

Los volcanes de las islas Columbretes (Mediterráneo occidental) I: el volcán de Columbrete Grande y el volcán de Navarrete

The volcanoes of the Columbretes Islands (western Mediterranean) I: the Columbrete Grande volcano and the Navarrete volcano

Eumenio Ancochea Soto y María José Huertas Coronel

Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. eancochea@ucm.es, huertas@ucm.es.

ABSTRACT

The Columbretes Islands constitute a small archipelago, formed by numerous islets, remains of the emerged part of volcanoes. Two of these volcanoes have a basic composition: the Columbrete Grande volcano and the Navarrete volcano. Both are tuff-rings of about one kilometer in diameter, the first of which has been formed in at least three eruptive phases. The craters of the Columbrete Grande volcano are aligned with the Navarrete volcano, defining a direction of volcanic activity of basic composition, unique in the archipelago.

Key-words: Columbretes Islands, tuff-rings, western Mediterranean volcanoes.

RESUMEN

Las islas Columbretes constituyen un pequeño archipiélago, formado por numerosos islotes, restos de la parte emergida de volcanes. Dos de esos volcanes tienen composición básica: el volcán de Columbrete Grande y el volcán de Navarrete. Los dos son tuff-rings de aproximadamente un kilómetro de diámetro, el primero de los cuales se ha formado en, al menos, tres fases eruptivas. Los cráteres del volcán de Columbrete Grande se alinean con el volcán de Navarrete, definiendo una dirección de actividad volcánica de composición básica, única en el archipiélago.

Palabras clave: Islas Columbretes, tuff-rings, volcanes del Mediterráneo occidental.

Geogaceta, 67 (2020), 51-54
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 28/06/2019
Fecha de revisión: 17/10/2019
Fecha de aceptación: 22/11/2019

Introducción y antecedentes

El campo volcánico de Columbretes se sitúa en el margen oriental de la península Ibérica en la plataforma continental del Ebro, cubriendo un área de unos 90 x 40 km (ver Muñoz *et al.*, 2005). En esta zona, el mar Mediterráneo no supera los 100 m de profundidad, aunque hacia el este, en el borde de la plataforma, rápidamente alcanza valores de más de mil metros. El campo volcánico es esencialmente submarino (Muñoz *et al.*, 2005) y su parte emergida aparece en su zona oriental, dando lugar al pequeño archipiélago de las islas Columbretes.

Estas islas han sido estudiadas desde antiguo, destacando los trabajos iniciales de San Miguel de la Cámara (1936), San Miguel de la Cámara y Fúster (1951) y Hernández-Pacheco y Asensio Amor (1966). Los trabajos de mayor detalle corresponden por una parte a Vidal (1972) que en su Tesis de Licenciatura (inérita) estudia la petrografía y composición en elementos mayores de las rocas. Vidal *et al.* (1974) publican una parte de los resultados. Posteriormente, Alonso Matilla (1982, 1987a,

b) estudia con más detalle las características de las islas, la petrografía de las rocas a partir de nuevas muestras y realiza análisis de elementos mayores y algunos elementos traza. Martí *et al.* (1992), Aparicio *et al.* (1994), Aparicio y García (1995) aportan nuevos datos composicionales y analizan su petrogénesis. Aparicio *et al.* (1991) publican las únicas dataciones radiométricas existentes hasta el momento.

El objetivo de este trabajo es analizar aspectos vulcanológicos de las islas Columbretes, que han sido escasamente tratados por los autores anteriores. Para ello se han empleado nuevos datos batimétricos del Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM, 1996) y de la base de datos de EMODnet (2018) y se han revisado las muestras que emplearon Vidal (1972) y Vidal *et al.* (1974) para caracterizar composicionalmente estas islas y que están depositadas en la litoteca de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense.

Las islas Columbretes están formadas por una isla de mayor tamaño (Columbrete Grande) y por numerosos islotes distribuidos en una franja de dirección norte-sur (Fig. 1).

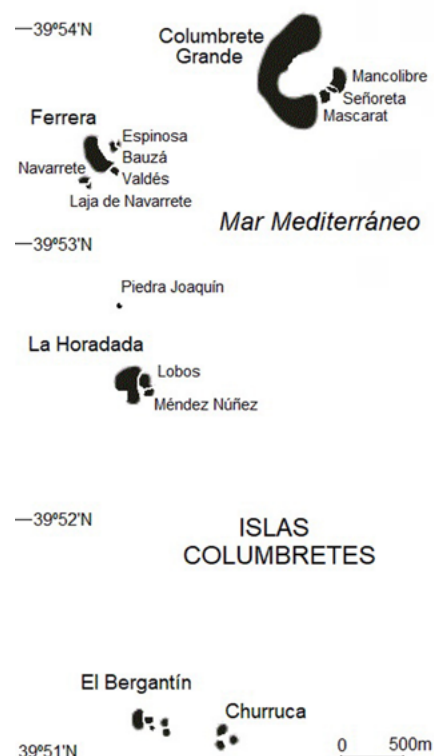


Fig. 1.- El archipiélago de Las Columbretes.
Fig. 1.- The archipelago of Las Columbretes.

Para su descripción los autores anteriores han agrupado a los islotes por proximidad, sin considerar si formaban, o no, parte de un mismo centro volcánico. La novedad del planteamiento en este trabajo es la de analizar los volcanes, no los grupos de islas, y establecer la correspondencia entre islotes y volcanes. Por la longitud del trabajo se presentan los resultados en dos partes: la parte I (este trabajo), dedicada a los volcanes de composición básica y la parte II dedicada a los volcanes de composición sálica.

Composición de las islas

Existen 118 análisis de las rocas de las islas Columbretes (Vidal, 1972; Vidal *et al.*, 1974; Alonso Matilla, 1982, 1987b; Aparicio y García, 1995). Las muestras analizadas son tobas, bombas y enclaves. Los análisis de las tobas no son especialmente significativos, pues pueden tener pequeños fragmentos de todo tipo de rocas. En cuanto a los de las bombas, habría que diferenciar si se trata de bombas juveniles (que representan la composición del magma que está haciendo erupción y por lo tanto la del volcán) o son bombas accidentales, es decir, fragmentos arrancados de zonas más profundas. Atribuir las bombas a uno u otro origen es complejo y discutible. Los análisis de las rocas de estos volcanes representan, por lo tanto, las composiciones de las rocas que están bajo el volcán y no necesariamente la del magma de la erupción.

Se han revisado los análisis existentes y eliminado los que corresponden a tobas, a enclaves granudos (gabros y sienitas) y a rocas alteradas, con elevados contenidos en H₂O o CO₂. A continuación, se han agrupado por volcanes (no por grupos de islotes próximos). La figura 2 permite conocer la composición de los distintos volcanes.

Dos de los volcanes tienen rocas de composición básica (basanitas y tefritas): el volcán de Columbrete Grande y el volcán de Navarrete. Las rocas de los volcanes de La Horadada y El Bergantín son fonolitas. El volcán de Ferrera, que se encuentra en la misma zona que el volcán básico de Navarrete, es el único que tiene rocas con composiciones intermedias entre las de los demás volcanes: son fundamentalmente fonolitas, pero fonolitas tefríticas y además tiene bombas de tefritas fonolíticas (Fig. 2).

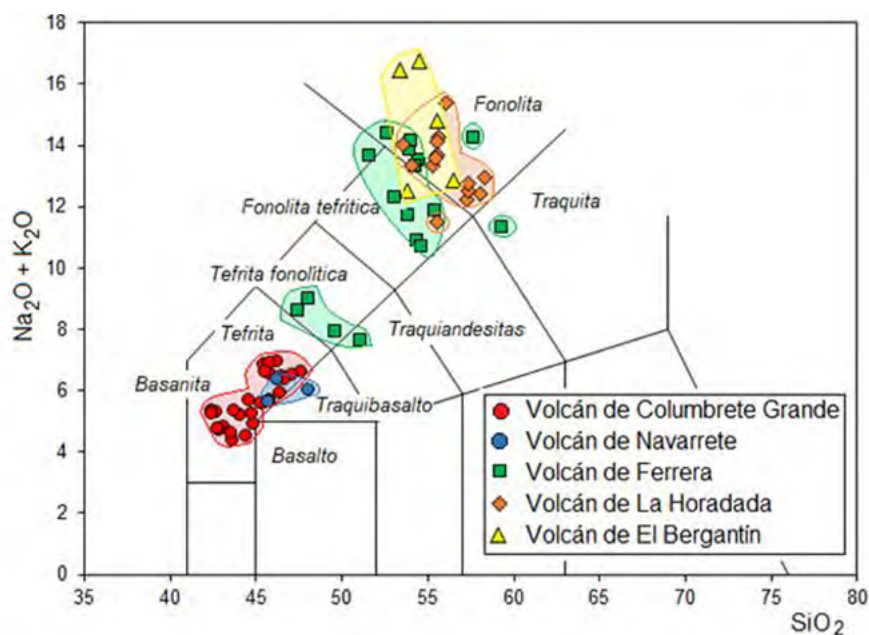


Fig. 2.- Composición de las rocas de los volcanes de las islas Columbretes (Diagrama TAS).
Fig. 2.- Composition of the rocks from the volcanoes of the Columbretes Islands (TAS diagram).

En este trabajo nos centramos exclusivamente en los dos volcanes de composición básica: el volcán de Columbrete Grande y el volcán de Navarrete.

El volcán de Columbrete Grande

El único conjunto de islas en el que se reconoce claramente la morfología de un volcán (el volcán de Columbrete Grande) es el que forman la isla de Columbrete Grande (o Isla Grossa) y los islotes de La Señoreta, Mascarat y Mancolibre (Hernández Pacheco y Asensio Amor, 1966; Vidal, 1972; Vidal *et al.*, 1974; Alonso Matilla, 1987a; Aparicio *et al.*, 1991; Aparicio y García, 1995).

Esas islas aparecen formando un anillo incompleto, cuya parte NE falta, erosionada por la acción del mar (Fig. 3). Se trata de un anillo constituido mayoritariamente por tobas hidromagmáticas de composición basanítica (Aparicio *et al.*, 1991). Tiene un ancho emergido que varía de unos 50 m a unos 200 m y una altura máxima de 67 m. Las tobas buzcan hacia el cráter en las partes internas y hacia el mar abierto en las partes externas. El anillo no es circular, sino que se alarga ligeramente en dirección SO-NE, debido a que es el resultado de la unión de varios cráteres, que se reconocen por las diferentes morfologías circulares que aparecen en el borde del actual cráter y por la batimetría del interior del mismo.

Hernández Pacheco y Asensio Amor (1966) distinguen dos posibles cráteres

(aunque no hidromagmáticos) y Alonso Matilla (1987a) reconoce cuatro estructuras circulares, que atribuye a calderas de colapso. Se trata realmente de cráteres de explosión circulares característicos de las erupciones hidromagmáticas. Dos son más evidentes: el que forman los islotes del SE con la costa norte del cráter y el del borde occidental del cráter (Fig. 3). Un tercero, menos obvio, se dibuja en la costa sur del cráter. Alonso Matilla (1987a) sugiere que hay una cuarta estructura circular, en la costa NE de Columbrete Grande, que se extendería hacia el NE, fuera de la isla, pero no es tan clara y además no se corresponde con los datos de batimetría.

El volcán tiene una base submarina de unos 1000-1100 m de diámetro (Wco); 500-550 m de diámetro del cráter (Wcr), medido en la parte del cambio de pendiente del anillo de tobas; y una altura (Hco) de al menos 67 m en su parte emergida y de 60-80 m en la sumergida, es decir, 130-150 m en total.

Las dimensiones originales debieron ser diferentes, pues se trata de un volcán erosionado. Habitualmente la altura disminuye con la erosión, pero los diámetros no varían demasiado, por lo que la relación entre ambos (Wcr/Wco) suele utilizarse para caracterizar los diferentes tipos de conos volcánicos. El valor de esa relación en el volcán de Columbrete Grande es próximo a 0,5, valor característico de los volcanes de tipo *tuff-ring* (Wood, 1980; Wohletz y Sheridan, 1983; Broz y Hauber, 2013).

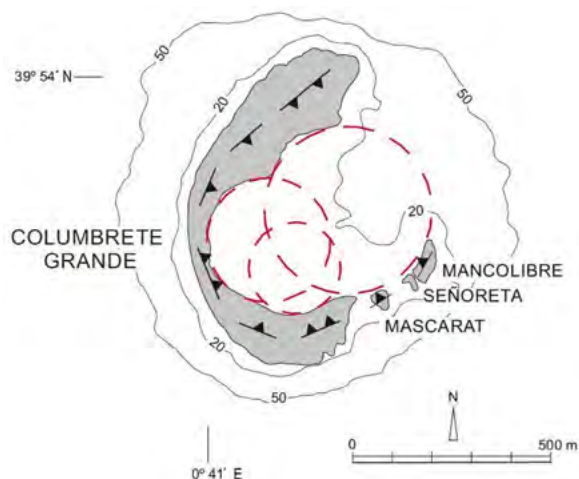


Fig. 3.- Volcán de Columbrete Grande y posibles cráteres. Batimetría: IHM (1996).

Fig. 3.- Columbrete Grande volcano and possible craters. Bathymetry: IHM (1996).

La erupción que formó el *tuff-ring* fue una erupción de tipo surtseyano que, como en la erupción de Surtsey de 1963, formó una isla volcánica en medio del mar.

Vidal *et al.* (1974) distinguen cinco unidades en los depósitos del anillo de tobas; Aparicio y García (1995) cuatro: tres hidromagmáticas y una cuarta que denominan de "proyección aérea". A partir de ellas se puede reconstruir la evolución del volcán de Columbrete Grande y sus principales fases eruptivas (Fig. 4).

Fase 1 o Fase de emersión: fue la principal, la que formó la mayor parte del volcán. Fue una fase eruptiva hidromagmática, de gran explosividad, debido a la interacción entre el magma y el agua del mar, que penetraba abundantemente en el conducto eruptivo. En esta fase el volcán surgió desde un fondo marino, cuya profundidad en ese momento se desconoce, y depositó el anillo de tobas hidromagmáticas palagoníticas que forman la mayor parte visible del volcán. Esta fase eruptiva incluye las dos primeras unidades de depósitos reconocidas por Vidal (1972) y por Aparicio y García (1995). La segunda se apoya discordante sobre la primera que aflora muy localmente y representa una fase o subfase previa.

Fase 2 o Fase estromboliana. En este tipo de volcanes es frecuente que, al crecer el anillo de tobas, este se cierre y pueda impedir la entrada de agua de mar al conducto eruptivo, lo que hace que la erupción prosiga no como hidromagmática, sino como puramente magmática. Fue lo que sucedió, por ejemplo, en la erupción de Surtsey de 1963, y fue también lo que sucedió en este caso. Los

depósitos generados en esta fase son acumulaciones de lapilli y bombas en capas poco estructuradas, características de un mecanismo eruptivo estromboliano. Se debió formar en ese momento un cono estromboliano, que no debió superar el anterior anillo de tobas hidromagmáticas, ya que siempre aparecen en la zona interna del *tuff-ring* e inclinados hacia el interior.

Fase 3 o Fase hidromagmática final: se formó cuando el agua consiguió entrar de nuevo en contacto con el magma

dentro del conducto eruptivo, reanudándose, en consecuencia, la actividad hidromagmática. Los depósitos asociados a esta fase son tobas generadas en oleadas piroclásticas al principio húmedas y luego secas (Aparicio y García, 1995), lo que indica que el agua entraba con dificultad variable en el conducto. Estas tobas aparecen esencialmente en la parte intracraterica del volcán, lo que indica que su importancia y explosividad fue menor que en la Fase 1. Los tres cráteres mencionados que se observan en la actualidad tuvieron que formarse en esta fase final, pues cortan a los depósitos anteriores. Las nuevas explosiones hidromagmáticas destruyeron por completo el cono estromboliano, dejando solo, como testigos de esa fase, unos depósitos residuales en la zona interna del cráter, aunque son especialmente

importantes en los islotes de Mascarat y Mancolibre, donde en la actualidad superan los 10 metros de espesor.

Todas estas fases se sucedieron en un corto periodo de tiempo, sin pausas importantes entre ellas que puedan ser perceptibles en las dataciones radiométricas.

El volcán de Navarrete

Los únicos islotes que tienen una composición similar a Columbrete Grande (tobas basaníticas palagoníticas) son el islote de Navarrete (o Escull de Ferrera) y la Laja de Navarrete (Fig. 5). Alonso Matilla (1987a) señala que puede tratarse de un edificio volcánico de un kilómetro aproximado de diámetro, sumergido en su mayor parte. Los nuevos datos batimétricos (IHM, 1996; EMODnet, 2018) permiten reconocer los restos de ese volcán, del que se conserva un anillo de tobas, que solo se ve en superficie en los mencionados islotes, pero que continúa bajo el mar hacia el E y SE en el Banco Fidalgo, y de forma más difusa hacia el O; de manera que se pueden distinguir aproximadamente las dos terceras partes del anillo completo (Fig. 5). En la actualidad el anillo está situado entre unos pocos metros sobre el nivel del mar y unos 10-20 m de profundidad.

Como el resto de los volcanes de esta zona, el volcán de Navarrete surge de un fondo marino de unos 60 m de profundidad. El centro del cráter se halla a unos 20-30 m de profundidad (Fig. 6). El diámetro medio de la base del volcán (W_{co}) es de unos 900 m y el del cráter (W_{cr}) de unos 490 m, lo que supone una relación W_{cr}/W_{co} de 0,54, típica de un *tuff-ring*

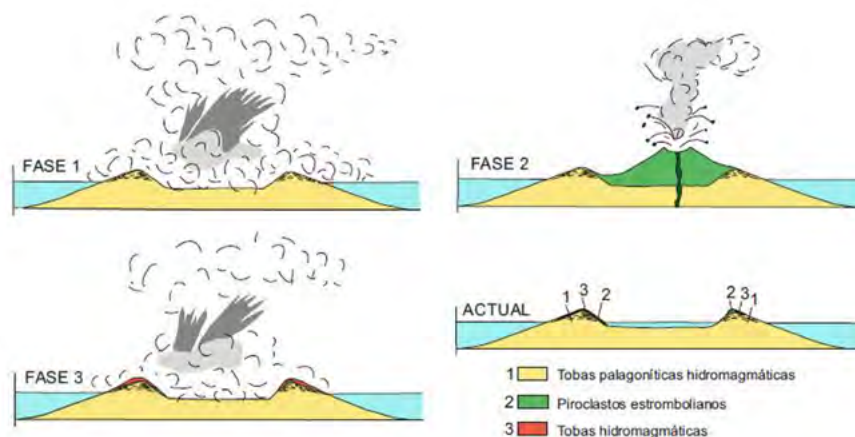


Fig. 4.- Esquema explicativo de las fases eruptivas del volcán de Columbrete Grande (véase el texto principal para una explicación completa).

Fig. 4.- Scheme of the eruptive phases of the Columbrete Grande volcano (see further explanation in the main text).

(Wood, 1980; Wohletz y Sheridan, 1983; Broz y Hauber, 2013).

En los lugares en los que se ven los depósitos, estos buzan hacia el exterior del anillo de tobas y no se observan diferencias que permitan reconstruir posibles fases de la erupción. Se trata pues, de un volcán muy parecido por dimensiones y composición al de Columbrete Grande. Los cráteres del volcán Columbrete Grande se alinean con el volcán de Navarrete, sugiriendo la existencia de una fractura que pudo alimentar a los dos volcanes. No es de descartar, por la pequeña distancia entre ellos, que ambos puedan haberse formado en la misma erupción o en el mismo periodo eruptivo.

Como en el caso del volcán de Columbrete Grande no se conoce cuál era la profundidad del mar en el momento de la erupción, y no se sabe si la mayor parte del anillo de tobas que está ahora bajo el mar se formó cuando el mar era menos profundo o, simplemente, ha sido erosionado.

Conclusiones

En el archipiélago de Las Cumbretes existen dos volcanes de tipo *tuff-ring*,

de composición básica (basanitas y tefritas): el volcán de Columbrete Grande y el volcán de Navarrete. Ambos se han formado en erupciones hidromagmáticas y tienen tamaños similares: surgen en un fondo marino de unos 60 m de profundidad, son a grandes rasgos circulares, con un diámetro basal de 900-1000 m y un cráter de unos 500 m de diámetro. La evolución del volcán de Columbrete Grande ha sido compleja, con una fase inicial y otra final hidromagmáticas y una fase intermedia estromboliana. La escasez de afloramientos subaéreos del volcán de Navarrete sólo permite identificar depósitos hidromagmáticos.

La dirección de alargamiento del cráter del volcán de Columbrete Grande parece tener continuidad con el volcán de Navarrete, definiendo una alineación volcánica NE-SO de composición básica.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera podido realizarse sin contar con las muestras que el Prof. J.M. Fúster recogió en la campaña de campo de 1964. Para la ejecución del trabajo se ha contado con fondos del Grupo de Investigación UCM 910469 y del Proyecto CGL2017-86241-R. Los comentarios de los Doctores Álvaro Márquez, Agustina Ahijado y Manuel Díaz Azpiroz han contribuido a mejorar la calidad final de este artículo.

Referencias

Alonso Matilla, L.A. (1982). *Estudio de las rocas ígneas de Castellón, Valencia y Alicante*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 183p.
 Alonso Matilla, L.A. (1987a). En: *Islas Cumbretes. Contribución al estudio de su Medio Natural*. (L.A. Alonso Matilla, J.L. Carretero y A.M. García Carrascosa, Eds.). Generalitat Valenciana, 27-54.

Alonso Matilla, L.A. (1987b). En: *Islas Cumbretes. Contribución al estudio de su Medio Natural*. (L.A. Alonso Matilla, J.L. Carretero y A.M. García Carrascosa, Eds.). Generalitat Valenciana, 55-94.
 Aparicio, A. y García, R. (1995). *Boletín Geológico y Minero* 106-5, 468-488.
 Aparicio, A., Mitjavila, J.M., Araña, V. y Villa, I.M. (1991). *Boletín Geológico y Minero* 102-4, 562-570.
 Aparicio, A., Araña, V., García, R. y Grachev, I.M. (1994). *Mineralogical Magazine* 58A, 21-22.
 Broz, P. y Hauber, E. (2013). *Journal of Geophysical Research: Planets* 118, 1656-1675.
 EMODnet Bathymetry Consortium (2018). *EMODnet Digital Bathymetry (DTM)*. <http://doi.org/10.12770/18ff0d48-b203-4a65-94a9-5fd8b0ec35f6>.
 Hernández-Pacheco, F. y Asensio Amor, I. (1966). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)* 64, 179-198.
 IHM (1996). *Carta Náutica 1:12.500 Hoja 4831. Islotes Cumbretes*.
 Martí, J., Mitjavila, J.M., Roca, E. y Aparicio, A. (1992). *Tectonophysics* 203, 145-165.
 Muñoz, A., Lastras, G., Ballesteros, M., Canals, M., Acosta, J. y Uchupi, E. (2005). *Geomorphology* 72, 1-18.
 San Miguel de la Cámara, M. (1936). *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (Serie Ciencias Naturales)* VI, 656 p.
 San Miguel de la Cámara, M. y Fúster, J.M. (1951). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)* 49, 87-100.
 Vidal, J.R. (1972). *Petrología y Geoquímica de las Islas Cumbretes (Castellón)*. Tesis de Licenciatura, Univ. Complutense de Madrid, 94 p.
 Vidal, J.R., Campos Juliá, C y Fúster, J.M. (1974). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 641-642 (Castellón de la Plana. Islas Cumbretes) y memoria*. IGME, Madrid, 26 p.
 Wohletz, K.H. y Sheridan, M.F. (1983). *American Journal of Science* 283, 385-413.
 Wood, C.A. (1980). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 7, 387-413.

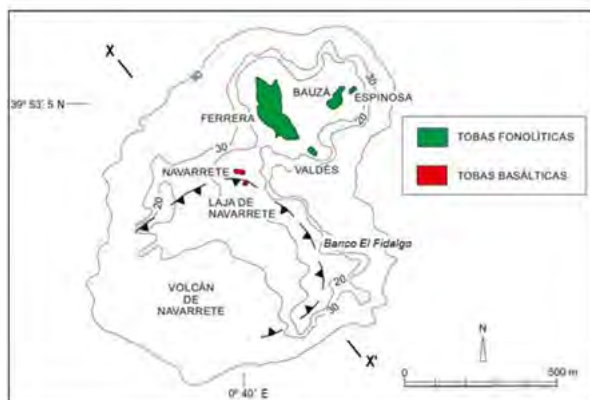


Fig. 5.- Volcán de Navarrete e islotes de Ferrera. Batimetría: IHM (1996). X-X' situación del perfil de la figura 6.

Fig. 5.- Navarrete volcano and islets of Ferrera. Bathymetry: IHM (1996). X-X' location of profile of Figure 6.

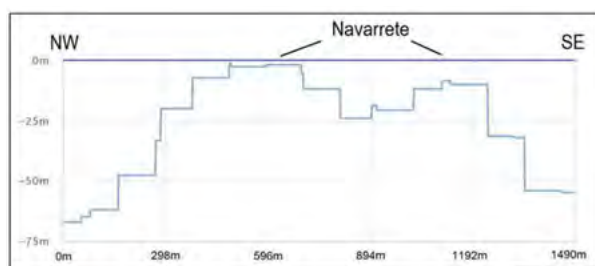


Fig.6. Perfil batimétrico del volcán de Navarrete. Datos de EMODnet (2018). Resolución menor de 20 m.

Fig. 6. Bathymetric profile of the Navarrete volcano. EMODnet data (2018). Resolution less than 20 m.