

Estudio Geoquímico de los Sondeos Obtenidos en el Volcán Submarino Tenor 1 (Islas Canarias)

/ LORENA BLANCO (1*), FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ (1), JOSÉ EUGENIO ORTIZ (2), TERESA MEDIALDEA (1), LUIS SOMOZA (1), JUAN-TOMÁS VÁZQUEZ (3), TRINIDAD DE TORRES (2), EGIDIO MARINO (4), ENRIQUE LÓPEZ-PAMO (1), ESTHER SANTOFIMIA (1), IKER BLASCO (1)

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

(2) Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. E.T.S.I. Minas y Energía (UPM). C/Ríos Rosas, 21. 28003, Madrid (España)

(3) Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Málaga. Puerto Pesquero, s/n. 29640, Fuengirola (España)

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

INTRODUCCIÓN

El margen de las Islas Canarias se caracteriza por un importante volcanismo intraplaca (Carracedo, 2002). Como consecuencia de ello, en esta zona se han formado numerosos montes submarinos y edificios volcánicos (Fig. 1A) donde se producen procesos de mineralización hidrotermales, hidrogenéticos y diagenéticos (González *et al.*, 2015).

En este trabajo se estudiaron dos testigos de sondeo obtenidos en un cono volcánico-hidrotermal denominado Tenor 1 (Fig. 1A y B), de 120 m de altura sobre la superficie del fondo adyacente que se encuentra a 4875 m de profundidad. El estudio consistió en una caracterización geoquímica orgánica e inorgánica de los materiales de ambos sondeos, con el fin de evaluar y comparar facies y procesos geológicos

y oceanográficos. Este estudio se basó en el análisis de elementos silicatados y carbonatados, así como de biomarcadores (ácidos *n*-alcanoicos y *n*-alcanos), indicativos de la presencia de hidrocarburos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los testigos de gravedad se obtuvieron durante la campaña oceanográfica SUBVENT_1 (2013) a bordo del B.I.O. Hespérides. Durante la expedición se descubrió y se muestreó el cono volcánico Tenor 1 (Vázquez *et al.*, 2013) en dos puntos distintos de la estructura separados 625 m (Fig. 1A y B):

- TG16, sondeo más distal y de 2.80 m de longitud (27° 18.53' N y 22° 42.77' W).
- TG18, sondeo obtenido en un anillo de alteración hidrotermal que rodea el

como volcánico y con 2.58 m de longitud (27° 18.52' N y 22° 43.39' W).

Análisis de biomarcadores

Se emplearon 13 biomarcadores de cada testigo. El muestreo se realizó en función de los cambios de coloración. Los compuestos orgánicos se extrajeron en un equipo de extracción acelerada ASE-200. Los extractos se analizaron mediante cromatografía de gases (GC-MS) y espectrometría de masas según el protocolo del LEB (E.T.S.I. Minas y Energía, UPM).

La identificación de los compuestos orgánicos fue posible mediante el uso de iones de fragmentación (*m/z*) con el programa de *Data Analysis* y la Biblioteca Wiley; se obtuvieron las distribuciones de *n*-alcanos (*m/z* 57) y los ácidos *n*-alcanoicos (*m/z* 74).

Análisis de elementos

Las muestras se analizaron mediante la espectrometría de fluorescencia por rayos X (Avaatech XRF core-scanner del laboratorio de Geociencias Marinas de la Facultad de Geología de la Universitat de Barcelona) con el propósito de asociar la estratigrafía a eventos geológicos y oceanográficos. Es por ello, que se han estudiado principalmente los elementos de filiación silicatada (Si, Al, K y Ti) y carbonatada (Ca y Sr).

Las variaciones en la composición elemental de los sedimentos proporcionan información sobre los cambios en la fuente de los elementos, los procesos y mecanismos de transporte, así como la tasa de sedimentación de las partículas. Estos

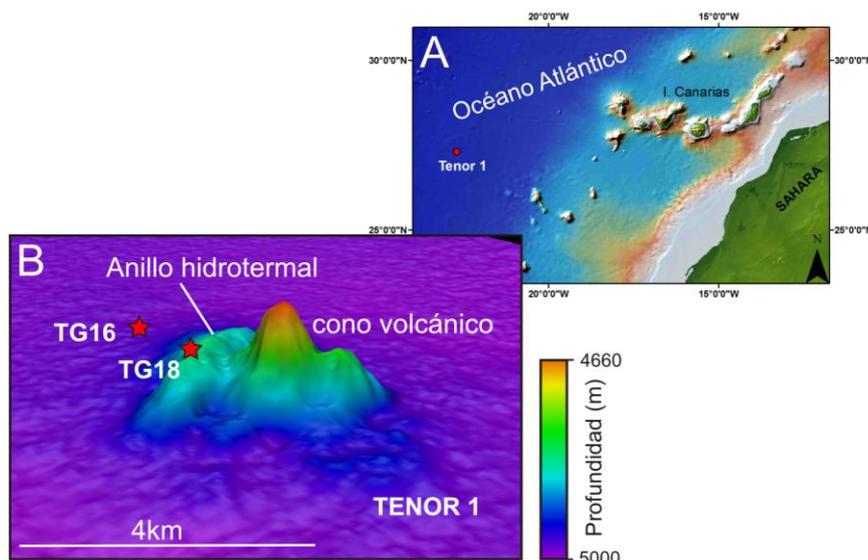


fig 1. A) Zona de estudio de la campaña SUBVENT 1 con la localización del cono volcánico-hidrotermal Tenor 1. B) Representación 3D de la estructura con la ubicación de los testigos de gravedad estudiados.

palabras clave: Volcán submarino profundo, FRX, Biomarcadores, Cuenca de Canarias, Atlántico Central

key words: Deep sea submarine volcano, XRF, Biomarkers, Canary Basin, Central Atlantic

procesos pueden relacionarse con las fluctuaciones ambientales y climáticas (Löwemark et al., 2011).

Con esta técnica, se analizó la composición elemental de los testigos de gravedad con una resolución de 1 cm, para un total de 21 elementos, a 10 kV (Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn y Fe) y 30 kV (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo y Pb).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de los sondeos

A muro del sondeo TG16 se observa un nivel de fangos masivo color crema con foraminíferos (280-277 cm) seguido por un nivel formado por arena fina de color amarillo-verdoso (277-266 cm). Entre 217-213 cm hay un nivel formado por tefras volcánicas. En los niveles intermedios, el sondeo se compone de fango masivo bioturbado de color marrón, con presencia de foraminíferos y algunas intercalaciones de fangos cohesivos de color crema. Aparecen algunos niveles de fangos de color marrón oscuro de base erosiva (ej. 166-158 cm). Finalmente, el techo del sondeo (10-0 cm) se compone de fango arenoso.

A muro el sondeo TG18 se compone de fango masivo brechoide compactado y cohesivo de color verdoso-azulado (258-245 cm). Un nivel de tefras volcánicas negras (245-237 cm) aparece sobre los fangos con un contacto erosivo en la base. En los niveles intermedios y a techo del sondeo, la serie está compuesta por fango masivo de color marrón claro bioturbado con presencia de foraminíferos e intercalaciones de fangos cohesivos de color crema (196-187 cm). Aparecen algunos niveles de fangos marrones oscuros de base erosiva (ej. 44-38 cm).

Blomarcadores

La cadena predominante de *n*-alcanos en el sondeo TG16 maximiza en C₂₁ y C₂₉, con valores de índice CPI (índice de preferencia de carbonos) superiores a 3.5 y característicos de materia orgánica inmadura, salvo dos niveles (250-245 cm y 70-65 cm) con CPI~1, indicando madurez (Bray y Evans, 1961). Estos resultados contrastan con los obtenidos en el sondeo TG18 ya que la distribución de *n*-alcanos es unimodal (Fig. 2), maximizando las muestras en la cadena de *n*-C₂₅ y con valores de CPI

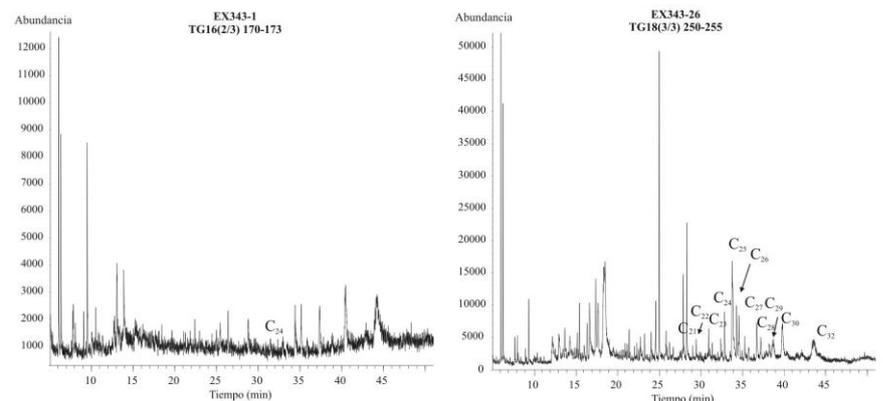


fig. 2. Cromatogramas de *n*-alcanos de los TG16 y TG18. Se aprecia la identificación de los picos, los aportes de cadenas largas y la biodegradación, así como la escasa presencia de alcanos en el sondeo TG16.

comprendidos entre 2.94-0.18, característicos de materia orgánica madura (Fig. 3). La distribución y predominio de las cadenas largas indica que la materia orgánica en este sondeo procede de plantas superiores terrestres y macrofitas acuáticas (Cranwell et al., 1987; Rieley et al., 1991). Además, la ausencia de cadenas cortas (<*n*-C₂₁) en el TG18, con valores del índice ALC comprendidos entre 28.4-24.6 sugiere pequeños aportes de materia procedente de algas y microorganismos marinos o bien una intensa degradación como consecuencia de la actividad bacteriana (Pancost et al., 2002).

La concentración total de *n*-alcanos en TG16 osciló entre 0.161-0.008 mg/Kg mientras que, en el TG18, estuvo comprendida entre 0.260-0.009 mg/Kg (Fig. 3). La baja concentración de *n*-alcanos en el sondeo TG16 puede indicar una mayor degradación de la materia orgánica.

La materia orgánica madura presente en los sondeos podría proceder del margen continental atlántico Cretácico-Cenozoico, y haber migrado hasta el fondo marino desde sustratos profundos como consecuencia del proceso volcánico-hidrotermal en el Tenor 1.

La distribución de los ácidos *n*-alcanoicos (ácidos grasos) en el sondeo TG16, varía entre las cadenas de C₁₀ y C₁₈, con un predominio de la cadena C₁₆, principalmente, salvo una muestra que maximiza en la cadena de 18 átomos de carbono (Fig. 3), mientras que en el sondeo TG18, hay una distribución de ácidos grasos comprendida entre C₁₂ y C₂₂ con máximos entre las cadenas de 16 y 10 átomos de carbono.

Estos resultados sugieren una intensa actividad bacteriana (Eglinton y Calvin,

1967), que interviene en el proceso de evolución y degradación de la materia orgánica, así como en los procesos de mineralización bacteriana (Kawamura et al., 1987).

Análisis elemental

En ambos sondeos, se observan fluctuaciones en las abundancias de los elementos a razón de los diferentes niveles litoestratigráficos (Fig. 3). Ello es el reflejo de los eventos oceanográficos, sedimentarios y volcánicos que ha sufrido la estructura Tenor 1. Estas variaciones se corresponden con el aumento y/o disminución de los aportes de material detrítico silicatado reflejado en los perfiles geoquímicos del Si, Al, K y Ti, entre otros; o la deposición de fangos carbonatados procedentes de la acumulación de caparzones de foraminíferos y coccolitofóridos y que se refleja en los perfiles geoquímicos de FRX del Ca y el Sr (Löwemark et al., 2011).

En la Fig. 3, se aprecia que los aumentos de abundancia del Si, indican los mismos eventos oceánicos en ambos sondeos, resultado de probables procesos turbidíticos o incursión de corrientes ligadas a cambios climáticos glacial-interglacial. Estos corresponden con los niveles estratigráficos de fangos marrones oscuros. Por el contrario, las mayores abundancias de Ca, podrían corresponder a eventos de mayor productividad biológica en la columna de agua, que produjo el depósito de esqueletos calcíticos y aragoníticos. Estos están representados esencialmente por los niveles de fangos color crema cohesivos.

Asimismo, en ambos sondeos se aprecian eventos volcánicos que corresponden con niveles de tefras y con

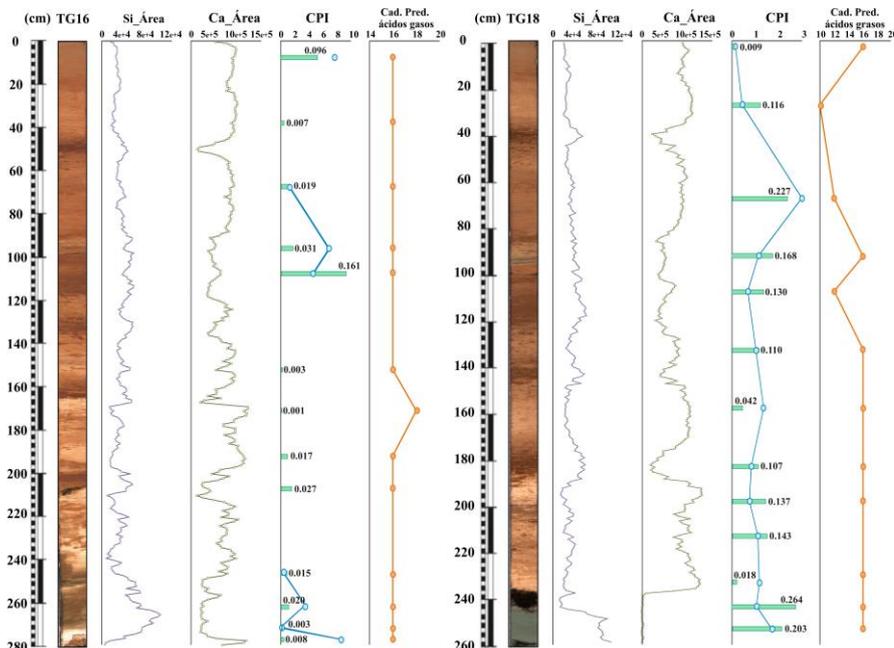


fig 3. Interpretación de fluorescencia de rayos X para los elementos Si, Ca y representación de los índices CPI, abundancia de n-alcenos en mg/Kg (barras color verde) y cadena predominante de ácidos grasos.

las máximas abundancias de elementos silicatados, así como metales traza como Ni, Cu o Zn (ej. TG16 entre 217-213 cm). Estos podrían interpretarse como pulsos eruptivos de tipo piroclástico desde el cono volcánico del Tenor 1.

A muro del TG18 (258-245 cm) se observa una gran abundancia de los elementos de filiación silicatada (Si, Al, K y Ti), también de metales traza (Cu, Ni, Cr, Zn y Pb) así como un descenso muy brusco del Ca. Este tramo se puede interpretar como consecuencia de un intenso proceso de alteración hidrotermal sobre rocas volcánicas alcalinas como resultado del ascenso de fluidos que han alterado las propiedades mineralógicas y geoquímicas de rocas de tipo basáltico alcalino, para transformarse en esmectitas tipo beidelitas.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio de la geoquímica de los testigos en el edificio volcánico-hidrotermal Tenor 1, muestra diferencias significativas entre ambos sondeos que podrían estar ligadas a los procesos geológicos y oceanográficos sufridos.

Los fenómenos sedimentarios y oceanográficos como los procesos turbidíticos, incursión de corrientes o la precipitación de carbonatos, tienen reflejo por igual en ambos sondeos, apareciendo con similar intensidad y

distribución en los perfiles de FRX. La abundancia de biomarcadores maduros de plantas continentales y macrofitas en el sondeo TG18 parece indicar la actividad de la estructura Tenor 1 como vía de migración de fluidos antiguos hasta el fondo marino. Así mismo, se interpreta una mayor intensidad de los procesos hidrotermales y volcánicos detectados hacia la base del TG18 en comparación con el testigo TG16.

Se aprecia una clara distribución diferencial entre ambos sondeos en relación a los tipos, abundancia y la distribución de los procesos volcánico-hidrotermales determinados a partir del análisis de biomarcadores y de geoquímica de FRX. Futuros estudios en mayor detalle sobre la sedimentología, la mineralogía y la geoquímica de la estructura Tenor 1 permitirán conocer con mayor detalle los procesos que han podido intervenir, con especial interés en los sistemas mixtos de magmatismo-hidrotermalismo y maduración de materia orgánica ligados a los procesos de mineralización.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

Bray, E. E. & Evans, E. D. (1961): Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **22**, 2-15.

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.

Cranwell, P.A., Eglinton, G., Robinson, N. (1987): Lipids of aquatic organisms as potential contributors to lacustrine sediments-II. *Org. Geochem.*, **11**, 513-527.

Eglinton, G. & Calvin, M. (1967): Chemical fossils. *Scientific American*, **216**, 32-43.

González, F. J., Medialdea, T., Gómez-Ramos, G., Somoza, L., Marino, E., León, R. (2015): Primer catálogo de mineralizaciones submarinas en España: Proyecto EMODnet-Geology. Resúmenes sobre el VIII Simposio MIA15, Málaga del 21 al 23 de septiembre de 2015.

Kawamura, K., Ishiwatara, R., Ogura, K. (1987): Early diagenesis of organic matter in the water column and sediments: Microbial degradation and resynthesis of lipids in Lake Haruna. *Org. Geochem.*, **11**, 251-264.

Löwemark, L., Chen, H.F., Yang, T.N., Kylander, M., Yu, E.F., Hsu, Y.W., Lee, T.Q., Song, S.R., Jarvis, S. (2011): Normalizing XRF-scanner data: A cautionary note on the interpretation of high-resolution records from organic-rich lakes. *J. Asian Earth Sci.*, **40**, 1250-1256.

Pancost, R.D., Baas, M., van Geel, B., Sissinghe Damsté, J.S. (2002): Biomarkers as proxies for plant inputs to peats: an example from a sub-boreal ombrotrophic bog. *Org. Geochem.*, **33**, 675-690.

Rieley, G., Collier, R.J., Jones, D.M., Eglinton, G., Eakin, P.A., Fallick, A.E. (1991): Sources of sedimentary lipids deduced from stable carbon isotope analyses of individual n-alkanes. *Nature*, **352**, 425-427.

Vázquez, J. T. y Equipo Científico de la Campaña SUBVENT0913 (2013). Informe Científico-Técnico de la Campaña SUBVENT1. MINECO, MAEC, MDE. <http://hdl.handle.net/10508/1613>