

Mineralizaciones de Co en los Depósitos Lateríticos de Ni Tipo Óxido y Silicato Hidratado

/ JOAQUÍN A. PROENZA (1,*), JOSEP ROQUE-ROSELL (2), MANUEL LABRADOR (1), SALVADOR GALÍ (1), ESPERANZA TAULER (1), TAMARA GALLARDO (1), JOHN F. LEWIS (3), FRANCISCO LONGO (4)

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona, c/Martí i Franquès, s/n. 08028, Barcelona (España)

(2) CEMES, Toulouse (France)

(3) Dep. of Earth and Environmental Sciences, George Washington University. Washington (U.S.A)

(4) Falcondo XStrata Nickel, Santo Domingo (Dominican Republic)

INTRODUCCIÓN.

La gran mayoría de los recursos mundiales de cobalto identificados se encuentran en depósitos de lateritas níquelíferas. Las lateritas representan una fuente de obtención de Co de importancia mundial, con leyes que alcanzan hasta ~ 1 % de CoO. En estos depósitos, las mineralizaciones de Co se encuentran asociadas a oxihidróxidos de Mn. Sin embargo, se conoce relativamente poco sobre la mineralogía, su distribución espacial y sobre los mecanismos de precipitación de estas mineralizaciones. El Co puede ser incorporado en óxidos e hidróxidos de Mn (Freyssinet et al., 2005). En la mayoría de los yacimientos lateríticos (con la excepción de los de Nueva Caledonia) no se han realizado estudios detallados con el fin de determinar la naturaleza de estas fases de Mn ricas en Co.

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio detallado sobre la composición mineralógica de las mineralizaciones de Co en depósitos lateríticos de Ni tipo óxido (Moa en Cuba Oriental) y silicato hidratado (Falcondo en República Dominicana) (Lewis et al., 2006). Las muestras fueron investigadas mediante DRX, μ DRX, μ RAMAN, SEM-EDX, μ FRX, and EMPA.

PERFILES LATERÍTICOS ESTUDIADOS.

Las muestras estudiadas provienen de perfiles lateríticos representativos de los depósitos de Cuba Oriental y de República Dominicana. Los yacimientos de Cuba oriental son del tipo óxido, los cuales tienen un gran desarrollo del horizonte limonítico (hasta 50 m) y el Ni está principalmente asociado con goethita y, en menor medida, con oxihidróxidos de Mn (Proenza et al.,

2007a; Roqué-Rosell et al., 2010). En cambio, los depósitos de Falcondo, en República Dominicana, son del tipo silicato hidratado, la mineralización de Ni se encuentra en la parte inferior de la saprolita y está constituida mayoritariamente por silicatos hidratados de Mg-Ni ("garnieritas") (Tauler et al., 2009).

En ambos tipos de perfiles, una parte considerable del Co se localiza predominantemente en la zona de transición entre el horizonte saprolítico y el limonítico. Las zonas ricas en Co presentan un color negro con tonalidades azuladas y la mineralización se presenta como un revestimiento superficial del material saprolítico y/o limonítico, concreciones en diaclasas y rellenando fracturas (Fig. 1). Estos productos negros constituyen excelentes guías de la mineralización.



fig 1. Detalle de afloramientos de la mineralización de oxihidróxidos de Mn ricos en Co.

RESULTADOS.

En los depósitos tipo óxido de Cuba oriental, la mineralización de Co se concentra predominantemente en la parte inferior del horizonte limonítico. El Co se encuentra asociado con óxidos e hidróxidos de Mn, los cuales están íntimamente intercrecidos con óxidos de Fe. Muchas de estas fases de Mn tienen muy baja cristalinidad. Los mapas de distribución de elementos, mediante μ FRX, de todas las áreas ricas en Mn-Co-Ni analizadas, indican una excelente correlación positiva entre el Mn y el Co. Las principales fases de Mn que contienen Co son litioforita $[(Al, Li)MnO_2(OH)_2]$, hasta 8% en peso de Co], asbolana rica en Al $[(Co, Ni)_{1-y}(MnO_2)_{2-x}(OH)_{2-2y+2x}n(H_2O)]$, hasta 8% de Co], productos intermedios entre litioforita y asbolana (llegan a tener hasta 10% de Co; fig.2b, 3), criptomelana y pirocroita (< 1,3% de Co). Mediante μ DRX también se ha identificado la presencia de heterogenite $[CoO(OH)]$.

En los perfiles tipo silicato hidratado estudiados en República Dominicana, la mineralización de Co también se encuentra asociada a fases de Mn y se localiza, en la parte superior del horizonte saprolítico y, en el horizonte limonítico. En el horizonte saprolítico, las fases de Mn-Co reemplazan piroxenos, olivinos y serpentinas, siguiendo bordes de granos y/o fracturas. La mena de Co mayoritaria es la asbolana y, especialmente, la asbolana rica en Ni (hasta 4,3% en peso de Co y 12 wt% Ni; Fig. 2b, 3). Otras fases que contienen Co son heterogenita, productos intermedios entre litioforita y asbolana (hasta 4,25% en Co) y criptomelana. Sin embargo, la litioforita, una fase presente en los depósitos de Moa, no ha sido identificada.

palabras clave: Depósito laterítico de Ni, Menas de cobalto, Asbolana, Litioforita, Cuba, República Dominicana

key words: Nickel laterite deposit, Cobalt ores, Asbolane, Lithiophorite, Cuba, República Dominicana

resumen SEM 2010

* corresponding author: japroenza@ub.edu

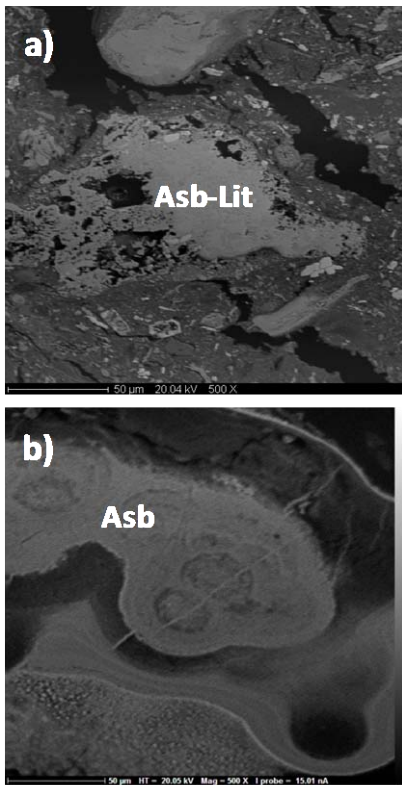


fig 2. Imágenes de electrones retrodispersados de fase de Mn-Co-Ni, de composición intermedia entre litioforita y asbolanas (Asb-Lit) (a), y asbolana rica en Ni (Asb) (b).

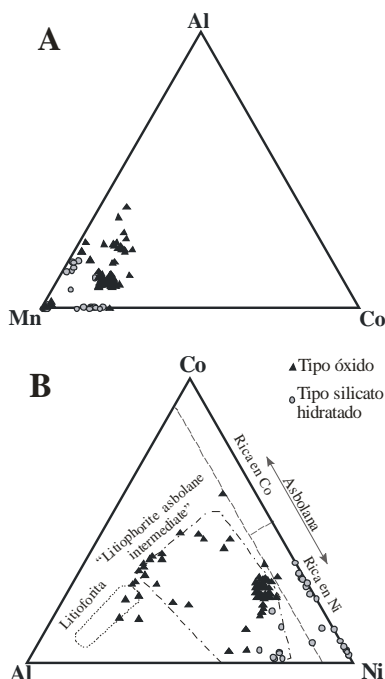


fig 3. Composición química en términos de Mn-Al-Co (A) y en términos de Al-Co-Ni (B) de todas las áreas ricas en Mn-Co-Ni-Al analizadas, mediante microsonda electrónica, en las muestras representativas de las lateritas níquelíferas de Cuba oriental (depósitos tipo óxido) y República Dominicana (depósitos tipo silicato hidratado). Nótese que muchos análisis representan composiciones intermedias entre litioforita y asbolana.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En los depósitos lateríticos tipo óxido y silicato hidratado estudiados, el Co se encuentra sistemáticamente asociado a oxhidróxidos de Mn que suelen estar íntimamente intercrecidos con óxidos de Fe.

La fase con composiciones intermedias entre litioforita y asbolana representa la mayor fuente de Co en los perfiles tipo óxido, mientras que en los tipo silicato hidratado, la fase mayoritaria que contiene Co es la asbolana níquelífera. Nuestros resultados sugieren una serie continua entre litioforita y asbolana (Fig. 3).

La distribución de los minerales de Mn-Co a lo largo del perfil de meteorización puede reflejar variaciones del Eh y pH a lo largo del perfil (p.e. Freyssinet et al., 2005). En los perfiles de República Dominicana, con un gran desarrollo del horizonte saprolítico (pH~8), hay un predominio de asbolana rica en Ni. En cambio, en los perfiles de Cuba oriental, con un gran desarrollo del horizonte limonítico (pH~6 en la zona de limonita inferior), las fases mayoritarias son productos intermedios entre litioforita y asbolana y litioforita. Por tanto, la mineralogía de las fases de Mn-Co indican la siguiente secuencia, desde el horizonte saprolítico al limonítico: asbolana rica en Ni → asbolana-litioforita → litioforita. Una secuencia similar fue establecida por Llorca (1993) en los perfiles lateríticos de Nueva Caledonia.

La litioforita solo ha sido identificada en los perfiles tipo óxido de Cuba Oriental. La presencia de este mineral, junto con el predominio de la fase de composición intermedia entre litioforita y asbolana, implica una considerable disponibilidad de Al en el sistema. La presencia de Al es consistente con el tipo de roca madre a partir del cual se forman los depósitos. En Cuba oriental, los perfiles de meteorización se desarrollan sobre harzburgitas, dunitas y peridotitas impregnadas con plagioclasa y clinopiroxeno (Marchesi et al., 2005). Estas peridotitas con plagioclasa y clinopiroxeno, muy abundantes en las rocas ultramáficas de Cuba oriental, no están presentes en la roca madre de los yacimientos de República Dominicana (Proenza et al., 2007b). Además, la roca madre de los depósitos de Cuba Oriental encajan numerosos cuerpos tabulares de gabros (sills), que están ausentes en

las rocas ultrabásicas de República Dominicana.

En conclusión, la mineralogía de las menas de Co en los depósitos lateríticos de Ni depende de (i) la profundidad a la que se forman dentro del perfil de meteorización, asociado a variaciones del pH (horizonte saprolítico o limonítico) y (ii) la composición de la roca madre (pobre o rica en Al) a partir de la cual se forman los depósitos.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CGL2009-10924.

REFERENCIAS.

- Freyssinet, P.H., Butt, C.R.M., Morris, R.C. (2005): Ore-forming processes related to lateritic weathering. *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 681-722.
- Lewis, J.F., Draper, G., Proenza, J.A., Espallat, J., Jimenez, J. (2006): Ophiolite-Related Ultramafic Rocks (Serpentinities) in the Caribbean Region: A Review of their Occurrence, Composition, Origin, Emplacement and Nickel Laterite Soils. *Geologica Acta*, **4**, 237-263.
- Llorca, S.M (1993): Metallogeny of supergene cobalt mineralization, New Caledonia. *Australian Journal of Earth Sciences*, **40**, 377-385.
- Proenza, J.A., Tauler, E., Melgarejo, J.C., Galí, S., Labrador, M., Marrero, N., Pérez-Melo, N., Rojas-Purón, A.L., Blanco-Moreno, J.A. (2007a): Mineralogy of oxide and hydrous silicate Ni-laterite profiles in Moa Bay area, northeast Cuba. In "Diggin Deeper", C.J. Andrew et al., eds. *Irish Association for Economic Geology, Dublin, Ireland. Vol. 2*, 1389-1392.
- Proenza, J.A., Zaccarini, F., Lewis, J., Longo, F., Garuti, G. (2007b): Chromite composition and platinum-group mineral assemblage of PGE-rich Loma Peguera chromitites, Loma Caribe peridotite, Dominican Republic. *The Canadian Mineralogist*, **45**, 211-228.
- Marchesi, C., Garrido, C.J., Godard, M., Proenza, J.A., Gervilla, F., Blanco-Moreno (2006): Petrogenesis of highly depleted peridotites and gabbroic rocks from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **151**, 717-736.
- Roqué-Rosell, J., Mosselmans, J.F.W., Proenza, J.A., Labrador, M., Galí, S., Atkinson, K.D., Quinn, P.D. (2010): Sorption of Ni by "lithiophorite-asbolane" intermediates in Moa Bay lateritic deposits, eastern Cuba. *Chemical Geology*, doi:10.1016/j.chemgeo.2010.04.006
- Tauler, E., Proenza, J.A., Galí, S., Lewis, J.F., Labrador, M., García-Romero, E., Suarez, M., Longo, F., Bloise, G. (2009): Ni-sepiolite-falcondoite in garnierite mineralization from Falcondo Ni-laterite deposit, Dominican Republic. *Clay Minerals*, **44**, 435-454.