, Cu, Au, (Sarita entre otros), y los otros depósitos polimetálicos de Ag, Pb, Zn, Cu y Pb, Zn, Ag Sn, W, Mo. Algunos datos indican que el fluido mineralizante proviene de una mezcla de corteza superior e inferior.

e.3. DATACIÓN

Al este del intrusivo de Limacpampa (cerca de Condoriquiña, ver Fig. 04 y Tabla 03), el más oriental de los cuerpos plutónicos Permotriásicos, tenemos un pequeño afloramiento de un cuerpo intrusivo de un leucogranito gneisificado de cuarzo con extinción ondulante, con muscovita deformada y orientada, y además de cordierita anhedral con fracturas. Si bien es cierto, el intrusivo muestra fuerte silicificación y oxidación, se tomó una muestra representativa y se seleccionaron los mejores minerales de muscovita para la datación.

De esta manera, los resultados obtenidos en Canadá, dan edades en K-Ar de 148.8+3.9 Ma y 172.7+7.7 Ma, que corresponden al Jurásico Superior a Medio. Sin embargo, debido a los procesos metamórficos que las han afectado, podemos hablar que el intrusivo ha sufrido pérdida de Ar radiogénico (Faure & Mensing, 2005) relacionado al evento tectono termal de Zongo-San Gabán del Eoceno tardío (Kontak et al, 1990b), y por lo tanto este intrusivo, tendría una edad mayor al Jurásico, probablemente Permotriásico.

Tabla 1.- Muestras de isótopos de mina de oro recogida en los trabajos de campo

Muestra	Tipo de Roca	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
GE3311-274	Pizarra	19.304	15.721	39.125
GE3311-276B	Granito	18.453	15.672	38.503

Tabla 2.- Muestras de isótopos de depósitos polimetálicos recogida en los trabajos de campo

Muestra	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Depósito Mineral	Elementos
GE3311-254	19.682	15.726	39.480	Sarita	Cu-W-Sn-Mo
GE3311-259	18.717	15.677	38.829	Condoriquiña	Sn
GE3311-264	18.650	15.760	38.955	Los Españoles	Pb, Ag
GE3311-271	18.731	15.698	38.912	Princesa	Pb,Ag,Zn

e.4. METALOGENIA

En la zona de estudio se han reconocido cinco franjas (Figura 4) metalogenéticas: I Oro en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico; II Depósitos W-Sn-Mo-U, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Permotriásico ; III Pórfidos-skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno; IV Epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) y depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Oligoceno-Mioceno; y V Depósitos de uranio hospedados en rocas volcánicas del Mio-Plioceno. También hay un área con potencial uranio. Estas franjas están controladas por unidades geológicas y fallas regionales, con una tendencia NE-SO marcada por la tectónica andina. Estos controles, han condicionado la distribución de los depósitos minerales. El único productor de estaño en la zona es la mina de San Rafael en la franja IV. La producción de oro en la franja I proviene de las minas de La Rinconada y Ananea, y de la minería informal.

1.1 Franja de Oro

Corresponde a la Franja metalogenética I. A principios del Paleozoico Inferior se originaron procesos extensionales (rifting) y de adelgazamiento cortical en donde actualmente se encuentra el flanco este la Cordillera Oriental, formando una extensa cuenca sedimentaria marina (Cuenca Paleozoica: formaciones San José, Sandía y Ananea). Posteriormente, eventos tectónicos compresivos y transpresivos en el margen de placa convergente ocasionaron una orogénesis colisional y acrecional. Estos eventos originaron la mineralización del oro, con removilizaciones en eventos termales, sinorogénicos durante el metamorfismo progrado. Así mismo, como ya mencionamos los análisis de isótopos de Pb radiogénico (Kontak et al., 1990a; Bustamante, 2008; Miskovic, 2009) de las mineralizaciones (sulfuros) para una mina de oro en la Cordillera Oriental, sugieren que la mineralización ha provenido de la corteza superior (Acosta et al 2012).

1.2 Franja de Estaño

Está relacionada con las dos franjas metalogenéticas: Franja II de depósitos W-Sn-Mo-U relacionados con intrusivos del Permotriásico; y la Franja IV de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Oligoceno-Mioceno. Geoquímicamente, las rocas intrusivas (Diagrama de Pearce-Modificado por Christiansen & Keith, 1996; Miskovic, 2009; Valencia et al, 2011a) permotriásicas están relacionadas con granitos tipo S derivadas de un protolito sedimentario proveniente de la corteza continental de composición de granitos y monzogranitos. Dentro de estos intrusivos se encuentra la mina Sarita, con fuerte alteración metasomática alcalina (sódica y potásica), con albitización y cuerpos de greisen relacionadas con los intrusivos y a la mineralización de Cu, Ag, W, Sn y Mo (Candiotti & Guerrero, 1983). Las intrusiones del oligoceno-mioceno de la franja IV, también se relacionan con intrusiones graníticas de tipo S (Valencia et al, 2011b) en donde destaca la mina San Rafael, con su depositación mineral modelada por un protometasomatismo (greisen) con presencia de salmueras magmáticas, que originaron fluidos ricos con Sn-Cu (Valencia et al, 2011b). De la misma manera, los análisis de isótopos de Pb radiogénico sugieren que esta mineralización proviene de la corteza superior para los depósitos de Sn, W, Mo, Cu, Au (Acosta et al, 2012).

1.3 Franja de Uranio

Corresponde a la Franja V de depósitos de uranio hospedados en rocas volcánicas del Mio-Plioceno. Así, las rocas volcánicas Cenozoicas del Grupo Quenamari son tobas fuertemente peraluminosas que están relacionadas con una contaminación cortical, y geoquímicamente, son el equivalente volcánico de los granitos tipo S. Los isótopos de Pb indican específicamente que estas rocas provienen de una fusión de la corteza superior; mientras los isótopos de oxígeno y estroncio indican la influencia de un fuerte componente cortical. Este volcanismo fuertemente peraluminoso es producto de una anatexia cortical, lo cual trajo consigo un magmatismo que se enriqueció en uranio, dando lugar a los depósitos y ocurrencias que actualmente conocemos (Rivera et al, 2011).

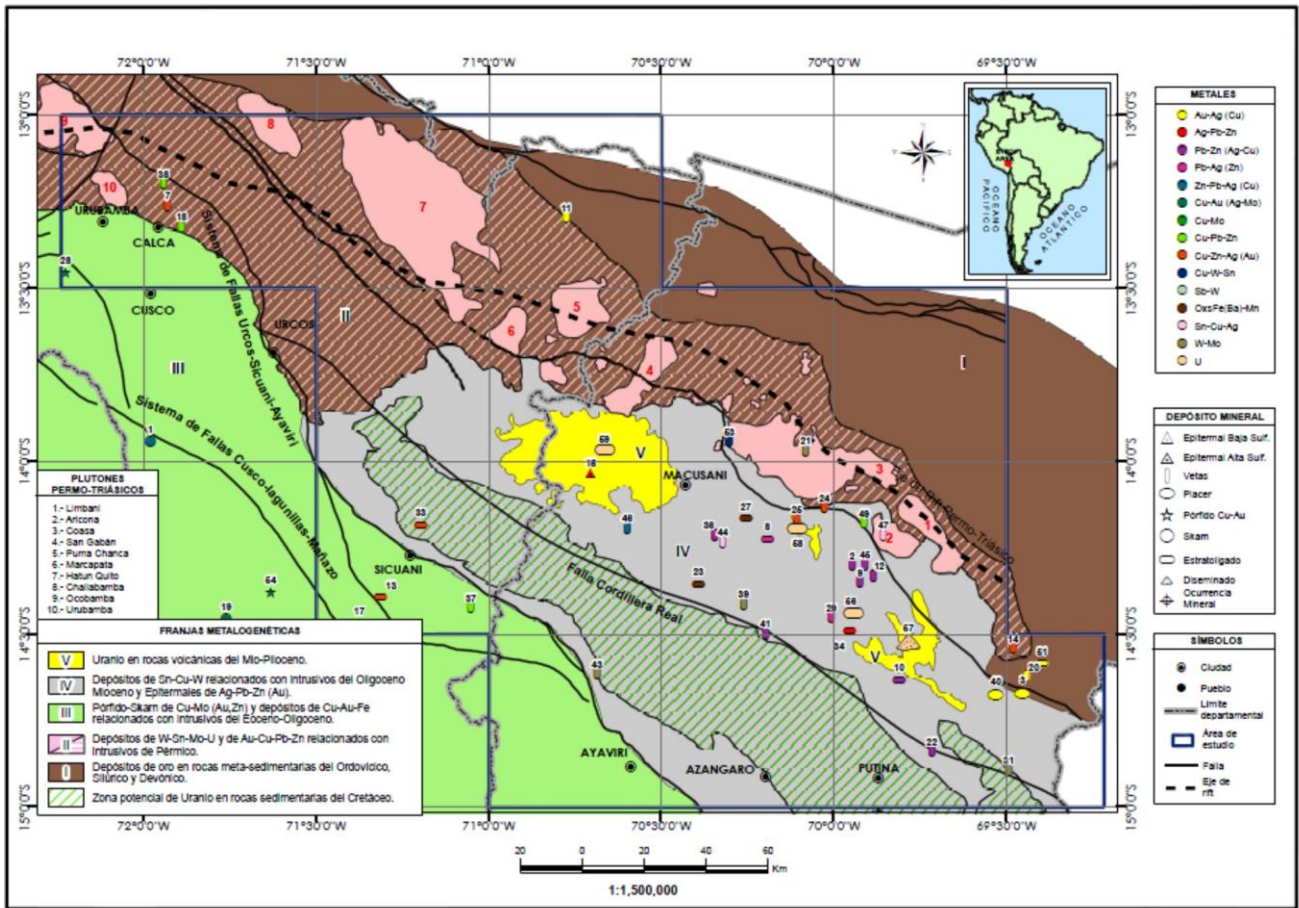


Fig. 04.- Franjas metalogenéticas y depósitos minerales del área de estudio (Ver Tabla 03). Las principales franjas son las de Oro (I), Estaño (II y IV) y la de Uranio (V).

f. CONCLUSIONES

De las cinco franjas metalogenéticas reconocidas en el área de estudio, tres de ellas presentan importancia económica y son las de oro, estaño y uranio.

La franja de oro está relacionada con depósitos orogénicos, producto de procesos metamórficos regionales, que fueron la fuente termal del proceso de removilización y mineralización del oro.

La franja de estaño está relacionada con intrusiones graníticas de tipo "S" derivadas de protolitos sedimentarios, asociados a procesos metamórficos que originaron los fluidos ricos en Sn y Cu.

La franja de uranio está relacionada con procesos de fusión y anatexia cortical que originó un magmatismo enriquecido en uranio.

El vulcanismo Permotriásico (Grupo Mitu) representa una fuente del manto en régimen extensivo; mientras que rocas volcánicas

cenozoicas (Grupo Quenamari) están relacionadas con una contaminación de corteza.

Los grandes cuerpos intrusivos del Permotriásico, derivan de un protolito sedimentario proveniente de la corteza continental; los intrusivos Triásico Tardíos y Cenozoicos se han derivado de una fuente del nivel de la corteza y el manto; mientras el intrusivo peralcalino Jurásico, tiene un origen en el manto, pero con contaminación cortical.

Muchas de las intrusiones Permotriásicas muestran algunas evidencias de procesos metamórficos que han modificado la edad de los plutones, lo que se debe tomar en cuenta al momento de realizar estudios de dataciones en el área.

Finalmente, los depósitos minerales tienen una amplia dispersión de Pb radiogénico de sus fluidos mineralizantes, provenientes principalmente de la corteza superior.

Tabla 03.- Depósitos y ocurrencias minerales del área de estudio.

NUMERO	NOMBRE	ESTADO	TIPO DE DEPÓSITO MINERAL	METAL
1	Accha (Titiminas)	Proyecto	skarn	Zn-Ag-Pb
2	Altura	Mina Activa	vetas	Pb-Zn-Ag-Cu
3	Ananea	Proyecto	aluvial	Au
4	Antapaccay	Proyecto	pórfido Cu-Au	Cu-Au-Ag
5	Antay	Proyecto	pórfido Cu-Mo	Cu-Mo
6	Arcata	Mina Activa	epitermal baja sulfuración	Au-Ag
7	Azul	Mina Inactiva	vetas	Cu
8	Calvario	Mina Activa	estratoligados	Pb-Ag(Zn)
9	Casa de Plata	Mina	vetas	Pb-Zn-Ag-Cu
10	Cecilia	Mina Activa	estratoligados	Pb-Zn-Ag(Cu)
11	Cerro Camanti	Mina Activa	vetas	Au
12	Cerro del Inca Azul	Mina	vetas	Pb-Zn-Ag-Cu
13	Clara Luz	Mina Inactiva	estratoligados	Au-Ag
14	Condoriqueña	Mina Inactiva	vetas	Cu-Zn-(Sn)
15	Corani	Mina Inactiva	epitermal baja sulfuración	Ag-Pb-Zn-Au
16	Cotabambas	Proyecto	pórfidos & skarn	Cu-Au-Mo.
17	Francisca	Ocurrencia	estratoligados	Cu-Ag-Au?
18	Holmio	Mina Inactiva	vetas	Cu
19	Katanga	Proyecto	skarn	Cu-Au
20	La Rinconada (Ana María)	Mina Activa	vetas	Au
21	Levans	Ocurrencia	vetas	W-Mo
22	Los Españoles	Mina Inactiva	vetas & cuerpos	Ag-Pb-Zn-Cu
23	Martha	Prospecto	estratoligados	OxsFe(Ba)-Mn
24	Mesafranca	Mina Inactiva	vetas & cuerpos	Cu
25	Minascunca	Ocurrencia	vetas	Au-Cu
26	Minaspata (Anabi)	Proyecto	epitermal alta sulfuración	Au-Ag-Cu-Mo
27	Minastira	Mina	estratoligados	OxsFe(Ba)-Mn
28	Morosayhuas	Proyecto	pórfido Cu-Au	Cu-Au
29	Nicaragua	Mina Inactiva	vetas	Pb-Ag
30	Pacchac	Ocurrencia	estratoligados & vetas	Au-Cu
31	Palca 11	Mina Activa	vetas	W-Sn-Pb-Zn-Ag-Cu-Bi
32	Pashuana	Mina Inactiva	vetas	Pb-Zn
33	Patanza	Ocurrencia	estratoligados	Cu
34	Princesa	Mina Inactiva	estratoligados	Ag-Mn-Pb-Zn-Cu
35	Quechua	Proyecto	pórfido Cu-Au	Cu-Mo-Au
36	Quenamari	Mina Activa	vetas	Pb-Zn-Ag-Sn-Cu
37	Quilca	Mina Inactiva	vetas	Cu-Pb
38	Quishuarani	Mina Inactiva	vetas	Cu
39	Rosario	Prospecto	vetas	Mo-W
40	San Antonio de Poto	Proyecto	aluvial	Au
41	San Francisco (Taucane)	Mina Inactiva	vetas	Pb-Zn-Cu
42	San Isidro	Mina Inactiva	vetas	Sb-W
43	San Judas Tadeo	Mina Inactiva	vetas	W(Mo,Au)
44	San Rafael	Mina Activa	vetas & cuerpos	Sn-Cu-Ag
45	Santa Ana Dos	Mina Inactiva	vetas	Pb-Zn-Ag-Cu
46	Santo Domingo	Prospecto	vetas	Zn-Pb-Cu-Sn
47	Sarita	Mina Inactiva	vetas	Cu-W-Sn-Mo
48	Socosani	Mina	vetas	Ag-Pb-Zn-Cu
49	Sol de Cobriza	Prospecto	vetas	Cu
50	Tintaya	Mina Inactiva	skarn, pórfido Cu-Au	Cu-Au-Ag
51	Untuca	Mina Activa	estratoligados & vetas	Au
52	Utupara	Proyecto	pórfido & skarn	Au-Cu
53	Volcán	Ocurrencia	vetas	Cu-W
54	Winicocha	Proyecto	pórfido Cu-Au	Cu-Au
55	Yauricocha	Proyecto	skarn	Cu-Mo
56	Crucero	Ocurrencia	estratoligados	U
57	Picotani	Ocurrencia	diseminados y vetillas	U
58	Cayconi	Ocurrencia	estratoligados	U
59	Macusani	Proyecto	estratoligados	U

Agradecimiento.

Los autores queremos agradecer al Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) de la República de Corea del Sur, especialmente a los doctores Chul-Ho HEO, Cheng Ryu RYOO y Seok-Jun YANG por su apoyo con los análisis de

laboratorio realizados en Canadá y Lima y su asesoría en el campo. Asimismo, agradecemos el apoyo brindado por las autoridades del Ingemmet en la elaboración del presente estudio.

g. REFERENCIAS

- Acosta, J.; Heo, C.; Valencia, M.; Ryo, C.; Santisteban, A.; Yang, S. & Rivera, R. (2012).- Características Isotópicas y Fuentes de Mineralización de las Franjas Metalogenéticas del Sureste Peruano. Resúmenes del XVI Congreso Geológico peruano. Setiembre del 2012.
- Bustamante, A. (2008).- Geocronología, petrografía, alteraciones e isótopos de Pb y Sr del complejo porfírico de (Cu – Au) Utupara, Aplicaciones a la exploración minera, Antabamba – Apurímac – Perú. Tesis de maestría, 126 p.
- Cristiansen, E. & Keith, J. (1996).- Trace Element Systematic in Silicic Magmas: a Metallogenic perspective. En: Wyman D ed. Trace element geochemistry of volcanic rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada. Short Course Notes Volumen 12. p. 115-151.
- Candiotti, H. & Guerrero, T. (1983).- Ocurrencia de un yacimiento tipo Albita-Greisen de Cu, W, Sn y Mo – Carabaya, Puno. Bol. Soc. Geo. del Perú. N° 71. Set. 1983. p. 69-78.
- Faure, G. & Mensing, T. (2005).- Isotopes: principles and applications. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. 897 p.
- Kontak, D; Clark, A. & Farrar, E (1984).- The magmatic evolution of the cordillera oriental, southeastern Peru” En: Andean magmatic chemical and isotopic constraint.
- Kontak, D. & Stong, D. (1985).- The rift-associated permo-triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the andean orogeny. En: Magmatism at a plate edge (1985)
- Kontak, D. J., Cumming, G.L., Krstic, D., Clark, A. H., & Farrar, E. (1990a).- Isotopic composition of lead in ore deposits of the Cordillera Oriental, southeastern Peru: Economic Geology, v. 85, p. 1584-1603.
- Kontak, D.; Farrar, E.; Clark, A. & Archibald, D. (1990b).- Eocene tectono-thermal rejuvenation of an upper Paleozoic-lower Mesozoic terrane in the Cordillera de Carabaya, Puno, Southeastern Perú, revealed by K-Ar and Ar/Ar dating. En: Journal of South American Earth Sciences. Vol.3, N° 4. 1990. p. 231-246.
- Laubacher, G. (1978).- Estudio geológico de la Región Norte del Lago Titicaca. INGEMMET. Boletín N° 5. Serie D: Estudios Especiales, 138p.
- Miskovic A. (2009).- Magmatic evolution of the Peruvian Eastern Cordillera Intrusive Belt: Insights into the Growth of Continental Crust and Tectonism along the Proto-Andean Western Gondwana. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Geneve (Suiza). Terre & Environment Vol. 85. 267 p.
- Noble, D.; Silberman, M.; Megard, F. & Bowman, H. (1978).- Comendite (Peralkaline rhyolite) and Basalt in the Mitu Group, Peru: Evidence for Permian-Triassic Lithospheric extension in the central Andes. J.Res.U.S.Geol.Surv. Vol. 6. P. 453-457.
- Quispe, J, Carlotto, V; Rodríguez, R. & Huanacuni, D. (2007).- Informe sobre la Metalogenia del Perú Central-Norte. DRME del Ingemmet. Informe Interno.
- Rivera, R.; Condori, N. & Valencia, J. (2011).- Metalogenia del Uranio en las regiones de Cusco y Puno. Boletín N° 23 Serie B. Ingemmet.
- Sandeman, H. A.; Clark, A. H. & Farrar, E.(1990).- Geochronological and petrological investigations of Oligocene – Miocene volcanic and hypabyssal rocks, Picotani and Quenamari mesetas, Cordillera Oriental, southeastern Peru: Summary of progress: Lima, Peru, Inst. Peruano Energía Nuclear, (unpublished). Rept. 7 p.
- Valencia, M.; Acosta, J.; Rivera, R.; Santisteban, A.; Heo, C.; Ryo, C. & Yang, S. (2011a).- Informe sobre la Metalogenia de las regiones de Cusco y Puno en el Sureste del Perú. Informe Interno. Ingemmet.
- Valencia, M.; Rivera, R.; Paico, D. & Villarreal, E. (2011b).- Mineralización y geoquímica de los depósitos de la Cordillera oriental del sureste peruano. En: Minería. Instituto de Minas del Perú. Abril 2011.