Ocurrencia de mineralización polimetálica y de elementos estratégicos (Sn, W, Cu, Mo, Sb, Zn, Pb – Li, LREE, U, Th - Au) asociada al Batolito de la Cordillera Oriental

D. Soberón, W. Ccallo, S. Tica, R. Rodríguez, M. Mamani

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET

Resumen

El Batolito de la Cordillera Oriental, comprende una diversidad de rocas intrusivas, las cuales varían composicionalmente desde gabros a granitos alcalinos de la serie calcoalcalina. Durante su emplazamiento han sufrido procesos de fraccionación y contaminación en la corteza, dando como resultado granitos metaluminosos y peraluminosos. Los trabajos realizados por el INGEMMET, han permitido la agrupación de las diferentes rocas en unidades y súper unidades, conllevando a determinar tanto las características petrogenéticas, como las relaciones con las mineralizaciones polimetálicas y de elementos estratégicos para cada unidad. La geoquímica de Tierras raras (REE), de la mayoría de unidades plutónicas muestran una componente de subducción, anomalías negativas en Ba, Sr y Eu, ligero empobrecimiento en HREE y altas concentraciones de U, Li, W, Sn, Nb, Cu y Zn.

Abstract

The Eastern Cordillera Batholith includes a large extension of intrusive rocks, which vary compositionally from gabbros to alkaline granite, correspond to the calc-alkaline series, have undergone processes of fractionation and contamination with the crust, being able to correspond to metaluminous and peraluminous granites. The work done by INGEMMET has allowed the grouping of the different rocks in units and super units, leading to determine both the petrogenetic characteristics and the relations with the polymetallic mineralizations and of strategic elements for each unit. The geochemistry of REE shows that most plutonic units have a subduction component, negative anomalies in Ba, Sr and Eu, slight depletion in HREE and high concentrations of U, Li, W, Sn, Nb, Cu and Zn.

Marco Geológico

El área de estudio comprende los afloramientos del Batolito de la Cordillera Oriental entre Marcapata y Limbani (13° 30´ y 14°30´ de latitud Sur). Las rocas más antiguas en esta zona corresponden a las series metamórficas del Complejo Iscaybamba, las cuales son cortadas por intrusivos gneisificados de la Unidad Cadenas (~800 Ma). Las rocas del Paleozoico inferior son el encajonante principal, comprende una gruesa secuencia de pizarras gris oscuras a negras, en algunas zonas con minerales producto de metamorfismo de contacto y fuerte foliación, las que se han atribuido al Grupo San José; sobreyace una potente sucesión de areniscas y cuarcitas grises de la Formación Sandia. El Paleozoico superior está constituido por areniscas y lutitas de los grupos Ambo y Tarma y calizas del Grupo Copacabana. Mientras que el Mesozoico está representado por las secuencias volcanoclásticas del Grupo Mitu. La cobertura cenozoica corresponde a las tobas de la Formación Quenamari.

Resultados

Unidades Magmáticas

Las rocas intrusivas se emplazaron en el Triásico superior (Miskovic, 2009; Reitsma, 2012), formando los plutones de Coasa, Limbani, Aricoma, San Gabán Marcapata y Pumachanca. Los trabajos realizados han permitido determinar las características espaciales, temporales y petrogenéticas de las diferentes intrusiones y asociarlas en unidades y súper unidades, siguiendo la metodología de Cobbing et al. (1977). En resumen, se determinó que en el Triásico se emplazaron las unidades Turamarca, Aricoma, Limbani y la súper unidad Coasa; posteriormente, en el Jurásico las unidades San Gabán, Ojecocha y Ollachea. Finalmente, la Unidad Querayoc de probable edad Cenozoica.
Las variaciones litológicas de cada unidad fueron determinadas mediante estudios detallados de petrografía y el diagrama de multicationes R1 VS R2 (Figura 1)

Unidad Turamarca (236 Ma).- Corresponde a los inicios del plutonismo, se adapta a la serie calcoalcalina y está constituida por gabros, los que presentan cristales de olivinos, piroxenos alterados a cloritas, carbonatos y óxidos de hierro, plagioclasas débilmente alteradas a sericita, carbonatos y arcillas. Así mismo, presentan escasa biotita y anfíboles alterados a cloritas y óxidos de hierro.

Unidad Aricoma (235 – 228 Ma).- Esta unidad está compuesta por monzogranitos con cristales de plagioclasas débilmente alterados a sericita y arcillas, feldespatos potásicos con textura poiquilítica y una alteración incipiente de cloritas, cuarzo intergranular y con textura granofírica por sectores. Se adaptan a la línea de evolución calcoalcalina.

Unidad Limbani (~ 232 Ma).- Constituida de rocas metaígneas de textura inequigranular hipidiomórfica. Compuesta principalmente por plagioclasas con alteración incipiente de sericita, arcillas y cloritas, feldespatos potásicos de textura poiquilitica con inclusiones de biotita, cuarzo y plagioclasas, blastos de cuarzo con extinción ondulante e inclusiones de apatito y zircón. Así mismo se hallan cristales de biotita con inclusiones de apatito, zircón y rutilo reticulado.

Súper Unidad Coasa (227 – 216 Ma).- Esta unidad es la más diferenciada, se constituye de monzogranitos y sienogranitos, los que se caracterizan por presentar cristales de feldespatos potásicos con inclusiones de cuarzo, plagioclasas y biotita con una textura poiquilítica, algunos con exsoluciones de plagioclasas generando la textura pertítica, cuarzo intergranular con inclusiones de apatito, biotita y moscovita, plagioclasas alterados a arcillas y sericita. También se hallan cristales de biotita alteradas a cloritas, epidota, moscovita y óxidos de hierro. Así mismo se observan xenolitos de naturaleza intrusiva, de composición dioritica y monzogranitica.

Unidad San Gabán (198 – 193 Ma).- Se constituye de Roca ígnea intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Se observan cristales de plagioclasas y feldespatos potásicos débilmente alterados a arcillas y sericita, e inclusiones de zircón, cuarzo intersticial intercrecidos con biotita y moscovita. Los cristales de biotita se hallan alterados a cloritas y óxidos de hierro.

Unidad Ojecocha (~189 – 187 Ma).- Comprende rocas ígneas intrusivas con textura granular hipidiomórfica. Se presentan cristales de feldespatos potásicos y plagioclasas alterados a arcillas y sericita; además cristales de cuarzo y en menor proporción cristales de biotita alterados a cloritas y óxidos de hierro; también minerales opacos como inclusiones y en intersticios de los cristales de plagioclasas, feldespatos potásicos y cuarzo.

Unidad Ollachea (192 – 184 Ma).- Unidad constituida por las variedades de sienitas entre Macusani y Ollachea, sus relaciones de contacto indican contemporaneidad con el Grupo Mitu.

Unidad Querayoc (¿Cenozoico?).-Corresponde a stocks granodioríticos de textura granular hipidiomórfica, presentan cristales de feldespatos potásicos y plagioclasas alterados a arcillas y sericita; además cristales de cuarzo y en menor proporción cristales de biotita alterados a cloritas y óxidos de hierro

Mineralización asociada.

La firma de magma fértil o estéril se determinó mediante el cálculo de la anomalía Eu/Eu*, en líneas generales, los magmas de esta zona del Batolito de la Cordillera Oriental, presentan valores menores a 1 para esta anomalía, haciendo una excepción para las rocas de la Unidad Querayoc, cuyos valores son mayores a 1. El valor inferior a 1, sugiere la presencia de agua comagmática en el sistema y el aumento de la fugacidad de oxígeno, lo que hace a estos magmas fértiles para albergar mineralizaciones. El patrón de concentraciones de elementos metálicos y estratégicos muestra altas concentraciones en los elementos Mo, Pb, Sn, W, Li, U, Nb y ligeramente las LREE.

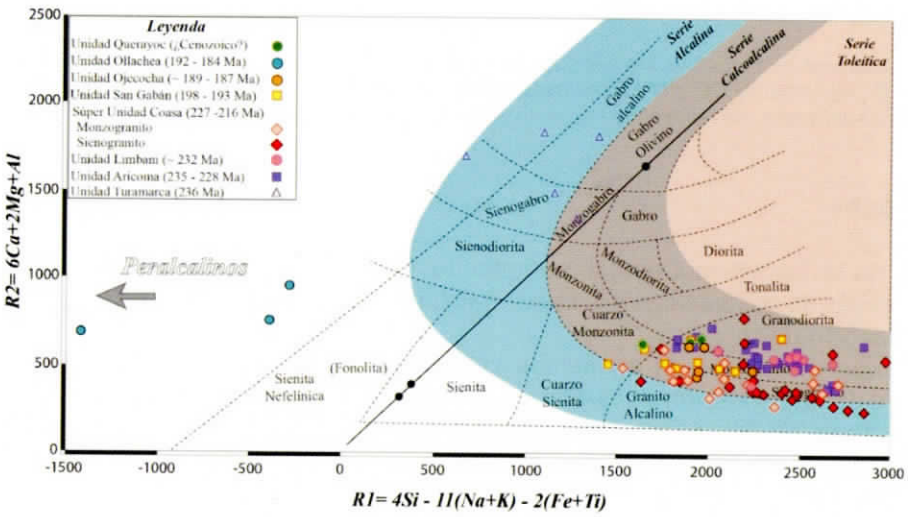

Figura 1.- *Diagrama de clasificación multicatiónica R1 vs R2 (Modificado de De la Roche et al. 1980) para las rocas del Batolito de la Cordillera Oriental, cuadrángulos de Corani (28u), Ayapata (28v) y Limbani (29x).*

Otros elementos como el Cu, Zn, no muestran concentraciones anómalas, por lo que mineralizaciones importantes de estos elementos, así como también de los elementos Ag y Au, estarían relacionados a circulación de fluidos distales o eventos hidrotermales posteriores.Con ayuda del diagrama de Eu/Eu* Vs FeO_{total} (Figura 2A), se establecieron las afinidades minerales de cada unidad.

La Súper Unidad Coasa, muestra afinidad por mineralizaciones de Sn y W, La Unidad Aricoma por el Mo, Limbani asociada a Mo-Zn-Pb, lo mismo que las unidades San Gabán y Ojecocha. La Unidad Querayoc, por su valor de Eu/Eu*, no muestra asociación a algún elemento.

Otro factor importante a considerar, son los procesos que los magmas han sufrido, pues de ellos podemos obtener una visión general de blancos para exploración por los diversos minerales. Los procesos de fraccionación y contaminación fueron determinados con el diagrama Th/Yb Vs Nb/Yb (Figura 2B) normalizados al valor del manto primitivo (McDonough and Sun, 1995). De la figura 2B se puede entender que las principales mineralizaciones de Li, Sn y U están relacionados a las rocas de la Súper Unidad Coasa, la que ha experimentado

procesos continuos de fraccionación. Las mineralizaciones metálicas, aparecen relacionadas a los procesos de contaminación que han sufrido las unidades Aricoma, San Gabán y Coasa, estas mineralizaciones varían de acuerdo al contaminante (C1 y C2). Las importantes concentraciones de Nb y Ta aparecen relacionados a las sienitas Ollachea y las lavas del Complejo Allincapac (Grupo Mitu).

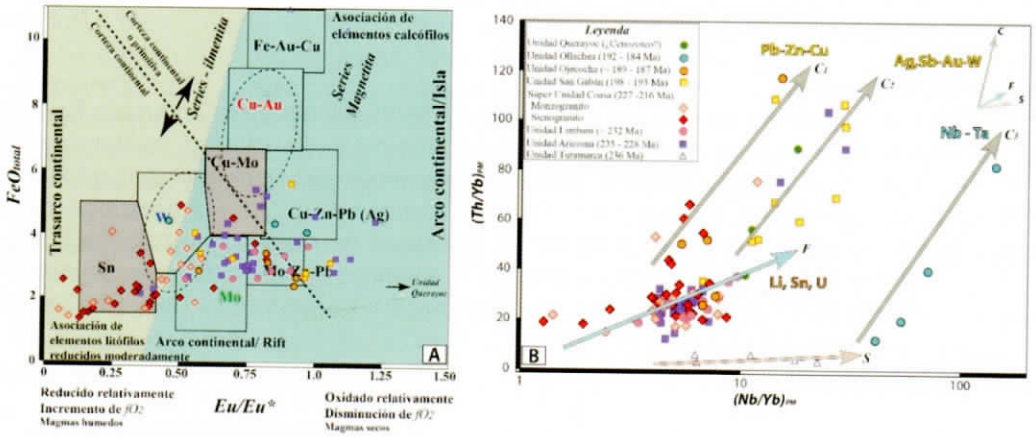

Figura 2A.- *Diagrama de Eu/Eu* Vs FeO_{total} para determinar la mineralización asociada a las diferentes unidades magmáticas.* ***B*** *Diagrama Th/Yb Vs Nb/Yb normalizado al valor del manto primitivo de McDonough and Sun, 1995. Para discriminar procesos mantélicos, de fraccionación y contaminación de los magmas.*

Conclusiones

El Batolito de la Cordillera Oriental, comprende 1 súper unidad y 7 unidades, las que han sufrido procesos de contaminación y fraccionación, los mismos que influyen en las ocurrencias de mineralización polimetálica.
Las altas concentraciones de elementos Li, Sn y U, aparecen asociadas a las rocas con componente de fraccionación de la Súper Unidad Coasa y las Unidades Aricoma y Limbani.
Los altos valores de Nb y Ta están asociados a las sienitas Ollachea, las que han sufrido contaminación con las lavas del Complejo Allincapac, que a su vez presentan también altos valores de Nb-Ta.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a los geólogos Alan Santos y Sandra Choquehuanca, por su ayuda en los trabajos de campo.

Referencias

Cobbing, J., Pitcher,W. and Taylor, W. 1977. Segments and super units in the Coastal Batholith of Perú. University of Chicago; Journal of geology. Vol. 85. P 625-631.

De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. & Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature. Chemical Geology 29, p. 183–210.

McDonough, W.F. and Sun, S. S. 1995. Composition of the Earth. Chemical geology 120:223-235

Miskovic, A., Spikings, R., Chew, D.M., Kosler, J., Ulianov, A., and Schaltegger, U., 2009, Tectonomagmatic evolution of Western Amazonia: Geochemical characterization and zircon U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids: Geological Society of America Bulletin, v. 121, p. 1298-1324.

Reitsma, M.J., 2012. Reconstructing the late Paleozoic-Early Mesozoic plutonic and sedimentary record of South-east Peru: Orphaned Back-arcs along the western margin of Gondwana. PhD thesis Terre&Environment 111. Univeristy of Geneva, Switzerland, P. 22.