

Cartografía SIG de Recursos Geológicos Marinos en la Provincia de Montes Submarinos de las Islas Canarias

/ IKER BLASCO DEL BARRIO (1*), FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ (1), LUIS SOMOZA (1), TERESA MEDIALDEA (1), EGIDIO MARINO (2), LORENA BLANCO (1)

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

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas (UCM). C/José Antonio Novais, 12, 28040, Madrid (España)

INTRODUCCIÓN

Los montes submarinos son elevaciones topográficas presentes en todos los océanos del mundo. Estos albergan en sus cimas y flancos, depósitos de nódulos y costras de Fe-Mn, fosforitas y sulfuros (Hein et al., 2013), cuyo interés se centra en los altos contenidos de elementos raros y estratégicos como: Ni, Cu, Ti, V, Co, elementos del grupo del platino (PGEs) y tierras raras (REEs). Estos elementos son necesarios para el desarrollo de la industria de alta tecnología y de los cuales, el continente europeo es deficitario. Sin embargo, muchos de esos depósitos minerales permanecen inexplorados y la formación de yacimientos es todavía objeto de estudio y discusión.

En la región oceánica de Canarias (Atlántico Central NE), existe un conjunto de más de 100 montes y relieves submarinos elevados hasta 3000 m por encima de los fondos marinos. Estas estructuras están siendo exploradas dado que presentan depósitos minerales de interés científico y económico (Manzanares et al., 2013; González et al., 2014; 2015; Marino et al., 2017).

El presente trabajo tiene por objetivo la generación de una infraestructura de conocimiento sobre los depósitos minerales, y otros recursos geológicos de la Provincia Volcánica de las Islas Canarias, mediante la implementación de un sistema de información geográfica (SIG), que comprende una extensa base de datos entre los que se incluyen datos geofísicos, geoquímicos, mineralógicos y petrográficos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El margen de las Islas Canarias (Fig. 1) se localiza en una zona de intraplaca, donde abundan los montes submarinos y edificios volcánicos, algunos de los

cuales han sufrido grandes deslizamientos submarinos (Carracedo, 2002). En estos montes submarinos se encuentran extensos depósitos minerales de costras de ferromanganeso y nódulos, formados durante el Cenozoico y asociados a procesos hidrotermales, hidrogenéticos y diagenéticos (Marino et al., 2017).

METODOLOGÍA

Fuentes de Información

Este trabajo se ha basado en los estudios de las muestras obtenidas en las campañas oceanográficas DRAGO_0511 (2011), MAEC-SUBVENT_1 (2013) y SUBVENT_2 (2014), realizadas en el marco del proyecto SUBVENT, en el que participa el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

El área de estudio se sitúa entre el margen continental africano y la llanura abisal (Figs. 1 y 2). En esta área, todos los depósitos minerales, rocas y sedimentos investigados y

caracterizados se han catalogado y georreferenciado.

La información obtenida de las muestras se ha organizado tomando como base el proyecto europeo EMODnet-Geology (González et al., 2015; Medialdea et al., 2015; EMODnet-Geology, 2017). La principal fuente de información cartográfica de este trabajo son los diferentes proyectos realizados por el IGME, el Programa de cartografía de fondos marinos FOMAR a escala 1:200.000, los trabajos realizados por la Dirección General de Costas (MAGRAMA, 2015) y el Inventario Nacional de Hidrocarburos (MINETUR, 2015). Otras fuentes adicionales para la obtención de datos son las bases de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA), artículos científicos y tesis doctorales.

Visualización de los datos

La cartografía y visualización de los datos ha sido definido en base a una temática estándar (Recursos Geológicos y Minerales) y una escala común para la

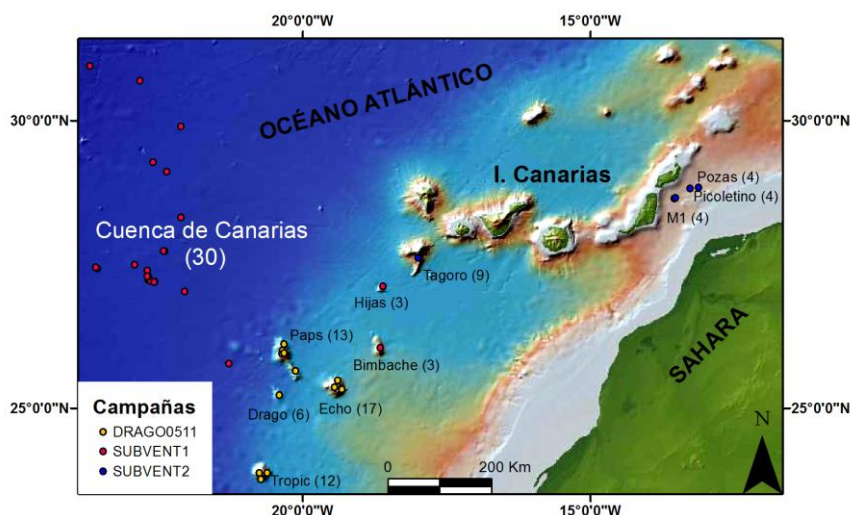


fig 1. Localización del área de estudio con el número de muestras de sedimentos y rocas encajantes (entre paréntesis) tomadas en las campañas oceanográficas e incorporadas a la cartografía SIG.

palabras clave: Monte submarino, SIG, Mineralización, Testigo, Rocas, Bases de datos, Islas Canarias.

key words: Seamount, GIS, Mineralization, Core, Rocks, Data bases, Canary Islands.

región de Canarias (Atlántico Central NE).

Los resultados obtenidos del estudio de las muestras y datos de campaña han sido clasificados en relación a 5 grupos de información que incluyen: datos generales, propiedades físicas, mineralogía, geoquímica y acrónimos. Dentro de esos grupos de información se pueden destacar atributos como datos generales de campaña, estación y técnica de muestreo, nombre de la muestra, coordenadas geográficas, datos geofísicos, características geográficas, región oceánica, tipo de depósito, litología superficial, morfología de las muestras, dimensiones, color superficial, peso, esfericidad, densidad, porosidad, textura superficial, estructura interna, tipo de núcleo, minerales esenciales, accesorios y ocasionales, rasgos texturales, elementos geoquímicos mayoritarios, minoritarios y trazas, (incluyendo PGEs y REEs), geoquímica orgánica, métodos analíticos e informes y documentos adjuntos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio comprende más de 100 montes y relieves submarinos, distribuidos a lo largo de unos 1300 Km. Se han estudiado muestras que cubren un área de 5697 Km² en los montes submarinos, con profundidades comprendidas entre 4400 y 100 m, cubiertos por depósitos ricos en Co y otros metales de interés. Las muestras obtenidas se localizan en estructuras volcánicas submarinas tales como los montes Picoletino y M1 al E de las Islas de Lanzarote y Fuerteventura; los montes submarinos del suroeste de las Canarias denominados Echo, Paps,

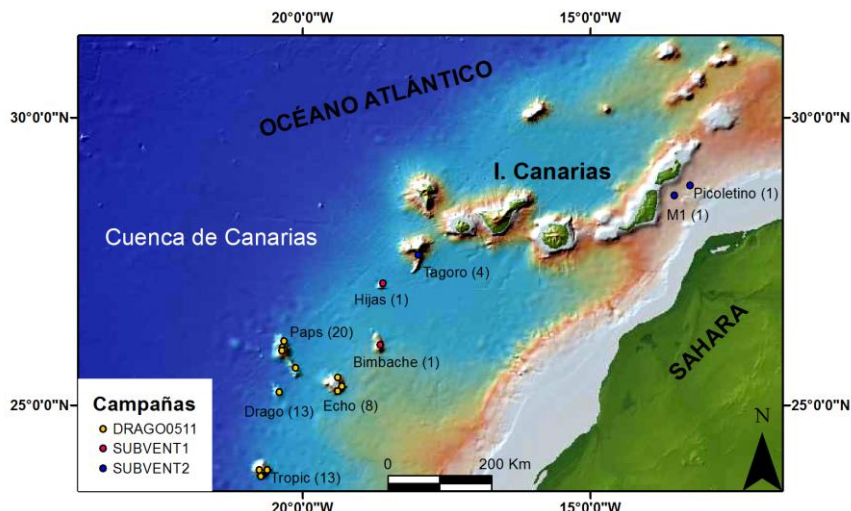


fig 2. Ubicación de las mineralizaciones obtenidas en las diferentes campañas oceanográficas y estudiadas en el laboratorio (entre paréntesis) en relación a los montes submarinos representados en el SIG.

Tropic, Drago, Las Hijas y Bimbache y los volcanes submarinos profundos y estructuras asociadas denominados Garoe y Tenores 1, 2 y 3 en la Cuenca de Canarias, al oeste de La Palma y El Hierro.

Se han documentado un total de 167 muestras estudiadas en el laboratorio, de las cuales 105 corresponden a sedimento y rocas encajantes (Fig. 1) y las 62 restantes son muestras de mineralizaciones (Fig. 2).

Entre las muestras de rocas encajantes y sedimentos, 64 se tomaron con dragas de arrastre bentónico a profundidades comprendidas entre 4850 y 314 m, 20 muestras se muestrearon con un vehículo submarino (ROV) a profundidades entre 1278 y 89 m y se realizaron 20 testigos de gravedad a profundidades comprendidas entre 5472 y 1860 m. 4096 sub-muestras procedentes de los

testigos se han estudiado mediante análisis geoquímico inorgánico multielemental (WD FRX) y en 99 sub-muestras más se determinó el contenido de compuestos orgánicos (biomarcadores, GC-MS).

En relación a las mineralizaciones, 56 muestras se obtuvieron mediante dragas de arrastre bentónico, a profundidades comprendidas entre 3010 y 1593 m, de las que se han obtenido 15 sub-muestras para análisis complementarios; y 14 muestras se seleccionaron con el ROV, a profundidades entre 1126 y 89 m, de las cuales se obtuvieron 9 sub-muestras para estudios de detalle.

Entre las muestras de mineralizaciones destacan las costras Fe-Mn tomadas en los montes submarinos Echo, Paps, Drago, Tropic, Bimbache y Las Hijas. Algunas de las muestras obtenidas en los montes Echo y Tropic se han descrito como fosforitas, mientras que en el monte Drago, hay cineritas volcánicas sulfuradas y oxidadas. Las muestras pertenecientes al volcán Tagoro y a los montes M1 y Picoletino (próximos a las Islas Canarias) están constituidas por sedimentos metalíferos.

La morfología de las muestras, exceptuando los sedimentos metalíferos procedentes de los montes Picoletino, M1 y el volcán Tagoro (que forman desde geles a sedimentos embebidos en agua), se describe como tabular mayoritariamente, con una textura superficial botroidal y estructura interna laminar. Los espesores medios de las costras de ferromanganeso son de 3-5 cm oscilando entre milimétrico, en la

Estructurasu bmarlna	%Fe	%Mn	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	REEs (µg/g)	PGEs (ng/g)
Echo	18.4	12.7	3482	2173	2226	170
Paps	20.2	14.4	4645	2972	2472	226
Drago	21.9	14.8	4471	2447	2729	236
Tropic	20.9	14.9	4382	2345	2710	226
Bimbache	20.2	14.1	4221	2198	2431	309
Las Hijas	20.2	13.7	4120	2427	2440	232
Tagoro	31.3	0.8	52	61	90	—
M1	10.4	0.3	71	141	247	—
Picoletino	11.6	0.06	67	44	72	—

Tabla 1. Composición elemental media de Fe, Mn, Co, Ni, REEs y PGEs en las muestras de mineralizaciones estudiadas e incorporadas al SIG, con respecto a las estructuras submarinas muestreadas

cumbre del monte Echo, a unos 25 cm para algunas muestras del monte submarino Drago.

Los resultados mineralógicos de las muestras de costras de Fe-Mn muestran la predominancia de la goethita así como algunas fases de oxihidróxidos de Mn como la vernadita y la asbolana. En algunas muestras aparecen contenidos apreciables de cuarzo, calcita, filosilicatos y plagioclasa, principalmente. Destacar que en los montes submarinos Drago, Paps y Tropic se detectaron contenidos relativamente abundantes de todorokita.

Las mineralizaciones de fosforitas están esencialmente constituidas por carbonato-flúor-apatito y calcita. Las muestras de sedimentos metalíferos en el monte Picoletino están compuestas por abundantes hematites, piritita y magnesioferrita. Los geles ferruginosos del volcán submarino Tagoro son ricos en ferrihidrita, opalo y anhidrita, siendo minoritaria la piritita.

En base al estudio elemental sobre las mineralizaciones de ferromanganeso, el Co tiene una abundancia entre 6660-1 µg/g. Los contenidos del Fe y Mn oscilan entre 31.3-10.4% y 14.9-0.06%, respectivamente. Los contenidos de Ni oscilan entre 2972-44 µg/g, las REEs entre 2729-72 µg/g y los PGEs varían entre 309-170 ng/g (Tabla 1). En las mineralizaciones de fosforitas se han obtenido porcentajes de P₂O₅ de hasta el 18%.

Se puede observar que a medida que aumentan los porcentajes de Mn y Fe en las mineralizaciones de costras, se produce un aumento de los contenidos en las restantes familias de metales analizados y que están ligados a estos mismos elementos, en consonancia con los resultados obtenidos por Marino et al (2016). Precisamente en las costras de Fe-Mn de los montes submarinos más distales al archipiélago canario, se observó un mayor contenido en Co (hasta 0.7%), Ni (hasta 0.5%), REEs (hasta 0.3%) y PGE (hasta 401 ng/g). Sin embargo los sedimentos metalíferos de los montes más próximos a las Islas, tienen cantidades inferiores de Co (100-1 µg/g), Ni (126-4 µg/g) y REEs (286.3-15 µg/g) (Tabla 1).

Entre las muestras de rocas encajantes se encuentran rocas volcánicas alcalinas (ej. basanitas, basaltos, traquitas y fonolitas) fosforitas y sedimentos carbonatados semiconsolidados. Los

sedimentos de los testigos de gravedad están compuestos por fangos hemipelágicos silicatados a carbonatados con diferentes grados de bioturbación, sedimentos de debris (con fragmentos de rocas volcánicas) e intercalaciones de cineritas y tefras en algunos de ellos.

Los resultados mineralógicos de las rocas volcánicas encajantes de las mineralizaciones muestran diferentes grados de alteración en las mismas. Las rocas basánicas del volcán Tagoro tienen buen estado de preservación del olivino, piroxeno, magnetita y plagioclasas; sin embargo, la alteración es muy acusada en la mayoría de basaltos y brechas volcanoclasticas de los montes submarinos Echo o Tropic por ejemplo, donde el olivino (forsterita) está parcial a totalmente transformado en idingsita así como los feldespatos o vidrios volcánicos están fuertemente alterados.

Un grado de alteración menor se observa en la mineralogía de las lavas basánicas recogidas en los volcanes submarinos profundos denominados Tenores 1, 2 y 3 (Cuenca de Canarias). Estos diferentes grados de alteración observados en las rocas volcánicas, deben obedecer a los diferentes tiempos de exposición de las mismas a procesos hidrotermales y diagenéticos, por lo que podría deducirse que tienen desigual antigüedad. Este supuesto deberá ser confirmado con estudios geocronológicos.

CONSIDERACIONES FINALES

Los trabajos de estudio de muestras geológicas de mineralizaciones y rocas y sedimentos marinos de la Provincia de montes submarinos de Canarias, han comenzado a implementarse en un SIG. Para ello se han creado bases de datos con atributos que obedecen a estándares internacionales, y se ha iniciado la representación cartográfica en un SIG de todas las muestras estudiadas hasta la actualidad. Hasta el momento se han incorporado en el SIG un total de 167 muestras y 4218 submuestras han sido estudiadas e implementadas en el SIG. La base de datos será periódicamente actualizada y mejorada con el fin de obtener productos cartográficos tales como mapas de minerales estratégicos, atlas de mineralizaciones, mapas metalogenéticos y de potencial minero submarino, etc. Esta cartografía SIG preliminar pretende ser de utilidad para

la generación de infraestructuras de conocimiento, para la gestión de los recursos y para la planificación de campañas científico-técnicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos SUBVENT (CGL2012-39524-C02-02); Ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias (CTM2010 - 09496-E); EMODnet-Geology (2012/S96-158476) y por el proyecto de Garantía Juvenil en I+D+I (PEJ-2014-A-57173).

REFERENCIAS

- Carracedo, J.C. (2002): *Cenozoic volcanism II: The Canary Islands*, in "The Geology of Spain", W. Gibbons & T. Moreno, eds. Geological Society, London, 439-472.
- EMODnet-Geology, European Marine Observation and Data Network, (2017): <http://www.emodnet-geology.eu/emodnet/srv/eng/home>
- González, F.J., Somoza, L., Lunar, R., Martínez-Frías, J., Medialdea, T., León, R., Martín-Rubí, J.A., Torres, T., Ortiz, J.E., Marino, E., (2014): *Polymetallic ferromanganese deposits research on the Atlantic Spanish continental margin*. in: "43rd Underwater Mining Institute Conference", J.R. Hein, F.J.A.S. Barriga, C.L. Morgan, eds. Lisbon.
- González, F., Medialdea, T., Gómez-Ramos, G., Somoza, L., Marino, E., León, R. (2015): *Primer catálogo de mineralizaciones submarinas en España: Proyecto EMODnet-Geology. VIII Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico (MIA15)* 695-698.
- 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 Geol. Rev.*, **51**, 1-14.
- Marino, E., Gonzalez, F.J., Somoza, L., Vazquez, J., Bellido, E. (2017): *Strategic and rare elements in Cretaceous-Cenozoic cobalt-rich ferromanganese crusts from seamounts in the Canary Island Seamount Province (northeastern tropical Atlantic)*. *Ore Geol. Rev.*, **87**, 41-61.
- Manzanares, A., González, F.J., Somoza, L., Farjas, M., León, R., Medialdea, T. (2013): *Potencial de la minería submarina: Aplicación SIG para el estudio previo de contratos de exploración de costras de ferromanganeso con alto contenido en los fondos marinos internacionales conforme al código minero regulado por la AIFM (Kingston, Jamaica)*. XIII Congreso Internacional en Energía y Recursos Naturales, Santander, Cantabria.
- Medialdea, T., Giménez Moreno, J., Somoza, L., León, R., González, F.J. (2015): *El Proyecto EMODnet: una iniciativa para el desarrollo del conocimiento geológico de los mares europeos*. *Comunicaciones VIII Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico (MIA15)*, pp. 449-451.