

# LIFE IP INTEMARES

**Informe de distribución espacial de características geomorfológicas y sedimentarias del sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura**

**SubAcción A.2.1: Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas**



## ÍNDICE

Resumen ejecutivo .....	4
Executive summary .....	5
1. Introducción .....	6
2. Área de estudio .....	7
3. Metodología .....	9
3.1. Procesado de batimetría y reflectividad .....	10
3.2. Análisis geológicos de los perfiles de sonda paramétrica .....	14
3.3. Análisis geomorfológicos .....	15
3.4. Análisis indirecto de las características de los fondos marinos .....	16
3.5. Análisis sedimentológicos .....	18
4. Distribución espacial de tipos morfológicos .....	19
4.1. Clasificación semiautomática de tipos morfológicos del fondo marino ....	23
4.2. Geomorfología .....	25
4.2.1. Rasgos estructurales .....	25
4.2.2. Rasgos erosivos .....	27
4.2.3. Rasgos gravitacionales y/o de movimientos en masa .....	31
4.2.4. Rasgos deposicionales .....	33
4.2.5. Rasgos volcánicos .....	38
4.2.6. Rasgos biogénicos .....	38
5. Distribución espacial de sedimentos .....	42
5.1. Análisis textural del sedimento .....	42
5.2. Análisis mineralógicos .....	45

5.3. Contenido en carbonatos .....	46
5.4. Contenido en materia orgánica .....	47
5.5. Análisis del sustrato rocoso .....	48
5.6. Tipos de fondo .....	49
6. Conclusiones y recomendaciones .....	51
7. Bibliografía .....	53

## ANEXOS

### Información cartográfica

*Autor/es del informe: Martínez-Carreño, N., Vázquez, J.T., Arrese, B., López-Rodríguez, C., López-González, N., Gómez-Ballesteros, M., Martín-Sosa, P.*

*Colaboradores/Anexos: Mata Chacón, D., Tello Antón, M.O.*

## Resumen ejecutivo

En el margen sur de la isla de Fuerteventura se sitúan el Banco de Amanay y la prolongación hacia el SO de la plataforma de Fuerteventura, área conocida como El Banquete. Ambos espacios han sido incluidos en el Lugar de Importancia Comunitaria de la región biogeográfica Macaronésica denominado LIC ESZZ15002 – Espacio marino oriental y sur de Lanzarote-Fuerteventura. La declaración de este LIC fue resultado de la investigación llevada a cabo en el proyecto LIFE+INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español”. El proyecto actual LIFE IP INTEMARES, ha permitido ahondar en el estudio de la zona sur de Fuerteventura con el objetivo de mejorar el conocimiento de los hábitats.

En este informe se presenta una caracterización morfosedimentaria y estructural del margen sur de Fuerteventura, nueva y ampliada, que ha supuesto un beneficio para el estudio de las características morfológicas y de los hábitats bentónicos del margen sur de Fuerteventura. Para ello se ha realizado el reprocesado de los datos batimétricos y de reflectividad disponibles en la zona, que ha permitido mejorar su resolución y calidad, y ampliar de manera considerable la zona de estudio en relación a la estudiada en el proyecto anterior LIFE+INDEMARES. Los datos batimétricos se han interpretado junto con los registros de sonda paramétrica de alta resolución y los datos sedimentológicos (granulometría, mineralogía, contenido en materia orgánica y carbonatos) y petrológicos (tipo de roca) de muestras del fondo marino obtenidas durante en el proyecto LIFE+INDEMARES. Entre los tipos morfológicos cartografiados en la zona abundan los rasgos estructurales y erosivos, pero también existen rasgos deposicionales y biogénicos a lo largo de toda el área de estudio. Además se han identificado varios conos volcánicos situados a lo largo del talud. Las muestras de sedimento recuperadas se sitúan preferentemente en el techo del Banco de Amanay y en la zona de El Banquete, corresponden, fundamentalmente, a sedimentos gruesos de tipo arena-arena gravosa y en menor medida arena fangosa, con alto contenido en carbonato. Por su parte, dentro del material rocoso predominan las rocas volcánicas, principalmente los basaltos olivínicos, y las rocas carbonatadas ferruginosas.

Entre las principales carencias identificadas, que podrían ser consideradas como una actividad futura para la mejora del conocimiento de la zona, destaca la ausencia de (1) una malla apropiada de registros de sonda paramétrica, ya que los existentes se centran en el techo del Banco de Amanay y en El Banquete, dejando las zonas profundas sin estudiar; y (2) una distribución adecuada de los muestreos de sedimento, ya que como en el punto anterior, las muestras recuperadas se limitan, fundamentalmente al techo del Banco de Amanay y El Banquete, dejando muchas áreas sin explorar. Esta escasez de muestras no permite un calibrado suficientemente correcto de los datos de reflectividad que son clave en la realización de modelos de predicción de hábitat.

## Executive summary

Amanay Bank and the southern promontory of the insular shelf of Fuerteventura, named as El Banquete, are located at the south of Fuerteventura. Both areas have been declared, together with the eastern margin of the Fuerteventura and Lanzarote Islands, Site of Community Interest (SCI), which is located in the Macaronesia biogeographic unit. The inclusion of the LIC ESZZ15002 as SCI of the Natura 2000 Network resulted from the research work carried out under the project LIFE+INDEMARES. The current LIFE IP INTEMARES project has allowed to get a better knowledge of habitats and species from the southern margin of Fuerteventura, throughout new processing, analyses, and reinterpretations of the data generated in previous projects.

This report presents a new and expanded morphosedimentary and structural characterization of the southern margin of Fuerteventura. The multibeam data (bathymetry and backscatter) available in the study area have been reprocessed, and high resolution parametric profiles, sedimentological (grain size, mineralogy, organic matter, and carbonate content) and petrological (type of rock) data have been integrated to achieve a more complete approach.

The reprocessing of bathymetric data has substantially improved the resolution and quality of the data, and the addition of data from previous projects (ZEE project) has allowed to extend the study area. All this new information provides a benefit to the study of the morphological characteristics and the benthic habitats from the south of Fuerteventura area. Among the morphological types mapped in the study area, structural and erosive features are frequent, but depositional and biogenic features also appear in the whole area. Moreover, several volcanic cones have been mapped along the slope.

Sediment samples retrieved at the study area, mostly located at the top of the Amanay Bank and El Banquete, correspond to coarse sediments as sand-gravelly sand and, in a lesser extent, with muddy sand of high carbonate content. The analysis from the rock samples indicates the presence of both volcanic (mainly olivine basalts) and carbonate (ferruginous) rocks.

We identify two shortcomings in this study: (1) the absence of a suitable grid of high resolution sub-bottom profiles, since the available records are limited to the top of Amanay Bank and El Banquete area and, (2) the absence of a spatially more homogeneous and intensive grid for surficial sediment samples; this makes impossible to obtain a good calibration between the sediment samples and the backscatter data. For these reasons, we strongly recommend future activities to improve the knowledge of the area with a more detailed geophysical and sedimentological study, which will result in better habitat prediction models.

## 1. Introducción

El proyecto integrado LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español” tiene entre uno de sus objetivos la ampliación del conocimiento de las áreas estudiadas durante el proyecto LIFE+INDEMARES, que tuvo lugar entre los años 2009 y 2013. El proyecto LIFE+INDEMARES supuso una de las iniciativas europeas más importantes llevadas a cabo con el fin de lograr un mayor conocimiento del medio marino y potenciar su conservación, y logró dar un gran paso en materia de declaración de nuevos espacios, estableciendo las bases para la elaboración de sus futuros planes de gestión. En el marco del proyecto LIFE+INDEMARES, se publicó en diciembre de 2013 el informe sobre la caracterización del Sur de Fuerteventura (Martín-Sosa [coord.], 2013); y el 4 de diciembre del año 2014, se publicó en el Boletín Oficial del estado la Orden AAA/2280/2014, de 1 de diciembre, por la que se aprobó la propuesta de inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000 el **LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura**, entre otros. El LIC ESZZ15002 ocupa una extensión mucho mayor que la zona de estudio del IEO en el marco del proyecto LIFE+INDEMARES, que como se menciona más arriba, se ciñó al Banco de Amanay y El Banquete. El resto del LIC fue declarado por el interés que tiene para los cetáceos.

El proyecto LIFE IP INTEMARES supone la continuidad del proyecto anterior con el fin de lograr una red de espacios marinos Natura 2000 gestionada de manera eficaz y que cuente con la participación activa de los sectores implicados y la investigación como una de las herramientas indispensables en la toma de decisiones. Uno de los objetivos específicos del proyecto LIFE IP INTEMARES es la mejora del conocimiento, para establecer los planes de gestión, de los espacios marinos de las zonas ya declaradas de la Red Natura 2000, sus especies y hábitats. La Red Natura 2000 se compone de LICs, que serán declarados como Zonas Especiales de Conservación (ZEC) una vez se aprueben los planes de gestión durante la ejecución del proyecto LIFE IP INTEMARES. En concreto, se están elaborando planes de gestión de diez LICs resultantes del proyecto LIFE+INDEMARES.

En este sentido, y partiendo de los datos generados tanto en el proyecto LIFE+INDEMARES como en proyectos anteriores llevados a cabo en la zona de estudio, más concretamente de datos del Plan Oceanográfico-Hidrográfico de la Zona Económica Exclusiva Española (Proyecto ZEE), se presentan en este informe las mejoras del conocimiento en la zona ya declarada del LIC ESZZ15002 Espacio marino oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura, que se contempla en la subacción A.2.1. del proyecto actual LIFE IP INTEMARES. Esta información es necesaria para la elaboración del futuro plan de gestión y, por lo tanto, para su declaración como ZEC durante la ejecución del proyecto. Para ello, se ha realizado un

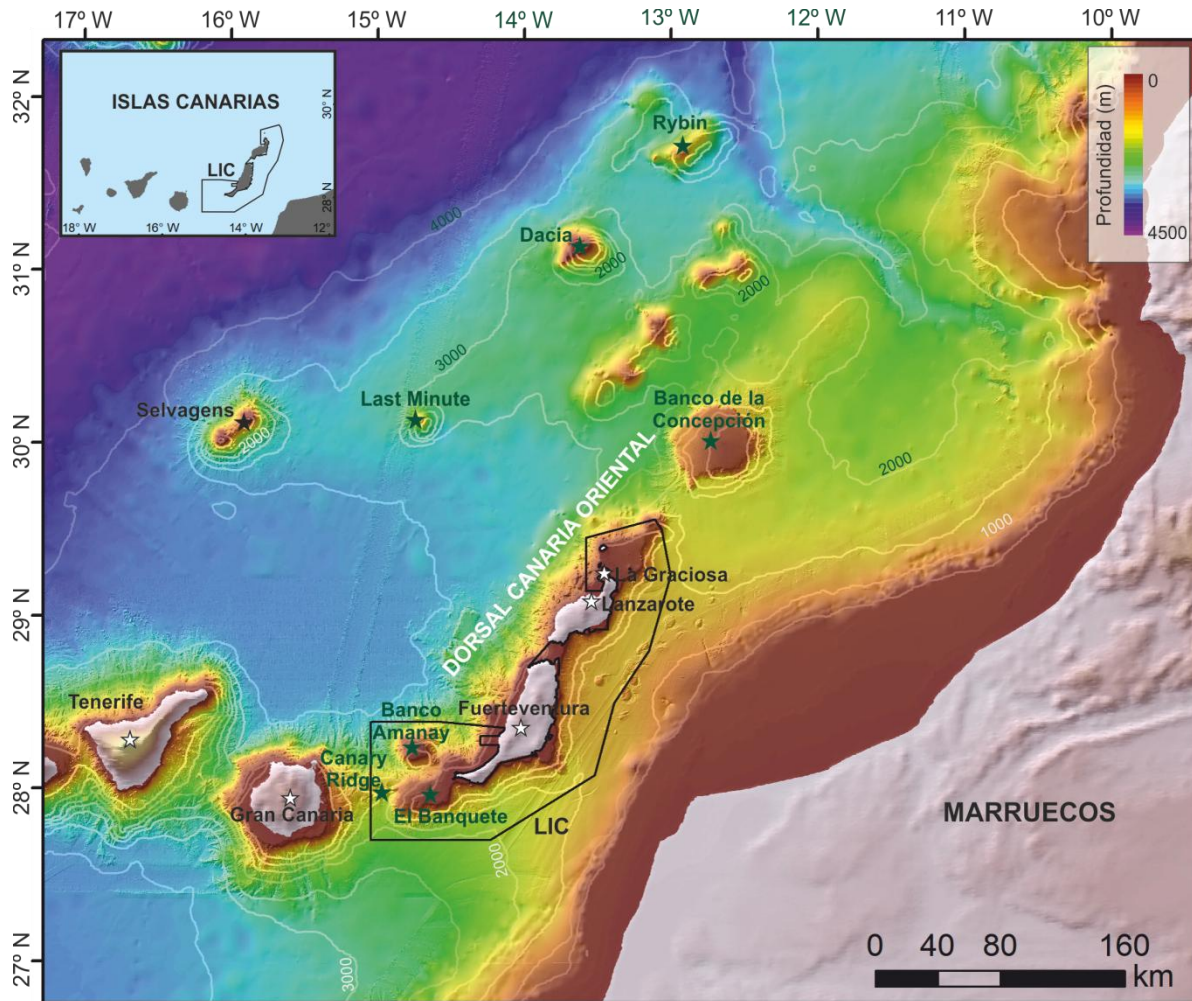
reprocesado de los datos batimétricos y de reflectividad de la base de datos multihaz existente en el área de estudio, y se han generado los mapas derivados de la batimetría tales como, la pendiente, orientación del fondo, curvatura, BPIs, etc. Así mismo, se ha realizado una integración de la información de esos mapas con las muestras de sedimento superficial y rocas obtenidas durante las diferentes campañas oceanográficas realizadas en el marco del proyecto LIFE+INDEMARES. Todo ello ha permitido realizar una nueva caracterización morfosedimentaria más detallada del Banco de Amanay y de la zona de El Banquete, ambos situados en el margen sur de Fuerteventura.

## 2. Área de estudio

El archipiélago de las Islas Canarias se sitúa a unos 100 km de la costa oeste de Marruecos y está formado por un grupo de ocho islas de origen volcánico que se sitúan sobre corteza oceánica de edad Jurásica (Roest et al., 1992; Abu El-Rus et al., 2006). Entre las ocho islas existe una migración en dirección E-O de la edad basal de las mismas, siendo las islas de Fuerteventura y Lanzarote las más antiguas, con una edad de 20 a 15 Ma (Coello et al., 1992). Las islas de Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa, junto con el Banco de la Concepción al norte y el Banco de Amanay y El Banquete al sur, forman la Dorsal Canaria Oriental que tiene una orientación NNE-SSO (Figura 1) (Uchupi et al., 1976; Ancochea et al., 1996; Acosta et al., 2005).

La zona de estudio se centra en el margen SO de la isla de Fuerteventura, en la cual se sitúan los montes submarinos de Amanay y *Canary Ridge*, este último denominado así por van den Bogaard (2013), y la zona de El Banquete, que es la prolongación hacia el SO de la plataforma insular de Fuerteventura (Figura 1). Los montes submarinos de Amanay y *Canary Ridge* están englobados en la Provincia Islas y Montes Submarinos de las Islas Canarias (PMSIC), que incluye las ocho islas principales, las islas Salvajes, numerosos islotes y varios montes submarinos distribuidos al norte y sur de las islas a lo largo de un área de 540000 km<sup>2</sup> (van den Bogaard, 2013). Estudios realizados en estos montes submarinos aportan una edad de 15 Ma para el Banco de Amanay, mientras que el monte submarino *Canary Ridge* tendría una edad algo mayor (18 Ma, van den Bogaard, 2013).

Existen diferencias significativas entre la parte oriental y la parte suroccidental de la Dorsal Canaria Oriental, ya que mientras que en la parte suroccidental son frecuentes las intrusiones ígneas, éstas están ausentes en la parte oriental. Aunque cabe destacar que la mayor parte de las estructuras resultantes de dichas intrusiones se encuentran actualmente cubiertas por capas de sedimento. Los montes submarinos de Amanay y *Canary Ridge* se caracterizan por presentar un techo parcial o completamente plano, que es típico de la fase guyot descrita por Walker (1990) en las etapas de formación de las islas volcánicas en el archipiélago hawaiano.



**Figura 1:** Mapa batimétrico de la Dorsal Canaria Oriental que incluye las islas de Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa junto con los Bancos de la Concepción, Amanay *Canary Ridge* y El Banquete y otros montes submarinos. En la figura también se indica, en negro, el polígono correspondiente a la posición del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura según la Fundación Biodiversidad.

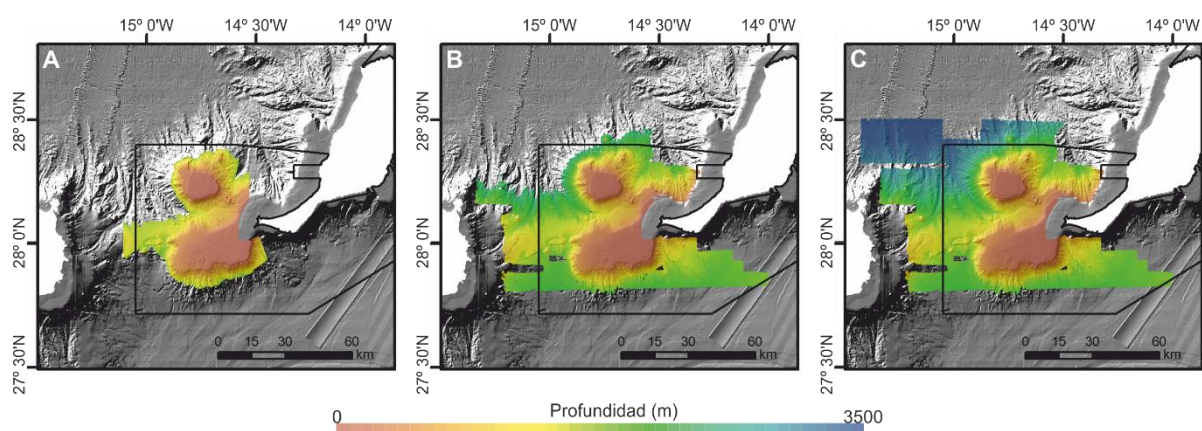
La zona de estudio se sitúa en una región influenciada por la Corriente de Canarias y por los vientos alisios (Hernández-Guerra et al., 2003; Benítez-Barríos et al., 2011). Además, la proximidad a la costa hace posible que lleguen a la zona SE de El Banquete filamentos provenientes del afloramiento costero africano (Barton et al., 2004; Brochier et al., 2008). A lo largo de la columna de agua se identifican cuatro masas de agua, que son: (1) el agua superficial, que ocupa los primeros 150 m de la columna de agua y que está afectada por las condiciones atmosféricas locales (Knoll et al., 2002); (2) el Agua Central del Atlántico Norte (NACW), la cual se sitúa bajo la termoclina estacional y llega a profundidades comprendidas entre los 600 y 700 m y fluye hacia el SO (Knoll et al., 2002); (3) el Agua Antártica Intermedia (AAIW), que se detecta en los alrededores del Banco de Amanay y El Banquete llegando hasta los 1000 m (Martín-Sosa [coord.], 2013); y (4) el Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW), que aparece por debajo de los 1000 m de profundidad. Además de estas cuatro masas de agua, también aparece el Agua



Mediterránea. Esta masa de agua intermedia no existe en el entorno más próximo a los bancos, pero si se han detectado en estaciones situadas en el entorno de las islas como por ejemplo en el Pasaje de Lanzarote, donde el Agua Mediterránea se sitúa entre los 1000 m y los 1200-1300 m de profundidad (Knoll et al., 2002; Martín-Sosa (coord.), 2013).

### 3. Metodología

La zona de estudio, que abarca los bancos de Amanay y El Banquete, cubre un área de 6539 km<sup>2</sup>, lo que supone una ampliación considerable del área estudiada en el informe del proyecto LIFE+INDEMARES donde se cubrieron 2214 km<sup>2</sup> de la zona sur del LIC ESZZ15002 (Figura 2).



**Figura 2:** Mapas batimétricos del sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura: A. Batimetría de 20 m de resolución obtenida en el informe final del Proyecto LIFE+INDEMARES. B. Batimetría de 15 m de resolución obtenida en el presente informe y C. Batimetría de 50 m de resolución obtenida en el presente informe. En la figura también se indica, en negro, el polígono correspondiente a la posición del LIC ESZZ15002 según la Fundación Biodiversidad.

El fondo marino de las Islas Canarias fue cartografiado por primera vez con cobertura sistemática de recubrimiento real al 100%, entre los años 1998 y 2002, en el marco del Programa Oceanográfico-Hidrográfico de la Zona Económica Exclusiva Española (Proyecto ZEE), estudio que fue llevado a cabo de manera conjunta por el Instituto Español de Oceanografía y el Instituto Hidrográfico de la Marina (Acosta et al., 2005). Posteriormente, se realizaron cuatro campañas dentro del proyecto LIFE+INDEMARES en la zona considerada en este informe, entre los años 2010 y 2013, en las cuales se recabaron nuevos datos batimétricos, de sonda paramétrica, sedimentológicos y petrológicos. El resumen de las campañas llevadas a cabo en la zona, junto con los datos adquiridos en cada una de ellas, aparecen reflejados en la Tabla I.

La metodología empleada para la mejora del conocimiento en el sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura

pasa por un reprocesado de todos los datos batimétricos y de reflectividad integrados de diferentes campañas realizadas en la zona de estudio, así como un análisis más exhaustivo de los datos sedimentológicos y petrológicos de las muestras recopiladas en la zona.

**Tabla I:** Relación de campañas realizadas con adquisición de datos geofísicos y muestras del fondo obtenidos en el banco de Amanay y El Banquete que han sido integrados en el presente informe.

Campaña	Buque oceanográfico	Datos geofísicos		Datos sedimentológicos	
		Multihaz (km)	TOPAS (km)	Box Corer	Draga roca
ZEE-1999-HES	BIO Hespérides	227			
ZEE-2000-HES	BIO Hespérides	2293			
ZEE-2001-EZA	B/O Vizconde de Eza	451			
INFUECO_0710	B/O Enma Bardán			10	9
INFUECO_0611	B/O Miguel Oliver	1466	1807	18	13
INFUECO_1112	B/O Ángeles Alvariño	1650			19
INFUECO_1113	B/O Ángeles Alvariño	30			

### 3.1 Procesado de batimetría y reflectividad

El procesado de los datos batimétricos y de los datos de reflectividad se ha realizado de manera manual, mediante el uso del software de procesado CARIS HIPS & SIPS V.10. Para crear las superficies base a partir de las cuales se realiza la limpieza manual de los datos se empleó el algoritmo *Swath Angle*. Tal y como se ha explicado anteriormente, los datos disponibles en este estudio fueron adquiridos a lo largo de seis campañas oceanográficas, integradas en dos proyectos distintos (ZEE y LIFE+INDEMARES), realizadas entre los años 1999 y 2013 (Tabla I).

A la hora de realizar el procesado de los datos batimétricos surgieron ciertos problemas que han condicionado la calidad y resolución de los datos:

1. Los datos integrados obtenidos durante el programa ZEEE fueron recopilados hace más de 20 años con los equipamientos punteros de aquella época. Actualmente, al tratar de integrar estos datos en nuevos software de procesado y con datos adquiridos con tecnologías más avanzadas, han surgido problemas de incompatibilidad de formatos y operatividad entre datos, que ha limitado, parcialmente, el análisis realizado. Algunos de los problemas encontrados se describen a continuación.
2. Los datos batimétricos adquiridos en el techo de El Banquete presentan una forma en “sonrisa”, lo que sugiere que los perfiles de velocidad del sonido aplicados durante la adquisición de los datos no fueron lo suficientemente precisos para el cálculo de velocidad de propagación del sonido a lo largo de

toda la columna de agua, posiblemente debido a limitaciones tecnológicas en la época en la que fueron adquiridos. Este tipo de problemas en la adquisición no ha podido ser solucionado completamente en el procesado y, por tanto, en el techo de El Banquete la batimetría tiene un aspecto bandeado.

3. Por razones de incompatibilidad de formatos fue imposible integrar todas las líneas adquiridas durante la campaña del año 2000 a bordo del B.I.O. Hespérides en el proyecto global. Por este motivo, se decidió hacer un nuevo proyecto, empleando para ello una versión más antigua de CARIS HIPS & SIPS V.7, que incluyera todas las líneas adquiridas durante el Programa ZEEE (años 1999 a 2001). Aun así, no fue posible cargar todas las líneas en el programa, de ahí los huecos que se aprecian en la batimetría. Este proyecto fue convertido posteriormente a la versión 10 de CARIS, sin embargo, el hecho de no poder integrar todas las líneas en un mismo proyecto supone una disminución en la calidad del procesado e incluso en la resolución potencial de los datos. Teniendo en cuenta que contábamos con superficies batimétricas obtenidas a partir de la integración de todos los datos LIFE+INDEMARES y una parte de los datos de la ZEEE (es decir, más datos y por tanto mejor calidad del procesado y resolución), y superficies batimétricas obtenidas únicamente a partir de datos de la ZEEE (menos datos, menor calidad de procesado y menor resolución), se decidió que en lugar de aplicar algoritmos de combinación de capas, que podrían suponer una pérdida de resolución, sería más recomendable superponer las superficies más completas (datos integrados de los proyectos LIFE+INDEMARES y ZEEE) sobre aquellas obtenidas a partir de datos únicamente procedentes del proyecto de la ZEEE. Aun así, para facilitar el uso posterior de los datos batimétricos (y capas derivadas) y también con el objetivo de poder medir ciertos parámetros morfométricos de manera automática, se decidió además realizar las capas combinadas, para lo que tuvimos que recurrir al software CARIS HIPS&SISPS V.9.0, ya que la versión 10 no tiene la opción de combinar las superficies base.

(NOTA: Estos problemas con las líneas de la ZEE están actualmente siendo analizadas por personal de Teledyne, empresa creadora de CARIS HIPS & SIPS)

4. También surgieron problemas a la hora de obtener el mapa de reflectividad de la zona completa, ya que durante el procesado de los datos el programa obviaba las líneas obtenidas a bordo del BIO Hespérides (líneas del 1999 a 2001). Esto se debe, a incompatibilidades que surgen al trabajar con datos adquiridos con equipos de hace 20 años en software actuales. Por tanto, el mapa de reflectividad final cubre un área inferior a la zona total abarcada con el estudio de los datos batimétricos.

Tras el procesado de todos los datos se han obtenido cuatro superficies base parciales y dos superficies semicompletas (0-2500 m de profundidad) o completas para la batimetría (Tabla II). Los problemas a la hora de obtener los datos de reflectividad hacen que únicamente contemos con una superficie base a 15 m de resolución que no cubre toda el área de estudio y que llega, aproximadamente, hasta los 2500 m de profundidad (Tabla II). En la Figura 3 se muestra la extensión espacial de cada una de las superficies base, parciales, correspondientes a la capa de batimetría en función de la mejor resolución alcanzada, a partir de la cual se han generado sus variables derivadas (pendiente, orientación del fondo, curvatura, rugosidad, etc.). A todas las superficies base se les ha aplicado el algoritmo *FillHolidays* (5x5) / *Neighbours* =6 del software CARIS HIPS&SISPS con el objetivo de rellenar pequeños huecos y conseguir, de este modo, una superficie más uniforme.

**Tabla II:** Relación de tipos de superficies base de procesado, resolución espacial y rangos batimétricos. Nótese que hay un rango de profundidad de 10 m (de 1200 a 1210 m, de 1700 a 1710 y de 2500 a 2510) en el que existen datos a dos resoluciones con el fin de garantizar un buen solapamiento entre las capas y evitar que queden espacios en blanco.

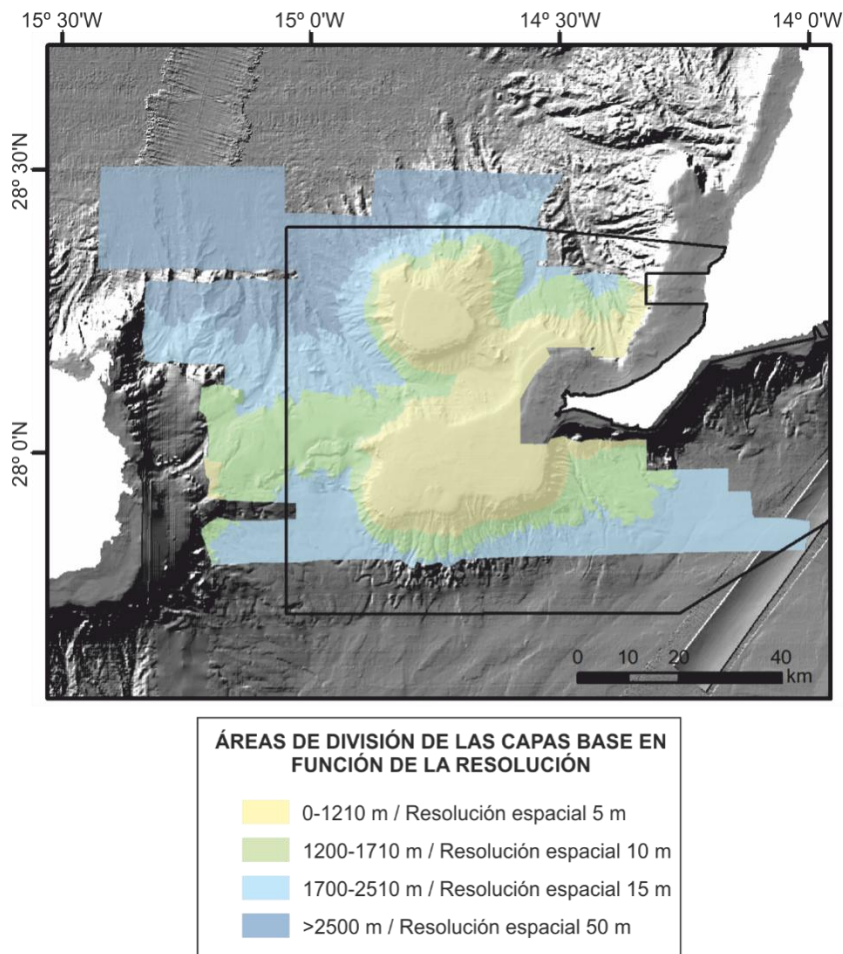
Tipo de superficie	Resolución espacial (m)	Rango batimétrico (m)
Batimetría	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
Reflectividad	15	0~2500

Para las capas correspondientes a las variables derivadas de la batimetría, entregadas junto a este informe, se ha optado por trabajar con las capas base de resolución de 15 m y 50 m, mientras que para la capa de reflectividad se ha optado por una única capa base de resolución 15 m. En la Tabla III se especifican las capas derivadas que se han generado y a las resoluciones espaciales que se han obtenido.

Para la superficie base de reflectividad se ha utilizado el algoritmo SIPS Backscatter de la herramienta “*Mosaic Engine*” del software CARIS HIPS&SISPS con el objetivo de mejorar la resolución y calidad del mapa de reflectividad del informe final del proyecto LIFE+INDEMARES (Martín-Sosa (coord.), 2013).

**Tabla III:** Relación de capas generadas en la zona de estudio, resolución espacial y rango batimétrico de cada una de ellas. BPI: *Bathymetric Position Index*. (\*) Los rangos de resolución de las capas BPI no responden a criterios de profundidad, sino que han sido escogidos para poder realizar una mejor clasificación de los rasgos morfológicos presentes en la zona.

Tipo de capa	Resolución espacial o equidistancia (m)	Rango batimétrico (m)
Isóbatas	100	TODO
	200	TODO
Mapa de sombras	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
Pendientes	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
Rugosidad	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
Orientación del fondo	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
Curvatura total, planar y perfil	5	0-1210
	10	1200-1710
	15	1700-2510
	50	>2500
	15	0-2500
	50	TODO
BPI (escala fina y gruesa) (*)	5	0-1050
	15	86-2500
	50	420-3500

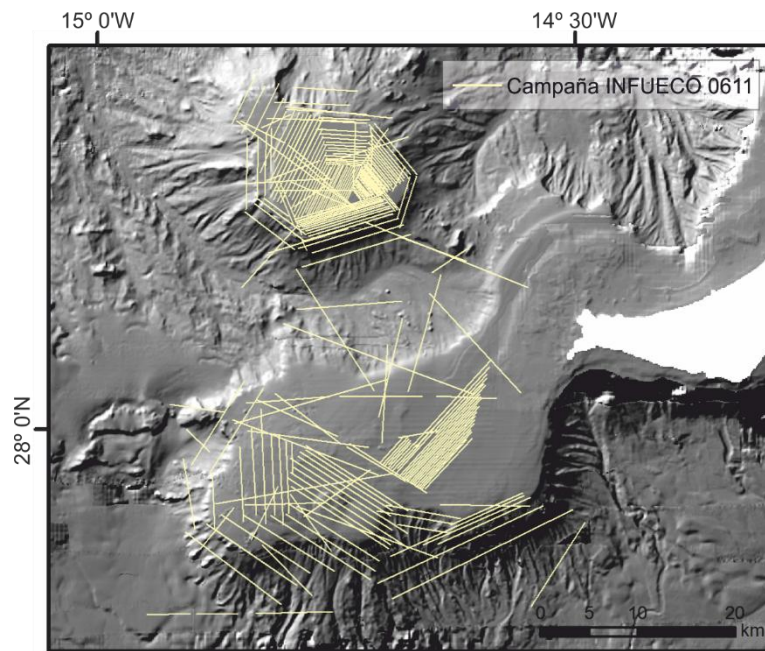


**Figura 3:** Distribución espacial por rangos de profundidad de las capas base de batimetría en función de su resolución espacial. El polígono negro corresponde al sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

### 3.2 Análisis geológicos de los perfiles de sonda paramétrica

A lo largo de la zona de estudio se han registrado un total de 1807 km de líneas de sonda paramétrica de alta resolución adquiridas con la sonda TOPAS PS018 durante la campaña INFUECO 0611 que tuvo lugar a bordo del B/O Miguel Oliver (Figura 4). Las líneas se concentran mayoritariamente sobre el techo del Banco de Amanay y en el techo de El Banquete, y presentan direcciones muy variables.

Se ha realizado una visualización superficial de los datos con el objetivo de conocer la arquitectura estratigráfica del área de estudio y completar, en la medida de lo posible, la información geomorfológica obtenida a partir de los datos batimétricos y de los mapas derivados. Sin embargo, cabe destacar que para la realización de dicho informe únicamente se contó con los perfiles en formato imagen y no en formato segy estándar, por lo que el uso de programas informáticos específicos de interpretación de este tipo de datos no fue posible, lo que ha dificultado el análisis de los datos y el cartografiado de las estructuras.

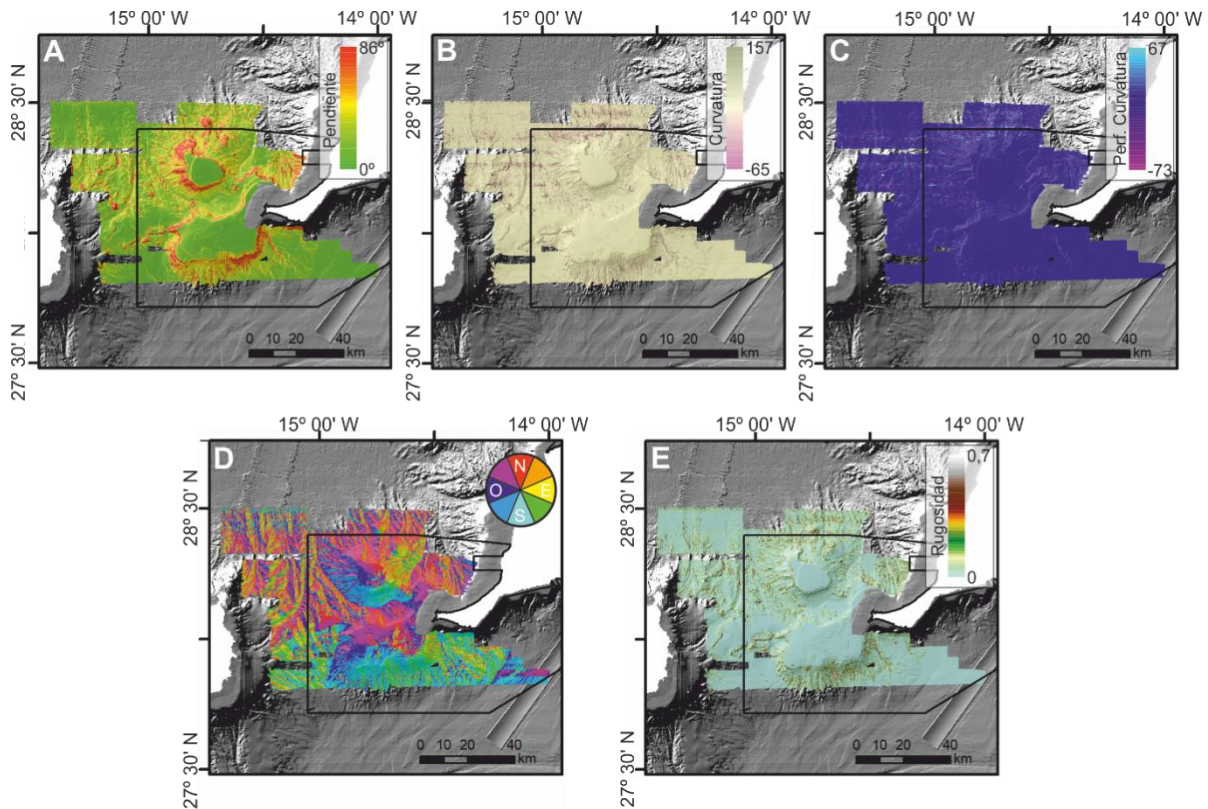


**Figura 4:** Localización de los perfiles de sonda paramétrica de alta resolución TOPAS PS018 obtenidos durante la campaña INFUECO 0611.

### 3.3 Análisis geomorfológicos

El análisis geomorfológico se fundamenta principalmente en el análisis de los resultados batimétricos, si bien también se ha apoyado en la información observada en los registros de sonda paramétrica de alta resolución. A la hora de analizar la información de los datos batimétricos se han utilizado los paquetes de herramientas de análisis espacial del software de sistemas de información geográfica ArcGIS. En estos análisis, se han podido obtener los modelos de sombras (*hillshade*) y otras variables del terreno como la pendiente, los índices de curvatura, la orientación y la rugosidad del fondo marino (Figura 5). Estos productos derivados de la batimetría dan una idea de la complejidad del fondo marino y son una herramienta fundamental para la interpretación geomorfológica del fondo y para la realización de una cartografía de detalle de la zona de estudio.

Entre los rasgos geomorfológicos cartografiados destacan montículos y algunos edificios volcánicos. Establecer los límites de dichas estructuras es, en ocasiones, confuso y su delimitación se basa, fundamentalmente, en criterios subjetivos. Por ello, y con el objetivo de delimitar con mayor precisión ambas estructuras, se ha utilizado la metodología descrita por Grosse et al. (2012), que se basa únicamente en criterios batimétricos. Este método consiste en la combinación de las capas de perfil de curvatura y pendiente normalizadas para generar una única capa resultante denominada *Boundary Delimitation Layer* (BDL) que ayuda a estimar cual es la rotura natural de la pendiente en cada pixel, lo que facilita la delimitación de los edificios volcánicos con respecto al fondo adyacente. A la hora de elaborar el BDL se le ha dado un factor de peso de 0,7 a la pendiente y de 0,3 a la capa de perfil de curvatura.



**Figura 5:** Mapas de las variables del terreno de la parte sur del LIC ESZZ15002 procedentes de la malla batimétrica de 50 m de resolución espacial. A) Pendiente, B) Curvatura, C) Perfil de Curvatura, D) Orientación de la superficie del fondo marino y E) Rugosidad del fondo marino. El polígono negro corresponde al LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

### 3.4 Análisis indirecto de las características de los fondos marinos

El análisis de los datos acústicos permite, de manera indirecta, obtener información sobre las características de la superficie del fondo. En este informe se han seguido dos metodologías distintas para realizar la caracterización de esta superficie.

La primera de ellas consiste en la realización de análisis semiautomáticos que incluyen modelos de índice de posición batimétrica (BPI, *Bathymetric Position Index*) a partir de los modelos anteriormente citados de batimetría, pendiente y rugosidad, mediante la herramienta *Benthic Terrain Modeler* (BTM). Esta aplicación realiza una clasificación semiautomática de potenciales unidades del terreno, a partir solamente de datos obtenidos con batimetría multihaz. Además, está íntimamente ligado al tipo de fondo que puede asociarse al tipo de hábitats presentes, por tanto, es una herramienta que ayuda a la localización específica de hábitats.

Este análisis semiautomático se ha dividido en tres zonas con el objetivo de lograr una mejor clasificación del terreno. Para ello se han utilizado las superficies de 5, 15 y 50 m de resolución. Se han obtenidos dos mapas de BPI para cada una de las



superficies de distinta resolución, uno de mayor escala al que se le han aplicado radios de búsqueda de 50 y 150 celdas (de radio interno y externo, respectivamente) para la superficie de 5 m de resolución, 100 y 300 celdas para la superficie de 15 m de resolución y 150 y 350 celdas para la superficie de 50 m de resolución, y otro de menor escala cuyos radios de búsqueda son de 1 y 10 celdas (5 m resol.), 1 y 15 celdas (15 m de resol.), y 1 y 50 celdas (50 m de resol.). De este modo, las zonas elevadas de alta pendiente o deprimidas de baja pendiente se diferencian en función del radio de búsqueda. Finalmente, con el objetivo de crear una clasificación morfológica en base a los datos de batimetría, pendiente y BPIs se han confeccionado diccionarios integrados de valores y rasgos críticos basado en XML (Tabla IV).

**Tabla IV:** Diccionarios (en inglés) empleados para la clasificación morfológica del sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

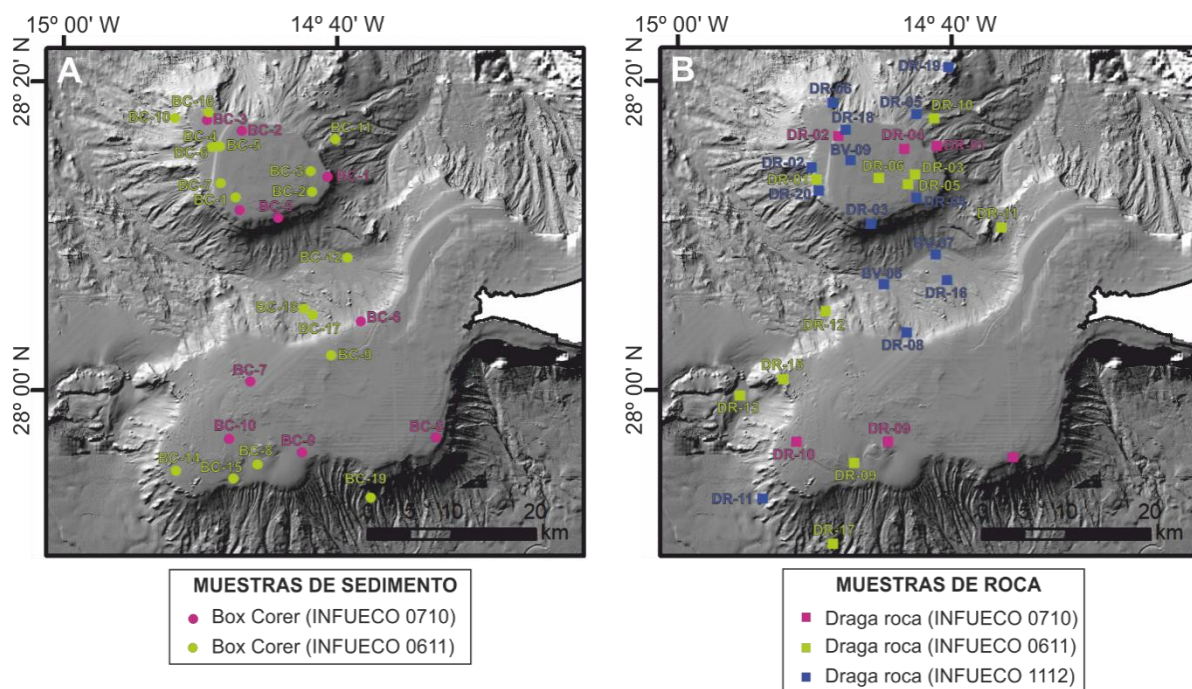
Broad-BPI		Fine-BPI		Slope		Depth	
Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
<b>Techo y talud superior (resolución 5 m)</b>							
102	-	288	-	-	-	-	-
-	-	-	-	0	4	-	-
-	-	-	-	4	13	-	-
-163	-1	-316	-14	0	6	-	-
-	-	-	-	13	-	-	-
<b>Talud y parte de la zona profunda (resolución 15 m)</b>							
-375	32	-	-160	-	-	-	-
-103	-52	-316	-168	-	-	-1700	-1500
-36	-17	-33	20	0	10	-1800	-1500
-	-	34	3462	-	-	-	-
159	-	74	-	-	-	-	-700
-	-	-	-	0	4	-	-
-	-	-	-	4	13	-	-
-	-	-	-	13	-	-	-
<b>Zona profunda (resolución 50 m)</b>							
-	-	-517	-143	2	-	-	-
-	-	86	5553	-	-	-	-
-	-	-	-	0	4	-	-
-	-	-	-	4	13	-	-
-	-	-	-	13	-	-	-

La segunda metodología empleada consiste en el análisis de los valores de reflectividad del fondo, los cuales pueden asociarse al tipo de sustrato (roca, arena y fango), dando de este modo una idea de la naturaleza del fondo marino. Así, el sustrato con una alta reflectividad ha sido clasificado como rocoso, mientras que los que muestran una reflectividad media y baja se interpretan como arenas de tipo

grueso y sedimento de menor tamaño de grano (arena media-fina y fango), respectivamente.

### 3.5 Análisis sedimentológicos

El análisis sedimentológico parte de los datos granulométricos, mineralógicos y del contenido en carbonato y materia orgánica de un total de 28 muestras de sedimento, recuperadas mediante Box Corer durante las campañas oceanográficas INFUECO 0710 e INFUECO 0611 (Tabla I). De las muestras recuperadas, 15 se sitúan sobre o en las proximidades del Banco de Amanay y 13 en el techo de El Banquete (Figura 6A). La escasez de muestras y su distribución heterogénea a lo largo de la zona de estudio hace imposible un estudio sedimentológico detallado (Figura 6A).



**Figura 6:** Localización de las muestras de sedimento (A) y de las muestras de roca (B) recogidas en la zona sur del LIC ESZZ15002 en el marco del proyecto LIFE+INDEMARES.

Los parámetros granulométricos utilizados para la caracterización textural del sedimento fueron calculados mediante el método de Folk y Ward (1957) y son: la media aritmética o promedio del tamaño de las partículas; el grado de selección o variación en el tamaño de las partículas del sedimento (*sorting*); la asimetría de la distribución granulométrica (*skewness*), que informa sobre el mayor o menor contenido de fracción fina y/o gruesa presente en las muestras; y el valor de la curtosis (*kurtosis*), referido al apuntamiento o achatamiento de la curva de distribución.

Además del análisis de los parámetros granulométricos, también se han elaborado una serie de mapas complementarios a los presentados en el informe final del

proyecto LIFE+INDEMARES (Martín-Sosa [coord.], 2013), como son la distribución del tamaño medio de grano y la distribución del contenido en materia orgánica sobre el techo del Banco de Amanay y El Banquete.

Por otro lado, también se ha reinterpretado la distribución de los datos correspondientes a 31 muestras de roca adquiridas durante las campañas oceanográficas INFUECO 0710, INFUECO 0611 e INFUECO 1112, y analizadas en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Tabla I). De las muestras recuperadas, 18 se situaban sobre el techo, los flancos y la zona adyacente del Banco de Amanay y las 13 restantes en la zona de El Banquete (Figura 6B).

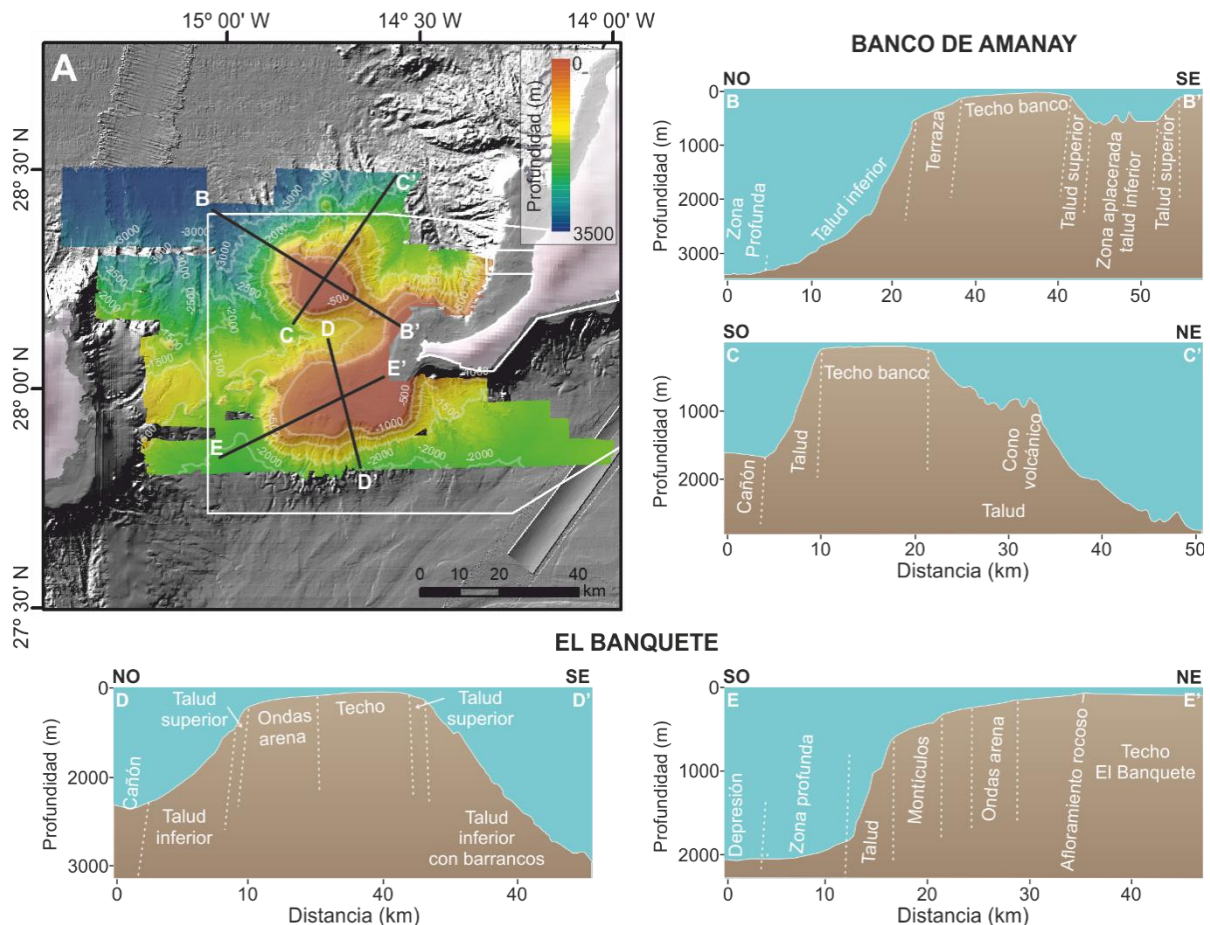
#### 4. Distribución espacial de tipos morfológicos

La zona sur del LIC Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura tiene como principales rasgos morfológicos, por una parte, el Banco de Amanay y, por otro, El Banquete, que corresponde a la prolongación de la plataforma insular de Fuerteventura hacia el SO.

El Banco de Amanay es un monte submarino situado entre las isobatas de 29 y 3120 m de profundidad. En función del perfil de la pendiente, este banco se ha descrito en tres grandes dominios morfológicos: techo, talud superior y talud inferior. El techo de este banco está situado entre los 29 y los 112-195 m de profundidad y tiene un área total de 126,5 km<sup>2</sup>. Presenta una forma en planta pseudocircular, con un diámetro máximo de 14 km y un diámetro mínimo de 11 km (Figura 7). El techo del banco se caracteriza por ser relativamente plano, con una ligera inclinación hacia el NO, y por presentar pendientes relativamente suaves que no superan los 5° (Figura 7B). El carácter aplacerado del techo del banco respondería a la acción erosiva del viento y el oleaje durante periodos en los que la cima del mismo se encontraba emergida. La posición tan somera del techo (29 a 112-195) hace factible que el banco se haya encontrado parcialmente emergido durante periodos del nivel del mar más bajo, como por ejemplo durante el último periodo glacial (MIS 2) cuando el nivel del mar se encontraba unos 120 m por debajo del nivel actual y, por tanto, el techo del Banco de Amanay ha podido estar expuesto a la acción erosiva de agentes externos tanto marinos como subaéreos.

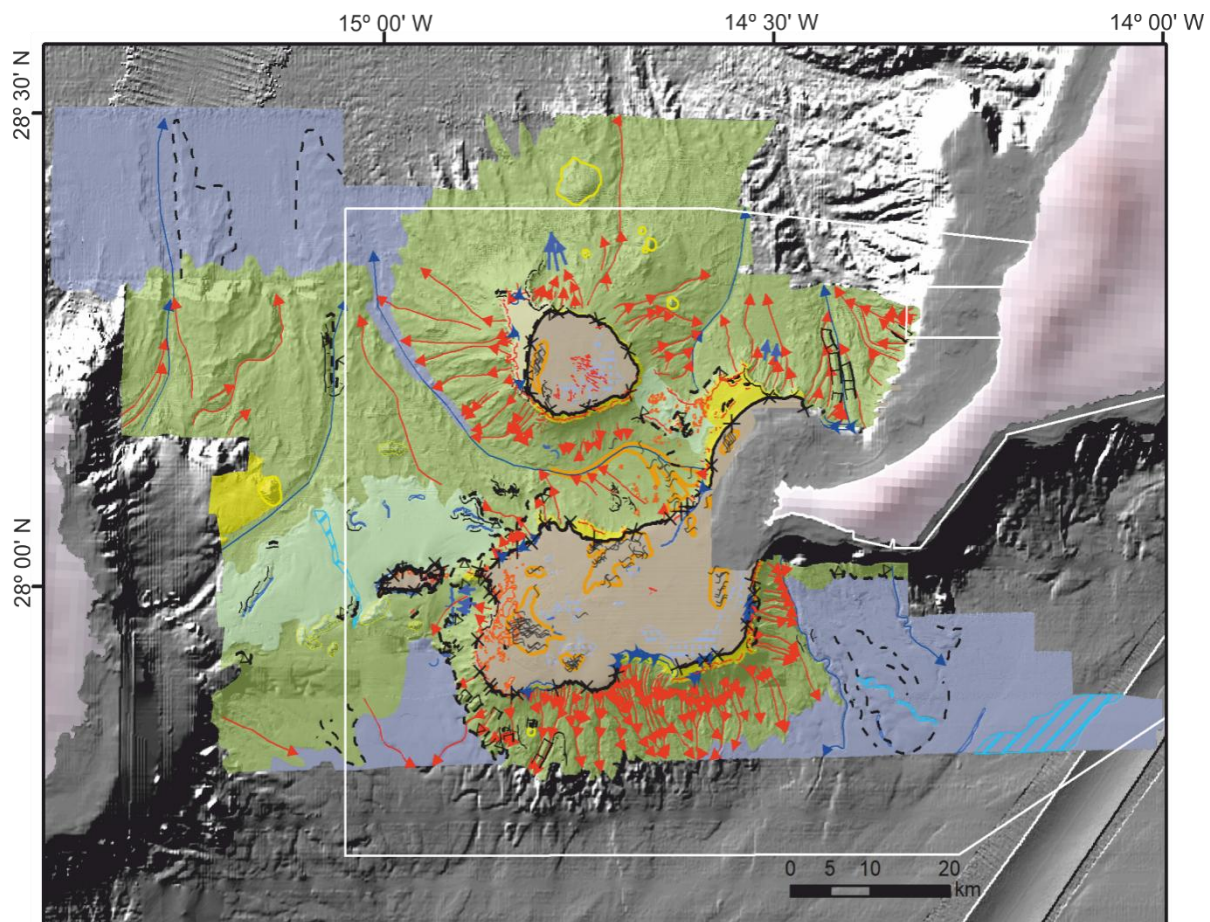
Entre el techo y los flancos (o talud inferior) del banco se define una zona de transición que se ha denominado talud superior. Esta zona es continua a lo largo de todo el Banco de Amanay y se ha cartografiado, tanto su límite superior como el inferior, en función de los cambios de pendiente asociados a la presencia de escarpes de tipo estructural o erosivo (Figura 8). La inclinación del techo del banco corresponde a una inclinación del propio monte que hace que tanto el límite superior como el límite inferior del talud superior se encuentren dentro de un rango de profundidades y no en una cota de profundidad fija. De este modo, el talud

superior se encuentra comprendido entre 112 y 670 m como valores máximos, presenta pendientes entre 10 y 24°, aproximadamente y tiene una anchura muy variable (Figura 8). Así, en el cuadrante NE, el talud superior del Banco de Amanay no supera los 0,9 km de anchura, mientras que en los cuadrantes SE y SO la anchura del talud superior aumenta hasta alcanzar un valor máximo de 1,2 km (Figura 8). Sin embargo, es en el cuadrante NO donde el talud superior alcanza su mayor extensión (5,5 km), ya que en esta zona se desarrolla una terraza dentro del talud superior, que podría haberse generado por la acción abrasiva del oleaje durante periodos del nivel del mar más bajo que el actual. Esta terraza se sitúa entre los 215 y 670 m de profundidad, y su superficie está ligeramente inclinada hacia el NO con un valor de pendiente media de 6° (Figura 7B). En general, el talud superior se caracteriza por presentar escarpes de tipo estructural y también es la zona donde se desarrollan las cabeceras de los barrancos submarinos (*gullies*).



**Figura 7:** Área de estudio correspondiente a la zona sur del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura. A) Mapa batimétrico con isobatas cada 500 m y localización de los perfiles batimétricos B-B', C-C', D-D' y E-E'; B y C) Perfiles batimétricos de la zona del Banco de Amanay donde se representan los rasgos morfológicos más significativos interpretados; D y E) Perfiles batimétricos de la zona de El Banquete donde se representan los rasgos morfológicos correspondientes. El polígono blanco corresponde al sector meridional del LIC ESZZ15002.

El talud inferior del Banco de Amanay se desarrolla entre una profundidad mínima de 267 m y una profundidad máxima de 3120 m, dado el carácter irregular del talud superior. La zona del talud inferior se caracteriza por presentar las pendientes más elevadas, con valores que llegan a alcanzar los 38° (Figura 5A). El talud inferior está atravesado por un gran número de cárcavas o barrancos submarinos, y hacia la base del mismo, en el cuadrante NE, se han podido cartografiar varios edificios volcánicos cónicos individuales.



Rasgos estructurales	Rasgos erosivos	Rasgos gravitacionales	Unidades morfológicas
— Escarpe estructural	— Escarpe erosivo	→ Dirección transporte masa	■ Techo banco
- - - Pie de escarpe	→ Cañón	→ Frente transporte masa	■ Talud superior
× Techo banco	→ Barranco/Gully		■ Terraza talud superior
→ Resalte diques	→ Cabecera barranco	<b>Rasgos biogénicos</b>	■ Talud inferior
■ Afloramiento rocoso	▨ Surco erosivo	■ Bioconstrucción	■ Zona aplacerada talud inferior
■ Altos estructurales	▨ Canal	<b>Rasgos deposicionales</b>	■ Zona profunda
	<b>Rasgos volcánicos</b>	- - - Depósitos residuales	
	□ Cono volcánico	~ Cresta ondas arena	
		■ Campo ondas arena	

**Figura 8:** Unidades morfológicas identificadas en la zona de estudio representadas sobre los mapas de sombras a 15 m (0-2500 m) y 50 m (2500-3500 m) de resolución. Como imagen de fondo de la zona de estudio se ha empleado el mapa de sombras derivado de la batimetría EMODnet. El polígono blanco corresponde al sector meridional del LIC ESZZ15002.

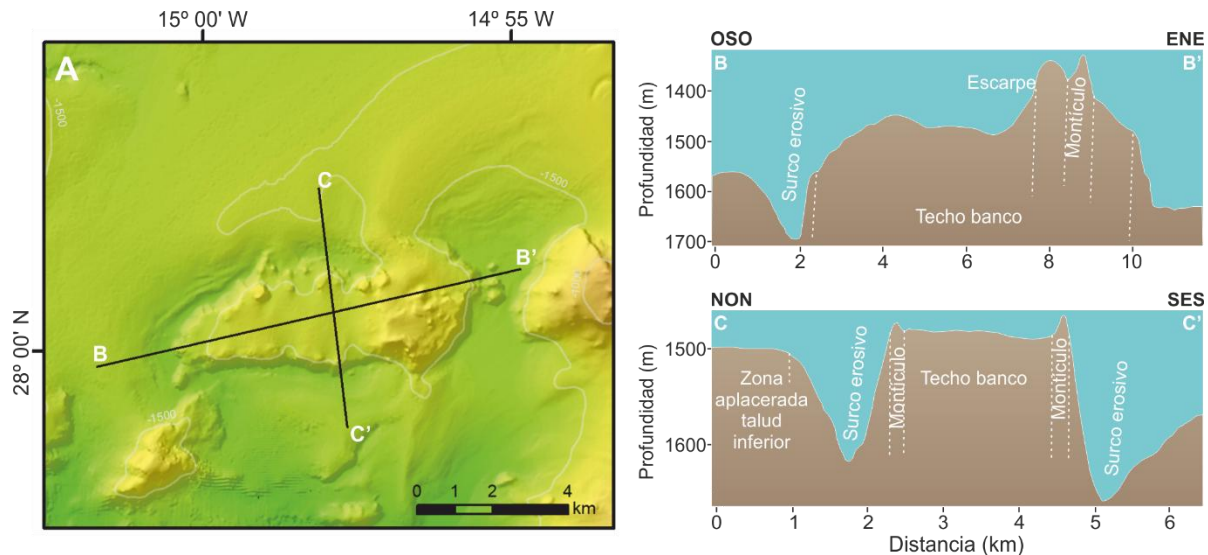
El Banquete se corresponde con la prolongación hacia el SO de la plataforma insular de la isla de Fuerteventura (Figura 1). Se han considerado tres segmentos en su morfología: techo, talud superior y talud inferior. El techo de El Banquete se encuentra entre los 28 y los 700 m de profundidad (Figura 7). Hasta la isobata de 300 m de profundidad, el techo se caracteriza por presentar pendientes muy suaves normalmente son inferiores a  $4^{\circ}$ , mientras que en la parte más profunda del mismo la pendiente aumenta ligeramente sin superar, en general, los  $7^{\circ}$  (Figuras 5A y 7E).

El talud superior, que al igual que en el caso del Banco de Amanay viene delimitado por cambios en la pendiente como consecuencia de la presencia de escarpes (estructurales y erosivos), no es continuo a lo largo de toda la zona de El Banquete. En concreto, aparece en cuatro sectores: (1) el primer sector se sitúa en el margen sur de El Banquete, entre las isobatas de 100 y 600 m de profundidad, su anchura es irregular, varía entre 0,2 y 2,4 km (Figura 8), y las pendientes alcanzan valores, por lo general, entre  $13^{\circ}$  y  $18^{\circ}$ , aunque en la zona oriental de este sector se observan valores mayores de la pendiente (Figura 5A); (2) el segundo sector aparece en el extremo occidental de El Banquete, entre 680 y 1038 m de profundidad, tiene una anchura de 2,4 km, y pendientes que van de  $2^{\circ}$  a  $16^{\circ}$ ; (3) los dos últimos sectores se sitúan en el margen norte de El Banquete. De estos dos sectores, el situado en la parte más occidental se localiza entre las isobatas de 255 y 925 m, tiene una forma irregular de anchura muy variable (0,2 y 2,2 km), y las pendientes son relativamente suaves, con valores que rara vez superan los  $14^{\circ}$  (Figura 5A). Mientras que el segundo estos dos sectores del margen norte se sitúa entre las isobatas de 200 y 900 m y es donde el talud superior alcanza un mayor desarrollo, con una anchura máxima de 5,2 km (Figura 8), no superando las pendientes valores de  $14^{\circ}$  por lo general, aunque se pueden registrar valores mayores debido a la presencia de escarpes de tipo estructural (Figura 8).

El talud inferior de El Banquete se sitúa entre las isobatas de 270 a 2024 m y tiene una anchura muy variable, siendo el margen occidental donde se observa una menor anchura (1,5 km), si bien en el margen sur de El Banquete los datos disponibles no cubren el final del talud inferior (Figura 8). Al igual que ocurre en el Banco de Amanay, el talud inferior de esta zona se caracteriza por presentar mayores pendientes (hasta  $46^{\circ}$ ) y por estar atravesado por un gran número de barrancos submarinos que le confieren un relieve muy irregular (Figura 8).

Entre la isla de Gran Canaria y el margen oeste de El Banquete aparece un pequeño monte submarino denominado Canary Ridge (van den Bogaard, 2013). Dicho monte presenta una forma alargada con un diámetro máximo de 8 km y mínimo de 1,5 km (Figura 9). El techo del monte es bastante irregular, con la parte oriental más elevada topográficamente que el resto de la superficie del techo, y con pendientes que no superan los  $6^{\circ}$  en su mayor parte (Figura 5A). La presencia de

escarpes de tipo estructural, así como de montículos en el techo del monte aumentan su carácter irregular, y generan valores de pendiente mayores a las pendientes dominantes en el techo del monte (Figura 9). La presencia de dicho monte submarino hace que la circulación de las masas de agua de fondo generen a su alrededor una serie de surcos erosivos (Figuras 8 y 9).



**Figura 9:** A) Mapa batimétrico a 15 m de resolución del monte submarino Canary Ridge con isobatas cada 500 m y localización de los perfiles batimétricos B-B' y C-C'; B y C) Perfiles batimétricos de la zona del monte submarino Canary Ridge donde se representan los rasgos morfológicos más significativos interpretados.

En la zona de estudio, dentro de lo que se podría considerar como talud inferior, aparecen dos zonas que se caracterizan por un relieve más aplacerado y pendientes suaves. Una de estas zonas se sitúa entre El Banquete y el Banco de Amanay, entre las isobatas de 260 y 780 m de profundidad. Esta zona se caracteriza por presentar pendientes relativamente suaves, normalmente inferiores a  $7^\circ$  (Figura 5A); aunque se observan pendientes mayores asociadas a la presencia de altos topográficos y numerosos montículos en el área (Figura 8). La segunda zona se sitúa entre el margen oeste de El Banquete y la isla de Gran Canaria (Figura 8). Esta zona aplacerada aparece entre el rango de profundidades de 1092 y 1830 m y se caracteriza también por presentar pendientes muy suaves, que en la mayor parte de la zona no superan los  $3^\circ$  (Figura 5A). Hacia la parte central, la zona está atravesada por un surco erosivo generado por la acción de las corrientes (Figura 8). En el margen sur de esta zona aplacerada se encuentran varios altos estructurales, así como el propio monte Canary Ridge (Figura 8).

A continuación, se presentará, en primer lugar, el trabajo de clasificación morfológica realizada a partir de técnicas semiautomáticas y, en segundo lugar, se describirá la geomorfología de la zona, como resultado de la aplicación de las

diferentes técnicas morfométricas utilizadas y de la interpretación de dichas formas junto a los perfiles de sonda paramétrica disponibles en la zona.

#### **4.1 Clasificación semiautomática de tipos morfológicos del fondo marino**

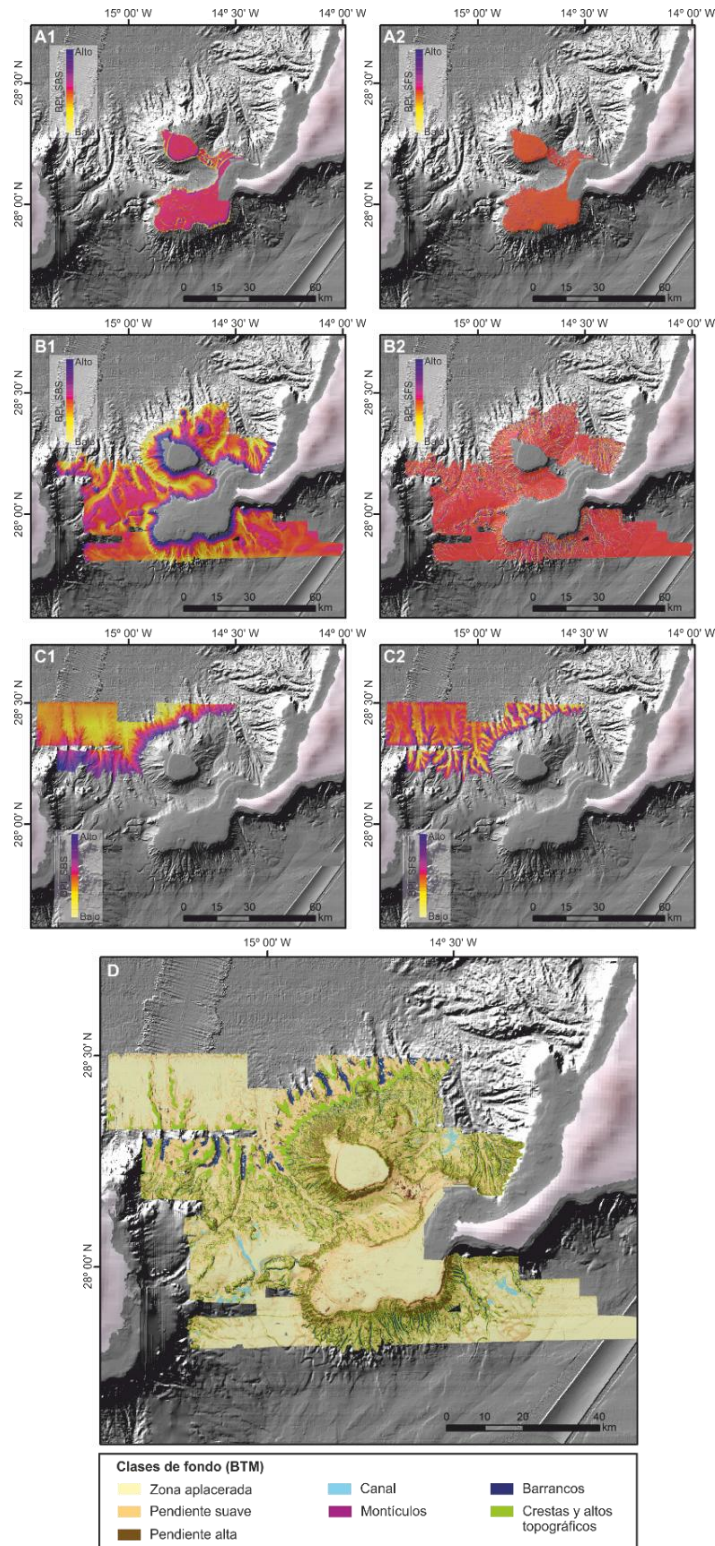
Se ha realizado una clasificación semiautomática de la zona de estudio empleando las superficies de 5, 15 y 50 m de resolución (Figura 10). Para ello, se han aplicado, para cada superficie, dos modelos BPI, grueso y fino (Figuras 10), a partir de los cuales se han realizado las clasificaciones del terreno, basadas en las relaciones morfológicas establecidas en los diccionarios elaborados para tal fin (Tabla IV). Esta clasificación semiautomática ha permitido establecer siete clases de fondo en el área de estudio, que son: zona aplacerada, zona de pendiente suave, zona de pendiente elevada, montículos, crestas y altos topográficos, barrancos y canales (Figura 10D). Sin embargo, cabe destacar que el modelo presenta ciertas limitaciones a la hora de identificar algunos de los rasgos morfológicos, como son los resaltes de diques, las crestas de las ondas de arena, los surcos erosivos, entre otros. (Figura 8).

El modelo actual no permite identificar ninguno de los rasgos cartografiados sobre el techo del Banco de Amanay y solo unos pocos de los del techo de El Banquete. Este modelo, únicamente permite detectar las cimas de los montículos del techo de El Banquete, aunque los flancos de los mismos los clasifica como zonas de alta pendiente (Figura 10D). Las zonas aplaceradas predominan en el techo del Banco de Amanay y El Banquete, pero también en la zona profunda adyacente y en superficies más planas del talud (Figura 10D).

Por el contrario, este modelo clasifica bastante bien zonas de pendiente suave y alta, que se encuentran tanto hacia el borde del techo del Banco de Amanay y de El Banquete, como en el talud superior y en la parte baja del talud inferior (Figura 10D). A lo largo del talud inferior se pueden ver tanto crestas o altos morfológicos como barrancos (Figura 10C). Los diferentes valores del BPI de rango fino, más elevados en las crestas y bajos en la zona de barrancos (Figura 10), y los valores de pendiente (Figura 5A) señalan características geomorfológicas lo suficientemente distintas entre las crestas y los barrancos como para ser tenidas en cuenta a la hora de una potencial distribución de hábitats.

Esta clasificación semiautomática también ha permitido identificar el canal que atraviesa la zona aplacerada situada entre la isla de Gran Canaria y El Banquete. Aunque también es cierto que identifica como canal zonas del talud inferior o de la zona profunda que se corresponden con zonas aplaceradas o de pendiente suave (Figura 10D).





**Figura 10:** Mapas del Índice de Posición Batimétrica (BPI) de la zona de estudio. A1 y A2) Modelos de escala gruesa (BPI\_SBS) y fina (BPI\_SFS), respectivamente, del techo del Banco de Amanay y El Banquete obtenidos a partir de la superficie de batimetría de 5 m de resolución. B1 y B2) Modelos de escala gruesa (BPI\_SBS) y fina (BPI\_SFS), respectivamente, obtenidos a partir de la superficie de batimetría de 15 m de resolución. C1 y C2) Modelos de escala gruesa (BPI\_SBS) y fina (BPI\_SFS), respectivamente, obtenidos a partir de la superficie de batimetría de 50 m de resolución. D) Mapa de distribución de clases de tipos morfológicos del fondo marino.

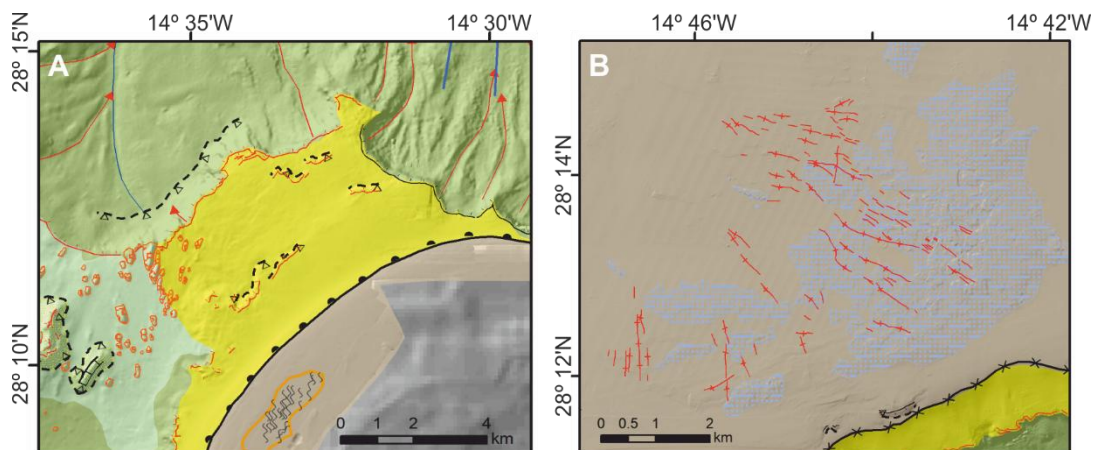
## 4.2 Geomorfología

Los principales rasgos morfológicos identificados en la zona de estudio aparecen representados en la Figura 8, y se describen, a continuación, con mayor detalle siguiendo su diferenciación morfogenética en rasgos estructurales, erosivos, gravitacionales, deposicionales, volcánicos y biogénicos.

#### 4.2.1 Rasgos estructurales

Entre los rasgos estructurales más significativos identificados en la zona de estudio cabe destacar los escarpes de tipo estructural y los resaltes de diques.

Los escarpes estructurales suponen un salto batimétrico brusco como consecuencia de la presencia de fallas que afectan al terreno. En la zona de estudio se observan numerosos escarpes estructurales que presentan direcciones muy variables, de SO-NE a OSO-ENE y de NO-SE a NNO-SSE (Figura 8). La transición del techo del banco al talud superior, así como de este último al talud inferior, viene marcada por la presencia de escarpes de tipo estructural. Dichos escarpes tienen una forma en planta muy variable, que va desde rectilínea hasta irregular (Figura 8). Los saltos batimétricos vinculados a estos escarpes tienen asociadas zonas de pendiente elevada, normalmente entre  $14^{\circ}$  y  $22^{\circ}$  (Figura 5A).



**Figura 11:** Mapa morfológico sobre el modelo de sombras (A) donde se observa la cartografía de escarpes estructurales en el talud superior de El Banquete y (B) donde se indican los resaltes de diques presentes en el techo del Banco de Amanay. La leyenda del mapa morfológico es la misma que la indicada en la Figura 8.

Los escarpes de tipo estructural también se observan en una pequeña terraza que aparece en el margen norte del talud superior de El Banquete (Figura 11.A). En esta zona se pueden observar varios escarpes de longitudes variables (de 0,8 a 1,7 km), que generan pendientes que oscilan entre los  $20^{\circ}$  y los  $47^{\circ}$  (Figura 5A) y saltos en la batimetría de 15 a 60 m de altura máxima. También la zona aplacerada que se genera entre el Banco de Amanay y la isla de Fuerteventura está delimitada por escarpes estructurales lineales de dirección NO-SE (Figura 8). En este último caso, dichos escarpes producen saltos en la batimetría que superan los 100 m de altura.

Otro de los rasgos estructurales cartografiados en el área de estudio son los resaltes de diques. Este tipo de rasgo morfológico corresponde a un resalte rocoso con morfología lineal, que se da exclusivamente en esta área, sobre el techo del Banco de Amanay (Figura 11.B). Los resaltes de diques tienen dos direcciones predominantes que son, NO-SE y ONO-ESE, pero también existen resaltes con direcciones O-E y N-S (Figura 12), aunque menos numerosos. La longitud de dichos resaltes varía entre 0,06 y 1,95 km.

#### 4.2.2 Rasgos erosivos

Los principales rasgos erosivos cartografiados en la zona de estudio son: surcos, escarpes, canales, cañones y barrancos o *gullies* y sus cabeceras.

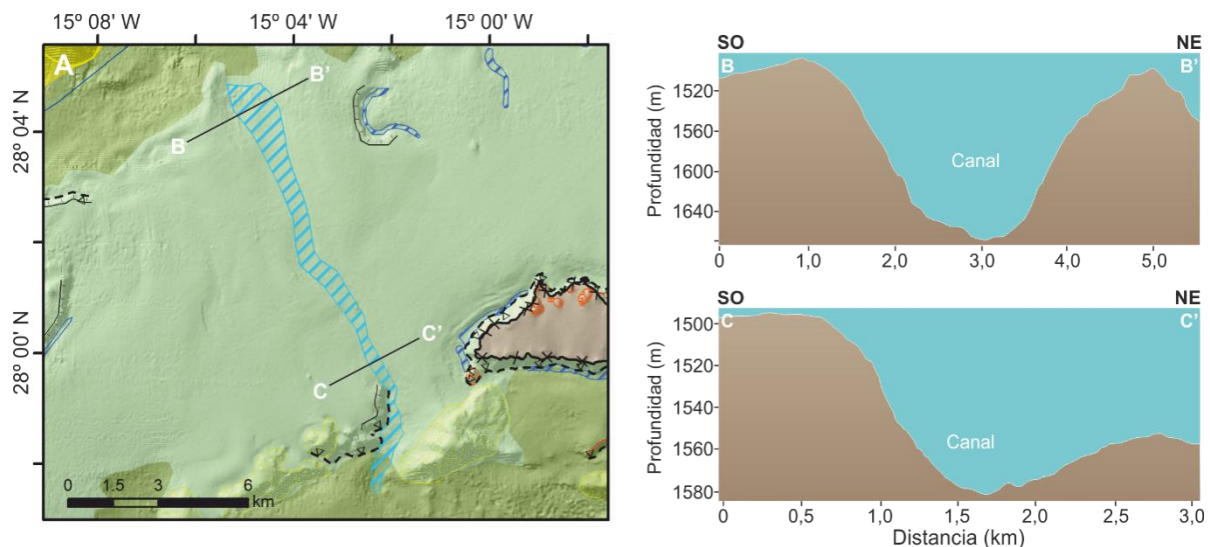
Los surcos erosivos son depresiones alargadas que se observan en el techo de El Banquete, en los alrededores del monte submarino Canary Ridge y en la zona aplacerada que se sitúa entre la isla de Gran Canaria y El Banquete (Figura 8). Dentro de los surcos que aparecen sobre el techo de El Banquete se distinguen dos grupos. El primero corresponde a dos surcos erosivos situados en la parte NE de El Banquete, entre 130 y 180 m de profundidad, con una dirección SO-NE. El más pequeño tiene una longitud de 1,4 km y genera un relieve negativo que varía entre 3 y 7 m; mientras que el de mayor tamaño tiene 9,1 km de longitud y genera un relieve negativo de hasta 10 m. Dada la profundidad a la que se sitúan, estos surcos podrían haber sido generados por la acción erosiva de la masa de agua superficial (Corriente de Canarias) o, más probablemente, por la masa de Agua Central del Atlántico Norte (NACW), que tiene un dirección de flujo predominante hacia el SO coincidiendo con la dirección de dichos surcos erosivos. El segundo grupo corresponde a los tres surcos erosivos situados en la parte más distal del techo de El Banquete, entre 160 y 190 m de profundidad. Estos surcos erosivos tienen menor longitud, que varía entre 0,4 y 1 km. Uno de estos surcos aparece asociado a un afloramiento rocoso, y genera una depresión de 6 m. Los otros dos surcos erosivos tienen una dirección NO-SE y generan un relieve negativo que varía entre 5 y 10 m. Este tipo de surcos erosivos son el resultado de la interacción de un resalte topográfico con la acción de las corrientes de fondo.

Alrededor del monte submarino Canary Ridge también se generan surcos erosivos (Figura 9). Dichos surcos aparecen entre las isobatas de 1600 y 1700 m, y tienen longitudes que varían entre 3,4 y 3,9 km. Estos surcos generan un desnivel que va desde 40 m hasta más de 100 m en puntos concretos. La génesis de estos surcos erosivos sería el resultado de la interacción de la masa de Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW) con el monte Canary Ridge.

El resto de surcos erosivos se sitúan sobre la zona aplacerada localizada al oeste de El Banquete (Figura 8). Dichos surcos tienen dos direcciones predominantes, O-E y NNO-SSE, y se producen entre las isobatas de 1300 y 1700 m. La longitud de los mismos varía en un rango limitado, entre 2,1 y 3,8 km, y generan depresiones que oscilan entre los 19 m y los 60 m de profundidad. Asociados a estos surcos erosivos se generan pequeños escarpes de carácter erosivo.

Los escarpes de tipo erosivo se producen en el borde del talud superior asociados a procesos de deslizamiento (explicado con mayor detalle en el apartado de rasgos gravitacionales), a lo largo del talud inferior y, como se ha mencionado previamente, en la zona aplacerada situada entre la isla de Gran Canaria y El Banquete asociada a los surcos erosivos. Este tipo de escarpes, al igual que los escarpes de tipo estructural, dan lugar a pendientes elevadas. Los escarpes erosivos que se producen en la zona del talud inferior tienen una morfología y longitud muy variable (0,7-8 km) y se producen asociados a procesos de inestabilidad sedimentaria.

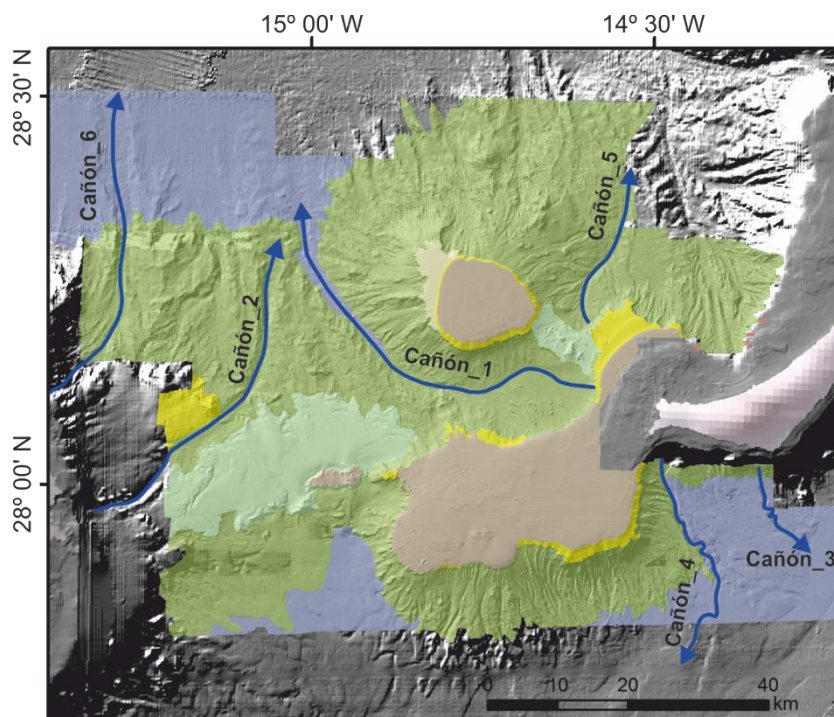
Otro rasgo erosivo en la zona son los canales. Dentro de la zona de estudio se han cartografiado 3 canales, uno situado sobre la zona aplacerada situada al oeste de El Banquete y otros dos situados en la zona profunda, al E de El Banquete (Figura 8). El primero, se sitúa entre las isobatas de 1500 y 1850 m y tiene una longitud de 15 km. El canal, cuya orientación es NNO-SSE, tiene una profundidad que varía desde 20 hasta más de 100 m en la zona más profunda (Figura 12). Este canal conecta las dos zonas del talud situadas a ambos lados de esta zona aplacerada.



**Figura 12:** A) Modelo de sombras donde se observa el canal que atraviesa la zona aplacerada situada al oeste de El Banquete (ver leyenda en la Figura 8). Las líneas negras representan la posición de los perfiles batimétricos representados en B y C. B) y C) Perfiles batimétricos del canal de grandes dimensiones identificado en la zona.

Los canales situados en la zona profunda situada al E de El Banquete son muy distintos entre sí. Uno de ellos presenta una dirección NO-SE y en total tiene unos 12 km de longitud (Figura 8). El cauce varía entre 0,2 km, en su parte más estrecha, y 1,2 km en la parte más ancha. La dirección de dicho canal indica que se ha generado por la acción de las corrientes de fondo procedentes del techo de El Banquete. En esta zona profunda se ha cartografiado un canal de grandes dimensiones (5,8 km de anchura máxima), que se sale de la zona de estudio, y que tiene una dirección SO-NE (Figura 8). Dicho canal ha debido ser generado por las masas de agua profunda que circulan en el margen oriental de la isla de Fuerteventura.

Dentro de la zona de estudio se han cartografiado un total de 7 cañones submarinos (Figura 13; Tabla V). Cabe señalar, que en este informe entendemos como cañones submarinos los valles submarinos, con forma de V, cuya cabecera está o bien en la plataforma o bien en sus proximidades y cuya longitud supera los 15 km. La mayor parte de estos cañones submarinos están, además, vinculados a numerosos tributarios. A la hora de realizar la descripción de los cañones submarinos, solo hemos tenido en cuenta aquellos que se desarrollan mayoritariamente dentro de los datos batimétricos disponibles, por esa razón, no se describe en detalle el cañón situado al E del Cañón\_5, ya que únicamente tenemos datos batimétricos de su cabecera (Figura 13).



**Figura 13:** Modelo de sombras donde se observa la cartografía de los cañones descritos. Nótese que los cañones 2, 4, 5 y 6 se extienden más allá de la zona de estudio. Ver leyenda en la Figura 8.

**Tabla V:** Tabla de datos con la longitud y anchura máxima y mínima de los cañones. Ver la posición de los cañones en la Figura 13. La longitud dada para los cañones 2, 4 y 6 incluye también el tramo medido fuera del área cubierta por la batimetría de este estudio.

Nombre	Longitud (km)	Ancho cauce max. (m)	Ancho cauce min. (m)	Rango profundidad (m)
Cañón_1	58,2	2041	73	324-3255
Cañón_2	50,8	2012	515	1499-3037
Cañón_3	15,9	1131	101	1000-1822
Cañón_4	35,7	559	113	801-2025
Cañón_5	23,5	1312	175	1048-2145
Cañón_6	47,4	1975	663	78-3496

Dentro de los cañones cartografiados, el de mayores dimensiones es el que se desarrolla entre El Banquete y el Banco de Amanay. Dicho cañón, que fluye hacia el NO tiene una longitud de 58 km y una anchura que varía entre 73 y 2041 m (Tabla V). En el primer tramo del cañón, es decir entre los 470 y los 1580 m de profundidad, se desarrollan a lo largo del cauce del cañón numerosas ondas de arena (Figura 8). Los cinco cañones restantes no se desarrollan al completo dentro de la zona de estudio; sin embargo, en el caso de los cañones que provienen de la isla de Gran Canaria (Cañón\_2 y Cañón\_6) y de uno de los cañones que se desarrollan en el margen sur de la isla de Fuerteventura (Cañón\_4), se ha podido ajustar un poco más su longitud en base a la batimetría EMODnet que se emplea como base (Figura 13; Tabla V). Cabe destacar que ambos cañones situados en el margen sur de la isla de Fuerteventura tienen un cauce meandriforme en su tramo profundo ya en la cuenca adyacente, coincidiendo con zonas de baja pendiente (Figuras 5A y 13). Además, el Cañón\_3 es el único de los descritos que no parece estar alimentado por ningún tributario (Figura 8). En la Tabla V se resumen las características básicas de cada uno de estos cañones.

Uno de los rasgos más frecuentes a lo largo del talud inferior, tanto del Banco de Amanay como de El Banquete, son los barrancos o *gullies* (Figura 8). Los barrancos son valles submarinos confinados, de menor escala que los cañones y que, en la zona de estudio, presentan una morfología bastante rectilínea (Figura 8). En el Banco de Amanay, las cabeceras de estos barrancos están bien definidas en varios puntos del límite entre la terraza del talud superior y el talud inferior. Esas cabeceras tienen una geometría que podríamos clasificar como cóncava en planta y se desarrollan entre 330 y 480 m de profundidad (Figura 8). Las longitudes de estas cabeceras son bastante pequeñas, están comprendidas entre 0,7 y 2 km. Los barrancos situados en el Banco de Amanay tienen longitudes variables y, en su mayoría, morfología rectilínea. Los barrancos situados en el sector SE destacan por tener menor tamaño menor, con longitudes que no superan los 3,5 km (Figura 8) si bien alcanzan en algún caso hasta 14 km de longitud. Los barrancos situados en el sector SE y SO desembocan en el cañón submarino que atraviesa la zona

situada entre el Banco de Amanay y el norte de El Banquete (Figura 8), mientras que los barrancos situados en el sector NE del banco desembocan en el Cañón\_5, situado entre el Banco de Amanay y la isla de Fuerteventura (Figura 13).

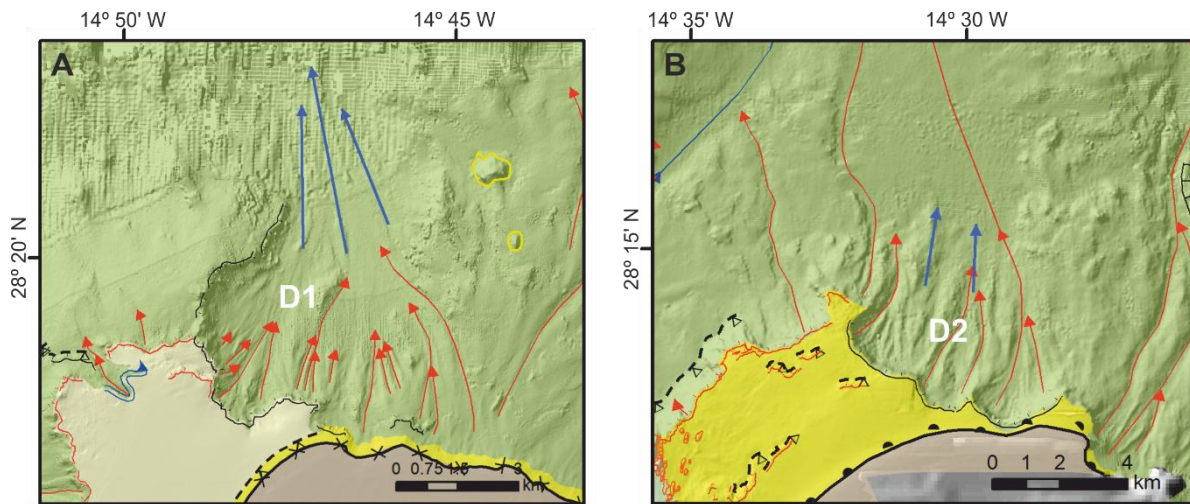
En El Banquete las cabeceras de los barrancos se sitúan en el borde del techo (Figura 8). Dichas cabeceras presentan una geometría cóncava en planta y se desarrollan entre 100 y 750 m de profundidad. En el margen sur del techo de El Banquete es donde las cabeceras de dichos barrancos alcanzan una mayor extensión, con longitudes de 4,2 y 10 km (Figura 8). El resto de las cabeceras de los barrancos cartografiados en la zona tienen longitudes que varían entre 0,6 y 1,2 km. En la zona de El Banquete se observa que los barrancos son más numerosos en su margen sur, donde se han llegado a cartografiar más de 45 barrancos, y tienen menor extensión y son más escasos tanto en el margen occidental como en el margen norte del mismo (Figura 8).

Los barrancos cartografiados en la parte más occidental del área de estudio indican que también son un rasgo geomorfológico que aparece en el flanco de la isla de Gran Canaria (Figura 8).

#### **4.2.3 Rasgos gravitacionales y/o de movimientos en masa**

Dentro de los rasgos gravitacionales y de movimientos en masa destacan los deslizamientos. Es necesario indicar que, dentro del área de estudio, únicamente hemos podido cartografiar los escarpes de la cabecera de los deslizamientos e indicar la dirección de transporte, ya que los depósitos generados parecen no haber dejado ningún tipo de relieve distintivo en el fondo marino. La ausencia de un relieve identificable en el fondo actual podría ser indicativo de que el depósito de transporte en masa se encuentra enterrado bajo capas de sedimento hemipelágico. Este hecho podría confirmarse con los registros de sonda paramétrica; sin embargo, los registros disponibles no alcanzan las partes más profundas del área de estudio (Figura 4). En la zona de estudio podemos distinguir las cabeceras de dos grandes deslizamientos, uno situado en el Banco de Amanay (Figuras 8 y 14A) y otro situado en El Banquete (Figuras 8 y 14B) bastante modificadas por la erosión de barrancos. Los datos correspondientes a los escarpes de dichos deslizamientos se resumen en la Tabla VI.

El deslizamiento D1 se desarrolla en el margen norte del Banco de Amanay, más concretamente, el escarpe de dicho deslizamiento marca el límite entre el talud superior y el talud inferior (Figura 14A). El escarpe tiene un perímetro cuya longitud aproximada es de 13 km y una anchura total de 6 km. Las pendientes que genera el escarpe están, mayoritariamente, en el rango de 32 a 42°, alcanzándose pendientes de hasta 69° (Tabla VI). De acuerdo con la topografía del terreno, la dirección de transporte del sedimento deslizado sería hacia el NNO (Figura 14A).



**Figura 14:** Mapas morfológicos sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía de los escarpes de la cabecera de los deslizamientos (D1 y D2) identificado en (A) Banco de Amanay y (B) margen NE de El Banquete. La leyenda puede verse en la Figura 8.

**Tabla VI:** Tabla resumen con la información sobre los escarpes de cabecera asociados a los deslizamientos D1 y D2 cartografiados en las zonas del Banco de Amanay y de El Banquete, respectivamente.

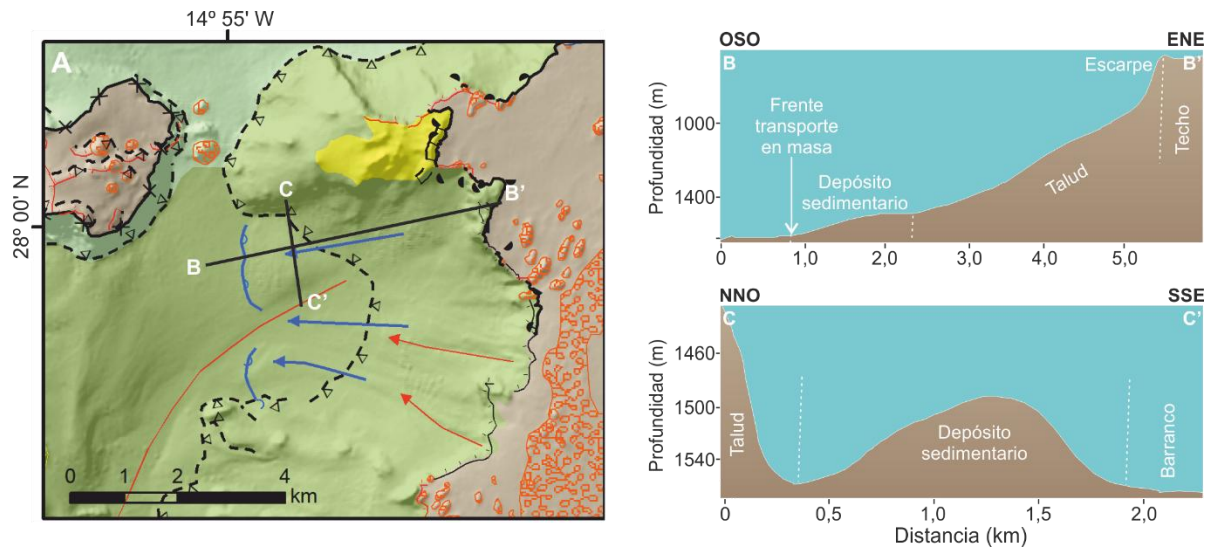
Nombre	D1	D2
Perímetro escarpe (km)	12,9	9,3
Ancho escarpe (km)	6,0	6,3
Pendiente escarpe (°)	32-69	30-67
Rango profundidad (m)	276-1151	256-843

El segundo deslizamiento cartografiado en la zona, D2, se desarrolla en la zona de transición entre el talud superior e inferior del margen N-NE de El Banquete (Figuras 8 y 14B). El escarpe generado tiene un perímetro de poco más de 9 km de longitud, y la anchura del escarpe supera los 6 km. Al igual que pasa en el caso del escarpe D1, las pendientes generadas por el escarpe superan los 30° (Tabla VI). Teniendo en cuenta la topografía del terreno, la posible dirección de transporte del sedimento deslizado sería hacia el NNE (Figura 14B).

De ninguno de los dos deslizamientos ha quedado evidencia sobre el relieve del fondo marino que permita conocer el depósito asociado a los mismos. Además, los mapas de reflectividad disponibles (el publicado en el informe LIFE+INDEMARES – Martín-Sosa [coord.], (2013), y el presentado en este informe) no llegan a lo que sería la zona de depósito y, por tanto, no podemos deducir a partir de la reflectividad si hay algún cambio en el tipo de fondo que nos ayude a cartografiar la zona de depósito.



Además de esos dos deslizamientos, también se han podido cartografiar pequeños depósitos generados por inestabilidades sedimentarias que se producen en el talud y que se depositan en la zona inferior del mismo (Figura 15). Estos depósitos tienen una longitud de unos 2 km aproximadamente y dan lugar a pequeños cambios en el relieve del fondo marino. Dichos cuerpos sedimentarios no muestran cambios significativos en el mapa de reflectividad, lo que sugiere que no existen cambios importantes en el tipo de material que forma estos depósitos y el material de las zonas circundantes.



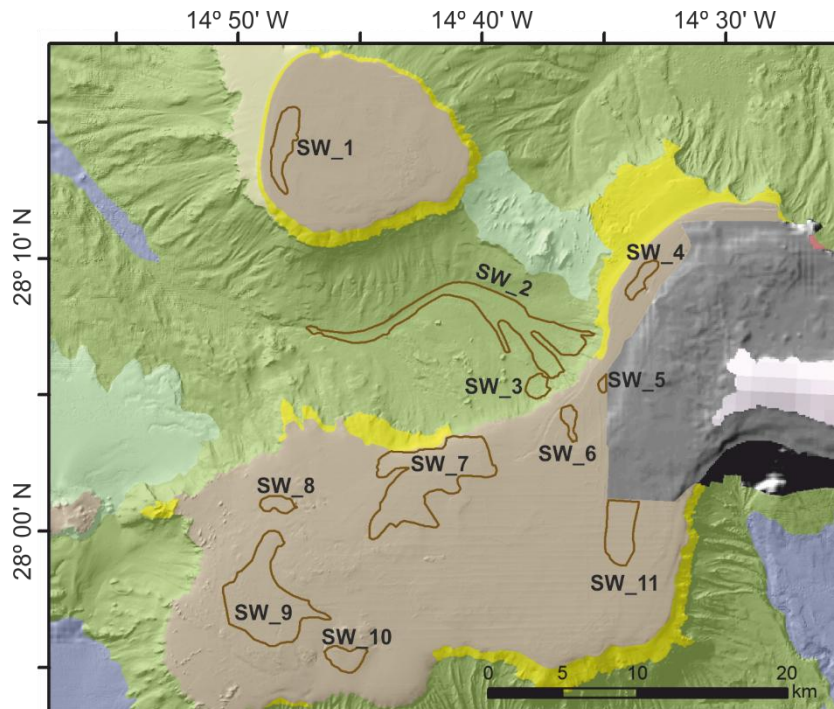
**Figura 15:** A) Mapa morfológico sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía de pequeños depósitos asociados a procesos de transporte en masa en el talud de El Banquete (ver leyenda en la Figura 8). Las líneas negras representan la posición de los perfiles batimétricos representados en B y C. B y C) Perfiles batimétricos en los que se puede observar el perfil en sentido longitudinal y transversal de uno de estos depósitos.

#### 4.2.4 Rasgos deposicionales

Como rasgos deposicionales destacan las ondas de arena y, en menor medida, depósitos sedimentarios de diferente origen que se sitúan, mayoritariamente, en la zona profunda adyacente (Figura 8).

Las ondas de arena son un rasgo morfológico frecuente en la zona somera del área de estudio. Se han cartografiado un total de 11 campos de ondas de arena (Tabla VII) distribuidos sobre el techo del Banco de Amanay, el techo de El Banquete y el tramo superior del cauce del cañón (Cañón\_1) situado entre el Banco de Amanay y El Banquete (Figura 16). En el techo del Banco de Amanay se ha observado un campo de ondas de arena de 6 km<sup>2</sup> de área (Figura 16), localizado en un rango de profundidades comprendido entre 97 y 130 m. Se trata de ondas de arena de cresta recta, con direcciones N-S y NNO-SSE, cuya longitud de onda varía entre 46 y 62 m y con una altura inferior a 1 m (Tabla VII). En esta zona, las ondas de arena tienen asociados valores de reflectividad medios, comprendidos entre -24 y -32 dB, que corresponderían con arenas de tipo medio-fino. De hecho, la muestra de

sedimento (BC-7) recuperada sobre este campo de ondas de arena presenta una textura de arena fina, cuyo tamaño medio de grano es de 0,2 mm.



**Figura 16:** Modelo de sombras donde se muestra la cartografía de los campos de ondas de arena (SW) con la nomenclatura a la que se hace referencia en la Tabla VI. Nótese que la extensión de los campos SW\_5 y SW\_11 están limitados por los datos disponibles. Ver leyenda en la Figura 8.

En la zona comprendida entre el Banco de Amanay y El Banquete se observan dos campos de ondas (Figura 16), ambos asociados al cañón desarrollado en esta zona. Las ondas de arena en estos campos (SW\_2 y SW\_3) se forman en el cauce de los canales generados por la corriente de fondo que fluye desde la plataforma a la zona profunda adyacente. Las ondas de arena se limitan al primer tramo del cañón, y se desarrollan entre 383 y 1583 m de profundidad. Dichas ondas de arena presentan una cresta recta y sus ejes tienen una dirección variable entre NNE-SSO y ENE-ONO (Figura 8). La extensión de las ondas está limitada por la anchura del cauce del cañón, por tanto, tienen una longitud inferior a 1 km. La longitud de las ondas de arena de los campos SW\_2 y SW\_3 es variable, entre 90 y 200 m, y sus alturas no superan los 10 m (Tabla VII). Debido a su posición en el talud, estas ondas de arena son las que se generan en zonas de mayor pendiente, siendo la pendiente media de 4,5° y 9,2° en los campos SW\_2 y SW\_3, respectivamente (Tabla VII). El mapa de reflectividad muestra valores muy variables, que oscilan entre -15 y -37 dB en la parte superior del campo SW\_2 y en todo el campo SW\_3 y que suben hasta -5 dB en el tramo final del campo SW\_2. En las proximidades de esta zona se ha recuperado una muestra (BC-12) caracterizada por arena media bioclástica con 0,39 mm de tamaño medio de grano.

**Tabla VII:** Tabla resumen con las características más relevantes de los campos de ondas de arena cartografiados en la zona de estudio. Los valores de longitud de onda (L) y altura de onda (H) se corresponden con el valor medio.

Nombre	Zona	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Longitud onda (m) - L	Altura onda (m) - H	Índice onda - L/H	Orientación	Rango profundidad (m)	Pendiente media terreno (°)
SW_1	Techo Banco Amanay	Ondas de cresta recta	6,10	57,00	0,45	126,67	N-S NON-SES	97-130	1,16
SW_2	Cauce cañón	Ondas de cresta recta	24,68	132,60	10,00	12,63	ENE-ONO	398-1583	4,55
SW_3	Talud El Banquete	Ondas de cresta recta	1,95	117,65	8,00	14,71	NEN-SOS NE-SO	383-624	9,16
SW_4	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta	2,31	78,70	0,70	112,43	N-S NON-SES	95-120	1,11
SW_5	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta	0,45	38,00	1,50	25,33	NEN-SOS	100-111	0,82
SW_6	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta	1,56	150,00	1,30	115,38	NE-SO O-E	92-139	1,69
SW_7	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta a sinuosas	28,37	82,20	3,00	27,40	O-E SO-NE S-N	90-351	3,47
SW_8	Techo El Banquete	Ondas de cresta ligeramente sinuosa	1,94	200,00	5,00	40,00	E-O	343-448	3,18
SW_9	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta	24,51	139,00	4,00	34,75	ONO-ESE O-E	185-374	2,13
SW_10	Techo El Banquete	Ondas de cresta ligeramente sinuosa	3,35	84,60	3,00	28,20	O-E OSO-ENE	164-268	3,58
SW_11	Techo El Banquete	Ondas de cresta recta	7,79	50,50	0,70	72,14	NE-SO	37-63	0,62

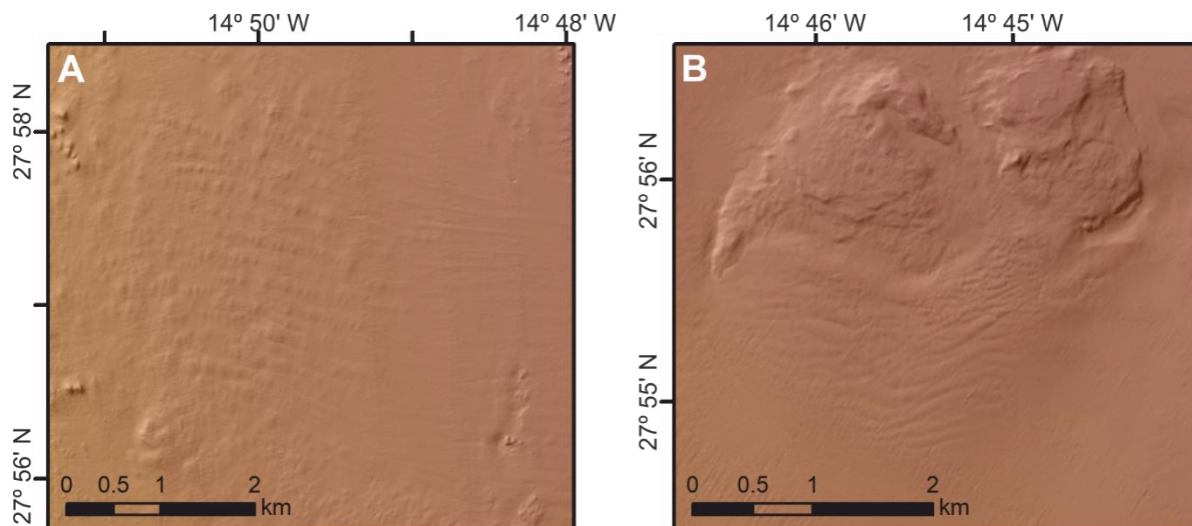
Los ocho campos de ondas de arena restantes se localizan en distintas zonas del techo de El Banquete, y las dimensiones de algunos de estos campos (SW\_5 y SW\_11) pueden ser incluso mayores a las calculadas en la Tabla VII, ya que su extensión puede exceder de los datos batimétricos disponibles (Figura 16). En el sector más oriental de El Banquete se encuentran los campos SW\_4, SW\_5, SW\_6 y SW\_11 (Figura 16), de extensión relativamente pequeña, que varía entre 0,5 y 7,8 km<sup>2</sup>. Están constituidos por ondas de arena de cresta recta con longitudes de onda que varían entre 38 m en el campo SW\_5 hasta 163 m en el campo SW\_6 y con alturas que rara vez superan los 1,5 m, aunque pueden llegar a alcanzar alturas de hasta 3 m en el campo SW\_6 (Tabla VII).

Hacia el oeste, el siguiente campo de ondas de arena localizado en el techo de El Banquete es el campo SW\_7. Es el campo de mayor extensión cartografiado en la zona, con un área aproximada de 28 km<sup>2</sup>, se sitúa en un rango de profundidades comprendido entre 90 y 351 m y con una pendiente media del terreno de 3,5° (Tabla VII). Este campo está constituido por ondas de arena de cresta recta que hacia el E y hacia el S pasan a ser ligeramente sinuosa. La longitud de onda de las ondas de arena varía entre 38 y 142 m, y su altura oscila entre 1 y 5 m. La dirección de las crestas de las ondas también es muy variable, ya que se han cartografiado crestas con dirección O-E, SO-NE y S-N (Tabla VII). Los valores de reflectividad en este campo están comprendidos entre -21 y -37 dB, de tipo medio al igual que en los campos descritos previamente. En este campo se ha recuperado una muestra de sedimento (BC-9) cuyo tamaño medio de grano es de 1,1 mm y con un contenido en carbonato que supera el 95%, correspondiendo a una arena muy gruesa de tipo bioclástica. Cabe destacar que esta muestra se ha recogido en una zona con valores de reflectividad de los más altos dentro del campo, lo que sugiere que el resto de la zona, donde predominan valores más bajos de reflectividad, estaría constituida por arena de menor tamaño medio de grano.

En la parte más occidental del techo de El Banquete aparecen los tres campos de ondas de arena restantes (de SW\_8 a SW\_10, Figura 16). El campo SW\_8 tiene un área de casi 2 km<sup>2</sup> y está constituido por ondas de arena con crestas ligeramente sinuosas de orientación O-E (Tabla VII). La longitud de onda es de unos 200 m, y la altura de onda alcanza los 5 m. Este campo se sitúa entre las isobatas de 343 y 448 m, y el terreno tiene una zona de pendiente relativamente suave, con un valor medio de unos 3°. El campo SW\_9 es el segundo de mayor extensión de la zona, con un área de 24,5 km<sup>2</sup>. Este campo se localiza entre un rango de profundidades comprendido entre 185 y 374 m, con una pendiente media del terreno de unos 2°. Está constituido por ondas de arena que tienen una longitud de onda que varía entre 75 y 242 m, y alturas de onda de 2 a 5 m. La orientación de las crestas de las ondas varía ligeramente de ONO-ESE a O-E, y son, fundamentalmente, de cresta recta. Una de las características más llamativas de este campo de ondas es que en su extremo más occidental se superpone al de los montículos (Figura 17A). El

mapa de reflectividad muestra valores similares a los observados en otros campos, con valores que van desde -12 a -30 dB. Únicamente se cuenta con una muestra de sedimento (BC-10) recuperada en el entorno de una de las ondas de arena que corresponde a arena gruesa bioclástica (0,6 mm de tamaño medio de grano). La muestra se sitúa próxima a una zona con un valor de reflectividad de -20 dB, lo que indicaría que las zonas del campo SW\_9 con valores de reflectividad menores corresponderían a arena de menor tamaño medio de grano.

El último campo de ondas de arena cartografiado en la zona (campo SW\_10, Figura 16) se encuentra entre 164 y 268 m de profundidad, en una zona donde la pendiente media es de 3,6°. Este campo se sitúa al sur de un afloramiento rocoso presente en el techo de El Banquete (Figura 17B). Las ondas que lo constituyen tienen crestas ligeramente sinuosas, con longitudes de onda que varían entre 47 y 182 m y con alturas de onda de unos 3 m (Tabla VII). Los valores de reflectividad en este campo varían entre -20 y -30 dB, aproximadamente, y la muestra de sedimento (BC-8) recuperada se corresponde a una arena gruesa con alto contenido en carbonato, de tipo bioclástico.



**Figura 17:** Mapa batimétrico de 5 m de resolución donde se muestran ejemplos de las ondas de arena presentes en los campos A) SW\_9 y B) SW\_10.

En la zona profunda de la cuenca y en el tramo final del talud inferior se pueden observar unos depósitos que parecen estar altamente erosionados (Figura 8) y que han sido clasificados, siguiendo el criterio empleado para el informe del Banco de la Concepción (Martínez-Carreño et al., 2020), como depósitos residuales. La cartografía de estos cuerpos es compleja, ya que están muy erosionados y no contamos con registros de sonda paramétrica como elemento de apoyo, por tanto, las líneas discontinuas que marcan la posición de dichos cuerpos sedimentarios (Figura 8) hacen referencia a pequeños cambios de pendiente producidos por su erosión. En el margen sur de El Banquete, estos depósitos se sitúan entre 1480 y 1970 m de profundidad, mientras que en la zona NE de la isla de Gran Canaria se

sitúan 3000 y 3500 m de profundidad. Los depósitos residuales situados al NE de la isla de Gran Canaria podrían interpretarse como depósitos volcanoclásticos de pie de talud. La disposición de estos cuerpos sedimentarios, de manera radial tanto a El Banquete como a la isla de Gran Canaria (Figura 8), sugiere que el sedimento, procedente tanto de la plataforma como de la desestabilización del talud, es transportado de manera longitudinal a lo largo del talud hasta alcanzar las zonas más profundas de la cuenca.

#### 4.2.5 Rasgos volcánicos

Como rasgos singulares de origen volcánico únicamente cabe destacar la presencia de 7 conos volcánicos. Seis de estos conos volcánicos se sitúan en el cuadrante NE del talud del Banco de Amanay, en un rango de profundidad que varía entre 1020 y 2840 m (Figura 8). El otro cono volcánico se sitúa en el talud de la isla de Gran Canaria, entre 1120 y 1950 m de profundidad (Figura 8). En la Tabla VIII se muestran los parámetros morfométricos de tamaño, pendiente y forma que caracterizan a dichos conos volcánicos.

Los edificios volcánicos se caracterizan por tener una forma cónica y un relieve positivo. El área de estos edificios es muy variable, siendo la del más pequeño 0,28 km<sup>2</sup> y la del más grande 21,13 km<sup>2</sup>. La altura máxima de estos edificios está comprendida entre los 139 y 1199 m, y en los flancos de los conos se generan pendientes elevadas, con valores medios que están por encima de los 18° (Tabla VIII). Únicamente dos de los edificios volcánicos cartografiados (V1 y V5) superan los 500 m de altura y, por tanto, son los únicos que podrían ser considerados como colinas volcánicas.

La relación entre los ejes mayor y menor de la base de los conos volcánicos varía entre 0,73 y 0,89 lo que indica que tienen una morfología circular o pseudocircular. El ratio que relaciona el ancho de la cima con el ancho de la base da información sobre si el edificio volcánico es de tipo puntiagudo o si bien está truncado (Grosse et al., 2012); en este caso, los ratios son muy bajos, con valores < 0,5, indicando que se trata de conos volcánicos con una geometría truncada.

#### 4.2.6 Rasgos biogénicos

Dentro de los rasgos biogénicos cabe destacar la presencia de estructuras con una forma monticular y que se interpretan como montículos carbonatados (*mounds*). Este tipo de bioconstrucciones aparecen, mayoritariamente, sobre el techo de El Banquete, sobre el techo del monte submarino Canary Ridge y sus proximidades y en la zona aplacerada situada entre el Banco de Amanay y la isla de Fuerteventura (Figura 8).

**Tabla VIII:** Parámetros morfométricos de los conos volcánicos identificados en el sector meridional del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

Nombre	Parámetros de tamaño (métrico)									Parámetros de forma (adimensionales)		Parámetros de pendiente (grados)
	Área base (km <sup>2</sup> )	Ancho base (km)	Eje mayor base (km)	Eje menor base (km)	Área cima (km <sup>2</sup> )	Ancho cima (km)	Eje mayor cima (m)	Eje menor cima (m)	Altura máxima (m)	Altura/Ancho base	Ancho cima/Ancho base	Pendiente media del edificio (°)
V1	21,13	5,19	5,92	4,87	0,22	0,53	610,00	410,00	1199,26	0,23	0,10	18,98
V2	0,72	0,96	1,02	0,92	0,03	0,19	244,30	133,50	265,17	0,28	0,20	20,71
V3	0,53	0,82	0,90	0,74	0,02	0,14	201,10	110,20	247,42	0,30	0,17	21,11
V4	1,32	1,30	1,49	1,14	0,23	0,54	670,94	385,95	323,28	0,25	0,41	23,55
V5	7,07	3,00	3,29	2,67	0,58	0,86	1081,94	506,64	826,78	0,28	0,29	24,49
V6	1,34	1,30	1,55	1,13	0,07	0,30	473,97	176,79	439,45	0,34	0,23	24,33
V7	0,28	0,60	0,69	0,50	0,02	0,15	215,28	99,42	138,81	0,23	0,25	20,59

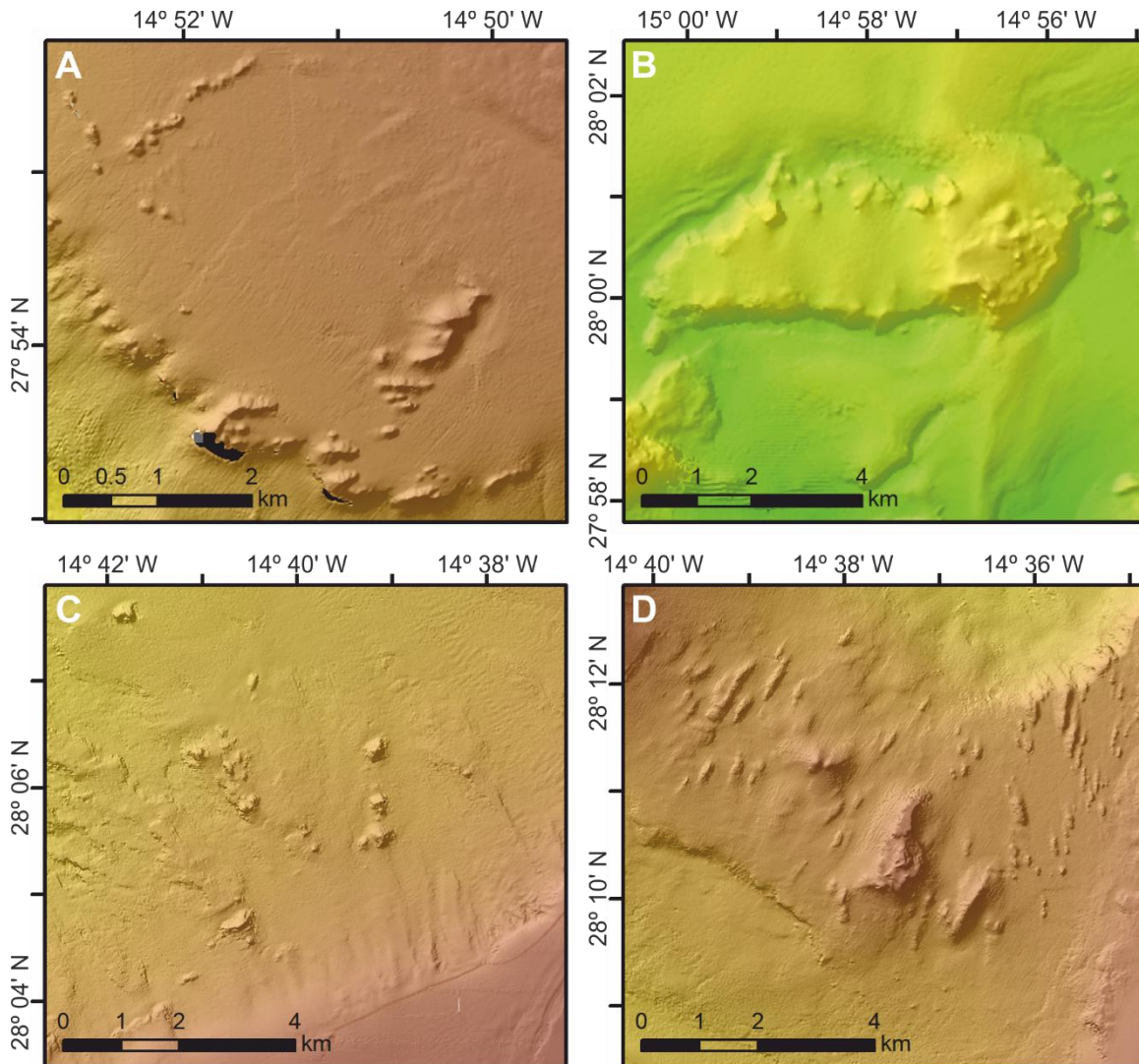
Sobre el techo de El Banquete se localizan la mayor parte de los montículos cartografiados en este estudio. Se ha identificado un campo principal de 14,9 km<sup>2</sup> de área, cuyo eje mayor tiene dirección SSO-NNE, y se superpone en su extremo oriental con el campo de ondas de arena SW\_9 (Figura 8). Además de este campo, sobre El Banquete se han identificado numerosos montículos aislados, algunos de ellos situados justo en el borde del techo (Figura 18A). Los montículos en esta zona se desarrollan entre las isobatas de 280 y 800 m. La mayor parte de los montículos identificados tienen formas que van desde circulares a ovaladas, y aparecen tanto de manera aislada como formando grupos de forma alargada (Figura 18A). Gracias al modelo BDL generado con la batimetría de 5 m se han podido delimitar los límites de algunos de estos montículos con mayor exactitud y se han medido diversos parámetros morfométricos que ayudan a su descripción. La anchura de la base varía entre 49 y 309 m, alcanzando hasta 731 m si se consideran también los montículos agrupados con formas alargadas. La anchura de la base de los montículos es directamente proporcional a su altura. Estos montículos presentan pendientes máximas que varían entre 19 y 66°, y pendientes mínimas que van desde 0,1 a 8°. Sin embargo, a la hora de interpretar las pendientes mínimas es necesario tener en cuenta que también se está considerando la cima de los montículos, que corresponden a zonas de menor pendiente. La relación entre la anchura de la base y la altura de los montículos sirve como indicador de forma puntiaguda o truncada, en este caso donde los valores varían entre 0,12 y 0,45 sugiere que los montículos son bastante achatados. Dentro del campo principal cartografiado en el techo de El Banquete, se consideran unos montículos con formas circulares que sobresalen suavemente respecto al lecho marino adyacente, y valores de reflectividad ligeramente más elevados que el sedimento que los rodea. Estos montículos se interpretan como montículos parcialmente enterrados.

Los montículos también aparecen en el techo del monte submarino Canary Ridge y en sus proximidades (Figura 18B). En esta zona se han cartografiado unos 11 montículos entre las isobatas de 1269 y 1669 m, estando la mayor parte de ellos en los bordes del techo del banco (Figura 18B). La altura máxima de estos montículos varía entre 26 y 161 m y su anchura basal entre 148 y 491 m. En esta zona los montículos tienen una forma prácticamente circular, con un ratio altura/ancho que varía entre 0,2 y 0,46, y por tanto, al igual que los descritos en El Banquete, tienen una forma más achatada. Las pendientes mínimas y máximas en los montículos varían entre 0,3 y 3,7° y entre 20 y 64°, respectivamente.

También se observan montículos en el talud inferior, situado entre la zona de El Banquete y el Banco de Amanay, más concretamente en las proximidades al cañón (Cañón\_1) que atraviesa esa zona (Figura 18C). La altura de estos montículos es inferior a 150 m y su anchura basal está comprendida entre 233 y 421 m. La relación entre la altura y la anchura de los montículos indica que su forma es ligeramente achatada, ya que los valores no superan 0,4. Las pendientes de los flancos de estos montículos alcanzan valores máximos que varían entre 42 y 83°.



En la zona aplacerada situada entre la isla de Fuerteventura y el Banco de Amanay (Figura 18D) se han identificado numerosos montículos. La gran mayoría tienen una forma alargada en dirección SO-NE si bien hay algunos circulares (Figura 18D). Están situados entre 500 y 740 m de profundidad. La altura de los montículos de esta zona está dentro de un rango muy amplio, que va desde 11 a 158 m, y lo mismo pasa con la anchura de la base, que varía entre 52 y 750 m. El ratio entre ambos parámetros es inferior a 0,4 y son, por tanto, montículos achatados.



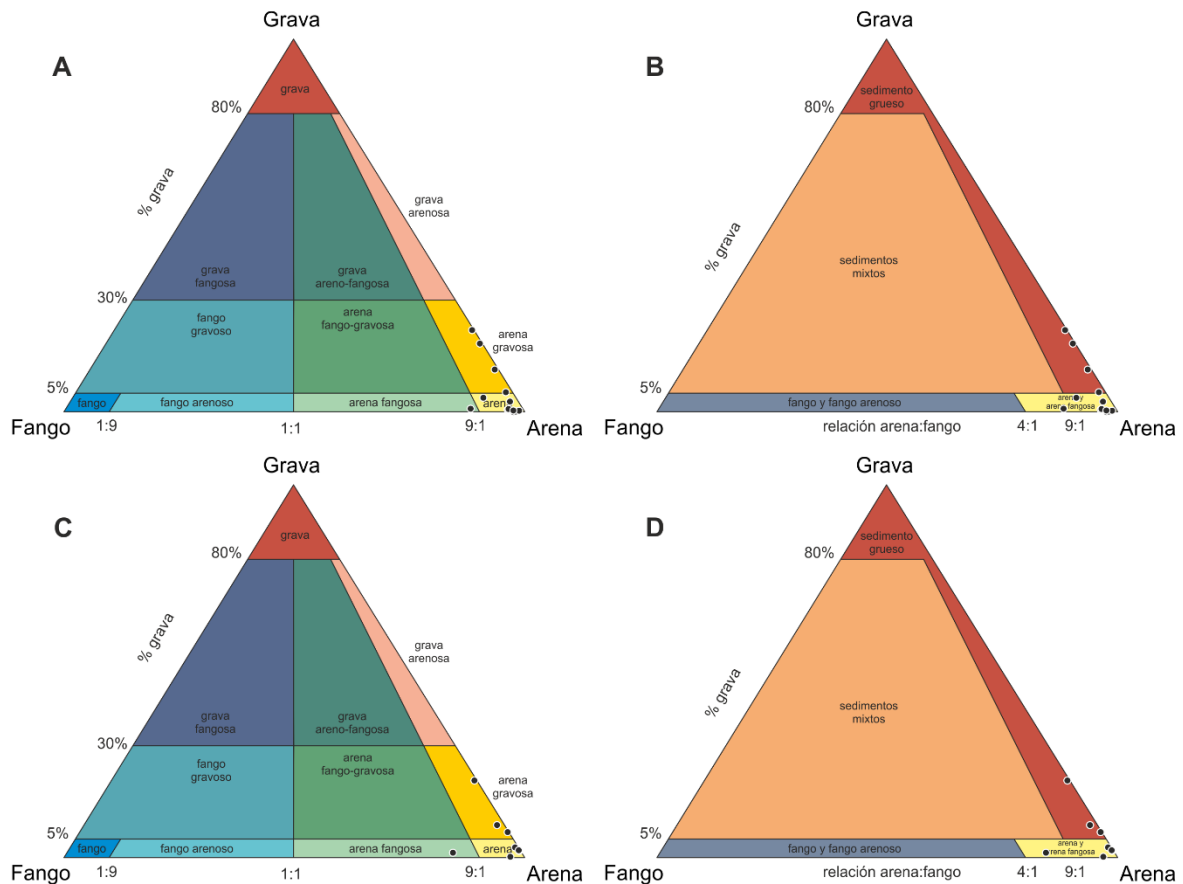
**Figura 18:** Mapas batimétricos en los que se observan: A) Montículos generados en el techo de El Banquete, B) Montículos o bioconstrucciones presentes en el monte submarino Canary Ridge, C) Montículos en la zona del talud, y D) Montículos situados en la zona aplacerada situada entre el Banco de Amanay y El Banquete.

Las muestras de roca tomadas sobre varias zonas de los montículos fueron de naturaleza carbonatada.

## 5. Distribución espacial de sedimentos

## 5.1 Análisis textural del sedimento

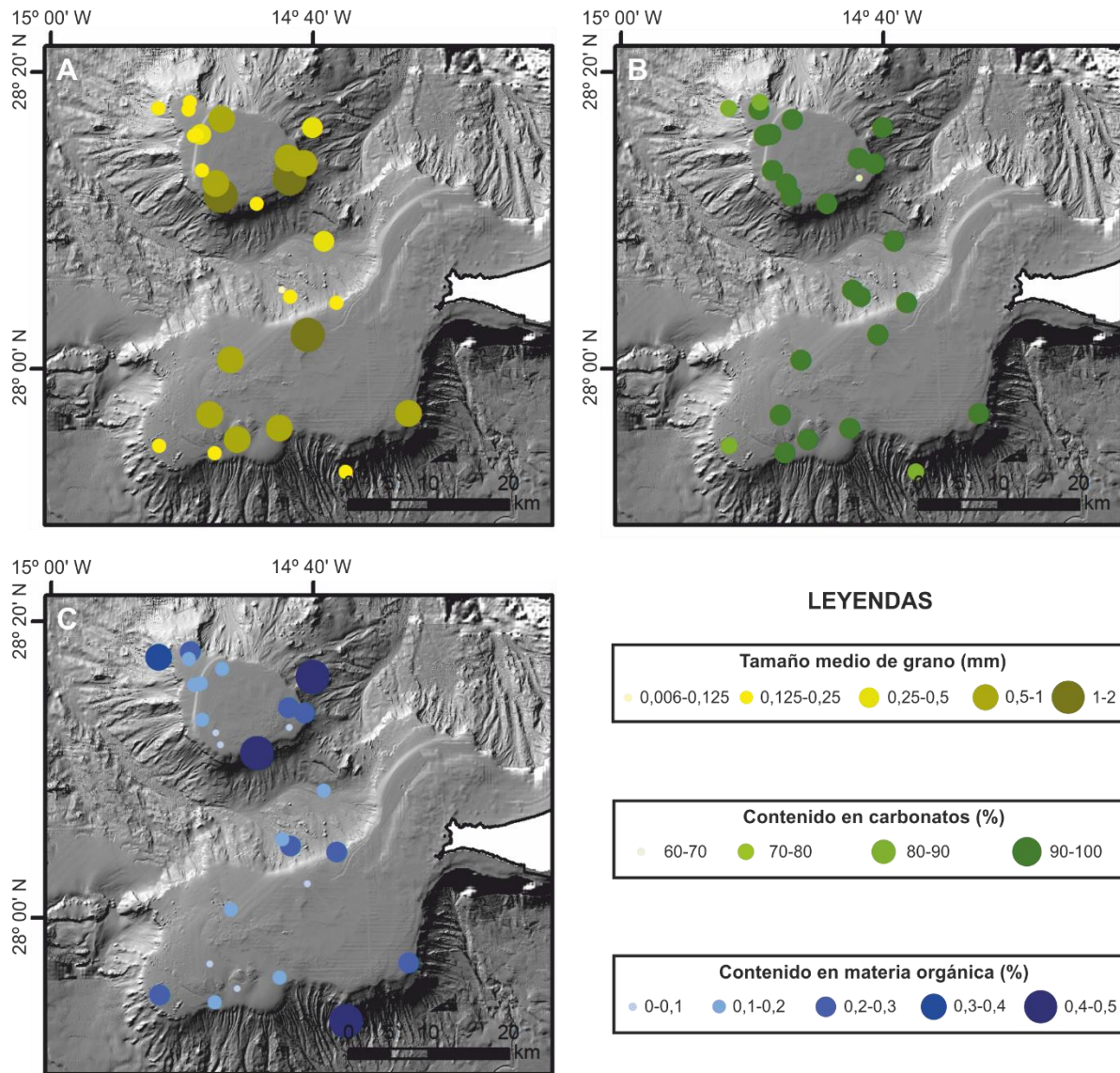
Las muestras de sedimento recuperadas en la zona de estudio corresponden fundamentalmente, a texturas de tipo arena-arena gravosa y, en menor medida, a arena fangosa (ver diagramas ternarios de la Figura 19).



**Figura 19:** Diagramas ternarios de clasificación textural de Folk (1954) (izquierda) y Long (2006) (derecha) de las muestras de sedimento disponibles en las zonas de A) y B) el Banco de Amanay y C) y D) El Banquete, ambos situados en el sector meridional del LIC Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

Los sedimentos del techo del Banco de Amanay presentan un tamaño medio de grano comprendido entre 0,57 mm (arena gruesa) y 1,44 mm (arena muy gruesa) (Figura 20A), con un grado de selección pobre, los valores de *sorting* varían entre 1,05 y 1,67 (Tabla IX). La naturaleza del sedimento revela el predominio de la fracción arena sobre las fracciones de fango y grava, en un rango de 0,13% a 6,79% para el fango, 78% a 95,88% para la arena y de 2,64% a 21,82% para la grava (Tabla IX). Hacia el borde occidental del techo de este banco disminuye el tamaño de grano, con valores medios que van desde 0,3-0,2 mm (arena media) en el techo hasta valores de 0,15 mm (arena muy fina) en la terraza del talud superior (Tabla IX y Figura 20A). En este último caso, las muestras están pobre o moderadamente seleccionadas, con valores de *sorting* que van desde 0,68 a 1,27.

Esta disminución del tamaño de grano en el talud superior se observa también en la muestra recuperada en el sector SSE del Banco de Amanay, que se caracteriza por una textura de arena fina moderadamente seleccionada. Hacia la zona del talud inferior únicamente disponemos de dos muestras en la zona del Banco de Amanay; una situada en el sector NO del banco, que se corresponde con arena muy fina, con un grado de selección pobre; y una segunda muestra situada en el sector ENE de arena media con un grado de selección moderado.



**Figura 20:** A) Mapa de distribución del tamaño medio de grano, en milímetros, en la zona sur de Lanzarote. El tamaño y color de los círculos varía en función del tamaño medio de grano según la leyenda, correspondiendo a arena muy fina (0,063-0,125 mm), arena fina (0,125-0,250 mm), arena media (0,250-0,500 mm), arena gruesa (0,5-1 mm) y arena muy gruesa (1-2 mm). B) Mapa de distribución del porcentaje en carbonato de los sedimentos. C) Mapa de distribución del porcentaje en materia orgánica de los sedimentos en la zona de estudio. El tamaño y color de los círculos es directamente proporcional al contenido en carbonatos y materia orgánica de los sedimentos.

**Tabla IX:** Parámetros granulométricos de las muestras de sedimento incluidas en este estudio.

Muestra	Campaña	Latitud	Longitud	Grava (%)	Arena (%)	Fango (%)	Media (mm)	Sorting	Asimetría	Curtosis	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)
BC-1	INFUECO_0710	28,230	-14,678	3,80	89,42	6,79	0,59	1,67	0,12	0,83	94,21	0,24
BC-2	INFUECO_0710	28,280	-14,782	2,64	95,88	1,48	0,65	1,52	0,23	0,72	95,02	0,16
BC-3	INFUECO_0710	28,292	-14,825	0,87	88,13	11,00	0,15	0,98	-0,11	1,23	91,31	0,18
BC-4	INFUECO_0710	28,195	-14,785	18,31	81,56	0,13	1,37	1,05	0,27	1,29	96,22	0,08
BC-5	INFUECO_0710	28,186	-14,739	0,45	97,71	1,84	0,23	0,81	-0,05	1,14	94,92	0,45
BC-6	INFUECO_0710	28,074	-14,638	-	92,17	7,83	0,15	0,77	0,10	1,28	90,74	0,27
BC-7	INFUECO_0710	28,009	-14,773	1,70	98,03	0,27	0,53	0,99	-0,10	1,05	95,68	0,11
BC-8	INFUECO_0710	27,948	-14,547	8,60	89,78	1,61	0,52	1,61	-0,56	1,00	94,32	0,23
BC-9	INFUECO_0710	27,933	-14,710	6,61	93,01	0,38	0,55	1,27	-0,36	1,12	94,87	0,12
BC-10	INFUECO_0710	27,948	-14,799	2,69	96,62	0,69	0,59	1,13	-0,04	1,01	96,83	0,04
BC-1	INFUECO_0611	28,208	-14,790	11,41	88,24	0,35	0,74	1,66	-0,31	0,73	96,34	0,05
BC-2	INFUECO_0611	28,214	-14,697	21,82	78,01	0,17	1,44	1,32	-0,17	0,56	65,18	0,01
BC-3	INFUECO_0611	28,237	-14,698	5,28	93,74	0,98	0,57	1,46	-0,18	0,80	93,26	0,28
BC-4	INFUECO_0611	28,263	-14,815	0,16	97,65	2,19	0,23	0,99	-0,23	1,05	95,76	0,12
BC-5	INFUECO_0611	28,263	-14,810	1,02	96,50	2,48	0,31	1,27	-0,36	1,03	93,94	0,16
BC-6	INFUECO_0611	28,262	-14,818	0,15	98,55	1,30	0,18	0,70	-0,16	1,34	93,86	0,16
BC-7	INFUECO_0611	28,223	-14,808	0,49	99,20	0,30	0,22	0,68	-0,18	1,05	95,75	0,16
BC-8	INFUECO_0611	27,920	-14,764	2,01	97,67	0,32	0,58	1,05	-0,03	1,01	96,68	0,08
BC-9	INFUECO_0611	28,038	-14,674	20,47	78,78	0,75	1,08	1,66	-0,03	0,78	95,36	0,07
BC-10	INFUECO_0611	28,294	-14,864	0,00	87,70	12,30	0,19	1,19	-0,08	1,01	82,51	0,36
BC-11	INFUECO_0611	28,271	-14,668	0,02	98,35	1,64	0,31	0,71	0,09	1,46	90,91	0,50
BC-12	INFUECO_0611	28,143	-14,654	1,64	97,88	0,48	0,39	1,04	-0,20	1,00	97,91	0,16
BC-14	INFUECO_0611	27,913	-14,863	-	81,45	18,55	0,16	1,35	0,05	1,32	82,80	0,23
BC-15	INFUECO_0611	27,904	-14,793	-	94,96	5,04	0,16	0,72	0,02	1,11	93,27	0,16
BC-16	INFUECO_0611	28,300	-14,823	-	92,46	7,54	0,21	1,05	-0,03	1,01	83,97	0,23
BC-17	INFUECO_0611	28,081	-14,697	0,03	96,81	3,17	0,21	0,91	-0,11	1,12	92,11	0,26
BC-18	INFUECO_0611	28,088	-14,707	-	87,29	12,71	0,12	0,79	-0,02	1,05	91,94	0,20
BC-19	INFUECO_0611	27,883	-14,627	1,30	83,62	15,08	0,21	1,40	-0,14	1,00	82,06	0,44

La tendencia de la asimetría o *skewness* de las distribuciones granulométricas es muy variable en los sedimentos del techo del Banco de Amanay, donde se observan valores que van desde -0,36 a 0,27, es decir, la asimetría va de muy negativa (valores inferiores -0.3) a positiva; indicando que la distribución del tamaño de las partículas está influenciada por la presencia de partículas de tamaño grueso (valores negativos) o, en algunos casos, por la presencia de partículas de tamaño muy fino (valores positivos). Sin embargo, las muestras situadas hacia el borde del talud superior y el talud inferior tienen una distribución casi simétrica con valores de *skewness* entre -0,1 y 0,09 (Tabla IX). Los valores de curtosis varían entre 0,56 y 1,46, indicando que la forma de la curva de distribución de las partículas oscila entre muy platicúrtica y leptocúrtica (Tabla IX).

Por su parte, las muestras recuperadas en el techo de El Banquete presentan una textura de tipo arena gruesa, con valores de tamaño medio de grano que van desde 0,52 a 0,59 mm, e incluso mayores (arena muy gruesa) en una muestra recuperada en el margen norte del techo del banco (Figura 20A). En el sector S-SSO del techo de El Banquete se observa una disminución en el tamaño medio de grano, que pasa a ser arena fina. En todos los casos, las muestras de sedimento muestran un grado de selección de pobre a moderado. Las muestras recogidas en los flancos de El Banquete presentan, fundamentalmente, una textura de tipo arena fina y muy fina, con un tamaño medio de grano entre 0,12 y 0,21 mm (Tabla IX y Figura 20A). El grado de selección de las muestras varía, siendo moderado en las muestras recuperadas en el margen norte de El Banquete y pobre en la muestra situada más al sur. Finalmente, la muestra recuperada en la zona de transición entre ambos bancos, se corresponde con arena media, con un tamaño medio de grano de 0,39 mm y con un grado de selección pobre. Los valores de simetría o *skewness* oscilan entre -0,56 y 0,02, lo que indica que la distribución granulométrica de las muestras está condicionada por la presencia de partículas de tamaño grueso (valores negativos). Los valores de curtosis varían entre 0,78 y 1,32, lo que indica que la curva de distribución de las partículas va de platicúrtica a leptocúrtica (Tabla IX).

## 5.2 Análisis mineralógico

Los resultados del estudio mineralógico llevado a cabo por Quevedo-González et al. (2012), tal como aparecen en la Tabla X, indican que los sedimentos recuperados del Banco de Amanay tienen una composición mineralógica bastante homogénea, siendo los componentes mayoritarios la Mg-calcita, el aragonito y la calcita. También se han observado proporciones muy bajas de otros minerales como cuarzo, augita y anortita, mientras que los minerales arcillosos como illita-sericita y caolinita aparecen en cantidades trazas.

Los sedimentos recuperados en la zona de El Banquete son también bastante homogéneos en cuanto a su composición mineralógica. Las fases minerales dominantes coinciden con las del Banco de Amanay, es decir, Mg-calcita, aragonito y calcita. También se observa, en proporciones menores, cuarzo, anortita, augita, dolomita y minerales de las arcillas como illita-sericita y caolinita (Quevedo-González et al., 2012).

**Tabla X:** Resumen de las muestras de sedimento seleccionadas para su determinación mineralógica mediante difracción de rayos X (DRX). Modificada de Quevedo-González et al. (2012).

Muestra	Campaña	DRX	Profundidad (m)
<b>Banco de Amanay</b>			
BC-12	INFUECO 0710	XRD-1	150
BC-3	INFUECO 0710	XRD-3	350
BC-10	INFUECO 0611	XRD-10	1150
<b>El Banquete</b>			
BC-8	INFUECO 0611	XRD-14	550
BC-10	INFUECO 0611	XRD-18	1000
BC-9	INFUECO 0611	XRD-19	900

### 5.3 Contenido en carbonatos

En la zona del Banco de Amanay las muestras analizadas registran un contenido en carbonato que varían entre 65,2 y 96,3% (Figura 20B) que puede explicarse por la presencia de bioclastos. Este elevado contenido en partículas bioclasticas ha sido también patente en el reconocimiento microscópico de los granos así como en el reconocimiento petrográfico en lámina delgada llevado a cabo por Quevedo-González et al. (2012). Los bioclastos observados en las muestras recuperadas en el Banco de Amanay responden a grupos diversos, con predominio de moluscos y algas, con rangos de 17,3 a 33% y de 6,7 a 26%, respectivamente (Tabla XI). Sin embargo, en las muestras de sedimento recuperadas en la zona SE del Banco de Amanay se observa un porcentaje considerable de partículas de origen terrígeno o litogénico (19,7%) de naturaleza volcánica, coincidiendo con una disminución en el contenido de carbonatos de la muestra (65,2 % de carbonato) (Tabla XI).

Por su parte, las muestras analizadas en la zona de El Banquete muestran también valores muy altos del contenido en carbonato, entre 82,1 y 97,9% (Figura 20B). La naturaleza de las partículas de sedimento encontradas en El Banquete destaca por la gran cantidad de carbonato, formado fundamentalmente por una importante contribución de foraminíferos planctónicos (35 – 66%). En esta zona, al igual que ocurre en el Banco de Amanay, también se observa un predominio de fragmentos de moluscos (17,3-33%) y algas (6,7-26%) (Tabla XI).

En el cañón submarino situado entre el Banco de Amanay y El Banquete se han recuperado muestras con un mayor contenido de bioclastos formados por moluscos (45,3%) así como un importante contenido en intraclastos sedimentarios de naturaleza carbonatada (22,3%) (Quevedo-González et al., 2012).

**Tabla XI:** Abundancia relativa (valores en %) donde se muestra la naturaleza de las partículas, determinada mediante microscopio petrográfico. Las abreviaturas corresponden a: Mol.: Molusco; Alg: Alga; Brio.: Briozoo; Braq.: Braquiópodo; Intra.: Intraclastos sedimentarios; Lito.: Litoclastos (minerales y fragmentos de roca); Fora.: Foraminífero; Cnid.: Cnidario; Equi.: Equinodermos; Por.: Porífera. Modificada de Quevedo-González et al. (2012).

Muestra	Campaña	Mol	Alg	Brio	Braq	Intra	Lito	Fora	Cnid	Equi	Por
<b>Banco Amanay</b>											
BC-2	INFUECO 0710	33,0	6,7	11,7	3,3	15,7	-	14,7	3,3	2,3	9,3
BC-4	INFUECO 0710	19,7	26,0	7,3	-	5,3	-	3,3	16,0	1,3	21,0
BC-2	INFUECO 0611	24,0	25,3	3,3	0,3	2,0	19,7	2,7	15,3	0,7	6,7
BC-12	INFUECO 0611	45,3	6,3	0,3	6,7	22,3	-	7,7	6,7	2,0	-
<b>El Banquete</b>											
BC-8	INFUECO 0710	32,0	23,7	1,0	3,0	4,3	-	11,0	21,0	1,3	2,7
BC-10	INFUECO 0710	17,3	12,7	3,7	2,7	5,0	-	15,3	28,0	11,0	4,3
BC-9	INFUECO 0611	26,7	7,3	0,7	4,7	8,3	-	28,0	10,0	8,3	6,0

#### 5.4 Contenido en materia orgánica

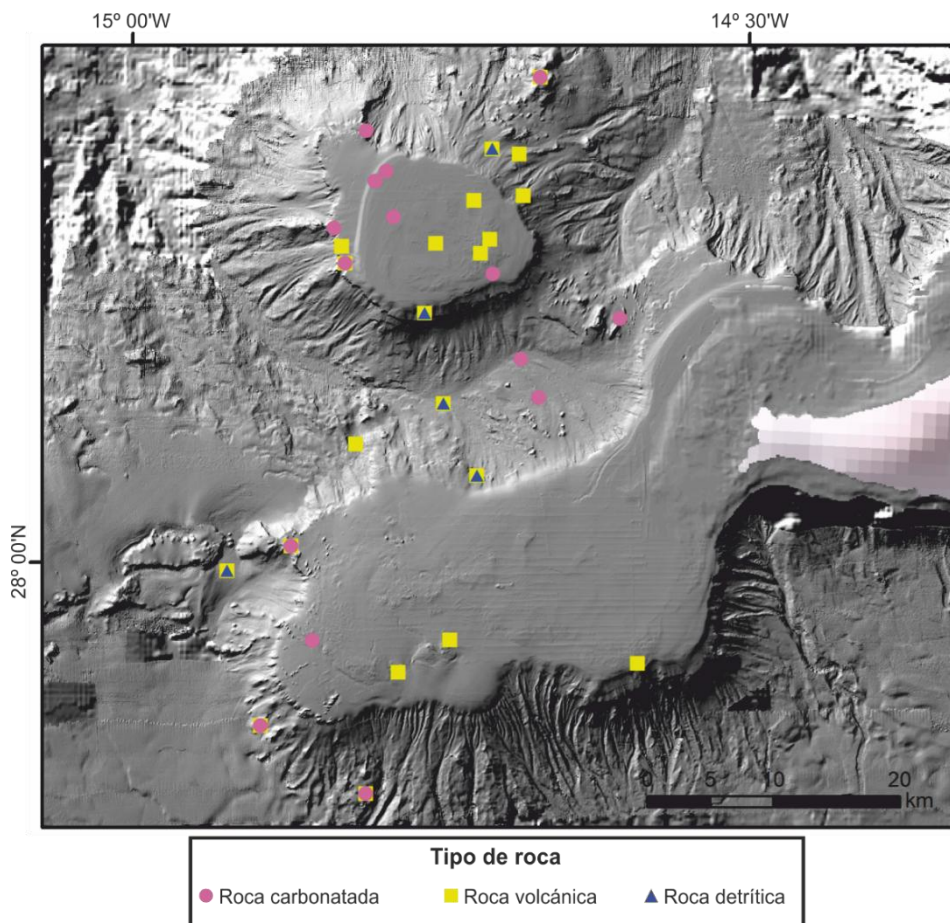
Las muestras recuperadas en la zona de estudio presentan, en general, valores relativamente bajos de contenido en materia orgánica, los cuales no exceden el 0,5% (Figura 20C). El mapa de distribución de materia orgánica de la Figura 20C muestra que, tanto en el techo del Banco de Amanay como en el techo de El Banquete, el contenido en materia orgánica es inferior a 0,3% aumentando hacia la zona del talud. La comparación entre los mapas de distribución de tamaño medio de grano y de contenido en materia orgánica muestran una relación inversamente proporcional entre ambos parámetros, de modo que a mayor tamaño medio de grano del sedimento, menor es el contenido en materia orgánica (Figura 20).

#### 5.5 Análisis del sustrato rocoso

Además del estudio de las características sedimentarias de la zona, también se ha realizado un pequeño análisis del sustrato rocoso, a partir de las muestras recuperadas mediante dragas de roca.

En el techo del Banco de Amanay podemos diferenciar dos zonas. La primera es donde se han localizado afloramientos rocosos que corresponden con rocas volcánicas (basalto o traquibasalto con olivino, piroxeno y en algunas muestras

también plagioclasas). La segunda corresponde a zonas del techo donde no hay afloramiento rocoso, en este caso las muestras de roca recuperadas son de tipo carbonatado (bioesparita o biomicrita-esparita) (Figura 21). En la terraza del talud superior del Banco de Amanay, y casi coincidiendo con el borde del mismo, se han recuperado tres muestras de roca. En estas zonas vemos que hay tanto material volcánico (basalto rico en olivino y piroxeno) como material carbonatado ferruginoso-fosfatado (biomicrita). En el talud situado en el margen NE de este banco predominan fundamentalmente rocas de origen volcánico (basalto), que en algún caso coexisten con rocas sedimentarias (detríticas) o con rocas carbonatadas ferruginosas que presentan costras de Fe y Mn (Figura 21).



**Figura 21:** Mapa de distribución de los tipos de roca que se han recuperado en el sur del LIC ESZZ15002.

Sobre el techo de El Banquete se han recuperado cinco muestras de roca. Tres de las muestras situadas en el margen sur del mismo, coinciden con zonas de afloramiento rocoso. Los materiales analizados corresponden a rocas volcánicas (Figura 21) de tipo basalto rico en olivino, piroxeno y en algunos casos también plagioclasas. Otra de las muestras de roca recuperadas sobre El Banquete se sitúa, como se ha mencionado previamente, en el campo de montículos, siendo el material del sustrato rocoso en esa zona de tipo carbonatado (biomicrita). También se han recuperado algunas muestras en el talud inferior SO de El Banquete, en



este caso las dos muestras recuperadas contenían tanto material de origen volcánico (basalto rico en olivino y piroxeno) como material carbonatado, las muestras recuperadas están tapizadas con costras ferruginosas.

Las muestras de roca recuperadas en el talud, situado entre el Banco de Amanay y El Banquete son más variadas. Por una parte, se obtuvieron muestras de roca de origen volcánico (basalto), que en algunos casos coexisten junto con rocas detríticas (conglomerados de micrita, con restos de corales); pero también zonas en las que las muestras de roca obtenidas son exclusivamente carbonatadas (biomicrita) con costras de Fe y Mn (Figura 21).

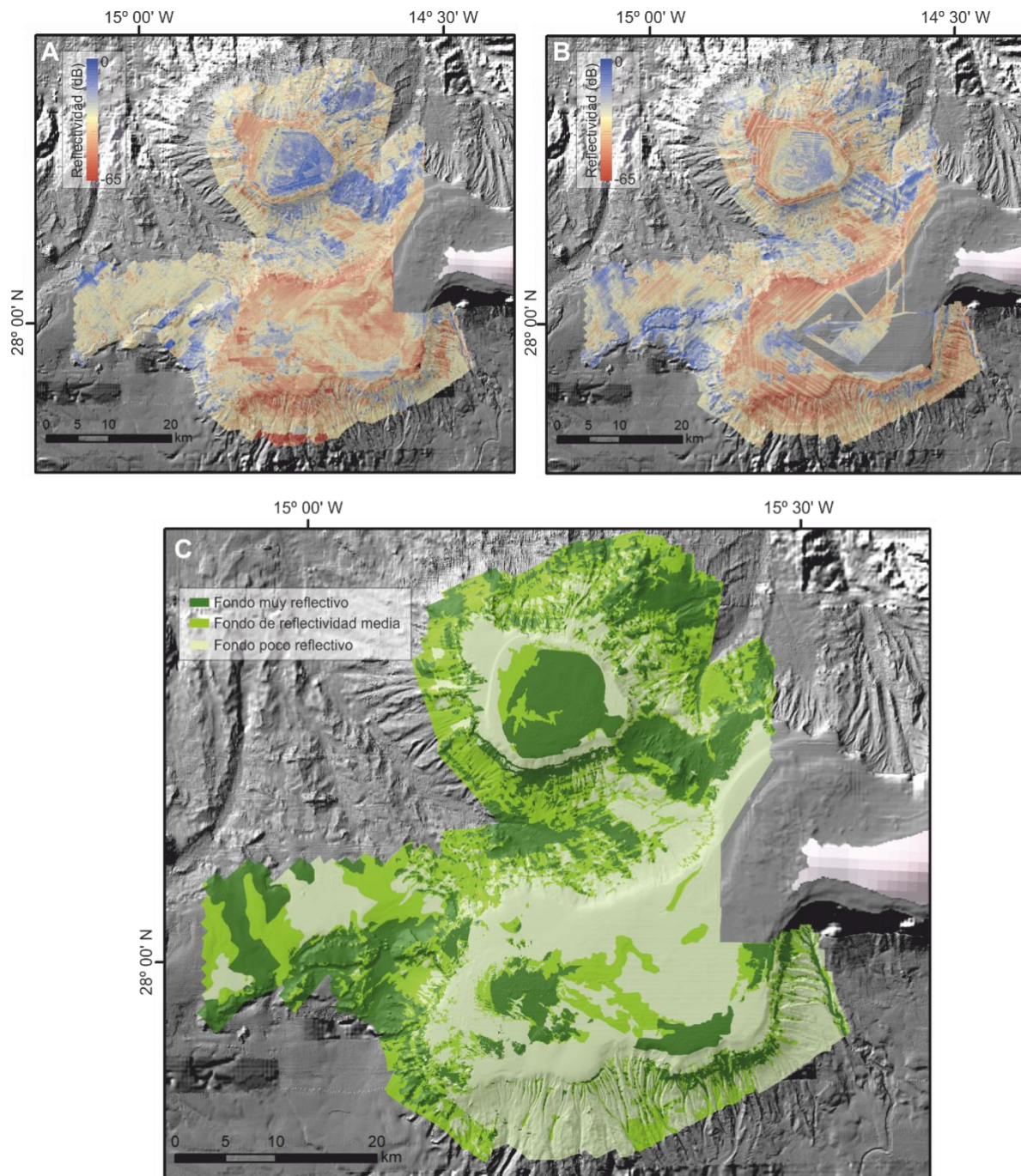
## 5.6 Tipo de fondo

Para analizar el tipo de fondo de la zona sur del LIC Espacio marino oriental y sur de Lanzarote-Fuerteventura se han empleado las características de reflectividad del fondo marino y las muestras de sedimento y roca obtenidas en el área de estudio. Como se ha mencionado previamente, han existido problemas a la hora de obtener el mapa de reflectividad de los datos de las campañas asociadas al Programa ZEEE realizadas entre los años 1999 y 2001; y, por tanto, la mejora en cuanto a la reflectividad se corresponde con una mejor resolución del mapa de reflectividad obtenido a partir de los datos del proyecto LIFE+INDEMARES. Para solventar este problema, a la hora de realizar el análisis del tipo de fondo, se ha combinado la información obtenida a partir del mapa de reflectividad con resolución de 20 m (Figura 22A) publicada en el informe previo de LIFE+INDEMARES (Martín-Sosa [coord.], 2013), con la información obtenida en el mapa de reflectividad con resolución de 15 m presentada en este informe (Figura 22B).

Uno de los puntos débiles de este análisis radica en la escasez de las muestras de sedimento disponibles, que se limitan fundamentalmente a las zonas más someras, y a su distribución poco homogénea (Figura 6). Esto hace inviable establecer una buena correlación entre la reflectividad y el tamaño medio de grano del sedimento. Por el contrario, si se ha realizado una clasificación general del tipo de fondo en función de los valores de reflectividad, diferenciando entre fondos de reflectividad alta, fondos de reflectividad media y fondos de baja reflectividad (Figura 22C).

Los fondos muy reflectivos se corresponden con fondos duros o rocosos, los cuales aparecen en el cuadrante SO del techo de El Banquete, en el techo del Banco de Amanay, en la zona aplacerada del talud inferior situada entre la isla de Fuerteventura y el Banco de Amanay, y en otras partes del talud inferior (Figura 22C). Las muestras recuperadas sobre este tipo de reflectividad son, por ejemplo, la muestra DR-09 situada en el techo de El Banquete (Figura 6B), que corresponde a una roca volcánica de tipo basalto olivínico con plagioclasa y piroxeno, o la muestra DR-11 situada en la zona aplacerada entre la isla de Fuerteventura y el Banco de Amanay (Figura 6B), que corresponde a una roca carbonatada

(biomicrita). También las muestras DR-03 y DR-05, entre otras, situadas en el techo del Banco de Amanay (Figura 6B) y que corresponden a rocas volcánicas de tipo traquibasalto y basalto olivínico rico en piroxeno, respectivamente.



**Figura 22:** A) Mosaico de reflectividad con una resolución espacial de 20 m de la zona sur del LIC ESZZ15002 modificado de Martín-Sosa [coord.] (2013). B) Mosaico de reflectividad con una resolución espacial de 15 m de la zona sur del LIC ESZZ15002 obtenido en el presente estudio. C) Mapa de clasificación del fondo en función de la reflectividad.

Los fondos de reflectividad media se dan en las inmediaciones de los fondos de alta reflectividad, pero tienen aún mayor extensión en la zona del talud del margen oeste y norte de El Banquete y en gran parte del talud inferior del Banco de Amanay. Este tipo de reflectividad también aparece en buena parte de la zona aplacerada situada entre la isla de Gran Canaria y Fuerteventura, y en el cauce de los barrancos que atraviesan el talud del margen sur de El Banquete (Figura 22C). No hay muchas muestras de sedimento recuperadas sobre este tipo de reflectividad, pero estos valores intermedios de reflectividad se podrían atribuir a arenas de tamaño grueso a muy grueso.

Los fondos de reflectividad baja aparecen, mayoritariamente, sobre el techo de El Banquete y en el talud superior del Banco de Amanay, pero también se dan en el talud situado en el margen sur de El Banquete (Figura 22C). Las muestras de sedimento recuperadas en estas zonas corresponden a sedimentos con una textura de tipo arena muy fina a media, con un tamaño medio de grano que varía entre 0,1 y 0,6 mm (Figura 20A). Es sobre este tipo de fondo donde se generan la mayor parte de los montículos (resaltados por una reflectividad media-alta), así como parte de las ondas de arena que se han cartografiado en la zona de estudio (Figura 8).

## 6. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se incluye un listado de las principales conclusiones y recomendaciones para seguir mejorando el conocimiento de este espacio marino protegido designado como LIC ESZZ15002 – Espacio marino oriental y sur de Lanzarote-Fuerteventura.

Consideraciones:

- En primer lugar, hay que volver a señalar que sólo se ha profundizado en el estudio de la zona meridional de este LIC y que, por tanto, hay una gran parte del LIC ESZZ15002 que no ha podido ser estudiada en detalle.
- Se ha realizado el reprocesado de los datos adquiridos previamente en la zona de estudio, para ello se han empleado datos de los proyectos ZEE y LIFE+INDEMARES. Esto ha permitido mejorar la resolución de las capas de batimetría y reflectividad del fondo marino y, al mismo tiempo, ampliar la zona de estudio.
- El procesado en cuatro tramos de profundidad ha permitido obtener la máxima resolución posible para cada rango batimétrico.
- Se han obtenido las capas derivadas de la batimetría con mejor resolución que la disponible hasta la fecha y, al mismo tiempo, se han realizado nuevos análisis de tipo morfométrico de la superficie del fondo marino (rugosidad, curvatura o índice de posición batimétrico).

- Si bien existen perfiles de sonda paramétrica en la zona de estudio, estos se limitan, fundamentalmente, a los techos del Banco de Amanay y El Banquete, limitando de este modo el conocimiento del registro estratigráfico sub-superficial de las zonas más profundas.
- Las muestras de sedimento y roca disponibles del fondo marino son escasas y su distribución no es homogénea a lo largo de toda el área de estudio, lo cual supone una limitación a la hora de estudiar la variabilidad de los tipos de fondo sedimentario y rocoso, así como su correlación con los datos de reflectividad.

#### Conclusiones:

- El sector meridional del LIC ESZZ15002 se caracteriza por la presencia dos montes submarinos de origen volcánico (Banco de Amanay y Canary Ridge) y por la gran extensión que alcanza la prolongación hacia el SO de la plataforma de la isla de Fuerteventura conocida como El Banquete.
- Sobre el techo del Banco de Amanay y El Banquete predominan los rasgos de tipo estructural y deposicional. Los afloramientos rocosos (rocas volcánicas) y el desarrollo de campos de ondas de arena son rasgos frecuentes en ambos elementos fisiográficos. Además, en el Banco de Amanay se puede destacar la presencia de resaltes de diques, mientras que en el techo de El Banquete destaca la aparición de numerosos montículos carbonatados. Estos montículos carbonatados también son frecuentes en el techo del monte submarino Canary Ridge y en la zona aplacerada situada entre la isla de Fuerteventura y el Banco de Amanay.
- Los análisis sedimentológicos indican que el material predominante en el techo del Banco de Amanay y El Banquete es, mayoritariamente, arena-arena gravosa y en menor medida arena fangosa con un elevado contenido en bioclastos.
- A lo largo del talud predominan los rasgos erosivos, entre los cuales destacan los barrancos y en menor medida los cañones submarinos. Sin embargo, también se han podido observar rasgos geomorfológicos asociados a procesos gravitacionales, como son los movimientos de transporte en masa. En la zona de estudio se han podido cartografiar dos escarpes erosivos asociados a deslizamientos, uno situado en el margen norte del Banco de Amanay y otro en El Banquete pero no se ha podido cartografiar los cuerpos de depósitos producidos por las masas deslizadas.
- En la zona del talud también se han podido cartografiar varios conos volcánicos de altura muy variable y con una geometría truncada.
- En la zona profunda de la cuenca predominan los rasgos deposicionales. En esta zona se han cartografiado una serie de

depósitos volcanoclásticos altamente erosionados, que se originan como consecuencia del transporte hacia la zona profunda del material que proviene tanto de la plataforma como de la desestabilización del talud.

#### Recomendaciones:

- Se recomienda integrar todas las líneas de multihaz en un único proyecto para mejorar aún más la calidad del procesado. Esta recomendación queda pendiente de la notificación de Teledyne, empresa responsable del software, para buscar una solución que permita solventar los problemas de incompatibilidad y así poder integrar los datos antiguos en el software actual.
- Se recomienda realizar nuevas campañas de geología marina para: (1) obtener líneas de multihaz que permitan mejorar la resolución y la calidad de la superficie de batimetría actualmente disponible, ya que parte de los datos disponibles fueron obtenidos hace más de 20 años, con las limitaciones tecnológicas de equipamiento propias de aquella época; (2) adquirir nuevos perfiles de sonda paramétrica de alta resolución que permitan una mejor caracterización e interpretación de la distribución de los elementos geomorfológicos, y (3) completar el muestreo de los materiales geológicos presentes en la superficie del fondo (tanto fondos sedimentarios como rocosos o endurecidos) para mejorar su caracterización, así como de los procesos morfosedimentarios implicados.

## 7. Bibliografía

Abu El-Rus, M.A., Neumann, E.R., Peters, V., 2006. Serpentinization and dehydration in the upper mantle beneath Fuerteventura (Eastern Canary Islands): evidence from mantle xenoliths. *Lithos* 89, 24-46.

Acosta, J., Uchupi, E., Muñoz, A., Herranz, P., Palomo, C., Ballesteros, M. y ZEE Working Group, 2005. Geologic evolution of the Older Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Grand Canaria and La Gomera with a brief description of the avalanches on the younger islands: Tenerife, La Palma and El Hierro. *Marine Geophysical Researches* 24 (1), 1-38. DOI: 10.1007/11-4020-4352-X\_1.

Anchochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hermàn, F., Huertas, M.J., 1996. Volcanic complexes in the Eastern ridge of the Canary Islands: the Miocene activity of the island of Fuerteventura. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 70, 183-204.

Barton, E.D., Arístegui, J., Tett, P., Navarro-Pérez, E., 2004. Variability in the Canary Islands area of filament-eddy exchanges. *Progress in Oceanography* 62, 71-94.

Benítez-Barrios, V.M., Pelegrí, J.L., Hernández-Guerra, A., Lwiza, K.M.M., Vélez-Belchí, P., Hernández-León, S., 2011. Three-dimensional circulation in the NW Africa coastal transition zone. *Progress in Oceanography* 91, 516-533.

Brochier, T., Ramzf, A., Lett, C., Machu, E., Berraho, A., Freon, P., Hernández-León, S., 2008. Modelling sardine and anchovy ichthyoplankton transport in the Canary Current System. *Journal of Plankton Research* 30, 1133-1146.

Coello, J., Cantagrel, J.M., Ibarrola, E., Jamond, C., Hern, F., Fuster, J.M., Ancochea, E., Casquet, C., Díaz de Teran, J.R., Cendrero, A., 1992. Evolution of the Eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 53, 251-274.

Grosse, P., van Wyk de Vries, B., Euillades, P.A., Kervyn, M., Petrinovic, I.A., 2012. Systematic morphometric characterization of volcanic edifices using digital elevation models. *Geomorphology* 136, 114-131.

Hernández-Guerra, A., Fraile-Nuez, E., Borges, R., López-Laatzén, F., Vélez-Belchí, P., Parrilla, G., Müller, T.J., 2003. Transport variability in the Lanzarote passage (Eastern boundary current of the north atlantic subtropical gyre). *Deep-Sea Research Part I* 50, 189-200.

Martínez-Carreño, N., Vázquez, J.T., López-Rodríguez, C., Arrese, B., Sánchez-Guillamón, O., López-González, N., Gómez-Ballesteros, M., Martín-Sosa, P. 2020. Informe de distribución especial de características geomorfológicas y sedimentarias del LIC Banco de la Concepción. SubAcción A.2.1.: Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas. Instituto Español de Oceanografía – Centro Oceanográfico de Málaga. Proyecto LIFE+INDEMARES. (LIFE07/NAT/E/000732). 64 pp.

Martín-Sosa, P. [coord.]. 2013. Caracterización del Sur de Fuerteventura. Informe del Instituto Español de Oceanografía – Centro Oceanográfico de Canarias. Proyecto LIFE+INDEMARES. (LIFE07/NAT/E/000732). Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 329 pp.

Knoll, M., Hernández-Guerra, A., Lenz, B., López Laatzén, F., Machín, F., Müller, T.J., Siedler, G., 2002. The Eastern Boundary Current system between the Canary Islands and the Africa Coast. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 49 (17), 3427-3440.

Quevedo-González, L.A., 2012. Sedimentological characteristics of the Canary Seamounts: Amanay, El Banquete and Conception Bank. Tesina de máster, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 25 pp.

Roest, W.R., Dañobetia, J.J., Verhoef, J., Collette, B.J., 1992. Magnetic anomalies in the Canary Basin and the Mesozoic evolution of the central North Atlantic. *Marine Geophysical Research* 14, 1-24.

Uchupi, E., Emery, K.O., Bowin, C.O., Phillips, J.D., 1976. Continental margin of Western Africa: Senegal to Portugal. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 60, 809-878.

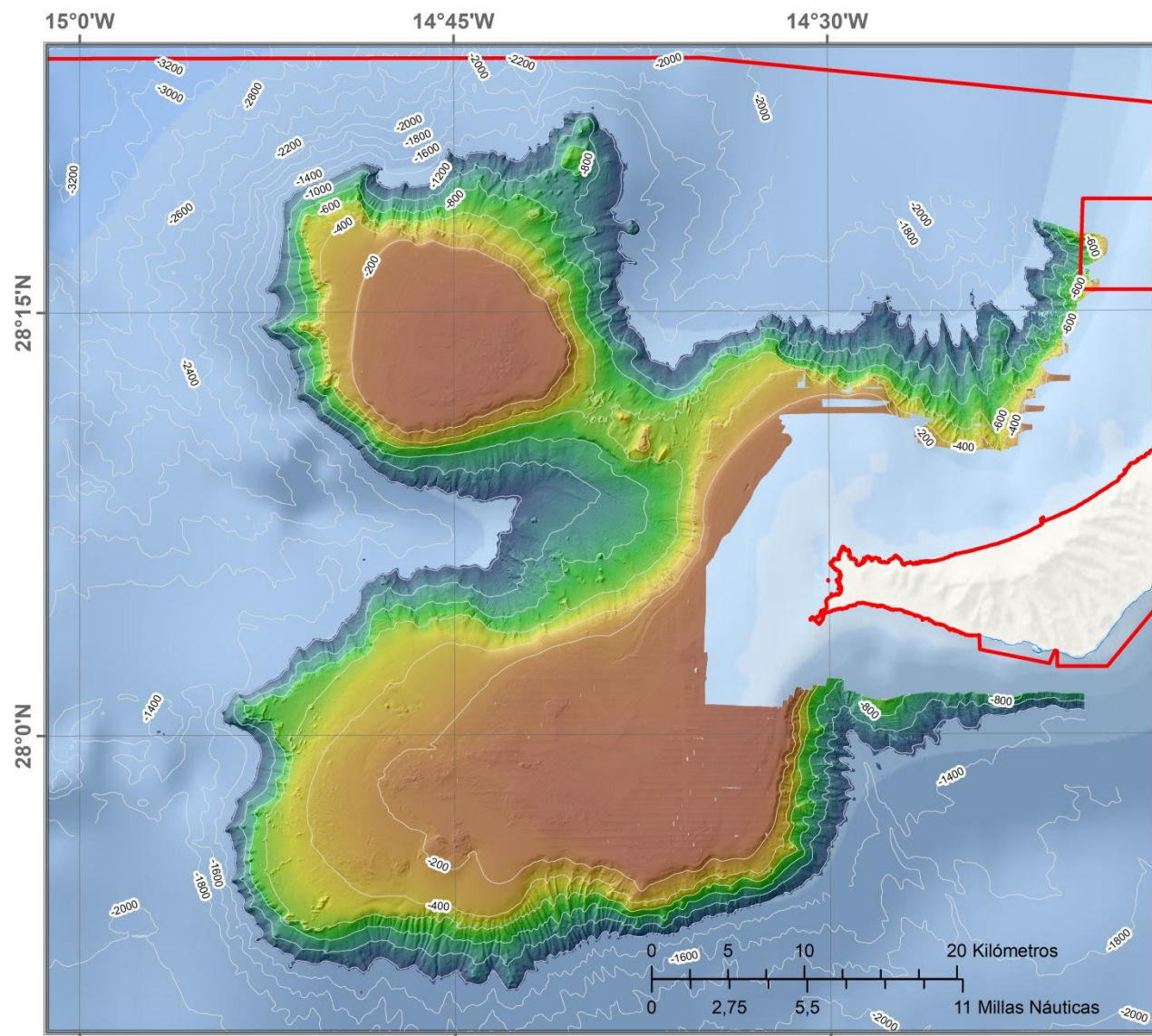
Van den Bogaard, P., 2013. The origin of the Canary Island Seamount Province – New ages of old seamounts. *Scientific Reports*, 3: 2107 | DOI: 10.1038/srep02107. Available in: <http://www.nature.com/srep/2013/130701/srep022107/full/srep02107.html>.

## ANEXOS

### Información cartográfica

- 1.- Batimetría 5 m de resolución espacial
- 2.- Batimetría 10 m de resolución espacial
- 3.- Batimetría 15 m de resolución espacial
- 4.- Batimetría 50 m de resolución espacial
- 5.- Batimetría 15 m de resolución espacial semicompleta
- 6.- Batimetría 50 m de resolución espacial completa
- 7.- Mapa de sombras sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 8.- Mapa de pendientes sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 9.- Mapa de orientación del fondo sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 10.- Mapa de curvatura total sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 11.- Mapa de curvatura planar sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 12.- Mapa de curvatura perfil sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 13.- Mapa de rugosidad sobre compilación batimétrica de 15 m (0 a 2500 m de profundidad) y 50 m (2500 a 3500 m de profundidad) de resolución espacial
- 14.- Índice de posición batimétrica escala gruesa 5 m de resolución espacial
- 15.- Índice de posición batimétrica escala fina 5 m de resolución espacial
- 16.- Índice de posición batimétrica escala gruesa 15 m de resolución espacial
- 17.- Índice de posición batimétrica escala fina 15 m de resolución espacial
- 18.- Índice de posición batimétrica escala gruesa 50 m de resolución espacial
- 19.- Índice de posición batimétrica escala fina 50 m de resolución espacial
- 20.- Clases BTM
- 21.- Geomorfología: tipos morfológicos lineales
- 22.- Geomorfología: tipos morfológicos poligonales
- 23.- Geomorfología: tipos morfológicos lineales y poligonales
- 24.- Reflectividad 15 m de resolución espacial
- 25.- Tipos de fondo.



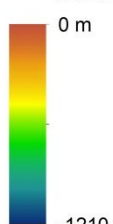


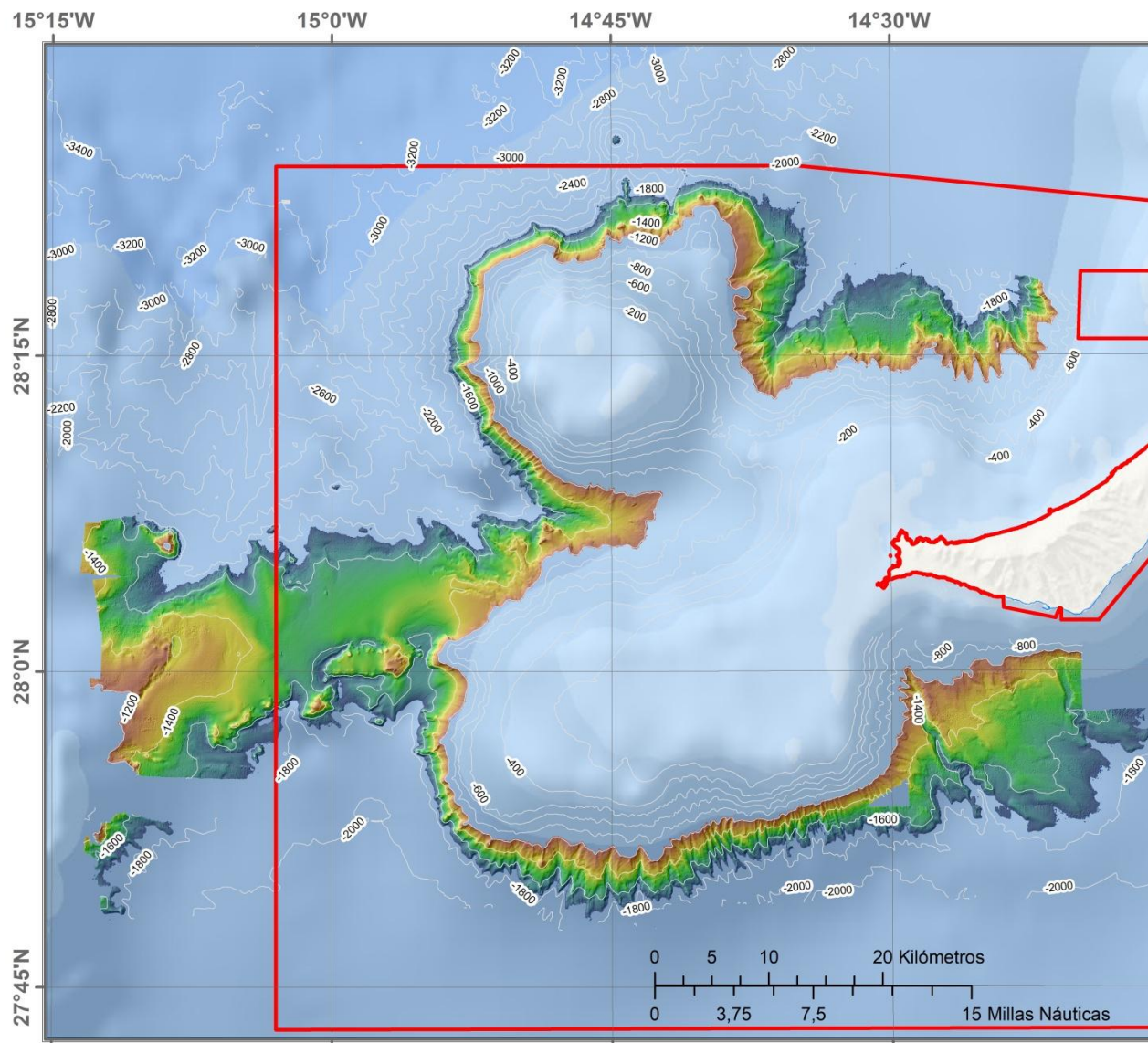
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
BATIMETRÍA  
5 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- LIC
- Isóbatas 200 m
-  0 m  
-1210 m



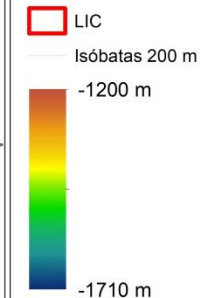
**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

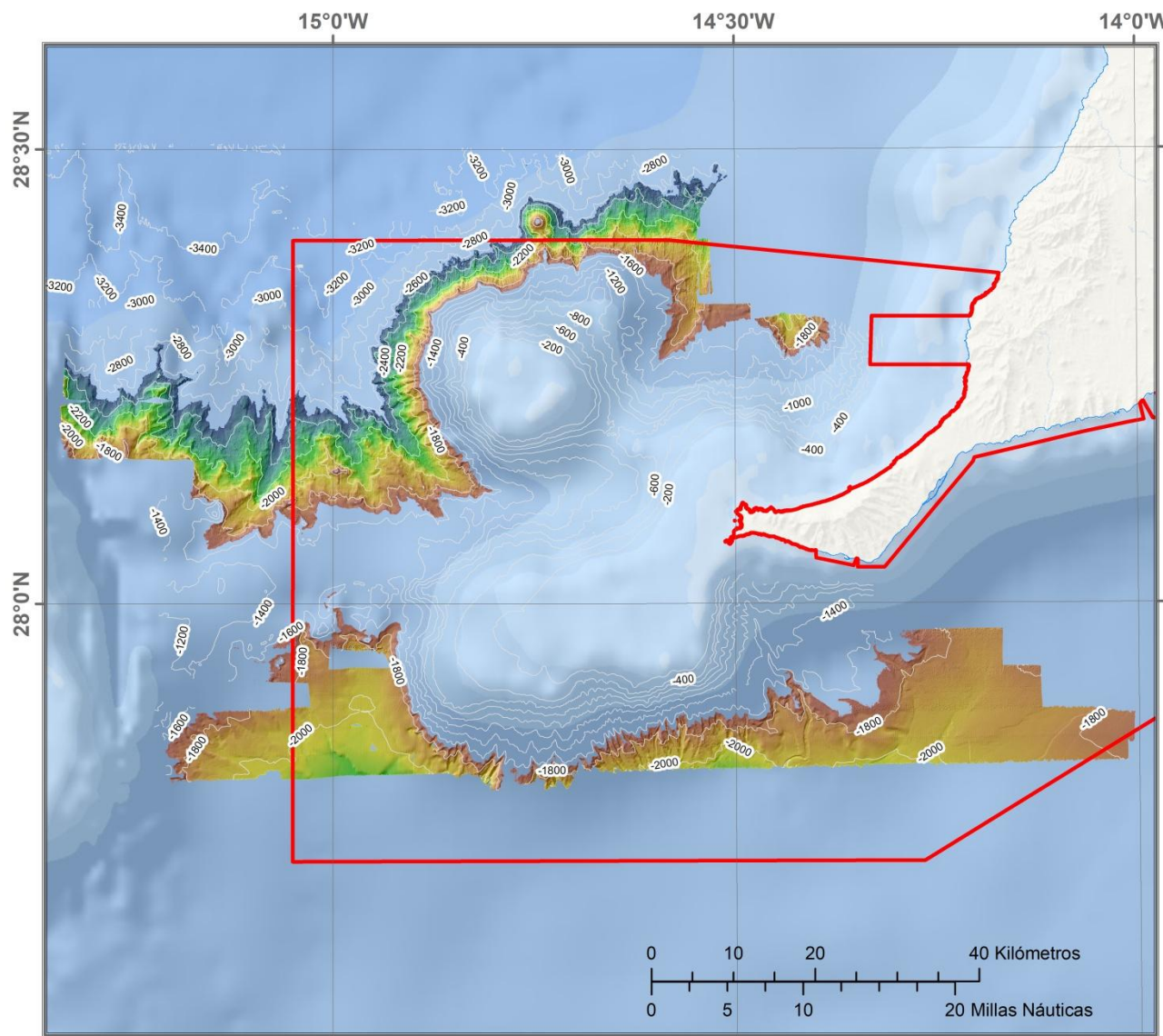
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**

BATIMETRÍA  
10 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con  
un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**





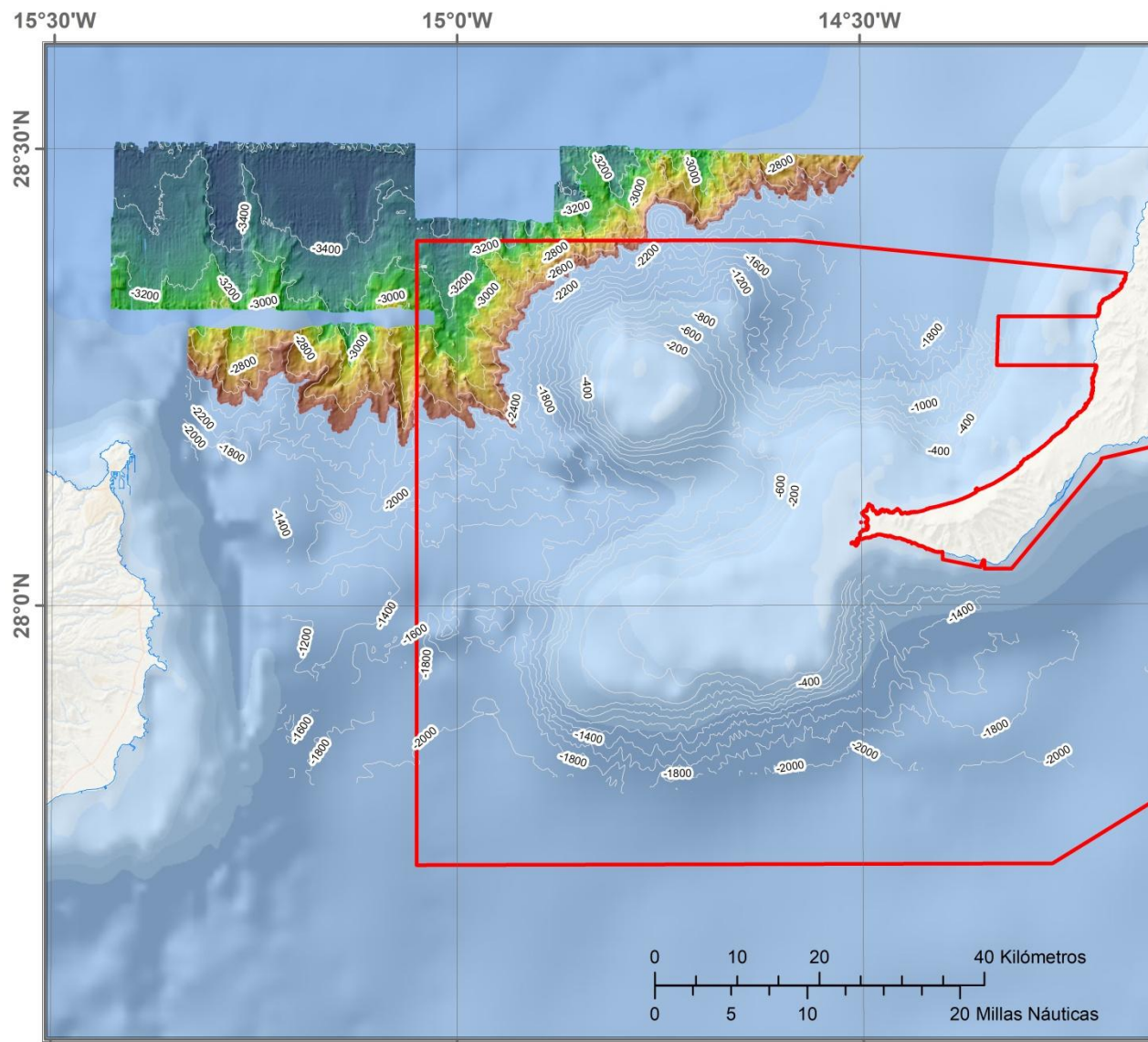
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
BATIMETRÍA  
15 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- Isobatas 200 m
- LIC
- 
- 1700 m
- 2510 m



**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

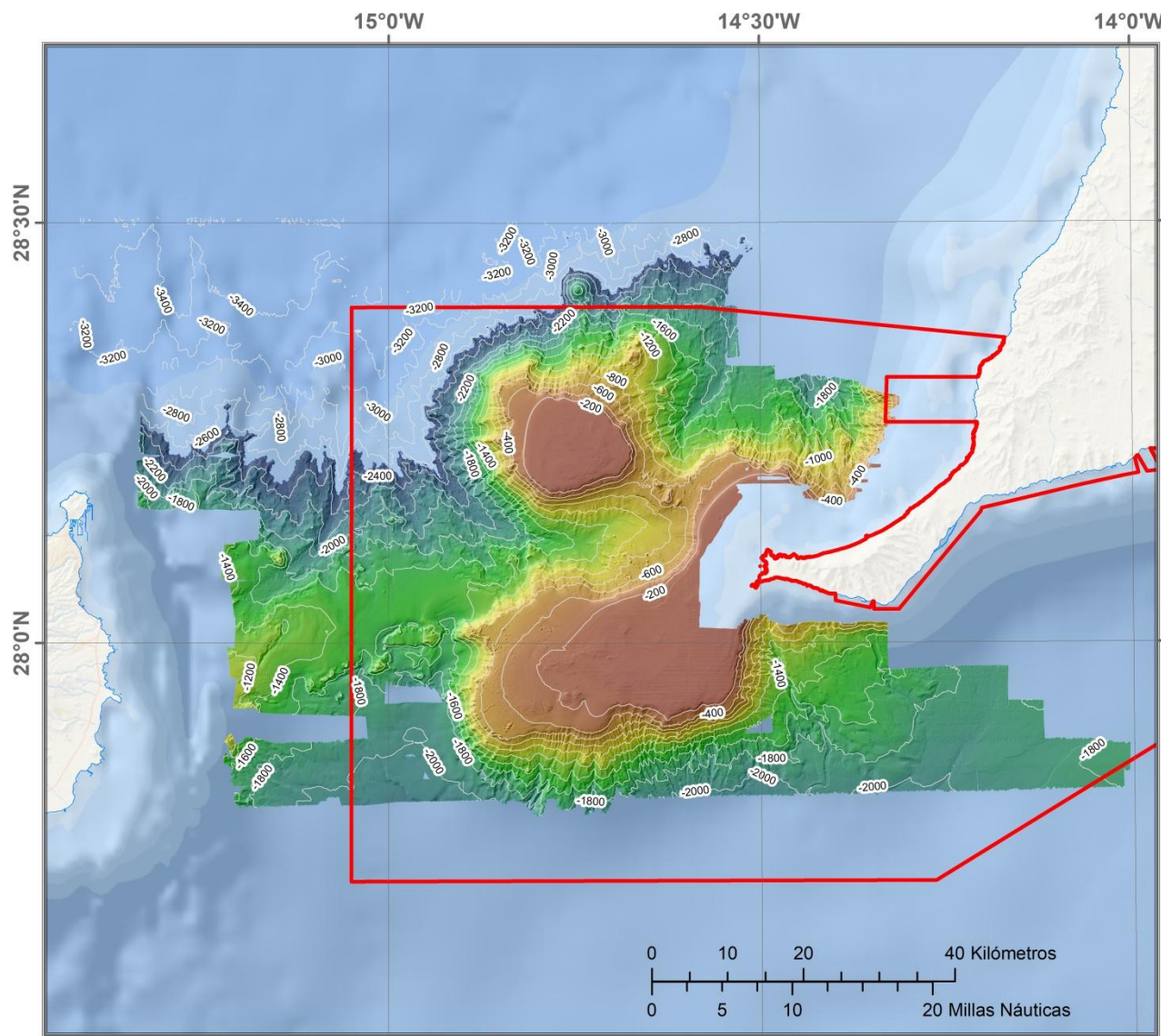
**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**

BATIMETRÍA  
50 METROS DE RESOLUCIÓN

Mostrado sobre sombreado, con  
un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- LIC
- Isóbatas 200 m
- 2500 m  
-3500 m



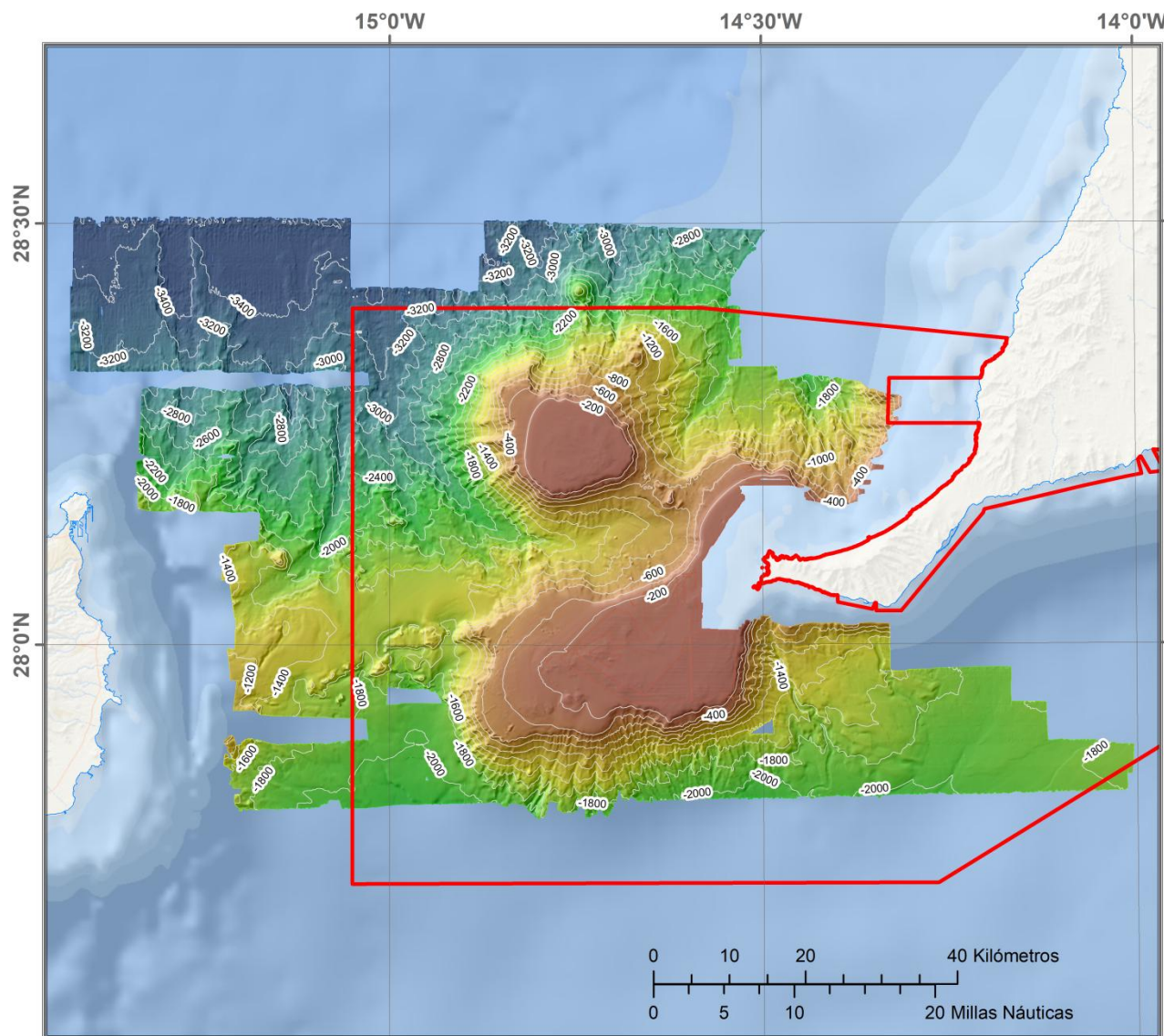
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**  
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
**BATIMETRÍA**  
15 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- LIC
- Isóbatas 200 m

0 m  
-2500 m

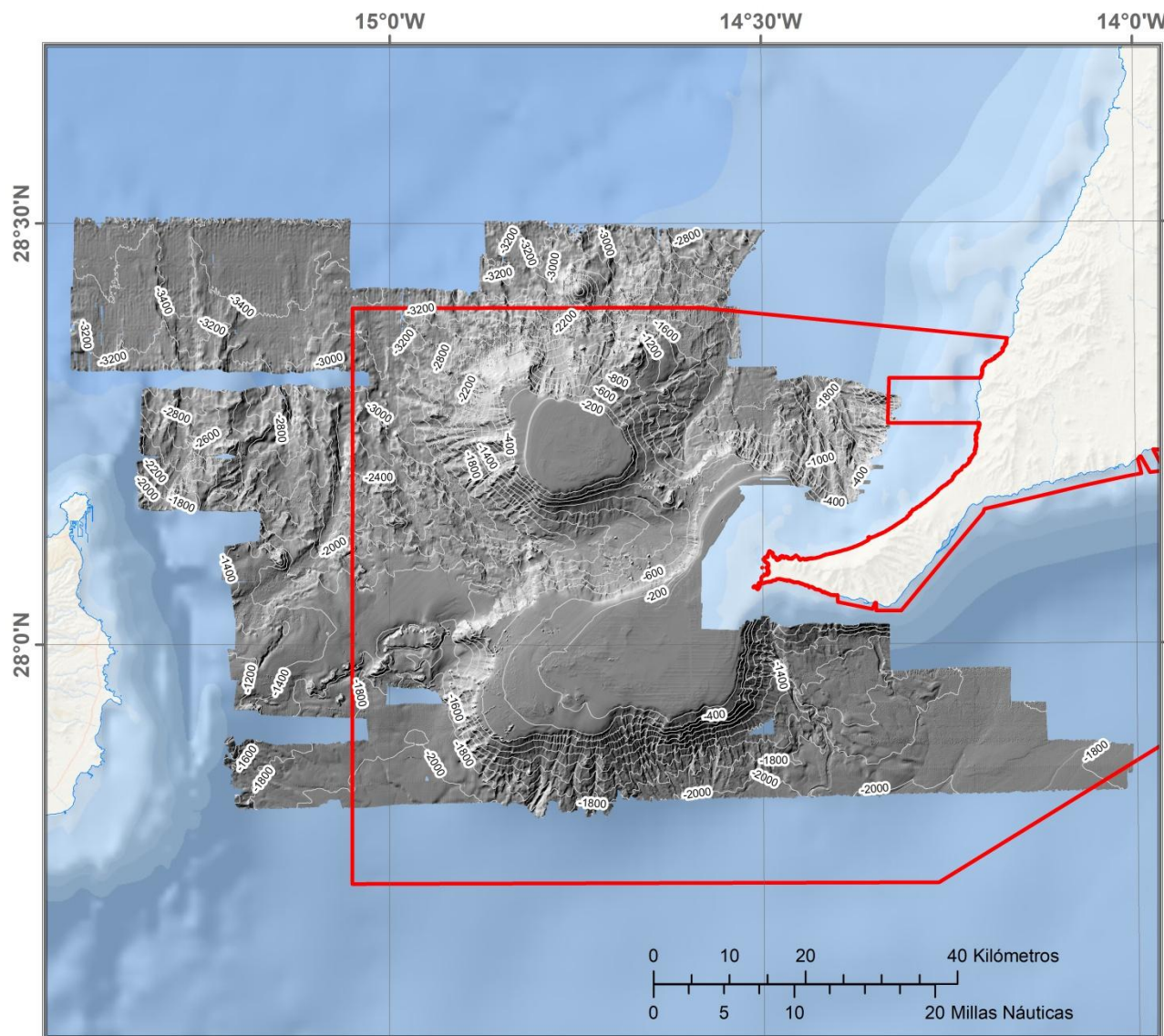


**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**  
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
BATIMETRÍA  
50 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- Color scale: -27 m (red) to -3437 m (blue)



**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

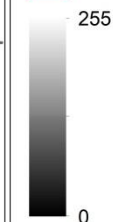
**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
SOMBREADO**

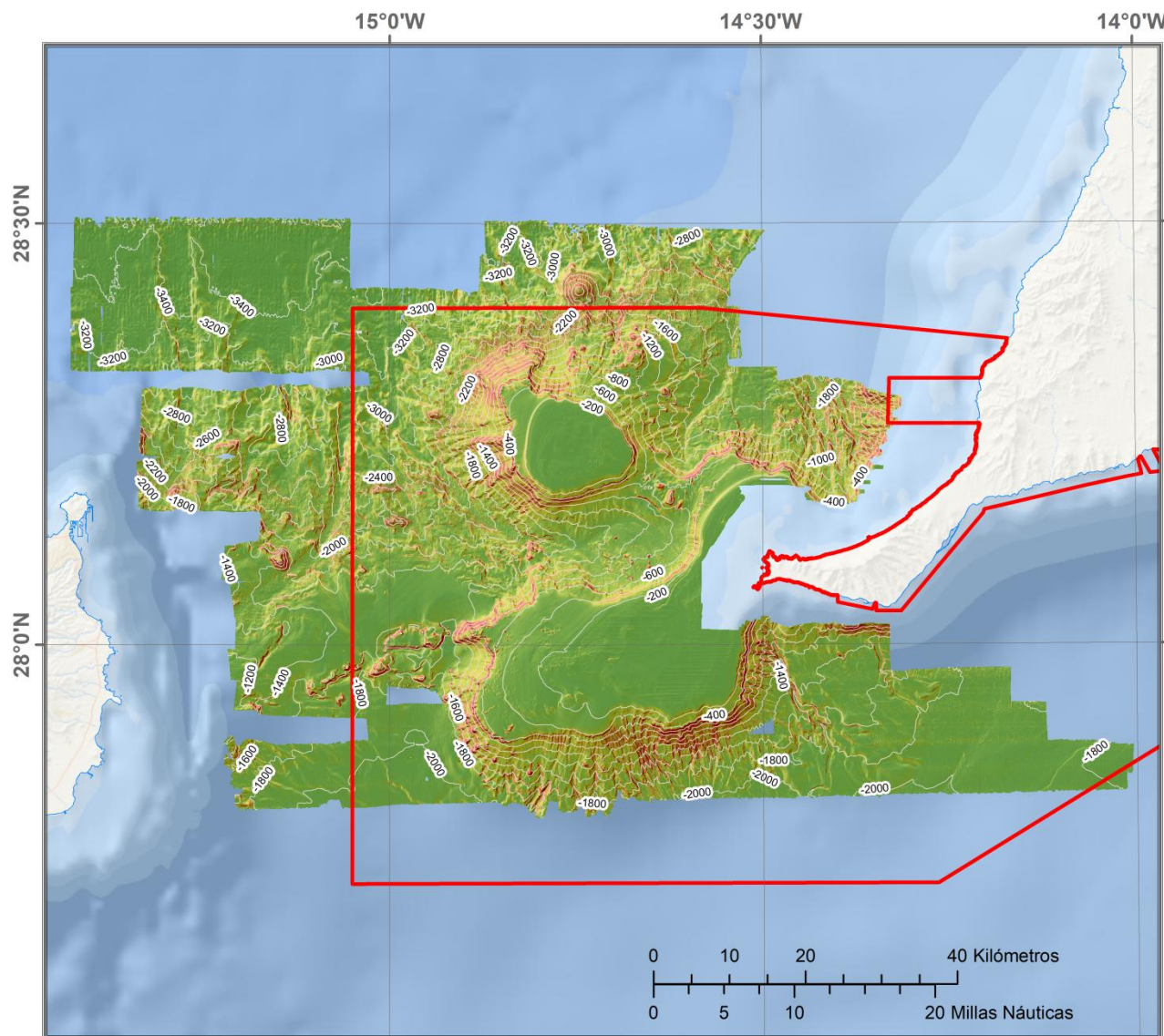
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES  
DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD)  
Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)

**LEYENDA**

— Isóbatas 200 m

□ LIC



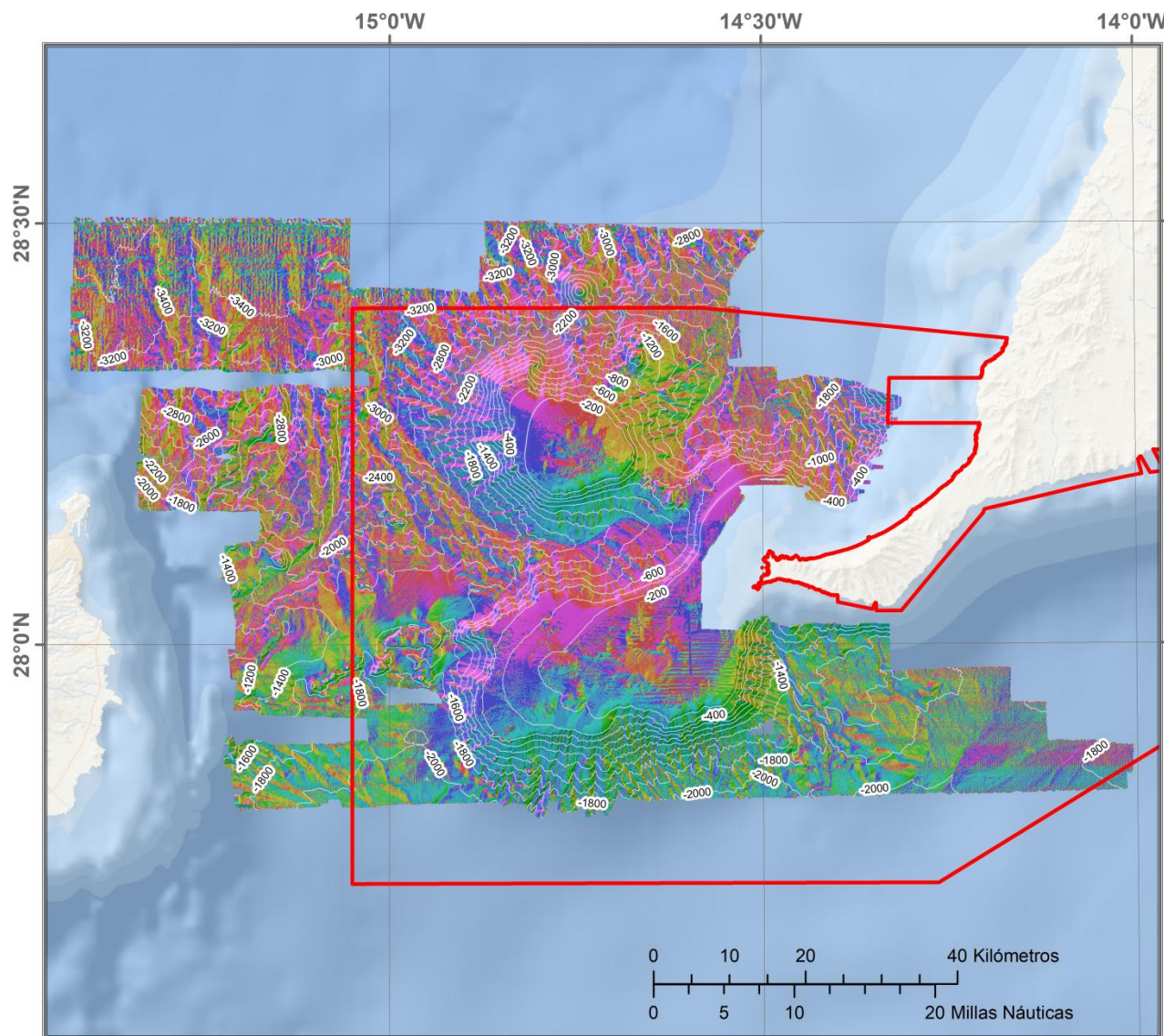


**INTEWARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**  
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA PENDIENTE**  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD) Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

- LEYENDA**
- Isóbatas 200 m
  - LIC
  - 0° - 3°
  - 3° - 6°
  - 6° - 10°
  - 10° - 14°
  - 14° - 19°
  - 19° - 25°
  - 25° - 34°
  - 34° - 86°





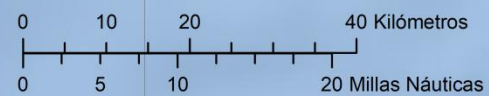
**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

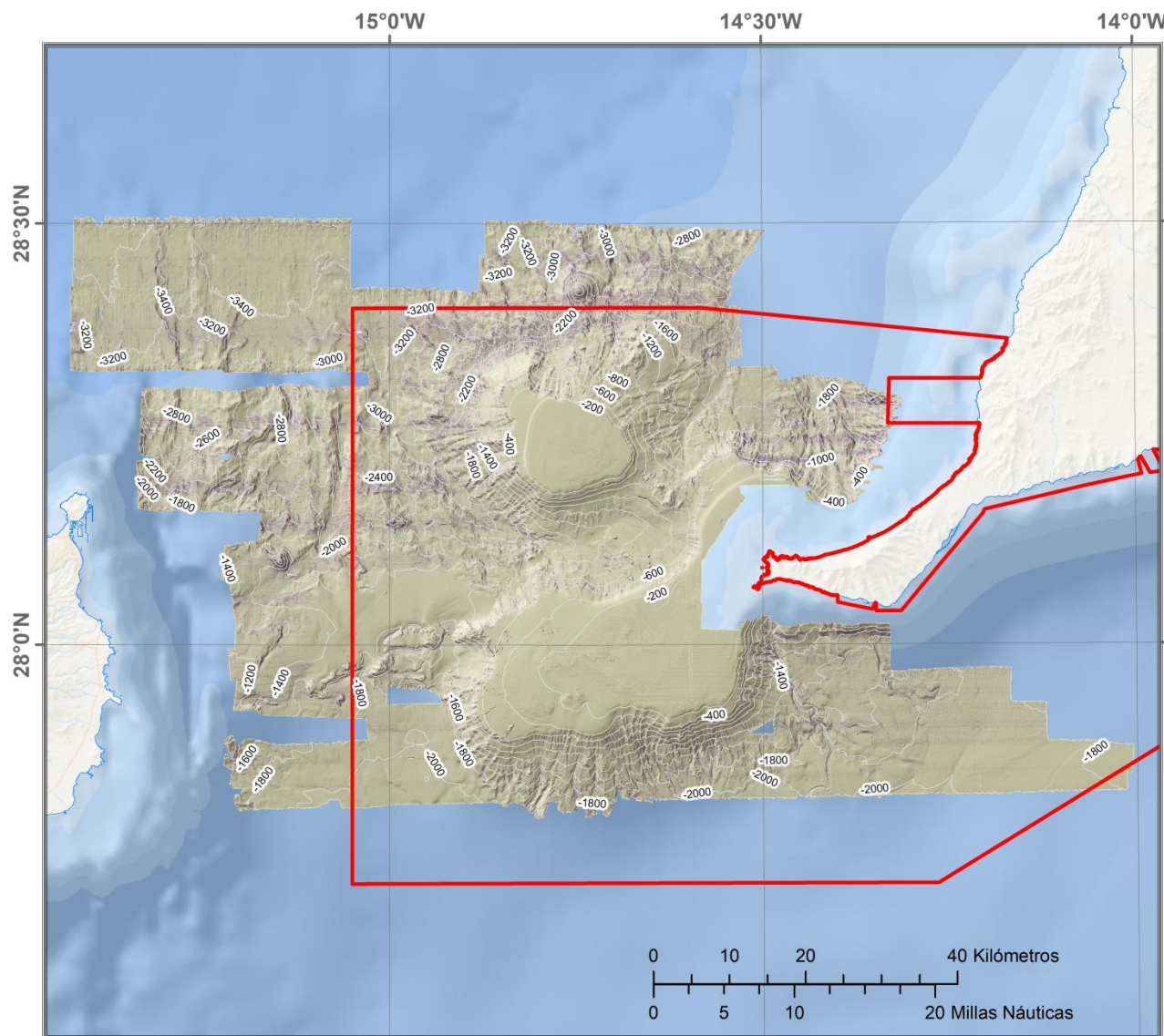
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
ORIENTACIÓN DEL FONDO  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES  
DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD)  
Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- Norte (0° - 22,5°)
- Noreste (22,5° - 67,5°)
- Este (67,5° - 112,5°)
- Sureste (112,5° - 157,5°)
- Sur (157,5° - 202,5°)
- Suroeste (202,5° - 247,5°)
- Oeste (247,5° - 292,5°)
- Noroeste (292,5° - 337,5°)
- Norte (337,5° - 360°)



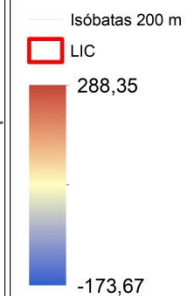


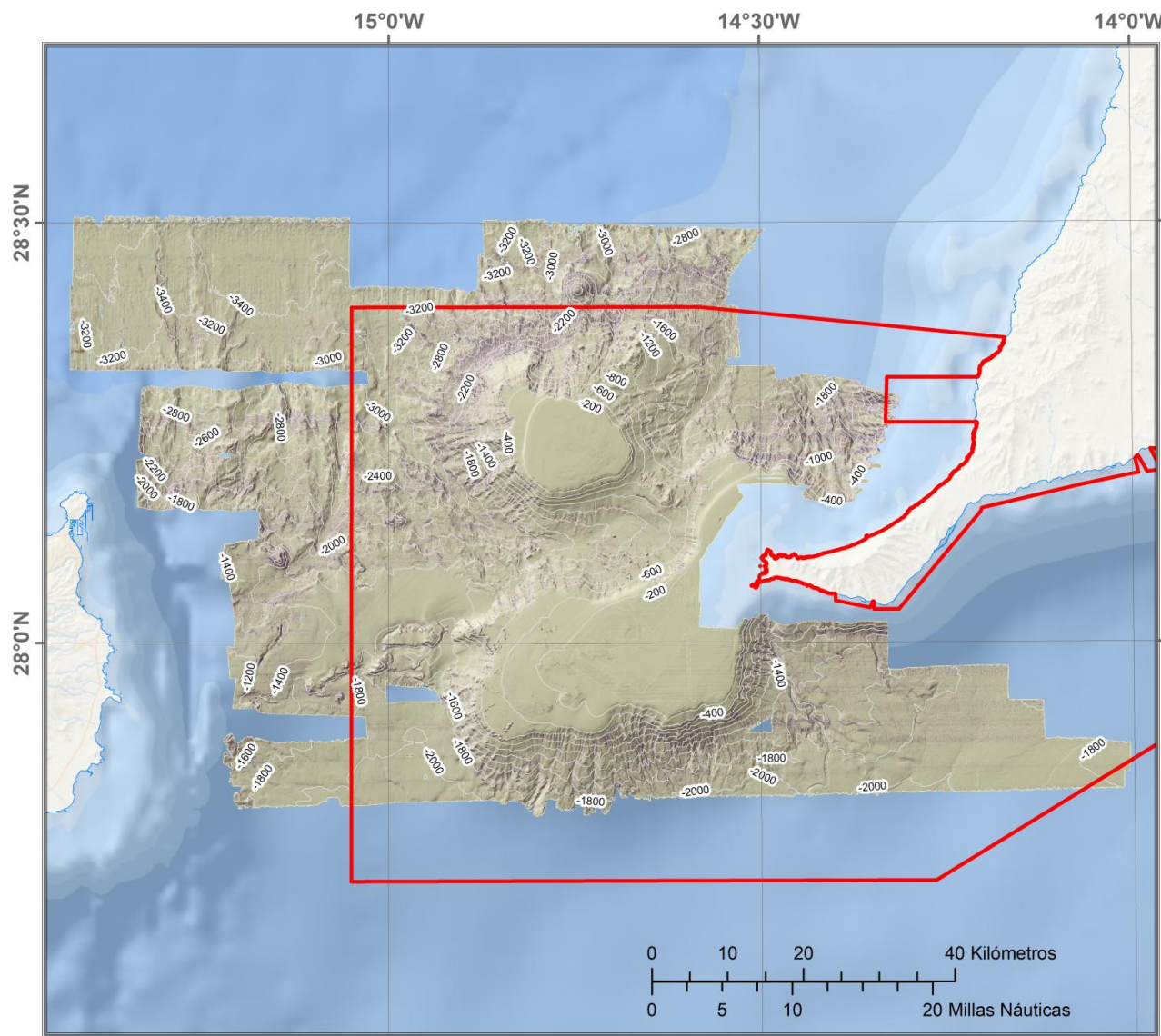
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
CURVATURA TOTAL  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD) Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

**LEYENDA**



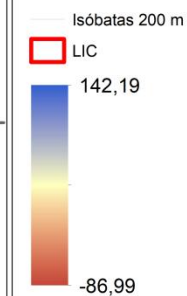


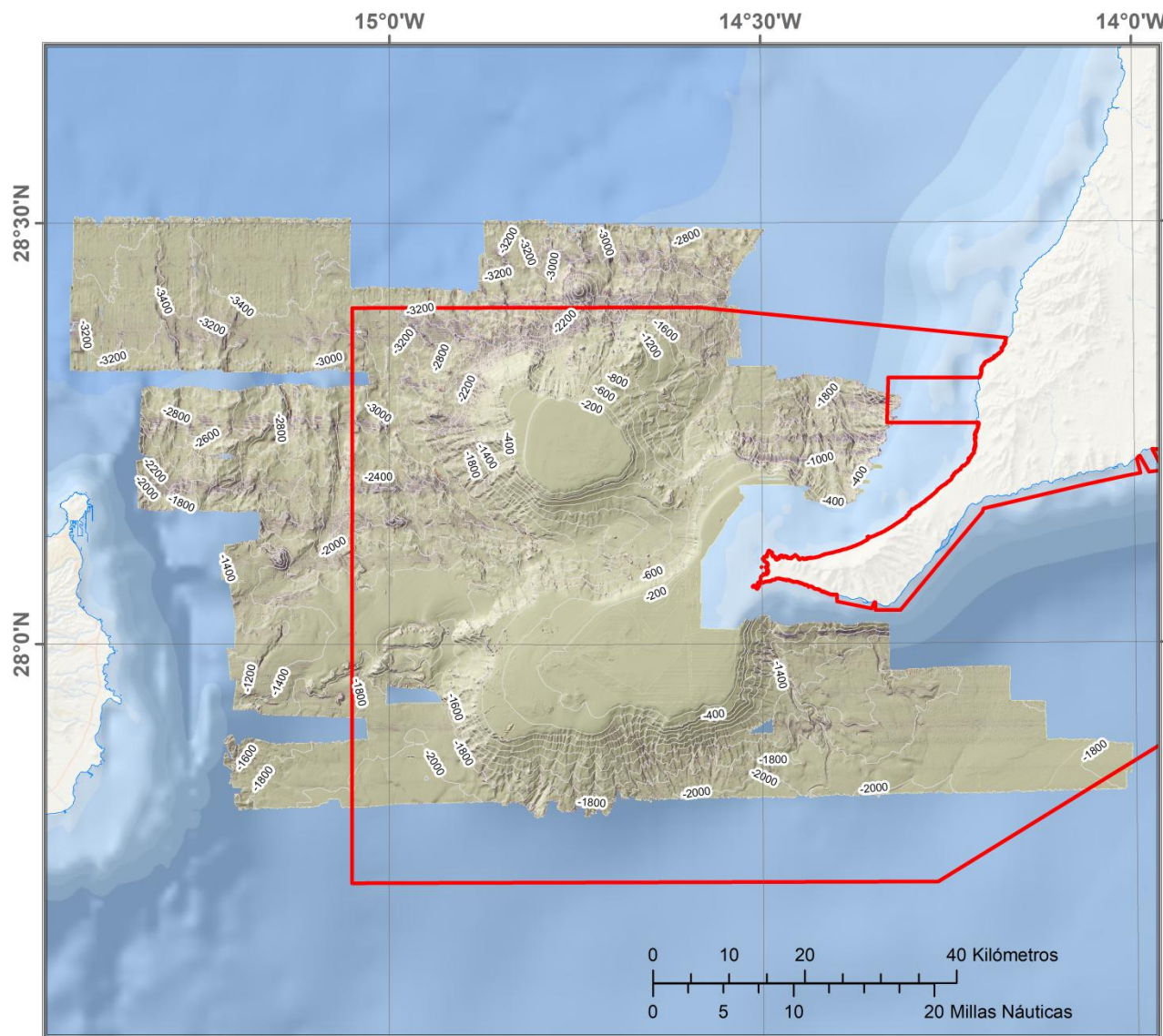
**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
CURVATURA PLANAR  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES  
DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD)  
Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

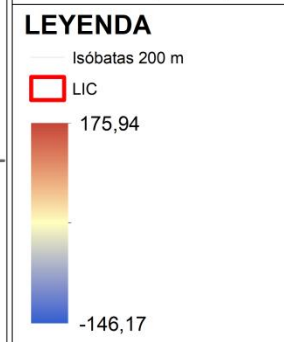
**LEYENDA**

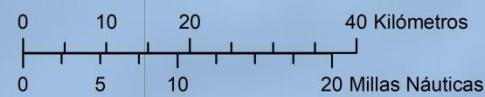
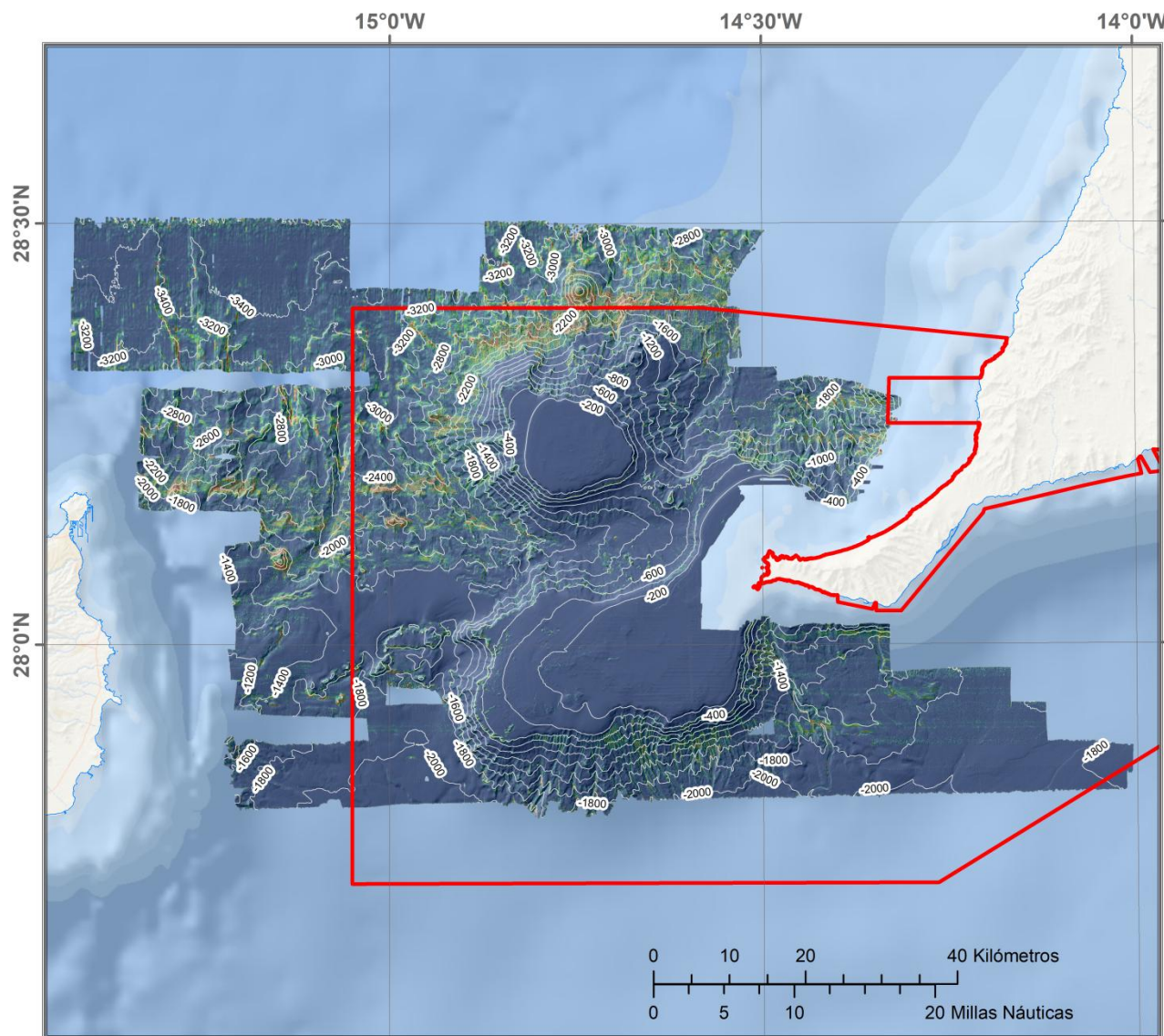




**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**  
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
**CURVATURA PERFIL**  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD) Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%



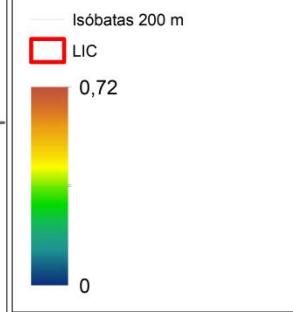


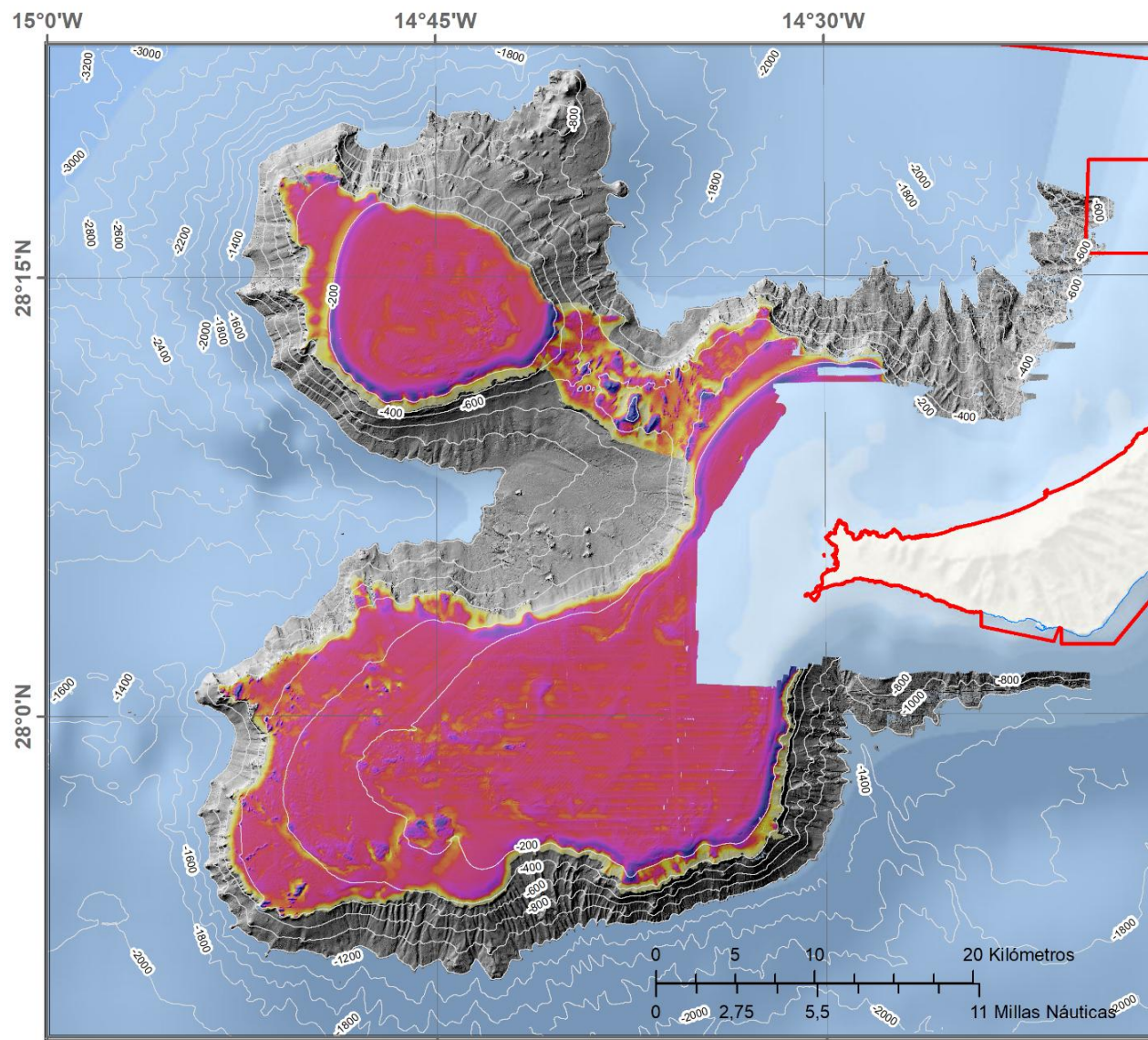
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
**RUGOSIDAD**  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES DE 15 M (0 A 2500 M DE PROFUNDIDAD) Y DE 50 M (2500 A 3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

**LEYENDA**



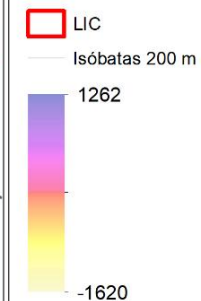


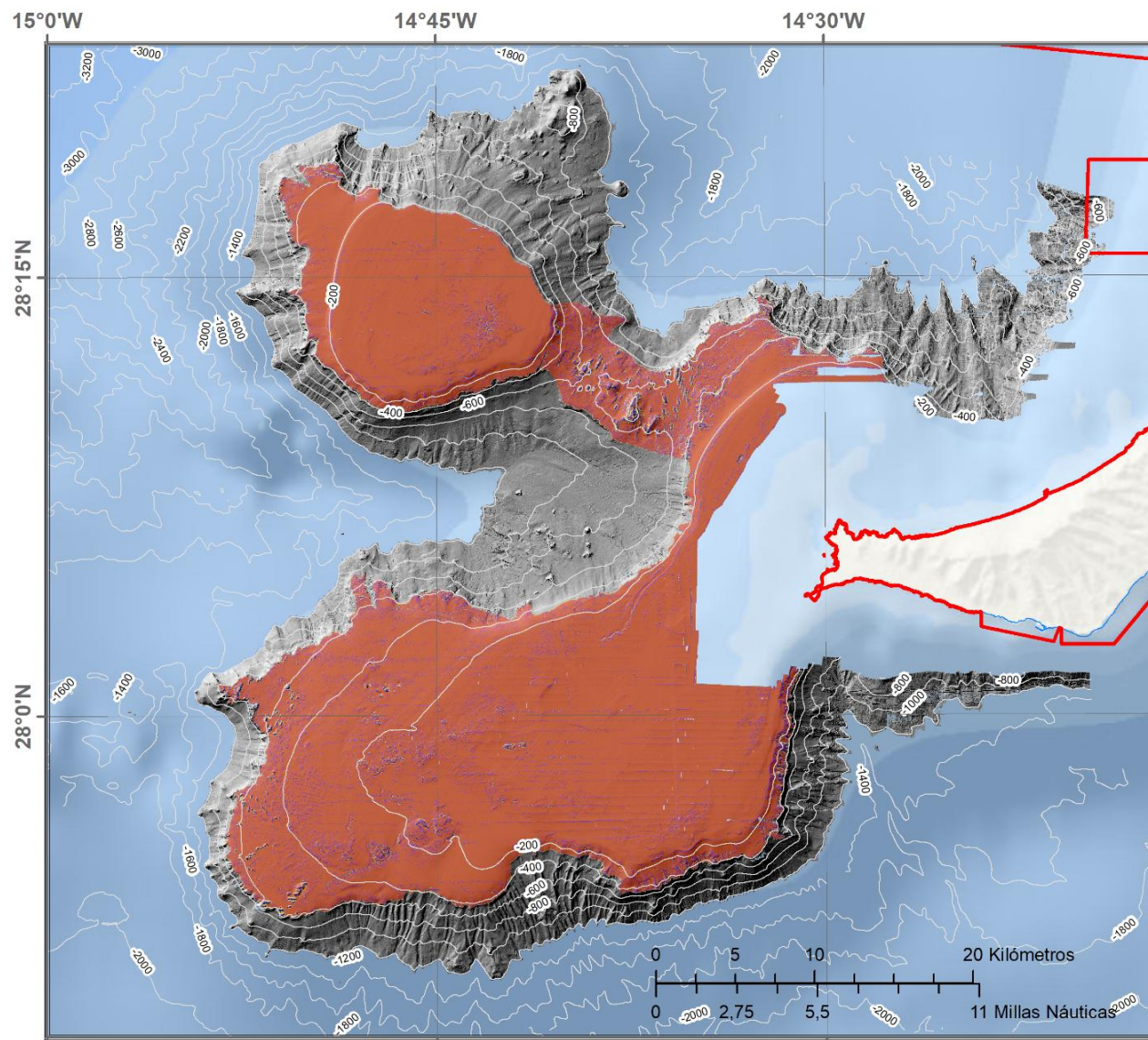
**INTEWARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA GROSERA  
5 METROS DE RESOLUCIÓN

**LEYENDA**





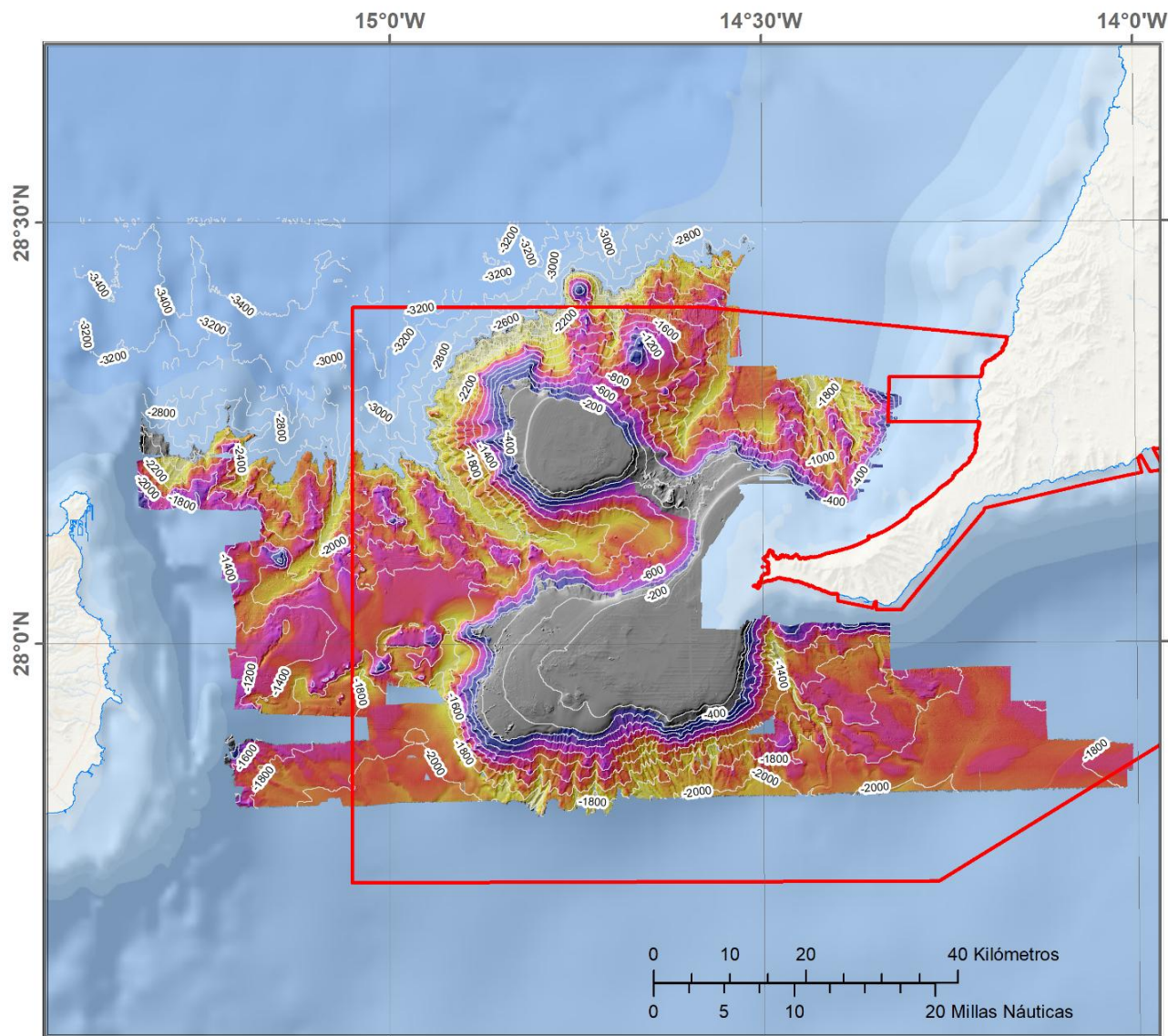
**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA DETALLE  
5 METROS DE RESOLUCIÓN

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- 10890
- 12281



**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

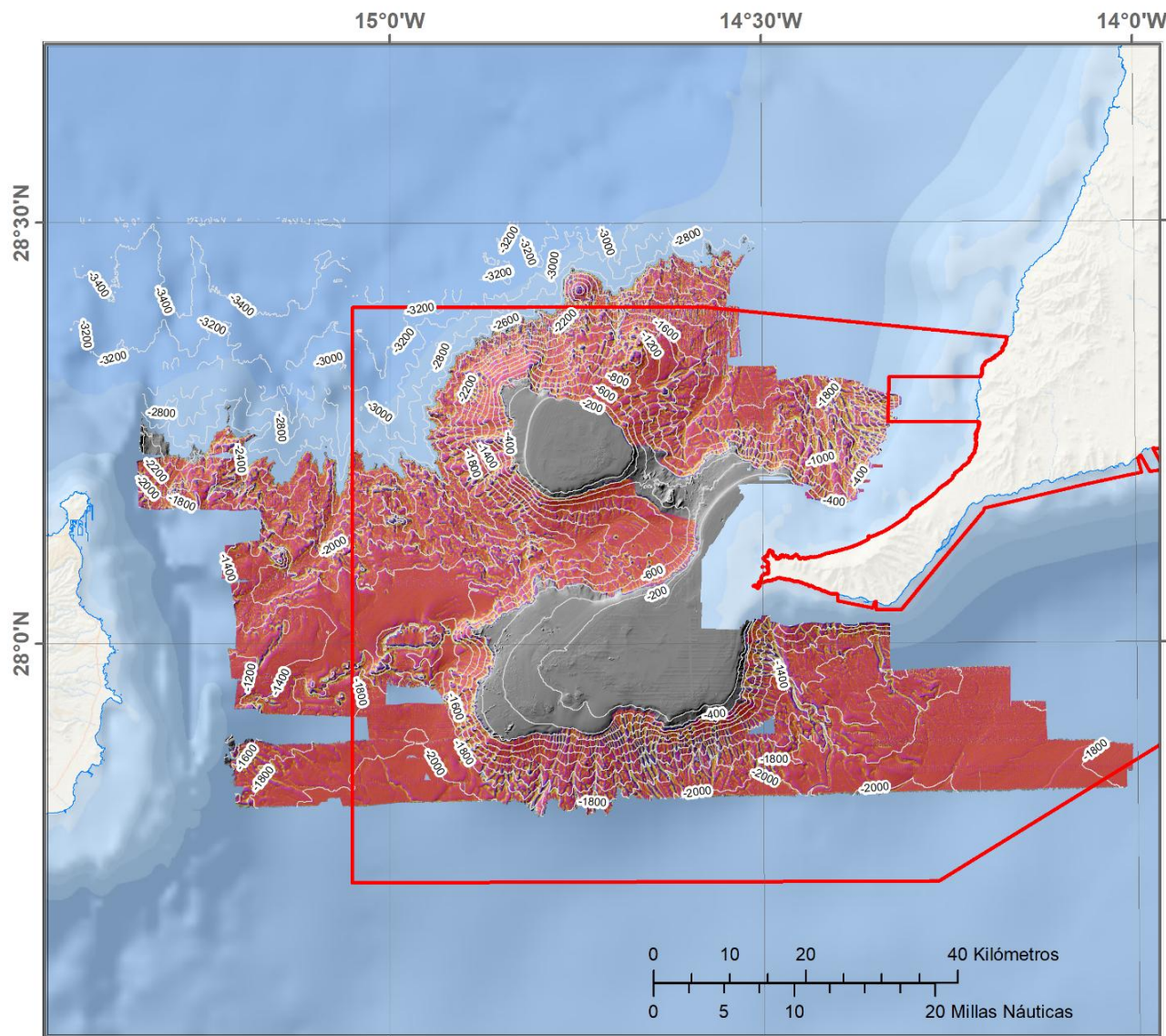
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA GROSERA  
15 METROS DE RESOLUCIÓN

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
-

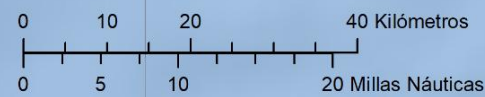
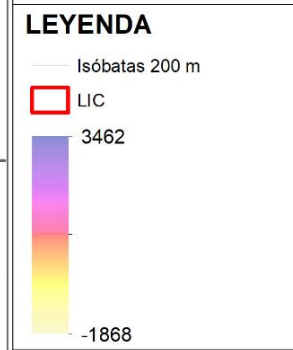


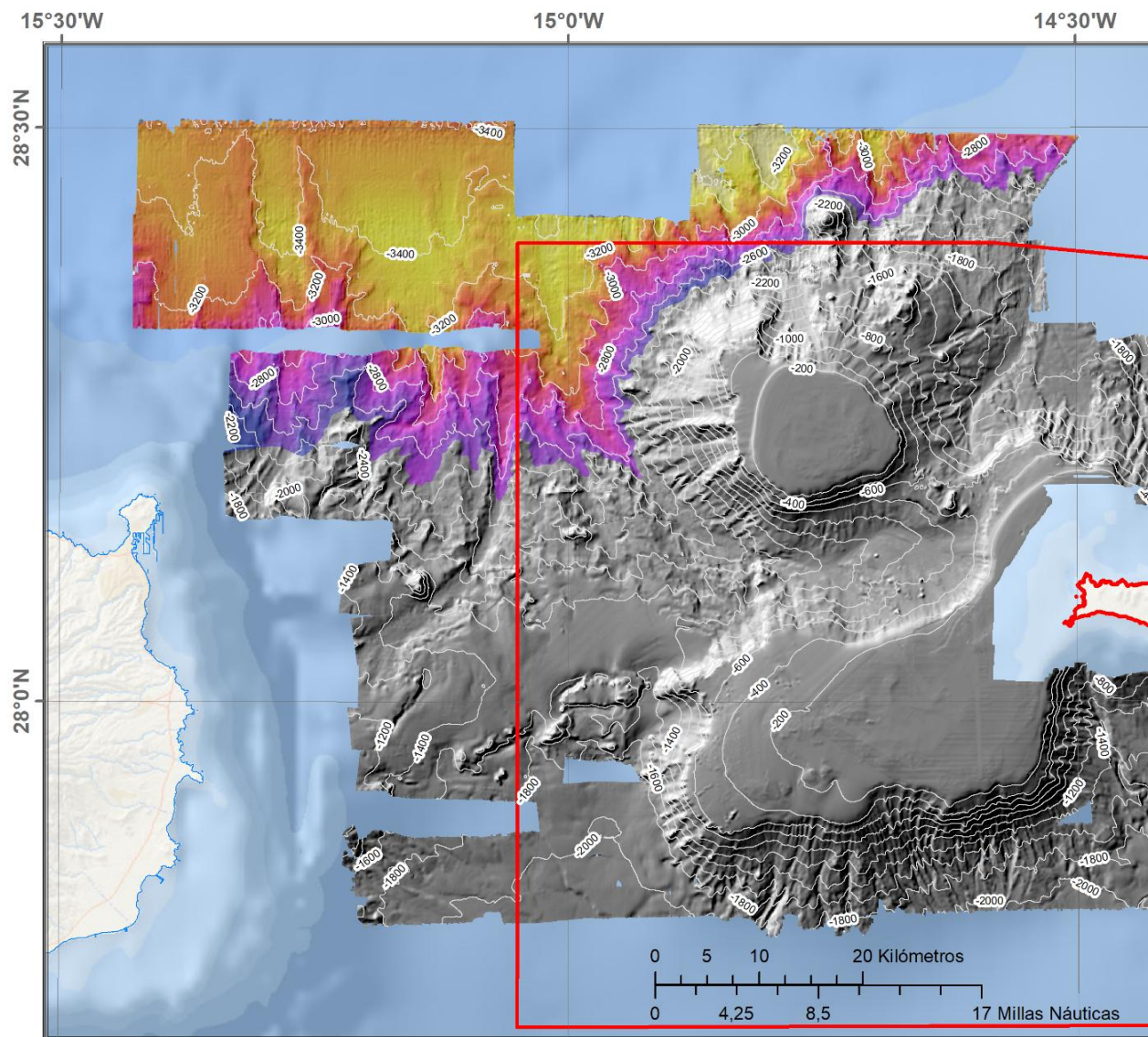


**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA DETALLE  
15 METROS DE RESOLUCIÓN








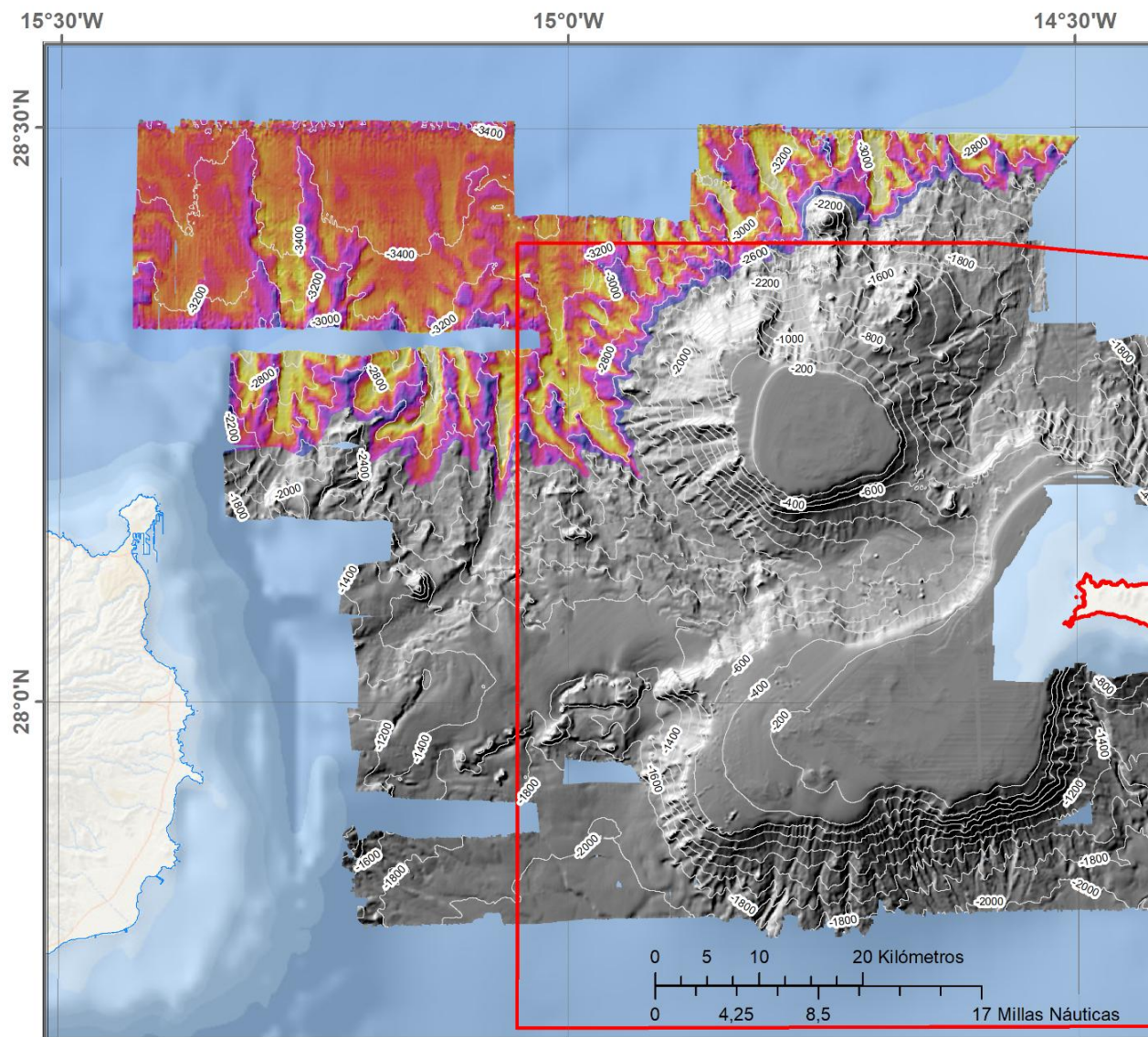
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA GROSERA  
50 METROS DE RESOLUCIÓN

**LEYENDA**

-  Isóbatas 200 m
-  LIC
-  1235  
-234






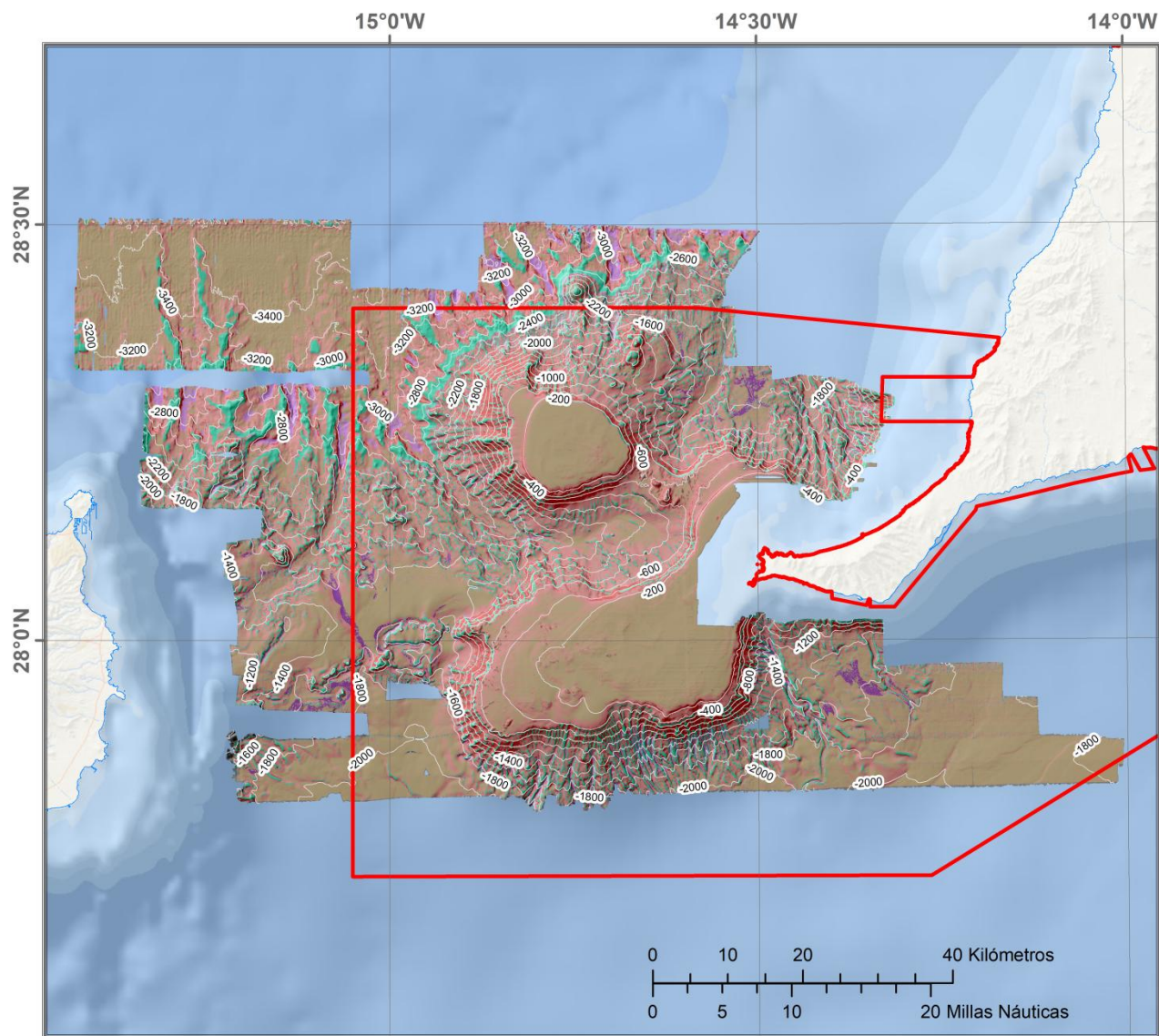
**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA  
ESCALA DETALLE  
50 METROS DE RESOLUCIÓN

**LEYENDA**

-  Isobatas 200 m
-  LIC
-  5553  
-517



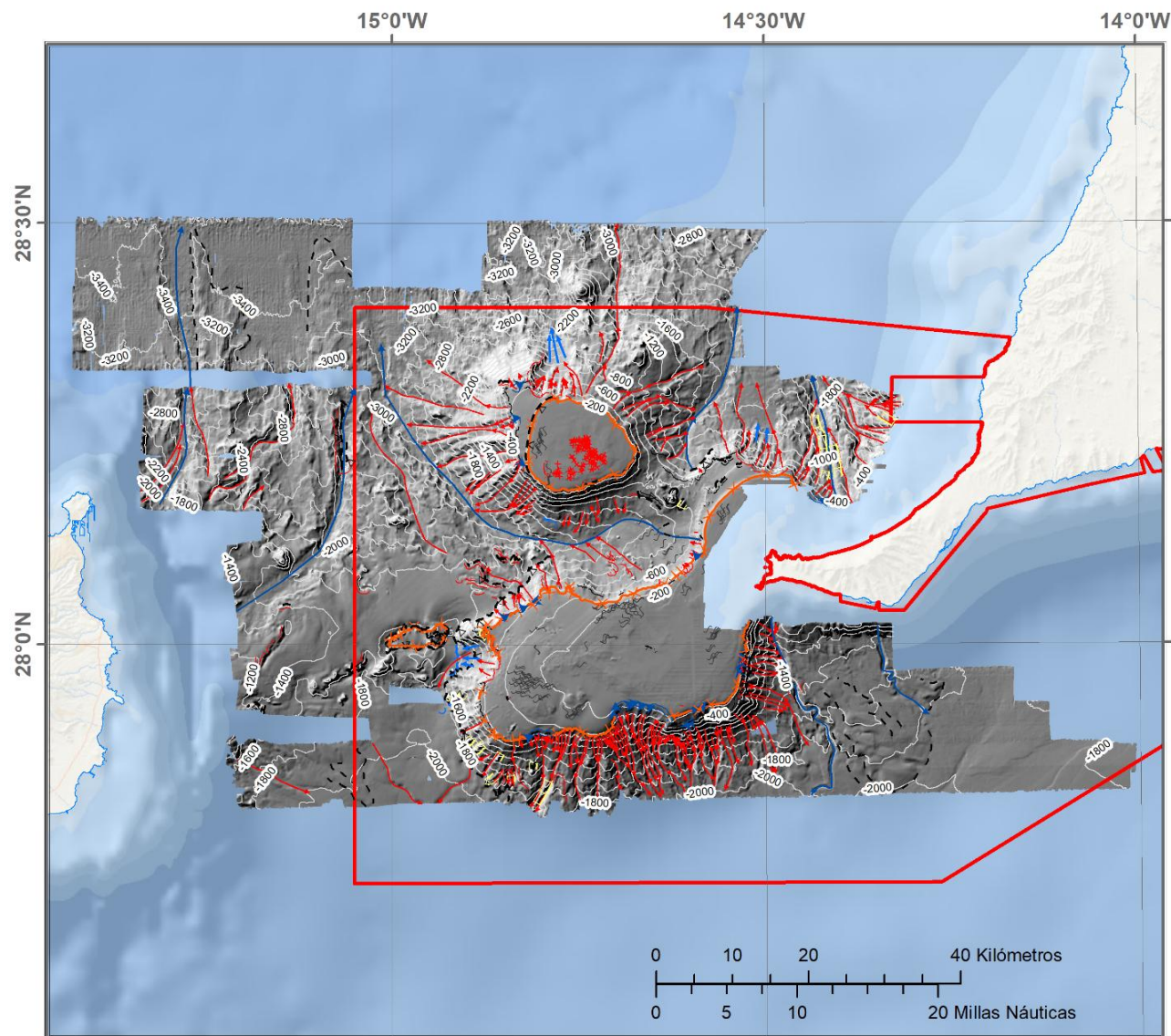
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
CLASES BTM  
COMPILACIÓN BATIMÉTRICA CON RESOLUCIONES DE 5 M (0-1050 M DE PROFUNDIDAD), DE 15 M (86-2500 M DE PROFUNDIDAD) Y DE 50 M (2050-3500 M DE PROFUNDIDAD)  
Mostrado sobre sombreado, nivel de transparencia 50%

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- Montículos
- Barrancos
- Canal
- Crestas
- Altos
- Zona aplacerada
- Pendiente suave
- Pendiente alta



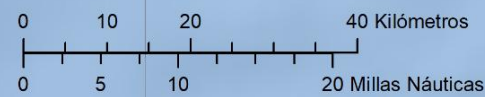
**INTEMARES**  
**LIFE15 IPE/ES/000012**

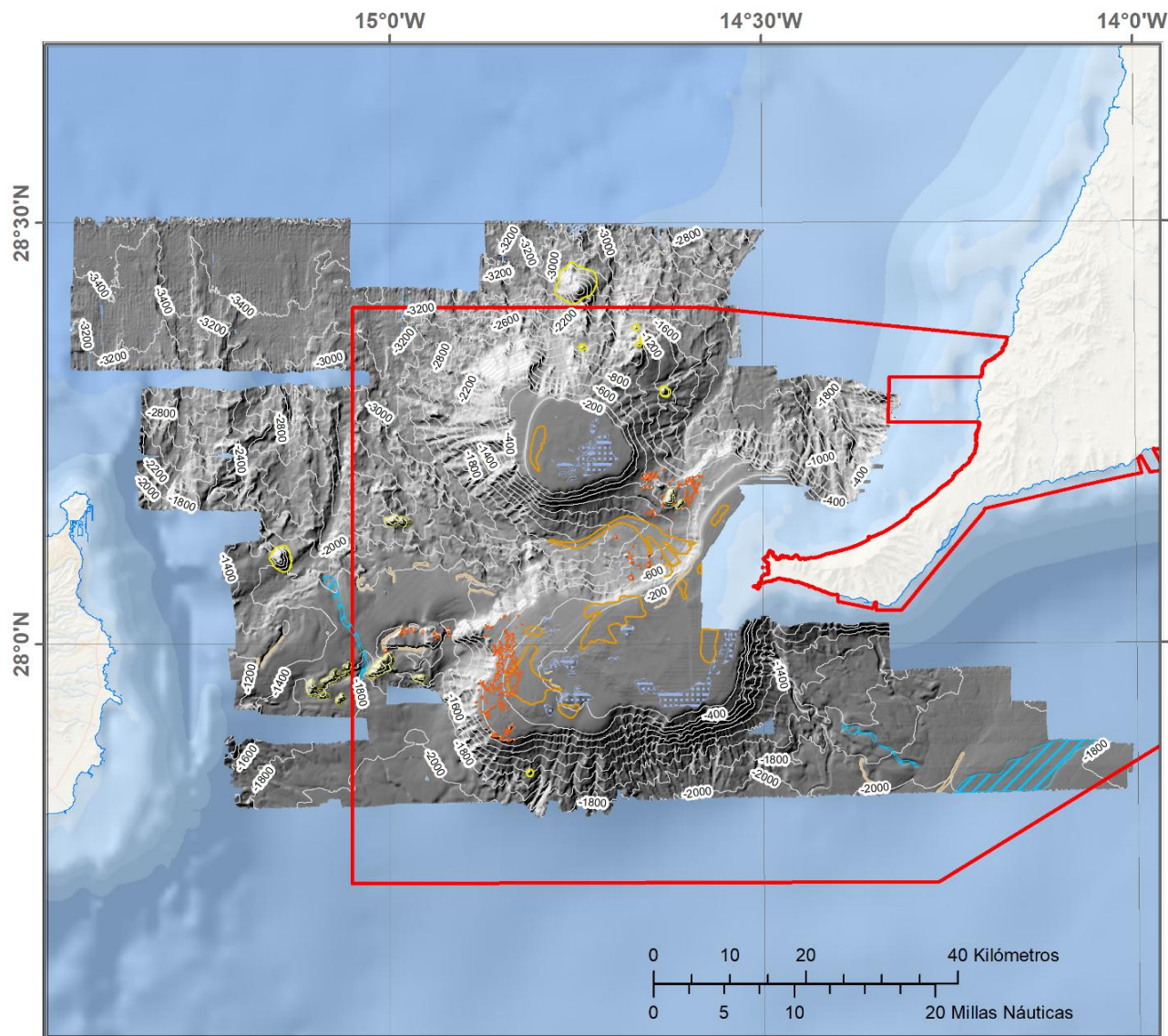
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
**GEOMORFOLOGÍA LINEAL**

Mostrado sobre sombreado de 50 metros de resolución

- LEYENDA**
- Isóbatas 200 m
  - Cresta
  - ~ Ondas arena
  - × Techo banco
  - Cabecera gully
  - Cañón
  - - - Depósitos residuales
  - Dirección de transporte
  - Escarpe erosivo
  - Escarpe estructural
  - Frente transporte en masa
  - Gully
  - - - Pie escarpe
  - Resalte diques
  - LIC





**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

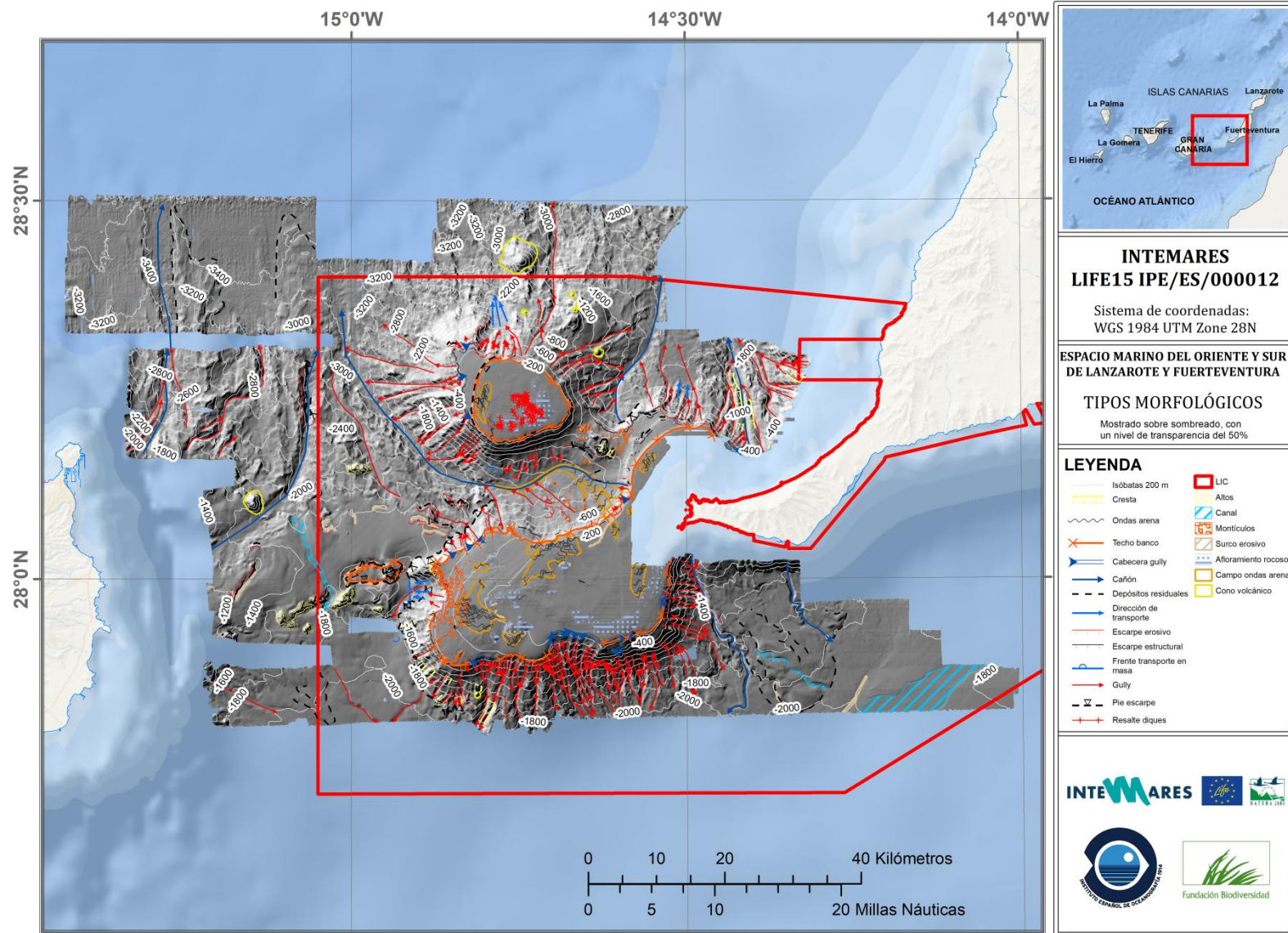
**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**

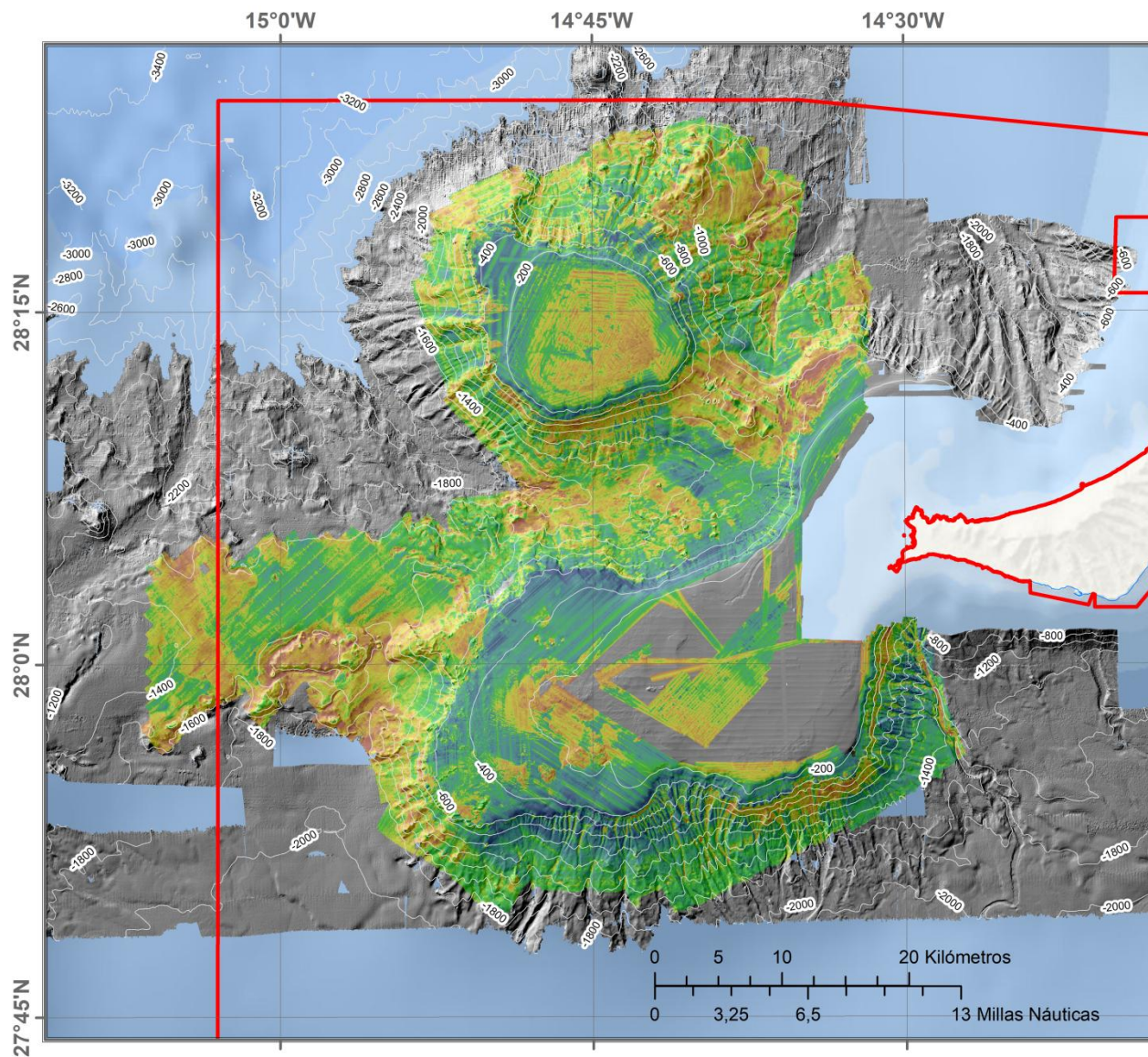
**GEOMORFOLOGÍA POLIGONAL**

Mostrado sobre sombreado  
de 50 metros de resolución

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- Altos
- Canal
- Montículos
- Surco erosivo
- afloramiento rocoso
- campo ondas arena
- cono volcánico





**INTEMARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

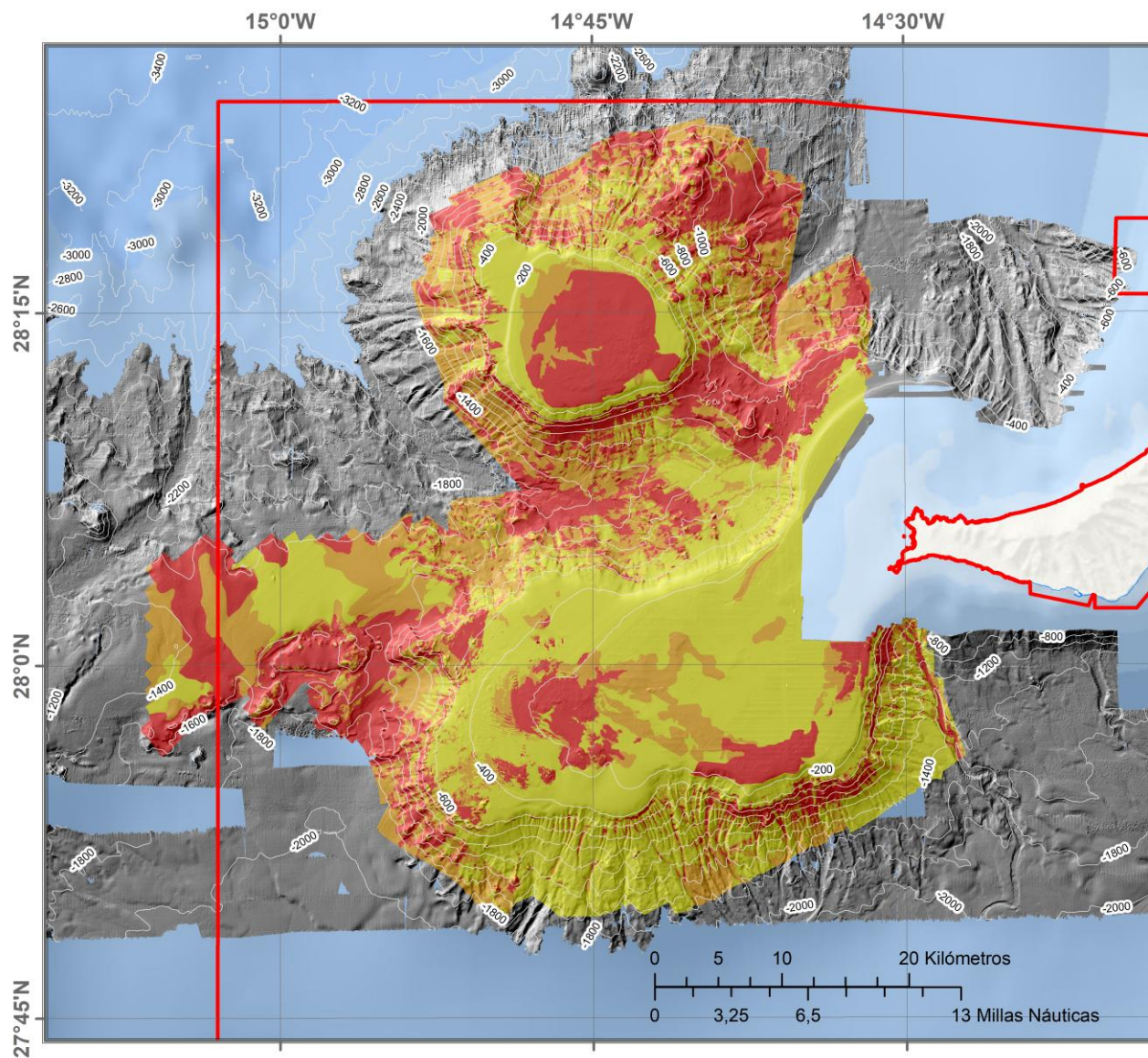
Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA  
REFLECTIVIDAD  
15 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con  
un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- Isóbatas 200 m
- LIC
- 0,02 dB
- 48,92 dB





**INTEWARES  
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 28N

**ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR  
DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA**  
TIPO DE FONDO  
15 METROS DE RESOLUCIÓN  
Mostrado sobre sombreado, con  
un nivel de transparencia del 50%

**LEYENDA**

- LIC
- Isóbatas 200 m
- Reflectividad alta:  
Fondos duros o rocosos
- Reflectividad media:  
Fondos de arenas gruesas y muy gruesas
- Reflectividad baja:  
Fondos de arena fina y media