

FRANJAS METALOGENÉTICAS DEL SURESTE PERUANO: NUEVOS DATOS GEOQUÍMICOS, ISOTÓPICOS Y DE EDAD.

Michael VALENCIA, Jorge ACOSTA, Raymond RIVERA & Alexander SANTISTEBAN.

mvalencia@ingemmet.gob.pe, jacosta@ingemmet.gob.pe, rrivera@ingemmet.gob.pe, asantisteban@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Este estudio aporta nuevos datos de edad y caracterización de intrusivos relacionados con la mineralización, así como, de isótopos de plomo que definen las fuentes de esta mineralización en las franjas metalogenéticas del Sureste del Perú.

El área de estudio se localiza en el sureste del Perú, entre las regiones de Puno y Cusco entre las Cordilleras de Carabaya y Vilcabamba. Geológicamente (Laubacher,1978), las unidades sedimentarias tienen una orientación NO-SE 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 (Figura1); 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), dispersos 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 (Figura 1). Tectónicamente se ha reconocido tres ciclos orogénicos: Precámbrico, Paleozoico y la Tectónica Andina.

FRANJAS METALOGENÉTICAS

El área de estudio cuenta con cinco franjas (Figura 1): 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, con una tendencia marcada por la tectónica andina, que ha condiciona 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.

GEOQUÍMICA MAGMÁTICA

Se recolectaron numerosas muestras de rocas intrusivas para caracterización geoquímica y se plotearon en el Diagrama de Pearce-Modificado por Christiansen & Keith (1996) para *discriminación de granitos* Permotriásicos (Diagrama 1a) y de sus equivalentes volcánicos (Diagrama 1b), 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 (Valencia et al, 2011). 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, 2011).

Todas estas intrusiones presentan una fuerte contaminación de diferentes fuentes, donde no está claro el tipo de granito (Diagrama 1a); sin embargo, basados en los análisis mineralógicos (Miskovic, 2009; Valencia et al, 2011), 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 el Diagrama 1b.

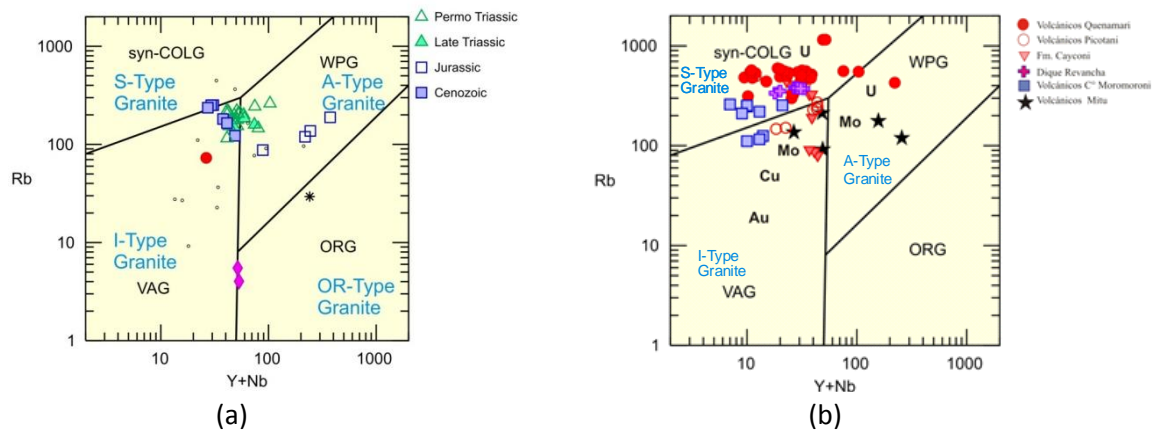


Diagrama 1.- Muestras recolectadas en este estudio y ploteadas en el Diagrama de Pearce-Modificado por Christiansen & Keith (1996) para intrusivos (a) y volcánicos (b).

ESTUDIOS ISOTÓPICOS DE PLOMO

La interpretación de datos isotópicos se ha realizado a partir de muestras de roca total y muestras de sulfuros (galena, piritita, 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).

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

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.

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

DATACIÓN

Al este del intrusivo de Limacpampa (cerca de Condoriquiña), 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.

CONCLUSIONES

Los depósitos minerales tienen una amplia dispersión de Pb radiogénico provenientes de fluidos mineralizantes de al menos dos fuentes: corteza superior y una mezcla de la corteza superior e inferior. 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.

El vulcanismo permotriásico (Grupo Mitu) representa una fuente del manto en régimen extensional; mientras que rocas volcánicas cenozoicas (Grupo Quenamari) están relacionadas con una contaminación de corteza.

AGRADECIMIENTO.

Los autores queremos agradecer el apoyo brindado por el KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCES (KIGAM) de la República de Corea del Sur, para los análisis de laboratorio en Canadá y Lima; y muy especialmente a los doctores Chul-Ho HEO, Cheng Ryu RYOO y Seok-Jun YANG del mismo Instituto, por su asesoría en el campo. Asimismo, agradecemos el apoyo brindado por las autoridades del Ingemmet en la elaboración del presente estudio.

REFERENCIAS

- 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.
- 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 constraints. Harmon, R & Barreiro, B eds. p 203-219.
- KONTAK, D. J., CUMMING, G.L., KRSTIC, D., CLARK, A. H., AND 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 Cordilleran 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 Gineve (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.
- 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.; RYOO, C. & YANG, S. (2011).-
Informe sobre la Metalogenia de las regiones de Cusco y Puno en el Sureste del Perú. Informe Interno.
Ingemmet.

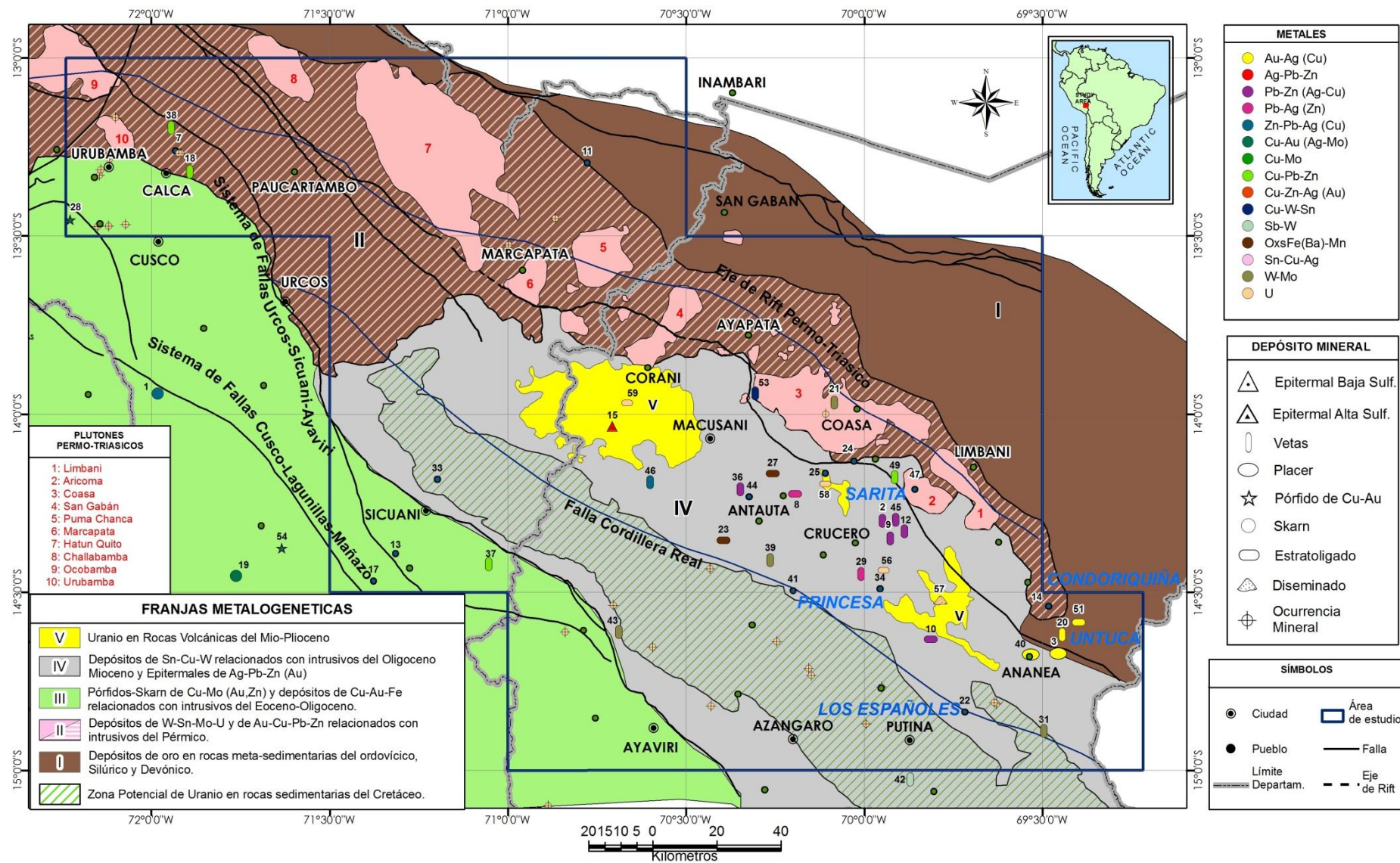


Figura 1.- Franjas metalogénicas y depósitos minerales (ver tabla 3) del área de estudio. Se destacan los intrusivos muestreados y los principales depósitos (en azul) en donde se ha recolectado muestras isotópicas.

Tabla 3.- 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 Maria)	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