

# Mineralogía del Sc en los depósitos de lateritas de Ni-Co de Moa Bay (Cuba)

Cristina Villanova-de-Benavent (1\*), Diego Domínguez-Carretero (1), Thomas Aiglsperger (2), Xavier Llovet (3), Joaquín A. Proenza (1)

(1) Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (España)

(2) Department of Civil Engineering and Natural Resources. Luleå University of Technology, SE 97187, Luleå (Suecia)

(3) Centres Científics i Tecnològics. Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (España)

\* corresponding author: [cvillanovadb@ub.edu](mailto:cvillanovadb@ub.edu)

**Palabras Clave:** Sc, goethita, maghemita, oxihidróxidos de Mn, meteorización. **Key Words:** Sc, goethite, maghemite, Mn-oxyhydroxides, weathering.

## INTRODUCCIÓN

El escandio (Sc), incluido por varios autores dentro de los elementos de las tierras raras (ETR), es considerado una materia prima crítica estratégica (European Commission, 2023) por sus aplicaciones en la industria aeroespacial (aleaciones de Sc-Al), y en la generación y almacenamiento de energías renovables (p.ej., pilas de combustible de óxido sólido o SOFC, en inglés). La criticidad del Sc se acentúa debido a que actualmente su tasa de entrada de reciclaje al final de su vida útil (EOL-RIR, por sus siglas en inglés) es del 0% (European Commission, 2023). Por otra parte, debido a sus características geoquímicas, se encuentra en proporciones muy bajas y muy disperso en la corteza terrestre (21.9 ppm Sc, Samson & Chassé, 2016). Por eso, siempre se extrae como subproducto de otros metales y materias primas (p. ej., Fe, REE, Ti, Zr, U, Ni, apatito, Al; USGS, 2022).

Aproximadamente el 90 % de la producción mundial de Sc proviene del depósito de REE-Fe-Nb de Bayan Obo (China), seguido por los complejos carbonatíticos-alcalinos de Rusia y Ucrania. A parte de estos yacimientos primarios, existen importantes recursos de Sc en depósitos secundarios, principalmente en lateritas formadas a partir de la meteorización de complejos de tipo Ural-Alaska (p.ej., Chassé et al., 2016) y a partir de complejos ofiolíticos (p.ej., Aiglsperger et al., 2016). De hecho, en el depósito laterítico de Ni-Co de Taganito (Filipinas), se están recuperando 7-8 toneladas/año de óxido de Sc por lixiviación ácida (USGS, 2022).

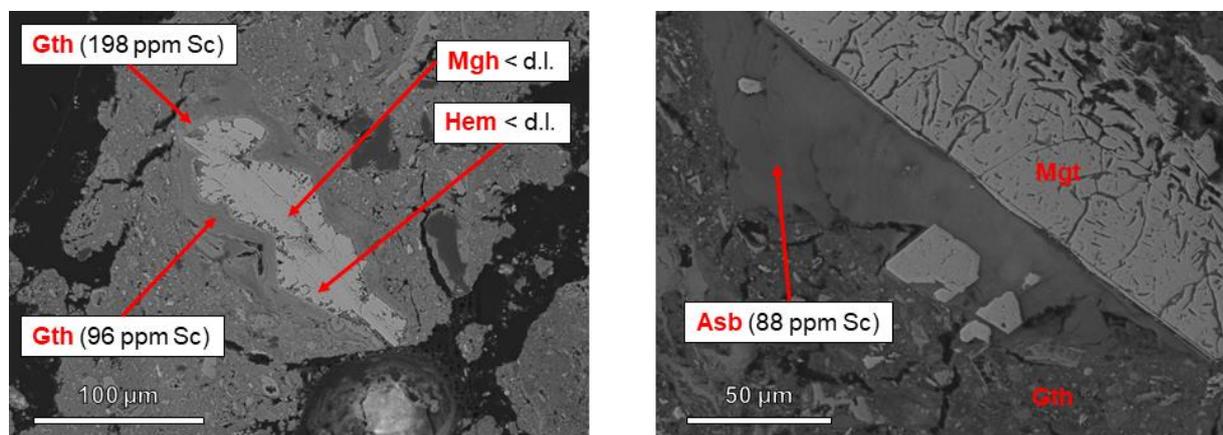
Este trabajo tiene como objetivos estudiar los minerales portadores de Sc en los depósitos lateríticos de Ni-Co del distrito de clase mundial de Moa Bay (SE Cuba), mediante análisis químico de roca total (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente o ICP-MS, y fluorescencia de rayos X o XRF), microscopía electrónica de barrido (SEM) y microsonda electrónica (EMP). Para ello, se han investigado dos perfiles lateríticos de Ni-Co: i) Yagrumaje Norte, de tipo óxido, caracterizado por un horizonte limonítico de gran potencia (y un horizonte saprolítico de poco espesor); y ii) Yamanigüey, de tipo silicato hidratado, con un importante desarrollo del horizonte saprolítico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el perfil de tipo óxido de Yagrumaje Norte, el mayor contenido en Sc se encuentra en la parte alta del horizonte limonítico (~ 100 ppm). Por otro lado, en el perfil de tipo silicato hidratado de Yamanigüey, el contenido en Sc es ligeramente menor que en Yagrumaje Norte (> 100 ppm). La mayor concentración de Sc se encuentra también en el horizonte limonítico, pero en este caso, cerca del contacto con el horizonte saprolítico. Estos valores de Sc son comparables a los obtenidos anteriormente por Aiglsperger et al. (2016) en lateritas de Moa Bay (Cuba) y del distrito minero de Falcondo (República Dominicana).

Geoquímicamente, el Sc presenta una buena correlación positiva con el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (R<sup>2</sup>=0.97), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.80) y MnO (0.80), y negativa con el MgO (0.87) y la SiO<sub>2</sub> (0.77). Estas correlaciones sugieren que las fases portadoras de Sc son mayoritariamente oxihidróxidos de Fe y de Mn.

Los análisis de EMP, realizados a 20 kV y 20 nA, con un haz de 5 µm de diámetro y una duración aproximada de 10 minutos, usando tres espectrómetros para Sc, permiten un límite de detección de alrededor de 50 ppm Sc, indican que la goethita es el principal portador de Sc (con valores entre 96 y 236 ppm Sc), y que los oxihidróxidos de Mn (compuestos intermedios entre asbolana y litioforita) también pueden contener importantes cantidades de Sc (88 ppm Sc). En cambio, el Sc en la hematites y la maghemita está por debajo del límite de detección de la EMP (Fig. 1). Cabe destacar que las goethitas más ricas en Sc también lo son en Al.



**Fig 1.** Imágenes de electrones retrodispersados de los principales portadores de Sc en los depósitos de lateritas niquelíferas de Moa Bay (Cuba). Los valores en ppm de Sc corresponden a datos de EMPA. Leyenda: Gth-goethita, Hem-hematites, Mgh-maghemita, Mgt-magnetita, Asb-asbolana

## CONSIDERACIONES FINALES

En primer lugar, los depósitos lateríticos de Ni-Co de Moa Bay (Cuba) son una potencial fuente de Sc como subproducto de la extracción de Ni y Co, especialmente el horizonte limonítico, ya que contiene las mayores concentraciones de estos tres elementos. En segundo lugar, este trabajo pone de manifiesto que la mineralogía de Sc en los perfiles lateríticos de Ni-Co es compleja, y que los mayores contenidos de Sc se encuentran en goethita rica en Al y en compuestos intermedios asbolana-litioforita. Su correcta identificación es crucial para comprender la movilidad de este elemento en los ambientes supergénicos, y tiene implicaciones en el diseño de procesos de extracción eficientes. Finalmente, son necesarios estudios de mayor resolución que permitan establecer cómo se encuentra el Sc en estas fases minerales portadoras, ya sea en solución sólida (p.ej., Levard et al., 2018), adsorbido en la superficie (Chassé et al., 2016) o como nanopartículas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto de I+D+i PID2019-105625RB-C21 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/, y las “Ayudas Predoctorales 2020” (PRE 2020-092140) del Ministerio de Ciencia e Innovación”.

## REFERENCIAS

- Aiglsperger, T., Proenza, J.A., Lewis, J.F., Labrador, M., Svojtka, M., Rojas-Purón, A., Longo, F., Ďurišová, J. (2016): Critical metals (REE, Sc, PGE) in Ni laterites from Cuba and the Dominican Republic. *Ore Geol. Rev.*, **73**, 127–147.
- Chassé, M., Griffin, W.L., Y. O'Reilly, S., Calas, G. (2016): Scandium Speciation in a World-Class Lateritic Deposit. *Geochem. Persp. Lett.*, **3**, 105-114.
- European Commission (2023): Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020.
- Levard, C., Borschneck, D., Grauby, O., Rose, J., Ambrosi, J.P. (2018): Goethite, a tailor-made host for the critical metal scandium: The  $Fe_xSc_{(1-x)}OOH$  solid solution. *Geochem. Persp. Lett.*, **9**, 16-20.
- Samson, I.M. & Chassé, M. (2016): Scandium, en: White, W.M. (Ed.), *Encyclopedia of Geochemistry*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland, p. 1–5.
- USGS (2022): Mineral Commodity Summaries – Scandium.