

Las costras de hierro-manganeso de los montes submarinos canarios como fuente de metales estratégicos y de tierras raras

/ EGIDIO MARINO (1*), FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ (1), ROSARIO LUNAR (2), LUIS SOMOZA (1), EVA BELLIDO (1), MERCEDES CASTILLO CARRIÓN (1), JESÚS REYES (1)

(1) Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23. 28003, Madrid (España)

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía e Instituto de Geociencias (IGEO). Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais. 28040, Madrid (España)

INTRODUCCIÓN

Los montes y bancos submarinos, presentes en todos los océanos del mundo, albergan en sus cimas y flancos grandes volúmenes de costras de Fe-Mn. En su interior se concentran elevados porcentajes de elementos como Ni, Cu, Ti, V y sobre todo Co por lo que también se las conoce como costras cobaltíferas o polimetálicas (Hein et al., 2010; 2013). Además de estos metales las costras aglutinan cantidades significativas de elementos del grupo del platino (PGE) y tierras raras (REEs). Los yacimientos de costras de Fe-Mn son la principal fuente de cobalto conocida en la Tierra. Europa tiene una alta dependencia de terceros países en el aprovisionamiento de estos metales, necesarios para los desarrollos de alta tecnología. Todos estos aspectos hacen de las costras de Fe-Mn una potencial fuente de elementos estratégicos pero su formación es todavía objeto de

estudio y discusión científica (Baturin, 1988; Hein et al., 1997; 2013, Rona, 2008; González et al., 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se basa en el estudio realizado en 16 costras de Fe-Mn recogidas por el Instituto Geológico y Minero de España en la campaña oceanográfica DRAGO a bordo del B.O. Miguel Oliver. Se muestrearon costras y rocas volcánicas en 5 montes submarinos situados entre las latitudes 23°-26° N al suroeste del archipiélago canario (Fig. 1). Los resultados obtenidos han permitido un conocimiento preliminar de las costras polimetálicas para cuantificar el contenido y distribución de elementos de interés estratégico.

Las muestras han sido estudiadas mediante microscopía óptica, difracción de rayos X, microsonda electrónica, espectrometría de fluorescencia de

rayos X (WD XRF), de masas (ICP-MS) y de absorción atómica (AAS), técnicas que han permitido conocer la mineralogía, petrografía y geoquímica de las costras. Además, se ha realizado análisis mediante ICP-MS, previa concentración, para la cuantificación de los PGE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las costras de Fe-Mn forman recubrimientos en forma de pavimentos botroidales, de hasta 20 cm de espesor, sobre sustratos de rocas volcánicas alcalinas de los montes submarinos canarios (Fig. 2). La mineralogía de las costras está representada por una mezcla de oxi-hidróxidos de hierro y manganeso entre los que se han podido reconocer vernadita, todorokita, buserita y goethita entre otros. La presencia de un mineral u otro depende fuertemente del tipo de proceso que ha generado las costras: hidrogenético, diagenético, hidrotermal (Koschinsky et al., 1996; Hein et al., 2000; Hein, 2004).

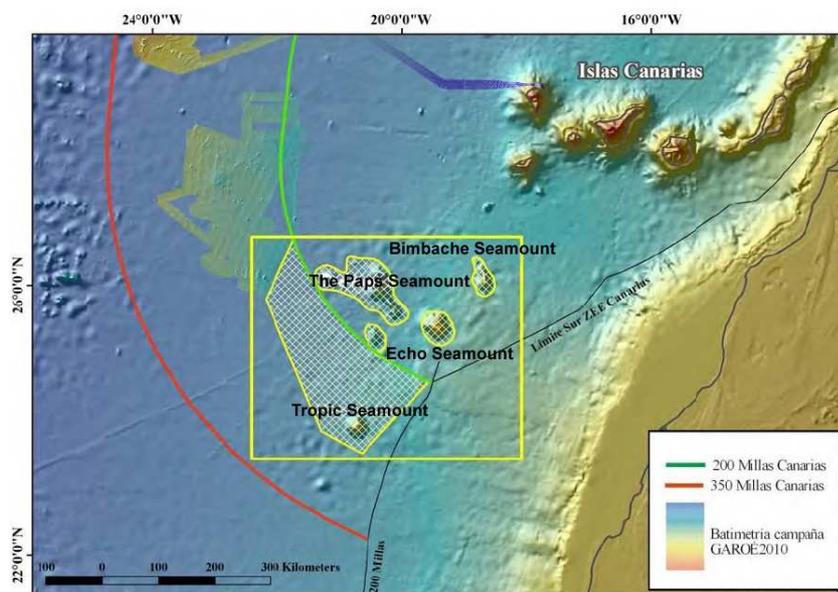


Fig 1. Zona objetivo de la campaña DRAGO, se han marcado los polígonos específicos en dónde se ha desarrollado el estudio y los distintos montes submarinos presente en la región: Bimbache, The Paps, Echo, Tropic y otras elevaciones menores (Vázquez et al., 2011)



Fig 2. Muestra de costra de Fe-Mn botroidal estudiada en este trabajo.

Los contenidos medios de metales obtenidos han sido: Fe₂O₃ 29%, MnO 18%, TiO 1.5%, Co 0.42%, Ni 0.24%, V 0.2% en peso, además de cantidades apreciables de REEs (Ej. 300 ppm La, 1450 ppm Ce, ΣREEs 2523 ppm).

palabras clave: Costras de ferromanganeso ricas en cobalto, Elementos Estratégicos, minería submarina, montes submarinos, océano Atlántico.

key words: Co-rich ferromanganese crusts, Raw Materials, deep-sea mining, seamounts, Atlantic Ocean.

Esta geoquímica se encuentra en consonancia con la característica de las costras de Fe-Mn de origen mayoritariamente hidrogenético (Fig. 3) (Hein, 2004; Rona, 2008). Los PGE tienen una media de concentración de 3 órdenes de magnitud superior al valor medio de la corteza terrestre para Pt, Rh, Ru (respectivamente 163, 13 y 11.5 ppb de media) y de 2 órdenes de magnitud mayor para Ir, Pd y Os (3.5, 14 y 1 ppb).



Fig 3. Estructura interna de una costra de Fe-Mn con texturas laminar y columnar y con alto contenido en cobalto. Fotomicrografía EPMA.

Se observa una fuerte dependencia mineralógica que explica la geoquímica de las costras polimetálicas estudiadas. Los oxi-hidróxidos de Mn se comportan como “esponjas” para los elementos incompatibles. Este comportamiento fuertemente calcófilo hace que los elementos disueltos en las aguas marinas se vean atraídos y queden englobados en la estructura de estos minerales (Hein et al., 2000).

La formación de grandes cantidades de óxidos e hidróxidos de Mn es un tema todavía en discusión. Una de las teorías más aceptadas hasta ahora sugiere la formación de coloides de oxi-hidróxidos tanto de Fe como de Mn (Hein et al., 1997) y en algunos casos la participación de microorganismos, que favorecen la concentración de determinados elementos (González et al., 2010). La interacción de estos coloides permite la formación de minerales intercrecidos en cuya estructura se ven atrapados los elementos incompatibles disueltos en las aguas marinas.

La formación de grandes espesores de costras polimetálicas depende fuertemente de la profundidad llegando a más de 4500 m y concentrándose las costras de mayor grosor entre los 900 y

2500 m de profundidad. Además diferentes autores han demostrado que las concentraciones de elementos como Co y Ni disminuye con la profundidad a partir de los 2500 m (Halbach et al., 1986; Aplin & Cronan 1985; De Carlo et al., 1987).

La formación hidrogenética de costras, con una lenta tasa de crecimiento (0.5 a 15 mm/Ma) sobre las rocas volcánicas de los montes submarinos habría permitido el enriquecimiento en elementos estratégicos. Puntualmente pueden contener aportes que podrían ser de origen hidrotermal debido a periodos de actividad volcánica submarina.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio preliminar de las costras de Fe-Mn indica altas concentraciones de metales estratégicos localizados en los montes submarinos canarios. Los oxi-hidróxidos de Fe-Mn concentran Co, Ni, V, PGE y REEs hasta valores de varios órdenes de magnitud mayores respecto a algunos yacimientos terrestres. El estudio geoquímico y mineralógico de las muestras ha permitido definir un modelo de formación hidrogenético teniendo en cuenta las concentraciones de elementos cuales Fe, Mn, Co, Ni, Cu, La y Ce. Los análisis preliminares realizados no han llegado a discriminar si en su formación han participado solo procesos químico-mineralógicos o si también ha habido participación de microorganismos, dejando el tema abierto para futuros estudios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos SUBVENT (CGL2012-39524-C02-02) y de Ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias (CTM2010-09496-E).

REFERENCIAS

- Aplin, A. C. & Cronan, D. S. (1985): *Ferromanganese oxide deposits from the Central Pacific Ocean, I. Encrustations from the Line Island archipelago*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **49**, 427-436.
- Baturin, G.N. (1988): *The Geochemistry of Manganese and Manganese Nodules in the Ocean*. D. Riedel Publ. Co. 342 pp.
- De Carlo, E. H., Pennywell, P. A., Fraley, C. M. (1987): *Geochemistry of ferromanganese deposits from the Kiribati and Tuvalu region of the west central Pacific Ocean*. *Marine Mining*, **6**, 301-321.
- González, F.J., Somoza, L., Lunar, R., Martínez-

Frías, J., Martín Rubí, J.A., Torres, T., Ortiz, J.E., Díaz-del-Río, V. (2010): *Internal features, mineralogy and geochemistry of ferromanganese nodules from the Gulf of Cadiz: the role of the Mediterranean Outflow Water undercurrent*. *Journal of Marine System* **80**, 203-218.

González, F.J., Somoza, L., León, R., Medialdea, T., Torres, T., Ortiz, J.E., Lunar, R., Martínez-Frías, J., Merinero, R. (2012): *Ferromanganese nodules and microhardgrounds associated with the Cadiz Contourite Channel (NE Atlantic): palaeoenvironmental records of fluid venting and bottom currents*. *Chemical Geology* **310-311**, 56-78.

Halbach, P. (1986): *Processes controlling the heavy metal distribution in pacific ferromanganese nodules and crusts*. *Geologisches Rundschau*, **75**, 235-247

Hein, J.R., Koschinsky, A., Halbach, P., Manheim, F.T., Bau, M., Kang, J.-K., Lubick, N. (1997): *Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific*. In: Nicholson, K., Hein, J.R., Bunn, B., Dasgupta, S. (Eds.), *Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits*. Special Publication Geological Society of London, London, vol. **119**, pp. 123-138.

Hein, J.R., Koschinsky, A., Bau, M., Manheim, F.T., Kang, J.-K., Roberts, L. (2000): *Co-rich ferromanganese crusts in the Pacific*. In: Cronan, D.S. (Ed.), *Handbook of Marine Mineral Deposits*. CRC Marine Science Series. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 239-279.

Hein, J.R. (2004): *Cobalt-rich ferromanganese crusts: global distribution, composition, origin and research activities*, in: ISA (Ed.), *Minerals other than polymetallic nodules of the International Seabed Area*. Workshop Report, Kingston, Jamaica, pp. 188-272.

Hein, R.J., Mizell, K., Koschinsky, A., Conrad, T.A. (2013): *Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources*. *Ore Geology Reviews* **51**, 1-14.

Koschinsky, A., Halbach, P., Hein, J.R., Mangini, A. (1996): *Ferromanganese crusts as indicators for paleoceanographic events in the NE Atlantic*. *Geologische Rundschau* **85**, 567-576.

Rona, P.A. (2008): *The changing vision of marine minerals*. *Ore Geology Reviews* **33**, 618-666.

Vázquez, J.T. y Equipo Científico de la Campaña Drago (2011): *Informe Científico-Técnico de la Campaña Oceanográfica DRAGO 2011. Ampliación de la Plataforma Continental de España al Oeste de las Islas Canarias*. Repositorio IEO, pp. 273. URL: <http://hdl.handle.net/10508/451>