

LIFE IP INTEMARES

Informe sobre la distribución espacial de características geomorfológicas y sedimentarias del LIC ESZZ12001 Banco de Galicia

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

13 de diciembre de 2019

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	1
Executive summary	2
1. Introducción	3
2. Área de estudio	4
3. Metodología	7
4. Distribución espacial de tipos morfológicos	10
5. Distribución espacial de sedimentos	25
6. Conclusiones y recomendaciones	31
7. Bibliografía	32

ANEXOS

Información cartográfica

Autor/es del informe. Sánchez-Guillamón, O., Vázquez, J.T., Martínez-Carreño, N., Fernández-Salas, L.M., López-González, N., Gómez-Ballesteros, M.

Colaboradores/Anexos: Luis Miguel Agudo y M^a Olvido Tello Antón

Resumen ejecutivo

En el año 2015, se declaró como Lugar de Interés Comunitario (LIC) el espacio marino denominado **ESZZ12001 Banco de Galicia** de la Red Natura 2000, constituido por el conjunto de montes submarinos y zonas adyacentes al Banco de Galicia (Demarcación Noratlántica), como uno de los principales resultados del proyecto LIFE+ INDEMARES, realizado entre los años 2009 y 2013. Este proyecto supuso un enorme avance en el conocimiento y en la declaración de nuevos espacios marinos protegidos en España y permitió establecer las bases para la elaboración de sus futuros planes de gestión. La elaboración de estos planes de gestión forma parte de los objetivos del proyecto LIFE IP INTEMARES, para declarar estos LICs como Zonas de Especial Conservación (ZECs). La acción A.2.1 del proyecto INTEMARES tiene como objetivo presentar las mejoras del conocimiento de hábitats y especies en las zonas ya declaradas tanto con la incorporación de nuevos datos como mediante nuevos procesados, análisis e interpretaciones de los datos previamente generados en el proyecto INDEMARES.

En este informe se presentan nuevos análisis e interpretaciones morfométricas de los principales tipos morfológicos diferenciados y de muestras de sedimentos que han permitido mejorar la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC Banco de Galicia. Para ello, se ha realizado una caracterización geomorfológica de los rasgos estructurales, erosivos, gravitacionales y/o de movimientos en masa, deposicionales y biogénicos identificados en el Banco de Galicia y su entorno. Además, se han interpretado los datos disponibles de las muestras de sedimentos obtenidos durante las campañas BANGAL 0710 y 0711, para caracterizar la textura, el valor de la mediana del tamaño de grano (Q₅₀) y el contenido en materia orgánica de los sedimentos del LIC Banco de Galicia.

Se ha definido la presencia de 18 tipos morfológicos de diferente origen, alguno de ellos nuevos para esta zona, así mismo se ha mejorado el detalle del entorno del Banco de Galicia, caracterizando morfológicamente cada monte submarino menor adyacente al banco principal y sus áreas colindantes. Los rasgos erosivos, deposicionales y biogénicos son los tipos morfológicos que predominan en esta zona, sobre todo en el techo del Banco de Galicia. Se ha observado una relación inversa entre las variables texturales y el contenido en materia orgánica de los sedimentos, de modo que un menor tamaño de grano implica una mayor concentración de materia orgánica, la cual se incrementa ligeramente según aumenta la profundidad

De forma más concreta e interrelacionando todas las variables geológicas definidas, se puede concluir que el sedimento encontrado en torno a los tipos morfológicos biogénicos y deposicionales situados sobre el techo del Banco de Galicia, se caracterizan por ser arenas medias con un menor contenido en materia orgánica. Por otra parte, el material más fino y con un mayor contenido en materia orgánica aparece asociado a rasgos erosivos de los flancos y fondos adyacentes, predominando en la zona de transición con el Dominio de la Cuenca Interior de Galicia.

Executive summary

In 2015, the marine space called **ESZZ12001 Bank of Galicia** of the Natura 2000 Network was declared a Site of Community Interest (SCI), constituted by the suite of seamounts and adjacent areas to the Bank of Galicia (Noratlantic Demarcation), as one of the main results of the LIFE + INDEMARES project, carried out between 2009 and 2013. This project was an enormous advance in the knowledge and in the declaration of new protected marine spaces in Spain and allowed to establish the bases for the elaboration of its future plans of management. The development of these management plans is part of the objectives of the LIFE IP INTEMARES project, which aims to declare these SCI as Special Conservation Areas (SCA). The action A.2.1 of the INTEMARES project pursues to present improvements in the knowledge of habitats and species in the already declared areas, both with the incorporation of new data and through new processes, analyses and interpretations of the data previously generated in the INDEMARES project.

This report presents new analyses and morphometric interpretations of the main diverse morphological types and sediment samples that have allowed improving the spatial distribution of the geomorphological and sedimentary characteristics of the Bank of Galicia SCI. For this purpose, a geomorphological characterization of the structural, erosive, gravitational and / or mass, depositional and biogenic features identified in the Bank of Galicia and its surroundings has been carried out. In addition, the available data of the sediment samples obtained during the BANGAL 0710 and 0711 expeditions have been interpreted to characterize the texture, the median grain size value (Q₅₀) and the organic matter content of the Bank of Galicia sediments.

The presence of 18 morphological types of different origin has been defined, some of them new to this area, and the detail of the surroundings of the Bank of Galicia has been improved, morphologically characterizing each minor adjacent seamount to the main bank. Erosive, depositional and biogenic features are the predominant morphological types in this area, especially on the top of the Bank of Galicia. An inverse relationship between the textural variables and the organic matter content of the sediments has been observed, so that a smaller grain size implies a higher concentration of organic matter, which increases slightly as the depth increases.

More concretely and interrelating all the geological variables defined, it can be concluded that the sediment around the biogenic and depositional morphological types located on the top of the Bank of Galicia, are characterized by being medium sands with a lower content in organic matter. On the other hand, the finest material with a higher organic matter content is associated with erosive features of adjacent flanks and seafloor, predominantly in the transition zone with the Domain of the Galicia Interior Basin.

1. Introducción

Uno de los retos del proyecto integrado LIFE IP INTEMARES "Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español" es completar los trabajos y avances llevados a cabo en el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES desarrollado entre los años 2009 y 2013. Este proyecto INDEMARES logró dar un gran paso en materia de declaración de nuevos espacios estableciendo las bases para la elaboración de sus futuros planes de gestión.

El proyecto LIFE IP INTEMARES persigue conseguir una red de espacios marinos Natura 2000 gestionada de forma eficaz, con la participación activa de los sectores implicados y la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones. Uno de sus objetivos específicos es la mejora del conocimiento necesario 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 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), que serán declarados como Zonas Especiales de Conservación (ZEC), una vez se aprueben los planes de gestión durante la ejecución del proyecto INTEMARES. En concreto, se están elaborando planes de gestión de diez LICs resultantes del proyecto INDEMARES.

En este sentido, este informe tiene como objetivo presentar las mejoras del conocimiento en la zona ya declarada del **LIC ESZZ12001 Banco de Galicia** (Figura 1A), localizado en la Demarcación Noratlántica, que se contempla en la acción A.2.1 del proyecto LIFE IP INTEMARES, partiendo de los datos generados en el proyecto LIFE+ INDEMARES publicados en un informe específico en el año 2014 (De la Torre et al., 2014). Esta información es necesaria para la elaboración del futuro plan de gestión y, en consecuencia, para su declaración como ZEC. El Boletín Oficial del Estado publicó el 21 de julio de 2014, la Orden AAA/1299/2014, de 9 de julio, por la que se aprueba la propuesta de inclusión en la lista de lugares de importancia comunitaria de la Red Natura 2000, de varios LICs entre los que se encontraba el LIC ESZZ12001 Banco de Galicia. El objeto de esta orden fue la aprobación de la propuesta a la Comisión Europea de este espacio marino bajo soberanía o jurisdicción española para su aprobación como LIC de la Red Natura 2000 mediante su inclusión en las respectivas listas biogeográficas de LICs de la Unión Europea; todo ello, de conformidad con lo establecido en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Es en el año 2015, cuando la Comisión Europea incorpora el LIC ESZZ12001 Banco de Galicia a la lista de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica atlántica, según la Decisión de Ejecución (UE) 2015/2373 de la Comisión de 26 de noviembre de 2015 por la que se adopta la novena lista actualizada de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica atlántica.

Esta zona se designó como LIC debido a sus elevados valores ecológicos que fueron estudiados en profundidad en el proyecto INDEMARES (De la Torriente et al., 2014; Serrano et al., 2017a y 2017b), con el fin de diseñar herramientas coherentes para su gestión y asegurar la conservación de la biodiversidad marina a largo plazo existente en esta zona. En el área están presentes hábitats y especies vulnerables, contempladas en diversos listados de protección de acuerdos y normativas internacionales, que incluyen los arrecifes de corales de aguas frías de las especies *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*, situados principalmente en el techo del banco, constituyendo el hábitat de interés comunitario "Arrecifes" (Directiva Habitats: 1170).

En el presente informe se aportan los resultados de nuevos análisis adicionales de tipo morfométrico (BPI, rugosidad, curvatura, etc.) realizados sobre los datos ya existentes procedentes del proyecto INDEMARES. El avance tecnológico de los últimos años, en lo que se refiere a software de procesado y análisis de datos cartográficos, ha permitido aplicar a la información ya existente nuevas técnicas de filtrado. Como resultado de estos análisis sobre los datos del fondo marino en el LIC de Banco de Galicia se han obtenido nuevas interpretaciones de los mismos. Además, se han integrado datos bibliográficos recientes para completar el estudio en aquellas áreas en las que no se contaba con información suficiente. Todo ello ha permitido realizar una nueva caracterización morfosedimentaria más detallada del Banco de Galicia y su entorno.

2. Área de estudio

El margen continental de Galicia es un margen escalonado y deformado, está limitado al norte por el segmento suroccidental de la llanura abisal de Vizcaya y hacia el oeste por la llanura abisal de Iberia, estas llanuras no tienen la misma cota batimétrica y en la zona de conexión se ha generado el canal conocido como Theta Gap que drena hacia la llanura abisal de Iberia. La zona de intersección entre ambas llanuras está marcada además por los montes submarinos de Finisterre y de La Coruña, éste último situado ya sobre corteza oceánica (Somoza et al., 2019).

El margen continental situado al oeste de Galicia tiene una gran complejidad estructural caracterizada por la presencia de cuencas y altos estructurales que producen el margen continental más amplio de Iberia, existiendo más de 350 km de distancia entre la costa y la llanura abisal (Boillot et al., 1995). Este margen se caracteriza por el desarrollo de plataformas marginales y diversos montes submarinos entre los que destaca el Banco de Galicia, situado a 200 km de la costa (Figura 1). El Banco de Galicia es un horst tectónico formado durante la fracturación extensional del margen continental noribérico en la era Mesozoica.

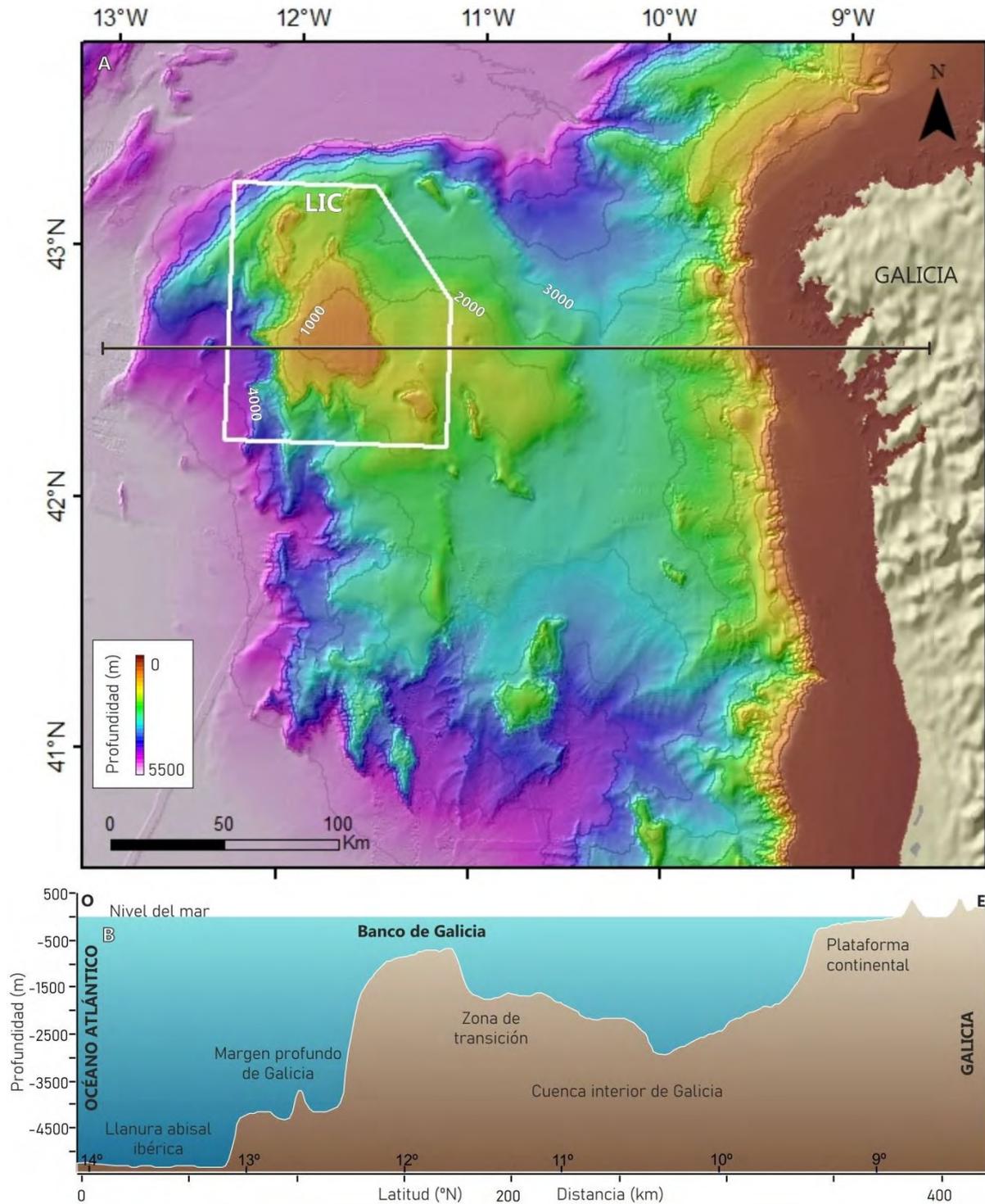


Figura 1: Localización del LIC ESZZ12001 Banco de Galicia (Fuente: Fundación Biodiversidad). A) Mapa batimétrico del margen continental noroeste de Iberia donde destaca el Banco de Galicia y se marca la situación del perfil batimétrico mostrado en la imagen B (Fuente: EMODnet). B) Perfil batimétrico que cruza el margen continental desde la plataforma continental a la llanura abisal ibérica.

La estructura del margen está compartimentada por sucesivas fallas normales de carácter cortical que produce la progresiva extensión y adelgazamiento del margen hacia el oeste desarrollados al menos en dos fases, que están focalizadas al este y al oeste de la región

del Banco de Galicia, factor que produjo que la corteza en la zona del Banco se mantuviera relativamente engrosada con respecto a las adyacentes (Boillot et al., 1979; Boillot et al., 1988; Pérez Gusinye et al., 2003; Reston, 2009; Druet et al., 2018). Sin embargo, el patrón actual del relieve se ha interpretado en relación con procesos compresivos en el flanco noroccidental y reactivación extensional de la fracturación en el interior del margen, junto con un abovedamiento compresivo general del margen durante la orogenia Alpina que causó la acentuación de las estructuras (Vázquez et al., 2008), quedando configurada la zona del Banco de Galicia como una región elevada respecto al resto de provincias fisiográficas, formando parte de un gran alto estructural relativamente paralelo a la costa (Figura 1).

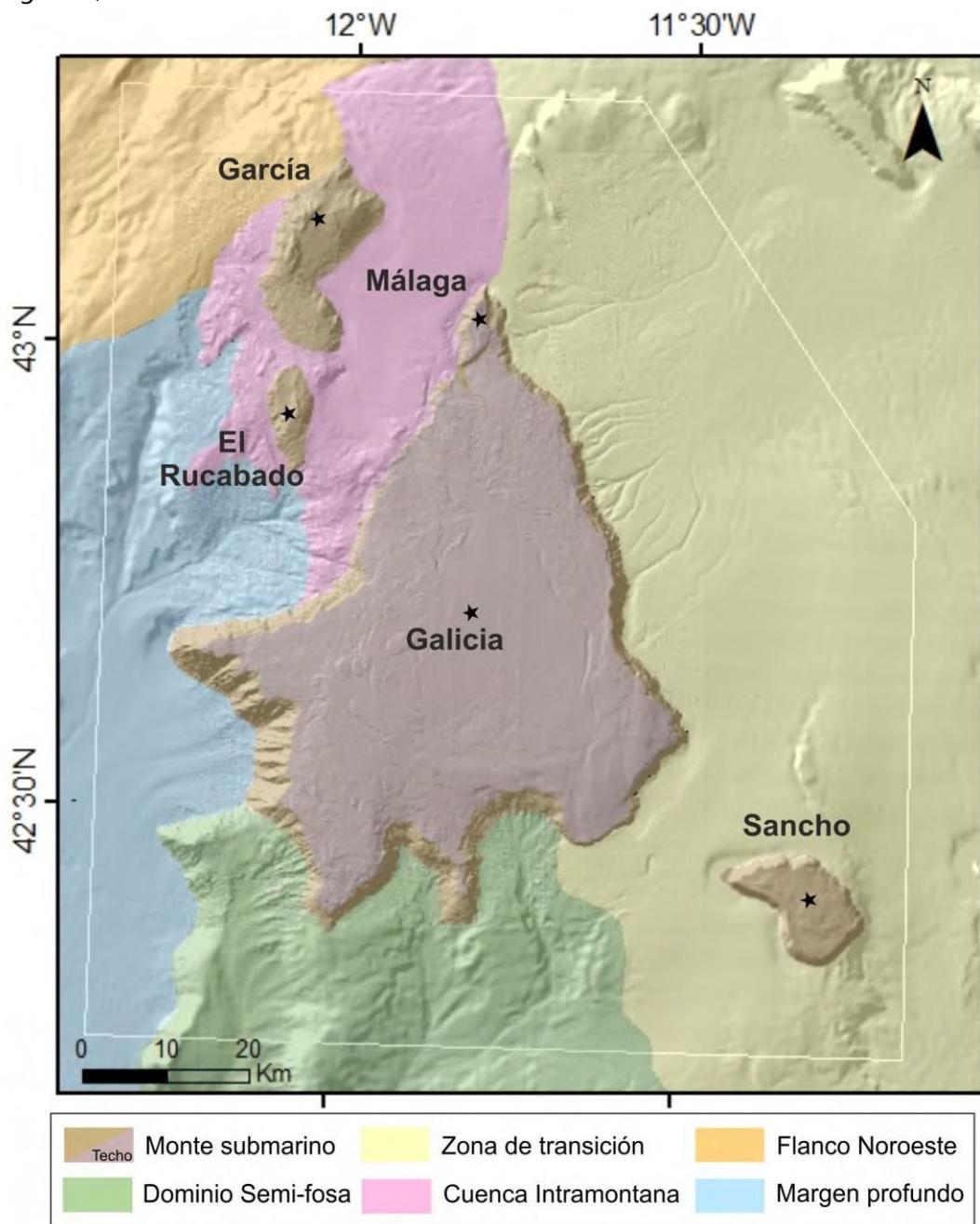


Figura 2: Provincias fisiográficas del margen continental del noroeste de Iberia y principales montes submarinos (indicados con una estrella negra) incluidos en el LIC Banco de Galicia.

El LIC Banco de Galicia está localizado entre los dominios fisiográficos de transición y del margen profundo de Galicia en sentido E-O y, entre los dominios de semi-fosa y del flanco compresivo noroeste en sentido N-S (Figura 2). Por otra parte en el LIC se incluyen otros montes submarinos de menores dimensiones presentes en la zona: Sancho, El Rucabado, Málaga y García según la terminología disponible en la literatura (Ercilla et al., 2011).

3. Metodología

La metodología empleada para la realización de este informe se basa fundamentalmente en el análisis e interpretación de los datos del fondo marino que fueron recopilados durante el proyecto INDEMARES, ya que durante el proyecto no se adquirió nueva información cartográfica por tratarse de una zona ya explorada. Estos datos corresponden a batimetría, reflectividad y perfiles sísmicos de alta resolución, adquiridos en el Programa Nacional de Investigación de la Zona Económica Exclusiva Española ZEEE, durante campañas de investigación marina realizadas en el periodo 2001-2003. Además, en el presente informe se han reinterpretado datos obtenidos de los análisis de muestras adquiridas y procesadas en campañas específicas para el proyecto INDEMARES (BANGAL 0710 y 0711).

Cabe destacar que no se ha llevado a cabo el reprocesado de los datos previamente analizados en el proyecto INDEMARES para el Banco de Galicia, debido a que el comité científico del proyecto INTEMARES no lo ha considerado necesario. Debido a esto, los mosaicos de batimetría y reflectividad que se muestran en las imágenes de este informe tienen la misma fuente de datos que la presentada para el informe final de INDEMARES en el año 2014, que constaba de una batimetría de 75 m de resolución espacial para el Banco de Galicia y de 200 m para todo el área del LIC. A pesar de ello, se han aplicado distintos filtros de corrección a los rásteres de los modelos de batimetría y sombreado con el fin de eliminar los errores de adquisición de la ecosonda multihaz no filtrados anteriormente. De esta manera, se ha obtenido una mejora significativa en la malla batimétrica de 200 m de resolución filtrada con la que se ha realizado un mejor análisis morfológico de toda el área del LIC (Figura 3).

En este informe se ha llevado a cabo un análisis pormenorizado de los rasgos morfológicos del LIC Banco de Galicia, incluyendo no sólo el banco en sí, sino también los demás montes submarinos y áreas adyacentes incluidas en el LIC. Además, se ha realizado una nueva interpretación de los datos sedimentológicos (fracciones granulométricas, valor de la mediana o Q₅₀ y contenido en materia orgánica) de las muestras recogidas en el LIC Banco de Galicia.

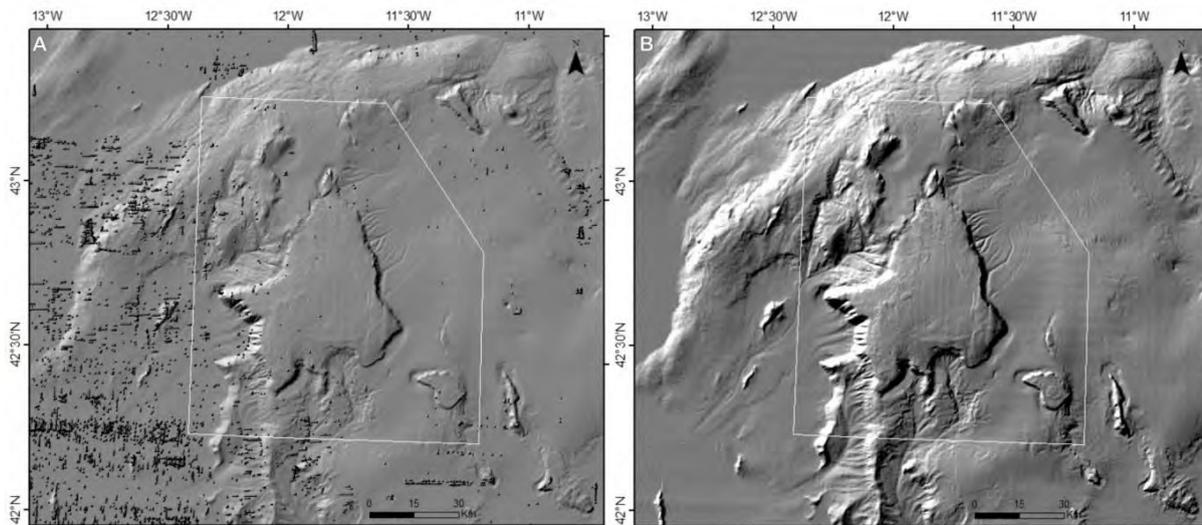


Figura 3: Mapas de sombreado del área LIC Banco de Galicia a 200 m de resolución de malla batimétrica. A) Datos procesados procedentes del proyecto INDEMARES con artefactos debidos a los errores en la adquisición de la ecosonda multihaz. B) Datos filtrados con herramientas de procesamiento digital para el suavizado y corrección de errores.

Adicionalmente, se ha usado un conjunto de herramientas de geoprocésamiento para analizar espacialmente la complejidad de la superficie del fondo marino con el fin de clasificar las características de esta superficie, para que puedan utilizarse en estudios posteriores de hábitat bentónicos, modelos predictivos de la distribución de las especies, así como en el desarrollo de los planes de gestión de espacios marinos protegidos.

3.1 Análisis geomorfológico

A partir de la integración de toda la información recopilada, se han realizado diferentes análisis de la información batimétrica inicial mediante la utilización de los paquetes de herramientas de análisis espacial del software de sistema de información geográfica ArcGIS. En estos análisis se han calculado distintos modelos derivados de los modelos digitales del terreno de 75 y 200 m de resolución espacial para el Banco de Galicia y para las zonas adyacentes, respectivamente. Como resultado, se han obtenido modelos de sombras y otras variables del terreno como la pendiente, los índices de curvatura, la orientación y rugosidad del fondo marino. Estos productos derivados de la batimetría nos dan una idea de la complejidad del fondo marino y son una herramienta fundamental para la interpretación geomorfológica del fondo marino y que han permitido obtener una cartografía detallada. Como resultado principal, se han identificado y caracterizado los distintos rasgos morfológicos y sedimentarios de la zona de estudio, incluyendo la definición de nuevos tipos morfológicos.

La combinación de rásteres ha permitido la realización de cartografías geomorfológicas que han consistido en la identificación y delimitación de los distintos tipos morfológicos

presentes en el LIC mediante el análisis de los rasgos superficiales, la pendiente y el mosaico de reflectividad. Estos datos se han correlacionado con la literatura existente en la zona (Druet et al., 2009; Vázquez et al., 2009a y 2009b; Ercilla et al., 2011; De la Torriente et al., 2014; Somoza et al., 2014 y 2019) valorando cualitativamente su correcta identificación y análisis morfológico respecto a los datos analizados. Finalmente, se ha realizado una cartografía geomorfológica clasificando los rasgos en erosivos, deposicionales, estructurales, gravitacionales o de movimientos en masa y biogénicos que han permitido una mejor interpretación de los procesos geológicos y oceanográficos que controlan el estado del LIC Banco de Galicia.

3.2 Análisis indirecto de las características de los fondos marinos

Para este análisis se ha trabajado desde dos puntos de vista, por un lado además de los productos obtenidos mediante el mosaico batimétrico, se han analizado 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 con sedimentos gruesos y finos, respectivamente.

Por otro lado, se han realizado 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 geohábitats, a partir solamente de datos obtenidos con batimetría multihaz. Este análisis 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 geohábitats.

Se han obtenido diferentes mapas de BPI y se han determinado varios radios de búsqueda para identificar y aislar las características morfológicas, tanto en el techo del Banco de Galicia como en los montes García y El Rucabado. Se han determinado BPI de escala fina diferentes para cada zona, de 3 y 25 celdas (radio interno y externo) para el Banco de Galicia, y de 5 y 25 celdas (de radio interno y externo) para los otros montes, pero sólo un BPI grueso de 25 y 75 celdas (radio interno y externo). De esta manera, aquellas zonas elevadas con alta pendiente o deprimidas de baja pendiente son diferenciadas en función del radio de búsqueda elegido. Para crear la clasificación morfológica se ha confeccionado un diccionario integrado de valores y rasgos críticos basado en XML con objeto de poder definir las relaciones geomorfológicas que caracterizan los distintos tipos morfológicos del terreno en función de la profundidad, la pendiente y los BPI finos y gruesos (Tabla 1).

Tabla 1: Valores usados en el diccionario utilizado para la clasificación morfológica en el techo del Banco de Galicia.

Broad-BPI		Fine-BPI		Slope		Depth	
Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
	-232		-2.48		19		
-155	71	-287	-67	0.15	4.87		-776
71	294	84					
16	44	-38	50		1	-962	-762
26	87	-72	98	7.28		-1076	-810
-24	31	-96	1	1.73	17.19	-1101	-735
0	77	1	94	-1454	-941	0.68	3.29

3.3 Análisis sedimentarios

Por último, se han realizado mapas morfosedimentarios a partir de los datos de reflectividad y las muestras de sedimento adquiridas en las campañas BANGAL 0710 y 0711, basándonos en los porcentajes de las fracciones granulométricas de arena gruesa, arena media/fina y fango, el valor de la mediana del tamaño de grano (Q_{50}) y el porcentaje en materia orgánica de las muestras. Este análisis se ha realizado tanto mediante diagramas circulares, para mostrar las proporciones de las distintas fracciones, como en formato ráster, para observar la distribución espacial de estas variables en el LIC.

4. Distribución espacial de tipos morfológicos

Los tipos morfológicos más representativos del área son en sí mismos los montes submarinos, pudiéndose distinguir un gran banco submarino, el Banco de Galicia y cuatro montes submarinos, el monte Sancho al SE, el monte Málaga al N y los montes El Rucabado y García al NO del Banco de Galicia (Figura 2 y Tabla 2).

El techo del Banco de Galicia presenta una forma triangular irregular, con una longitud de 71,5 km en dirección N-S y una anchura de 58,5 km en dirección O-E, con una superficie total de 1845 km² (Figuras 4 y 7). El techo se encuentra a profundidades de entre 597 m hacia el SE, y alcanzando los 4100 m hacia el O, y está ligeramente inclinado hacia el ONO, con una zona de pendiente media inferior a 0,35° hacia el SE. El gradiente es suave hacia el NNO del banco (1,78°), y un poco más pronunciado hacia el O (2,61°) (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014). El Banco de Galicia presenta flancos muy asimétricos, siendo más estrechos hacia el E y más pronunciados hacia el S y O, viéndose afectados por cabeceras de cañones y valles submarinos (Figura 7). Hacia el N los flancos van estrechándose hasta coincidir con el fondo adyacente, donde se encuentra el monte Málaga. Por su parte, los

montes submarinos presentan formas alargadas e irregulares, y son de menores dimensiones, tanto en altura y pendiente como en longitud y anchura (Tabla 2).

La mayor parte de los análisis morfológicos llevados a cabo en esta área se han centrado en el techo y flancos del Banco de Galicia, donde la resolución de la malla batimétrica era mayor (75 m), aunque los restantes montes submarinos y zonas adyacentes han sido también analizados, a pesar de la menor resolución batimétrica (200 m). En la interpretación geomorfológica del área de estudio, los rasgos morfológicos más destacables del techo del banco son escarpes estructurales, escarpes y surcos erosivos, estos últimos más abundantes hacia el SO y SE del techo del banco, así como bioconstrucciones de forma redondeada y alargada que se desarrollan al SO principalmente. En los flancos del banco destacan las cabeceras de cañones y cicatrices de deslizamientos que afectan fundamentalmente al borde del techo del banco de Galicia en su extremo sur, y donde se observa el desarrollo de dos ejes de cañones, al igual que multitud de barrancos submarinos en sus flancos oeste y noreste (Figura 8).

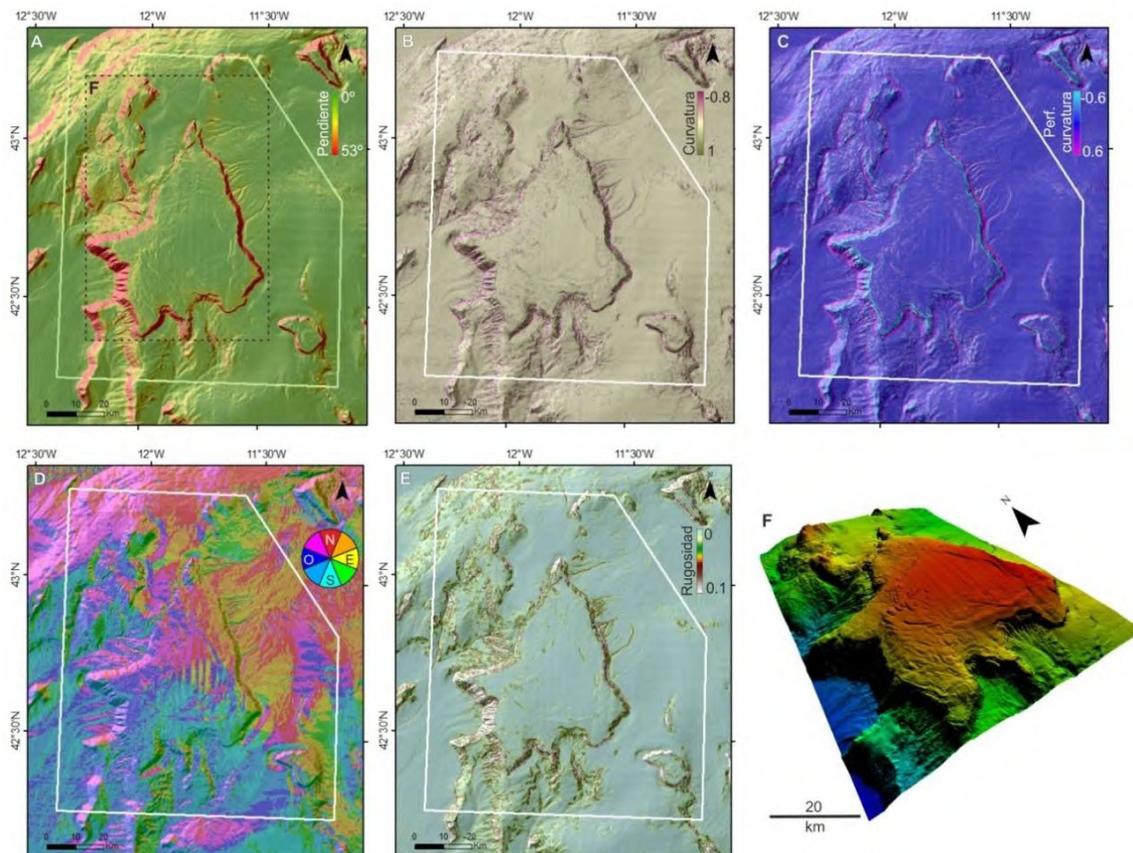


Figura 4: Mapas de distintas variables del terreno del LIC Banco de Galicia procedentes de la malla batimétrica de 200 m de resolución espacial. A) Pendiente, B) Curvatura total, C) Perfil de la curvatura, D) Orientación del fondo marino, E) Rugosidad del fondo y F) Mapa batimétrico en 3D de la malla batimétrica de 75 m de resolución espacial (factor de exageración vertical de 5).

A continuación, se presentará en primer lugar el trabajo de clasificación morfológica realizada con técnicas semiautomáticas y posteriormente se describirá la geomorfología de la zona como resultado final de la aplicación de las diferentes técnicas morfométricas utilizadas y la interpretación de dichas formas junto a los perfiles de sonda paramétrica disponibles en la zona.

Tabla 2: Principales variables morfológicas de los altos estructurales que se encuentran dentro del LIC Banco de Galicia.

Monte submarino	Profundidad (m)	Altura (m)	Área (km ²)	Pendiente (°)	Longitud (km)	Anchura (km)
Galicia	597	3500/800	1845	53	71,5	58,5
García	980	800	187	26	22	11
El Rucabado	1060	820	48	29	13	5
Sancho	1155	495	126	37	17	13,5
Málaga	1390	430	25	38	10,5	4

4.1 Clasificaciones del fondo marino

Se han aplicado dos modelos BPI diferentes para realizar clasificaciones semiautomáticas en dos zonas diferentes del fondo marino, el primero se desarrolló sobre el techo del Banco de Galicia (Figura 5) y el segundo sobre los montes submarinos de García y El Rucabado (Figura 6). A partir de estos resultados se han realizado las clasificaciones del terreno en cada una de las dos áreas, basadas en las relaciones morfológicas establecidas en el diccionario elaborado para tal fin (Tabla 1), distinguiéndose seis clases para el techo del Banco de Galicia y cinco clases para los montes García y El Rucabado.

Las seis clases obtenidas en el techo del Banco de Galicia son: sustrato rugoso, cima/cumbre, alta pendiente, depresión, zona aplacerada y zona escarpada, mientras que las cinco clases definidas en los montes García y El Rucabado son: depresión, alta pendiente / flancos, zona de pendiente media / baja, altos topográficos y cima/cumbre. La distribución de dichas clases de fondo se muestra en las figuras 5C y 6C.

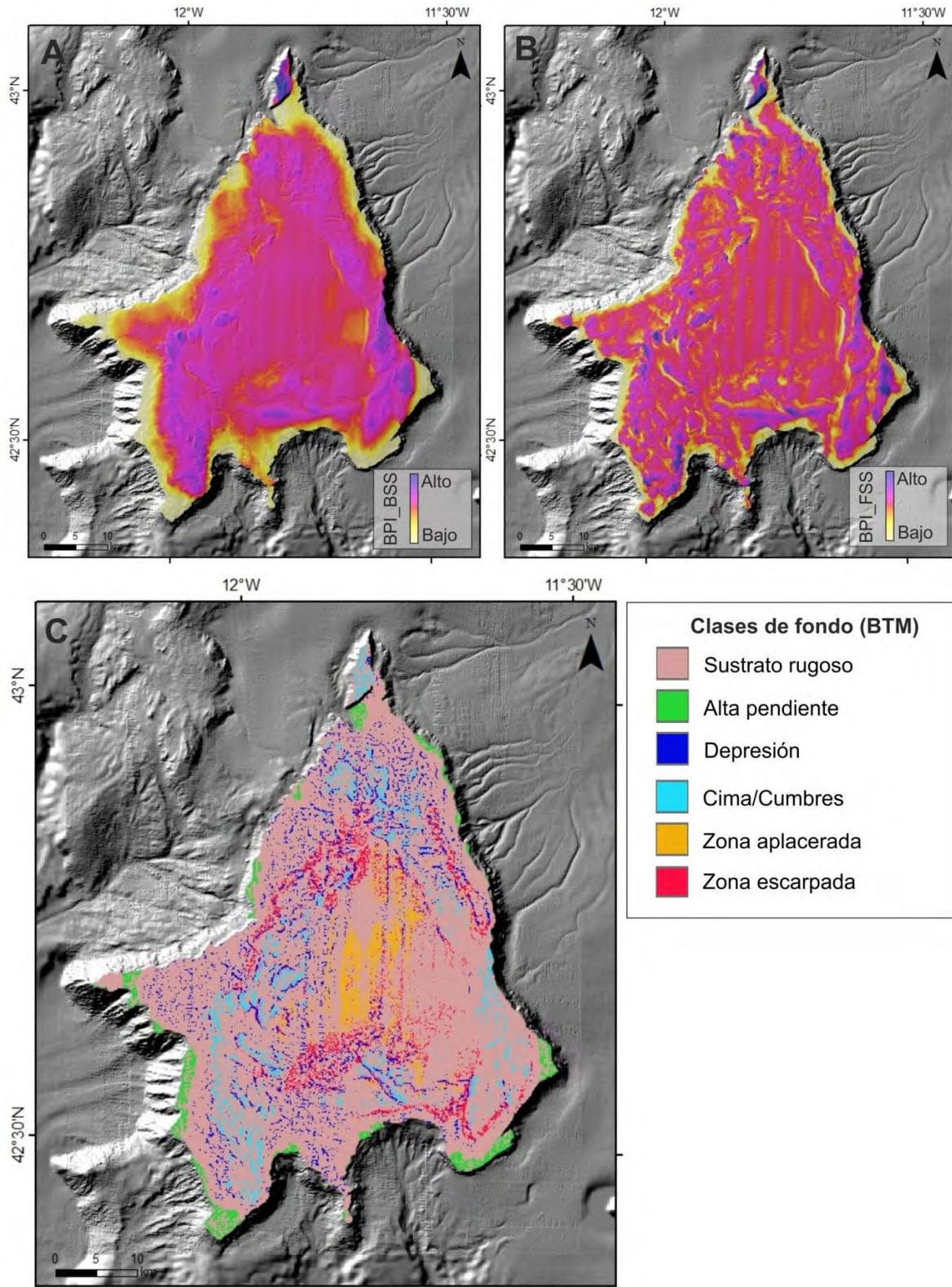


Figura 5: Mapas del índice de posición batimétrica del techo del Banco de Galicia. A) Modelo de escala gruesa, B) Modelo de escala fina y C) Mapa de distribución de clases de fondo marino en el que se distinguen seis principales: sustrato rugoso, pendiente alta del techo, depresión, cima, zona aplacerada y zonas escarpadas.

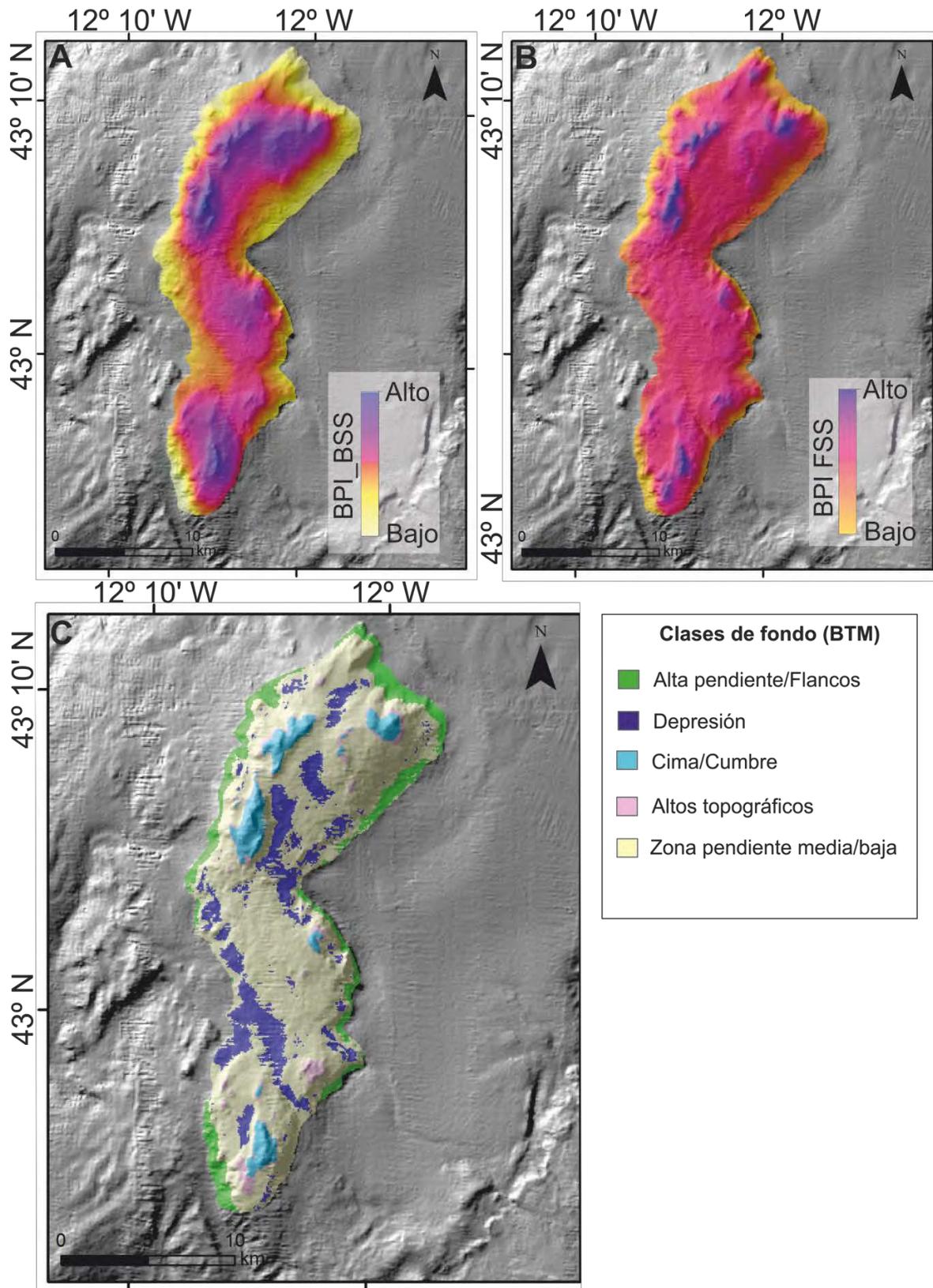


Figura 6: Mapas del índice de posición batimétrica de los montes García y El Rucabado. A) Modelo de escala gruesa, B) Modelo de escala fina y C) Mapa de distribución de clases de fondo marino en el que se distinguen cinco principales: depresión, cima/cumbre, pendiente media/baja, alta pendiente correspondiente a los flancos escarpados y alto topográfico.

En el techo del Banco de Galicia se distinguen más de un centenar de cimas, que se asocian a las áreas más elevadas de las bioconstrucciones así como a algunos escarpes erosivos y estructurales cercanos a los canales contorníticos que serán descritos en el siguiente apartado. Estos elementos tienen los mayores valores en ambos modelos de BPI (Figura 5A y 5B), lo que sugiere que el sustrato de este tipo de fondo tiene unas características geomorfológicas, de pendiente y rugosidad, que se diferencian del resto, lo que le confiere un valor adicional para la potencial clasificación de hábitats. Se han diferenciado también zonas de relieve negativo que se localizan en la base de los elementos morfológicos identificados como bioconstrucciones y bajo las áreas más escarpadas que corresponden a depresiones, las cuales constituyen un sustrato bien diferenciado dentro de la clasificación del fondo. Las zonas aplaceradas se distribuyen principalmente en el área central del techo del banco, aunque debido a los fallos de adquisición que presenta el mosaico de batimétrica en esta zona, este tipo de fondo se ha definido parcialmente, no permitiendo crear un diccionario válido que diferencie esta clase de fondo del resto (Figura 5C). Los flancos de las distintas elevaciones asociadas principalmente a rasgos morfológicos deposicionales o biogénicos se han definido fundamentalmente en las áreas de menor rugosidad del techo, siendo el sustrato rugoso el más extendido en el área de estudio.

En el techo de los montes García y El Rucabado se distinguen seis altos topográficos, cinco sobre el primero y uno sobre el segundo. Las cimas de dichos montes se asocian con los valores más altos de ambos modelos BPI, indicando que la superficie del fondo presenta unas características geomorfológicas que podrían corresponder a un sustrato rocoso o carbonatado, en cuyo caso, serían de interés para un estudio más detallado por su potencial como Hábitat 1170. La mayor parte del techo y alrededores de ambos montes se ha clasificado, de acuerdo a sus propiedades geomorfológicas (profundidad, pendiente, BPI), como zonas de pendiente media/baja. Sin embargo, sobre los montes, y también en la zona situada entre el monte García y El Rucabado se han podido distinguir unas zonas con relieve negativo, es decir unas pequeñas depresiones, que pueden constituir un tipo de sustrato diferenciado dentro de la clasificación del fondo. Finalmente, la última clase cartografiada en dicho mapa hace referencia a los flancos de ambos montes (Fig. 6C). Estas zonas, se diferencian claramente en los mapas obtenidos a partir de los modelos BPI, tanto del modelo de escala gruesa (Fig.6A) como del modelo de escala fina (Fig. 6B), y se caracterizan, fundamentalmente, por presentar pendientes muy elevadas.

4.2 Geomorfología

A continuación, se detallan los rasgos morfológicos y depósitos identificados en el área de estudio, agrupados según su origen. La clasificación incluye rasgos estructurales, erosivos, gravitacionales y de movimientos en masa, deposicionales y biogénicos (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014).

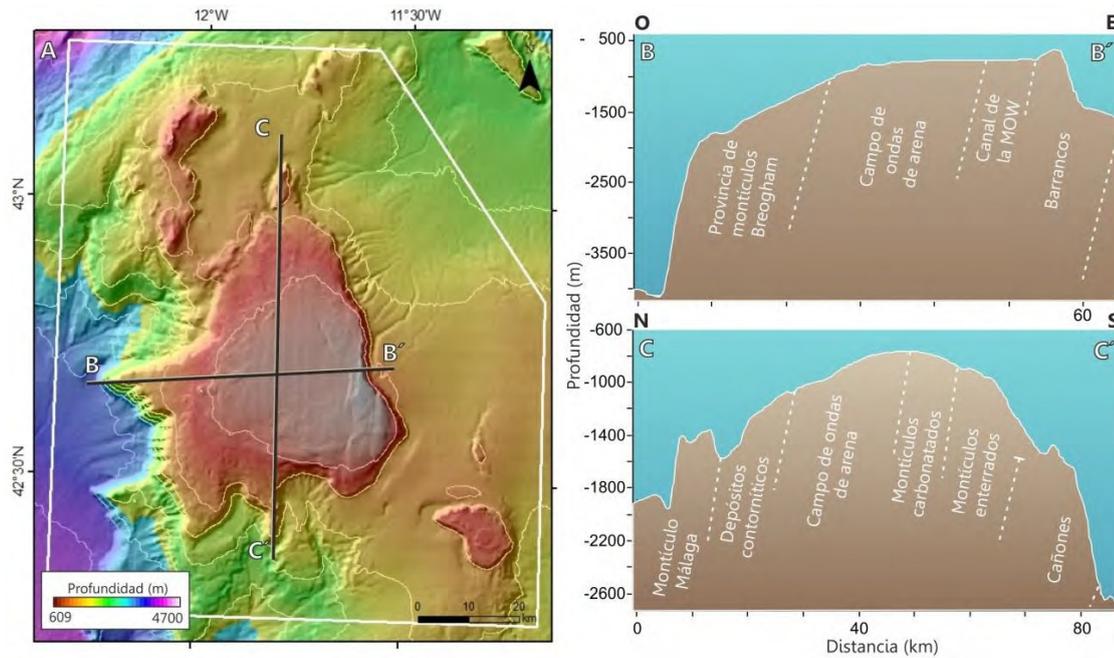


Figura 7: Área de estudio correspondiente al LIC Banco de Galicia. A) Mapa batimétrico con isóbatas cada 500 m y localización de los perfiles batimétricos B y C; B y C) Perfiles batimétricos transversal y longitudinal, respectivamente, donde se representan los principales rasgos morfológicos identificados en el techo del banco.

4.2.1 Rasgos estructurales

Los rasgos estructurales incluyen crestas y escarpes estructurales, aunque los montes submarinos son propiamente un tipo estructural, que además desarrollan pies de escarpe en sus bases.

Las crestas en esta zona se definen como formas de relieve positivo convexas, originadas por estructuras tectónicas heredadas y/o por deformación. Su forma suele ser alargada, estrecha y simétrica, pero sus dimensiones longitudinales pueden ser muy variadas dependiendo del contexto estructural en el que se formen. Se han identificado tres crestas estructurales de 21, 10 y 8,8 km, distribuidas al S, límite E y SE del techo del banco con alturas comprendidas entre 20 y 50 m, una cresta de más de 2,5 km de longitud al NO del banco de más de 100 m de altura y un conjunto de crestas de entre 0,5 y 1,5 km de longitud al SO del monte Málaga, de entre 10 y 25 m de altura. Sus orientaciones son fundamentalmente NE-SO exceptuando la cresta sur que se extiende longitudinalmente de O al E, con una forma curvilínea. Las crestas cartografiadas corresponden a fondos rocosos, con valores de alta reflectividad, de entre -26 y -11 dB, aunque en ocasiones se pueden identificar este tipo de morfologías en fondos sedimentarios, donde la sedimentación tapiza el relieve que queda enterrado bajo la capa de sedimentos, como ocurre al SO del techo del banco de Galicia. Esta cresta tiene una longitud de 35 km, y tiene asociados bajos valores de reflectividad, comprendidos entre -42 y -56 dB.

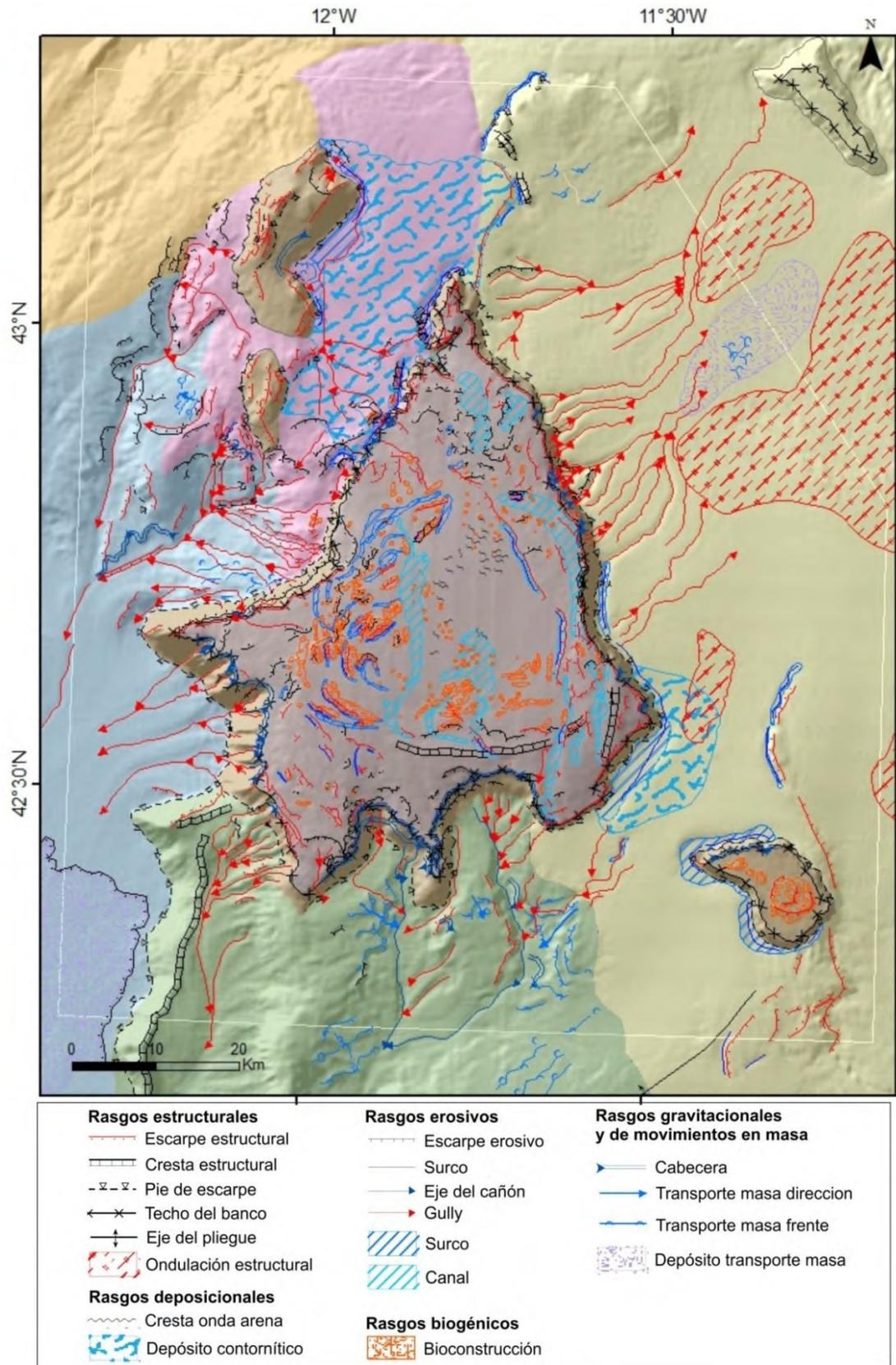


Figura 8: Mapa geomorfológico del LIC Banco de Galicia y su entorno, cartografiado sobre el mapa fisiográfico de la figura 2, en el que se han diferenciado los principales rasgos morfológicos clasificados en 5 grandes grupos: rasgos estructurales, erosivos, gravitacionales y/o de movimientos en masa, deposicionales y biogénicos. Leyenda de las provincias fisiográficas como en Figura 2 (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014).

Los escarpes de origen estructural tienen una geometría rectilínea y se caracterizan por generar pronunciados saltos batimétricos que generan pendientes elevadas y limitan áreas planas o poco inclinadas. Se han localizado principalmente limitando los techos del Banco de Galicia y montes submarinos adyacentes, siendo muy abundantes en los extremos SO y SE del Banco de Galicia y en las cimas de los montes submarinos de El Rucabado, García, Málaga y Sancho (Figura 9), alcanzando longitudes entorno a 14 km, aunque su media es de 2,5 km. Presentan orientaciones preferentes de NNO-SSE a N-S, NO-SE y NE-SO, coherentes con las orientaciones tectónicas observadas en la región (Vázquez et al., 2008). Estos escarpes generan saltos batimétricos superiores a 100 m en áreas cercanas a surcos erosivos, y de entre 30 y 200 m en los extremos del techo y cimas de los montes, y tienen asociados surcos erosivos que atraviesan la zona más elevada de la cima del banco.

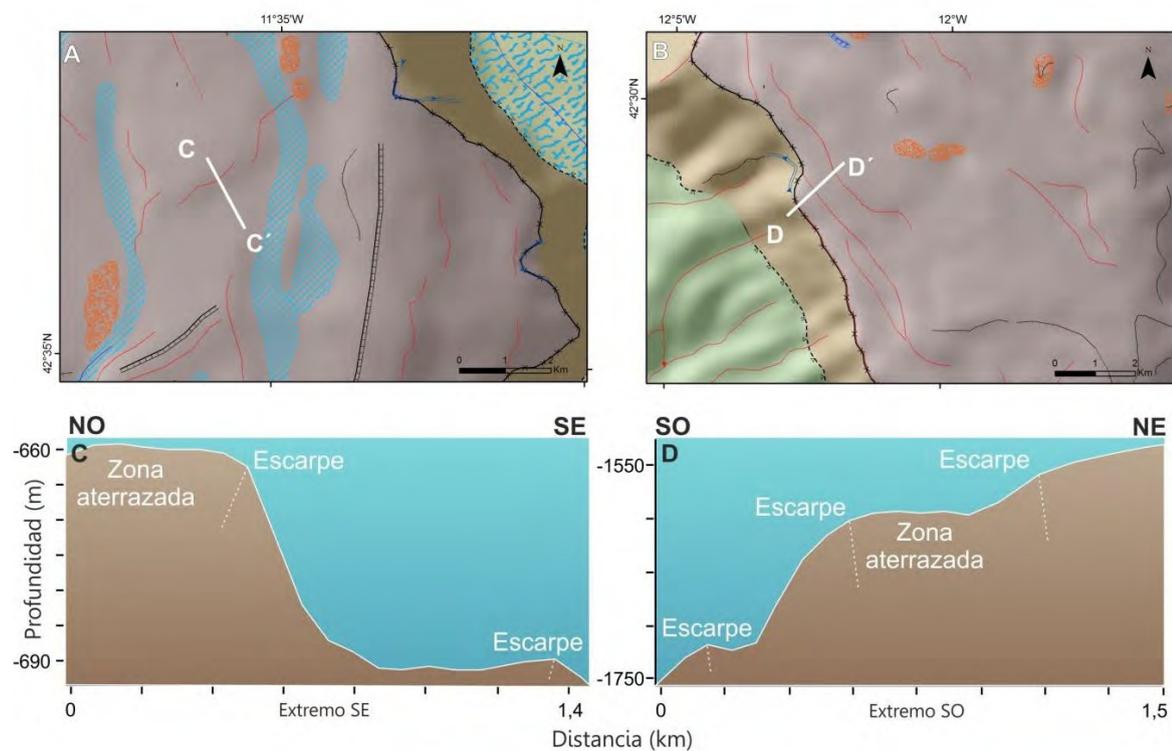


Figura 9: Ejemplos de escarpes estructurales en el LIC Banco de Galicia. A y B) Mapas fisiográficos sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía de los escarpes. La línea blanca indica la localización de los perfiles batimétricos representados en C y D.

Por último, las alineaciones estructurales se interpretan como resaltes estructurales generadas por fallas normales que generan resaltes batimétricos a modo de pequeños horsts, grábenes o semigrábenes en la superficie del fondo cuyo origen se ha interpretado por la presencia en el subsuelo de niveles sedimentarios de comportamiento plástico que pueden tener cierta movilidad horizontal a favor del gradiente general del margen y facilitar el escape de fluidos vertical hacia superficie (Vázquez et al., 2008; 2009a). Se han identificado, al menos, dos campos de alineaciones en el extremo este del LIC que ocupan

áreas de 1280 y 127 km², respectivamente. Estos relieves tienen formas sinuosas y alcanzan longitudes, amplitudes y alturas máximas de 11km, 2,5 km y 20 m, respectivamente. Las alineaciones estructurales identificadas en el LIC del Banco de Galicia siguen fundamentalmente orientaciones NO-SE y N-O (Figura 8), direcciones normales u oblicuas respecto a la dirección de la pendiente regional.

4.2.2 Rasgos erosivos

Los rasgos erosivos incluyen escarpes, surcos, canales y los ejes de los cañones y barrancos desarrollados en los flancos del Banco de Galicia y montes submarinos adyacentes.

Los cañones submarinos son los mayores rasgos erosivos, se desarrollan entre los 1400 y 3200 m de profundidad, y suponen profundas gargantas con fuertes pendientes que caen hacia el sur, hacia el dominio de semi-fosa. Se han identificado tres grandes cañones en el S del Banco de Galicia que tienen, de E a O, un eje principal de 11, 30 y 40 km de longitud, uniéndose estos dos últimos en un mismo eje fuera del área del LIC. Tienen anchuras de hasta 12 km (Figura 10) y presentan orientaciones NE-SO, N-S y N-SO, respectivamente.

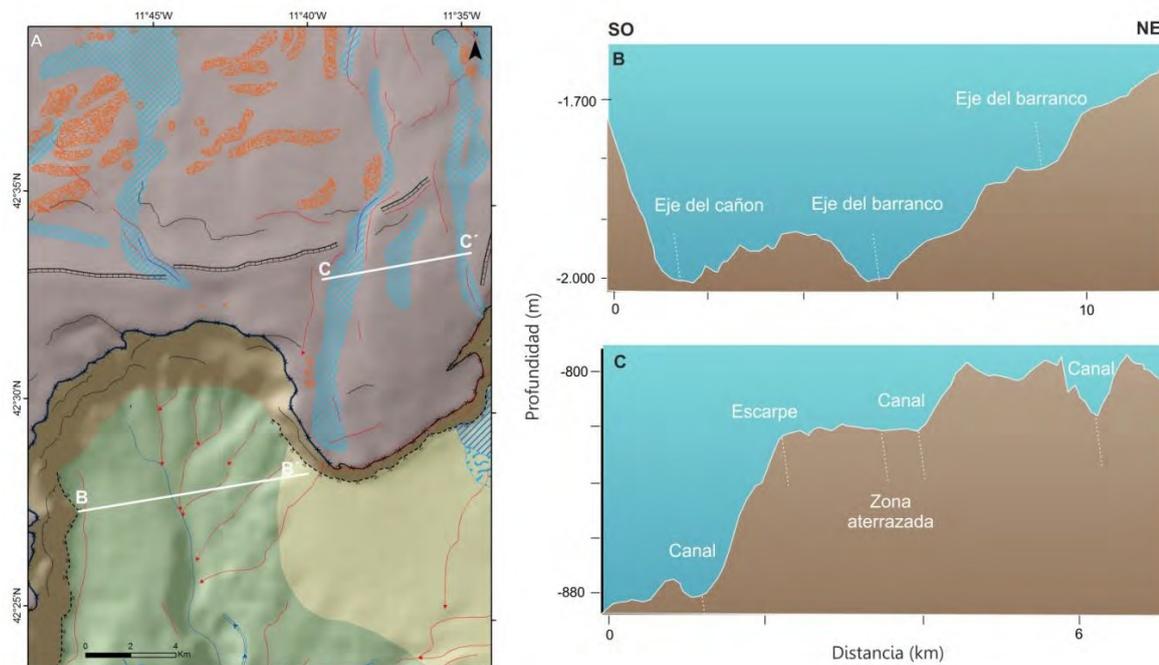


Figura 10: Ejemplos de cañones y canales erosivos del LIC Banco de Galicia. A) Mapa fisiográfico sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía de los ejes de cañones y barrancos así como de los canales erosivos. La línea blanca indica la localización de los perfiles batimétricos representados en B y C.

Los escarpes erosivos tienen formas curvilíneas, y se caracterizan por desniveles batimétricos abruptos originados por incisión vertical o por la ampliación de las cabeceras de cañones y valles submarinos. Los escarpes identificados en el área de estudio se localizan al N y al O del techo y en los flancos S y O del Banco de Galicia, en el flanco oeste de monte El Rucabado y en la cuenca intramontana situada al N del banco. El mayor

escarpe se localiza en el flanco O, y cuenta con una longitud de 22 km, 400 m de desnivel y orientación ENE-OSO en su segmento sur y NNE-SSO en su segmento norte (Figura 8). Son numerosos en los cañones submarinos desarrollados en el flanco sur, alcanzando longitudes máximas de 7,5 km, desniveles de entre 20 y 60 m, y su orientación preferente es NE-SO. El resto de escarpes erosivos presentan valores medios de 2,5 km de longitud y no tienen orientaciones preferentes, afectando tanto a fondos de apariencia rocosa como a fondos de carácter más sedimentario.

Los surcos y canales erosivos son depresiones alargadas y asimétricas, generalmente localizadas al pie de escarpes de tipo estructural, de bioconstrucciones, y a los pies del banco y otros montes submarinos, en algunos de sus puntos (Figura 10). Estas depresiones son interpretadas como formas de relieve asociadas a la acción erosiva de las masas de agua en su interacción con el fondo marino (Ercilla et al., 2011; Informe LIFE+ INDEMARES, 2014; Somoza et al., 2014). En este caso, los surcos localizados en el techo del banco de Galicia podrían ser clasificados como *furrows* y canales contorníticos asociados a la acción de la MOW mientras que los surcos desarrollados en la base del banco y otros altos estructurales, ligados a depósitos contorníticos, podrían ser clasificados como depresiones tipo moat generadas por la acción de distintas masas de agua que afectan a la zona de estudio.

Los *furrows* se localizan preferentemente en la base de las bioconstrucciones pertenecientes al campo Breogham, que se desarrollan en la parte occidental del techo del banco a profundidades entre 1050 y 1150 m, mientras que los canales contorníticos se desarrollan preferentemente en el segmento oriental del techo, presentando orientaciones N-S y NNE-SSO. Ambos tipos de depresiones presentan longitudes variadas de entre 4,5 y 26 km, siendo la longitud media de los principales canales en torno a 9 km. Tienen anchuras medias de 0,6 km y profundidades de entre 3 a 25 m en el caso de los *furrows*, y de hasta 50 m en el caso de los canales.

4.2.3 Rasgos gravitacionales y/o de movimientos en masa

Los principales rasgos gravitacionales y de movimientos en masa identificados se han localizado en las cabeceras de cañones y valles submarinos e incluyen cicatrices de deslizamientos que afectan mayoritariamente al borde del techo del banco (Figura 8).

Las cabeceras de cañones se identifican principalmente en el límite S del techo del banco y muestran una geometría de anfiteatro a profundidades de 1000 y 1450 m, con longitudes de 20 y 25 km. Por otro lado, las cabeceras de valles y barrancos submarinos se extienden también por los flancos O y E del banco. Estas cabeceras más pequeñas se identifican como escarpes con morfología cóncava y podrían estar asociados a procesos de deslizamientos gravitacionales. Además de estas cabeceras, se han observado otras

cicatrices de forma irregular en el margen profundo de Galicia (Figura 8). No se ha identificado una expresión batimétrica que pudiera corresponder a cuerpos deposicionales asociados a estos procesos gravitacionales, y tampoco se dispone de datos sísmicos adecuados para apoyar la interpretación de su posible presencia (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014).

Los depósitos de transporte en masa no se pueden asociar con un determinado tipo de movimiento en masa porque probablemente son el resultado de eventos complejos que incluyen deslizamientos y flujos en masa (Ercilla et al., 2008 y 2011). Algunos de estos depósitos y sus frentes han sido previamente identificados en la región asociados a rasgos morfológicos irregulares y a la rugosidad del fondo marino (Ercilla et al., 2011). Estos rasgos se desarrollan principalmente al sur del Banco de Galicia, comprendiendo la zona de los cañones submarinos en el Dominio de Semi-fosas, y eventualmente en áreas del Dominio de Margen Profundo y del Dominio de Transición con la Cuenca Interior de Galicia.

4.2.4 Rasgos deposicionales

Los rasgos deposicionales observados son ondas de arena de distintas dimensiones y geometrías, y depósitos contorníticos, de tipo adosado, alargado y confinado, que se encuentran en el techo del banco y en algunos sectores de la base del talud del banco y en áreas adyacentes como la cuenca intramontana situada al norte del Banco de Galicia (Figura 11).

En el techo del Banco de Galicia se ha identificado una zona sedimentaria de gran extensión que cubre un área total de 215 km² entre los 770 y 920 m de profundidad (Duineveld et al., 2004), localizada aproximadamente en la parte central del mismo (Figura 8). Hacia la parte N de esta zona se han reconocido formas de fondo del tipo de ondas de arena y megaripples (Ercilla et al., 2001; Somoza et al., 2014), caracterizadas por un aspecto poco rugoso y por reflectividades bajas, típicamente sedimentarias. Estas ondas tienen crestas rectilíneas, alargadas en dirección NO-SE, con longitudes kilométricas que alcanzan hasta 3 km. La altura de las ondas varía de 3 a 7 m y la distancia entre las crestas es de 100-200 m. (Figuras 8 y 11). Con la información sísmica disponible (Figura 12), es posible identificar estos campos de ondas sedimentarias y observar cómo ascienden unas sobre otras, lo que se conoce como *climbing ripples*, normalmente el crecimiento de estas ondas se produce en la dirección de la corriente pero también se han reconocido ondas con una dirección de crecimiento a contracorriente (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014; De La Torriente et al., 2014), lo que se conoce como antidunas.

Además, se han identificado varios cuerpos deposicionales contorníticos al NO y SE del Banco de Galicia que representan grandes acumulaciones de sedimentos producidas por

las corrientes de fondo en la zona de estudio. Hacia el N se identifica un depósito alargado en la cuenca intramontana, confinado entre los montes de García y Málaga, y que se extiende hasta la zona norte del techo del banco y cuenta con una extensión aproximada de 900 km². Al SE del banco, en el Dominio de Transición del margen, se observa un depósito contornítico adosado al pie del banco. Este depósito tiene 20 km de longitud, 9 km de anchura y 126 km² de área total. Debido a la profundidad a la que se encuentran, de 2000 a 1100 m y 1680 a 1520 m, respectivamente, estos drifts contorníticos estarían relacionados con la acción de la masa de agua del Labrador a su paso en sentido de NE a SO (Ercilla et al., 2011).

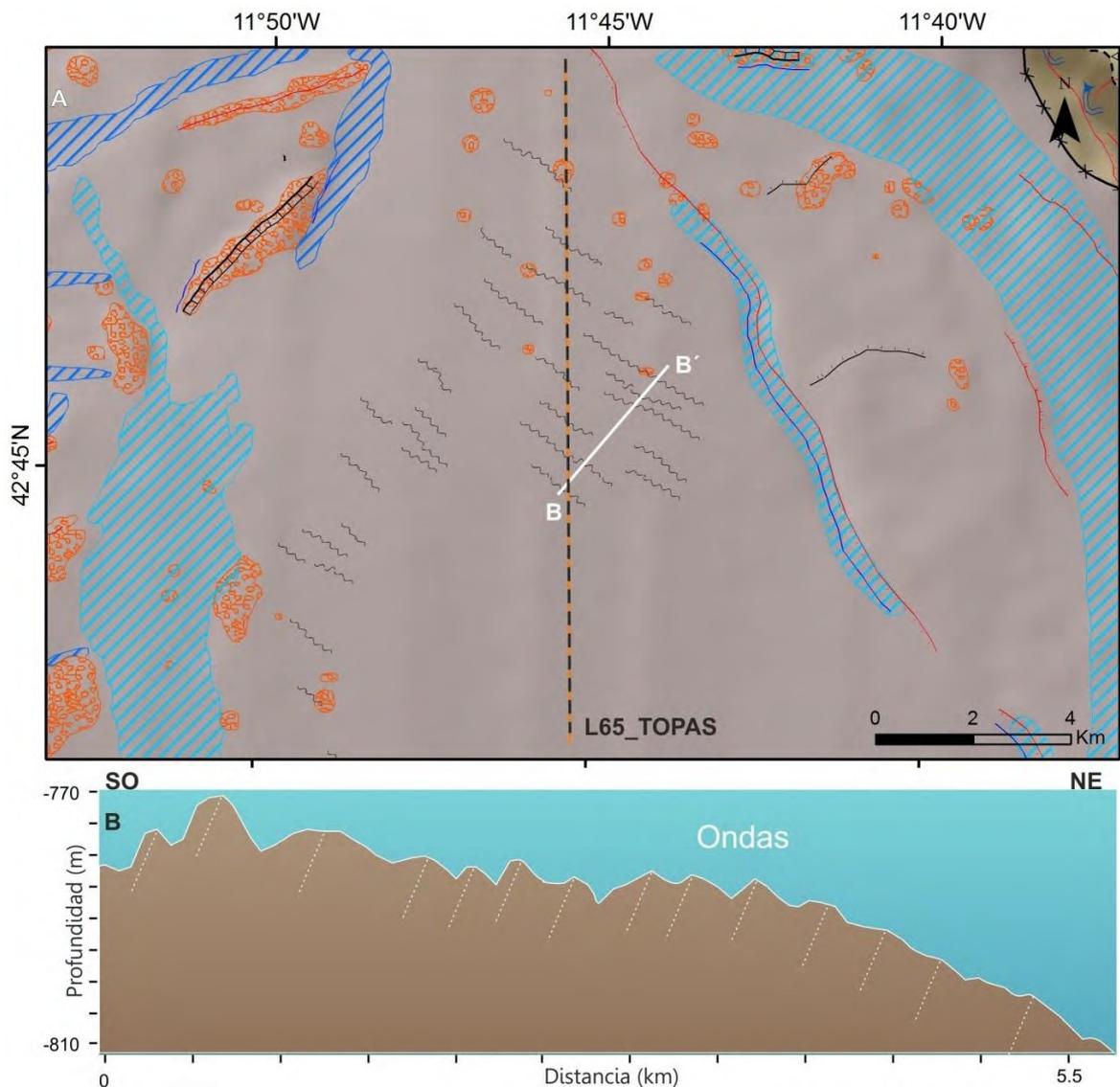


Figura 11: Ejemplos de ondas de arena localizadas en el LIC Banco de Galicia. A) Mapa fisiográfico sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía del campo de ondas y *megaripples*. La línea blanca indica la localización del perfil batimétrico representado en B y la línea discontinua negra y naranja la situación del perfil paramétrico de la Figura 12. Leyenda como en la Figura 8.

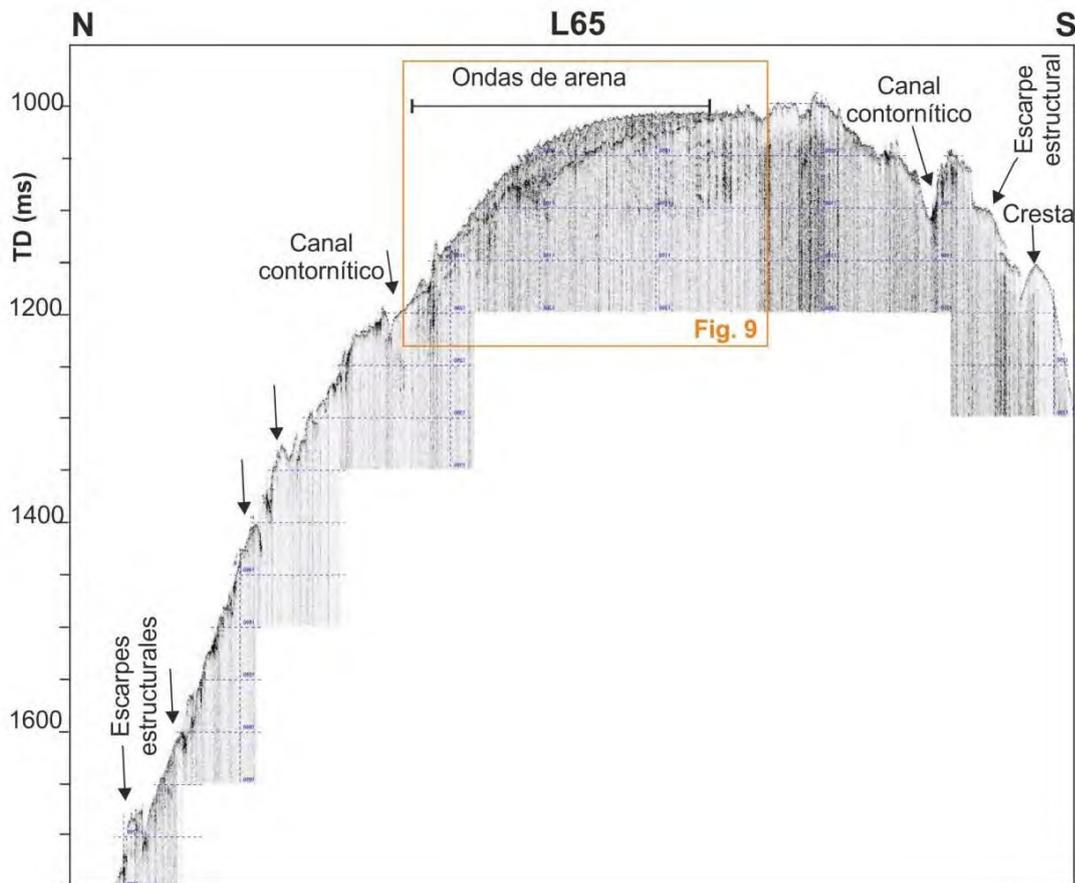


Figura 12: Perfil sísmico obtenido con sonda paramétrica TOPAS PS-18 sobre el techo del Banco de Galicia, donde destaca el campo de ondas de arena localizado al norte del mismo.

4.2.5 Rasgos biogénicos

Por último, los rasgos asociados a bioconstrucciones son principalmente agrupaciones arrecifales de corales que generan formas de geometría monticulada y alargada en el techo del banco. Estas construcciones pueden encontrarse totalmente expuestas, parcial o totalmente enterradas, y se agrupan en tres provincias que han sido denominadas como el campo Breogham al SO del techo, el campo Castelaio al NE del techo (Somoza et al., 2014) y el campo De Castro, al SE del techo (Figuras 8 y 13B). Se han identificado montículos aislados en la zona central, habiendo sido identificados individuos vivos de *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* y otros escleractinios en algunos casos (zona central y Castelaio) (Somoza et al., 2014). Además, algunos campos de montículos han sido también identificados en niveles enterrados del subsuelo en los perfiles sísmicos (Figura 13C), fundamentalmente en la provincia De Castro.

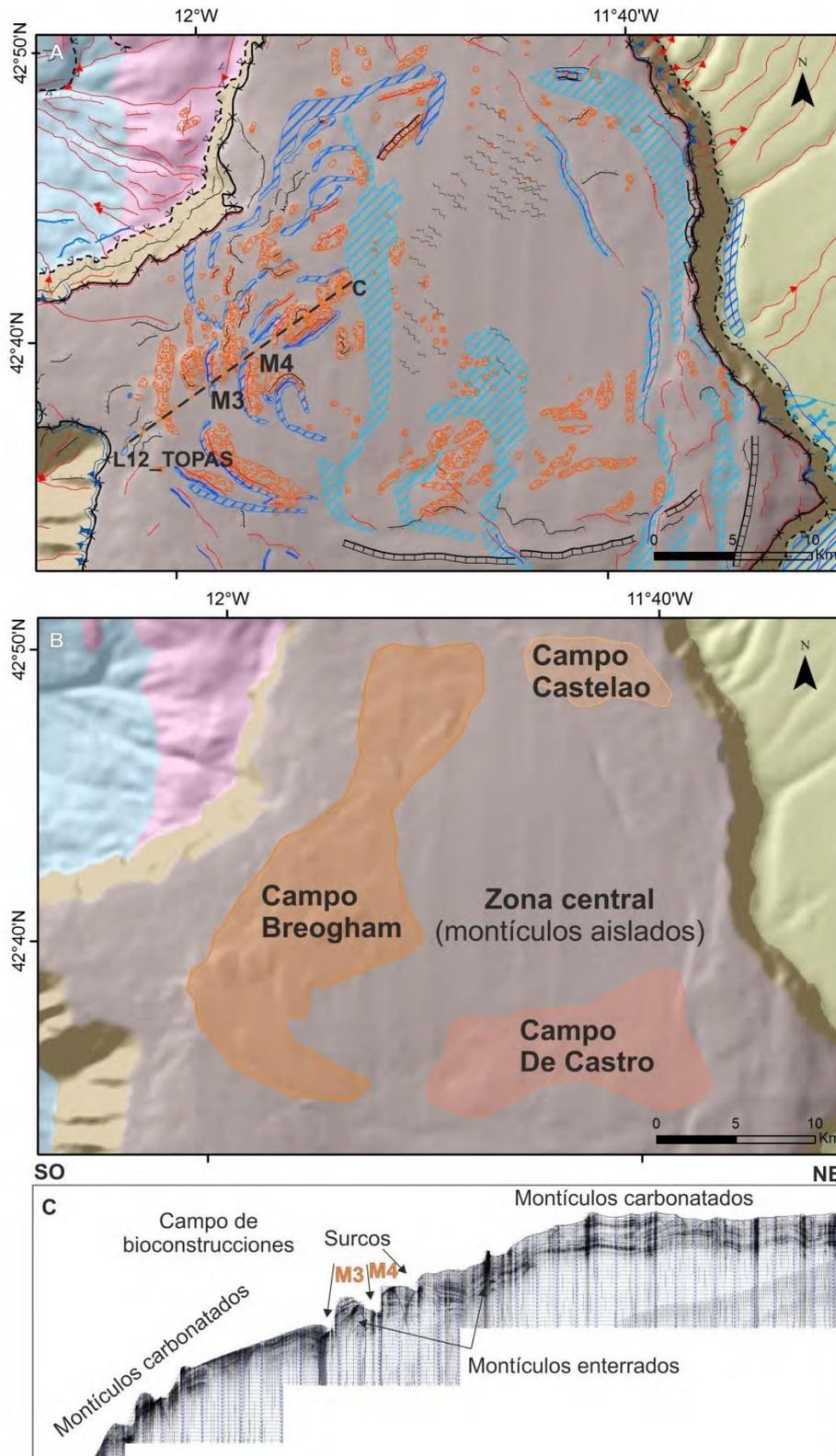


Figura 13: Campos de bioconstrucciones localizados en el LIC Banco de Galicia. A) Mapa fisiográfico sobre el modelo de sombras donde se observa la cartografía de las bioconstrucciones. La línea discontinua negra y naranja indica la situación del perfil realizado con sonda paramétrica de C. B) Mapa fisiográfico en el que se destacan las tres provincias de bioconstrucciones del techo del banco: Breogham, Castelao y De Castro. C) Perfil de sonda paramétrica TOPAS PS18 en el que se observan los montículos carbonatados y los surcos erosivos asociados a sus bases. Leyenda como en la Figura 8.

El campo de montículos Breogham (Figura 13A y B) abarca 37 montículos de forma predominantemente elongada que se desarrollan a lo largo de un área alargada con una extensión de 29 km de longitud en dirección N-S y 13 km de anchura. Los montículos se han desarrollado a profundidades comprendidas entre 780 y 1220 m en distintos niveles de geometría aterrazada, cuya superficie tiene una pendiente media de entre 2 y 4°. Tienen alturas entre 5 y 75 m sobre la superficie adyacente del fondo marino y longitudes comprendidas entre 0,675 y 6,75 km, abarcando un área total de 180 km². Estos montículos siguen orientaciones N-S, NE-SO y NO-SE principalmente. Seis de estos montículos (M1-M6) (Tabla 3) constituyen las mayores bioconstrucciones, y se localizan casi en su totalidad de manera escalonada en la parte central del campo Breogham, caracterizándose por alcanzar pendientes de hasta 15° en sus flancos occidentales.

Tabla 3: Principales variables morfológicas de los montículos carbonatados M1 a M6 del campo de bioconstrucciones Breogham.

Montículo	Prof. (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Anchura (km)	Área (km ²)
M1	995	48	2007	585	1064
M2	991	59	3197	1750	3577
M3	964	46	2672	1227	2288
M4	911	48	2225	600	1359
M5	893	18	3682	1320	4223
M6	780	75	3605	1793	4308

El campo de montículos Castelaio incluye 30 montículos de forma cónica que se desarrollan a lo largo de una zona de baja pendiente a profundidades entre 750 y 1150 m. Estos montículos aparecen dispersados, encontrándose separados entre sí una media de 1,5 km, y alcanzan alturas entre 5 y 18 m.

Por su parte, en el campo de montículos De Castro se han identificado 20 montículos de forma alargada tipo dorsal, desarrollándose en áreas de poca pendiente que se dan entre los canales contorníticos, a profundidades de 740 a 900 m. Cuentan con alturas máximas de 10 m, longitudes entre 1,6 y 5 km y pendientes medias de 2°. Estas dorsales de bioconstrucciones tienen orientaciones preferentes ENE-OSO y NNE-SSO.

Por último, en la zona central se han identificado otros 30 montículos de forma cónica y poca altura, similares a los de Castela a profundidades entre 770 y 910 m y distribuidos de manera aislada, sin orientaciones preferentes.

5. Distribución espacial de sedimentos

El análisis sedimentario de la zona del Banco de Galicia se basa en las muestras recogidas durante las campañas BANGAL 0710 y BANGAL 0711 y procesadas durante el proyecto INDEMARES. En total se trata de 30 muestras obtenidas mediante una draga de tipo box corer y distribuidas, mayoritariamente, sobre el techo del banco (Figura 14A).

5.1 Análisis textural del sedimento

Los análisis granulométricos de las muestras de sedimento indican que el material que recubre el banco está formado fundamentalmente por arenas con valores de Q_{50} comprendidos entre 0,07 y 1,51 mm y moderadamente bien seleccionados, predominando las arenas medias y finas en el techo del banco con valores de Q_{50} que varía entre 0,24 y 0,4 mm (Figura 14B). Hacia las zonas más profundas (> 1100 m) se produce una disminución del tamaño de grano predominando los sedimentos constituidos por arena media-fina o arena fina pobremente seleccionados (Figura 15).

Los mapas de distribución del valor de la mediana (Q_{50}) del tamaño de grano (Figura 14B) y de la textura del sedimento (Figura 15) indican la presencia de sedimento más grueso (arena media-gruesa) hacia el NO de la zona de estudio, posiblemente ligado a la presencia de un depósito asociado a escarpes erosivos (Figura 8).

5.2 Materia orgánica

Los datos de materia orgánica extraídos de las muestras de sedimento indican que el techo del banco presenta un bajo contenido en materia orgánica, con valores que oscilan entre 1% y 2,5% (Figuras 14C y 16). Sin embargo, el contenido en materia orgánica aumenta ligeramente hacia los fondos adyacentes, donde puede alcanzar valores de hasta 3,5 % (Figura 16).

Los mapas de distribución de la mediana de tamaño de grano (Q_{50}) y del contenido en materia orgánica muestran una relación entre ambos parámetros de modo que a un mayor contenido en fango implica una mayor concentración de materia orgánica (Figuras 14, 15 y 16).

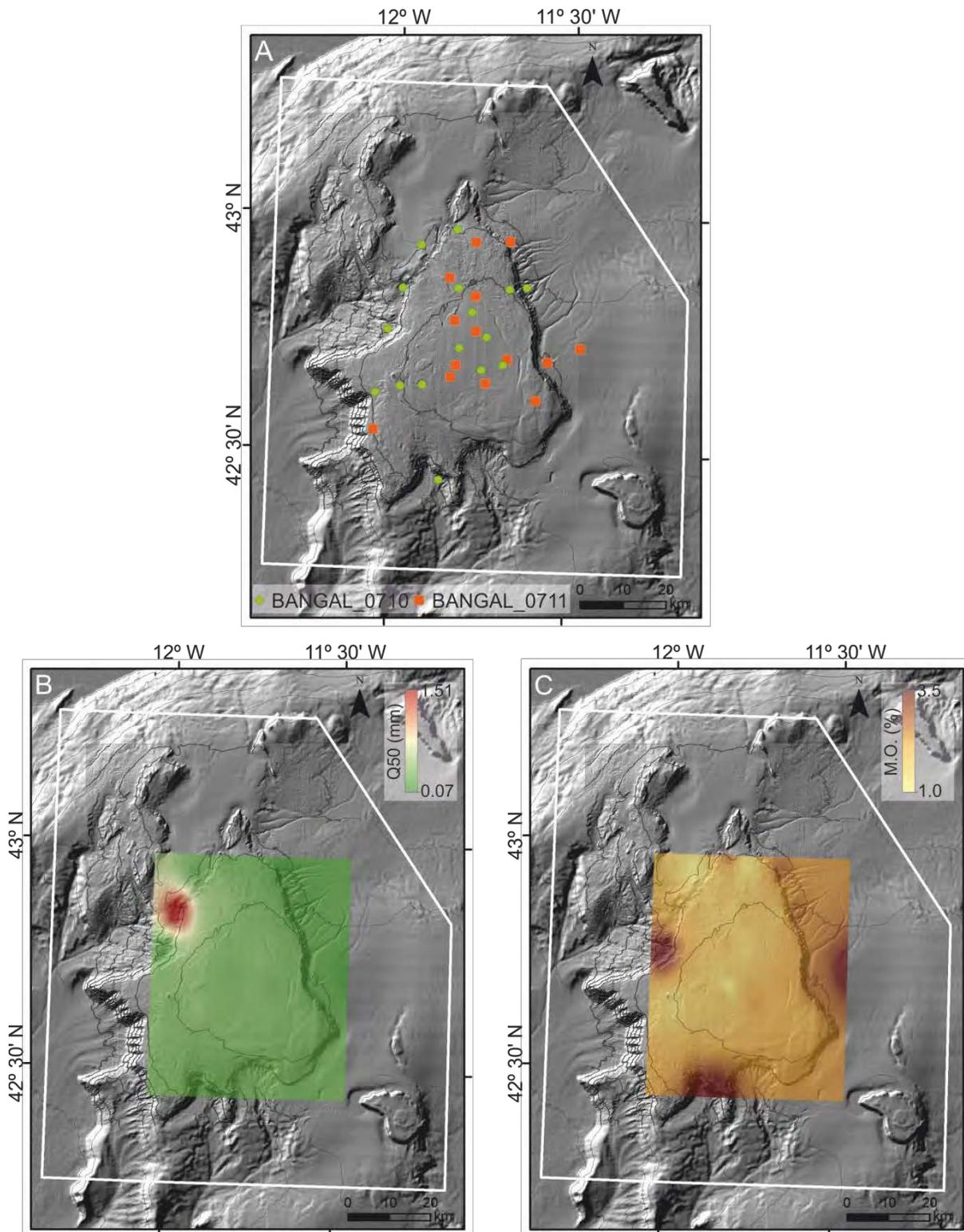


Figura 14: A) Mapa de posición de las muestras de box corer obtenidas en la zona de estudio y clasificadas por campaña oceanográfica. B) Mapa de distribución de la mediana del tamaño de grano (Q₅₀) de las muestras de sedimentos. C) Mapa de distribución del porcentaje de la materia orgánica de las muestras de sedimentos.

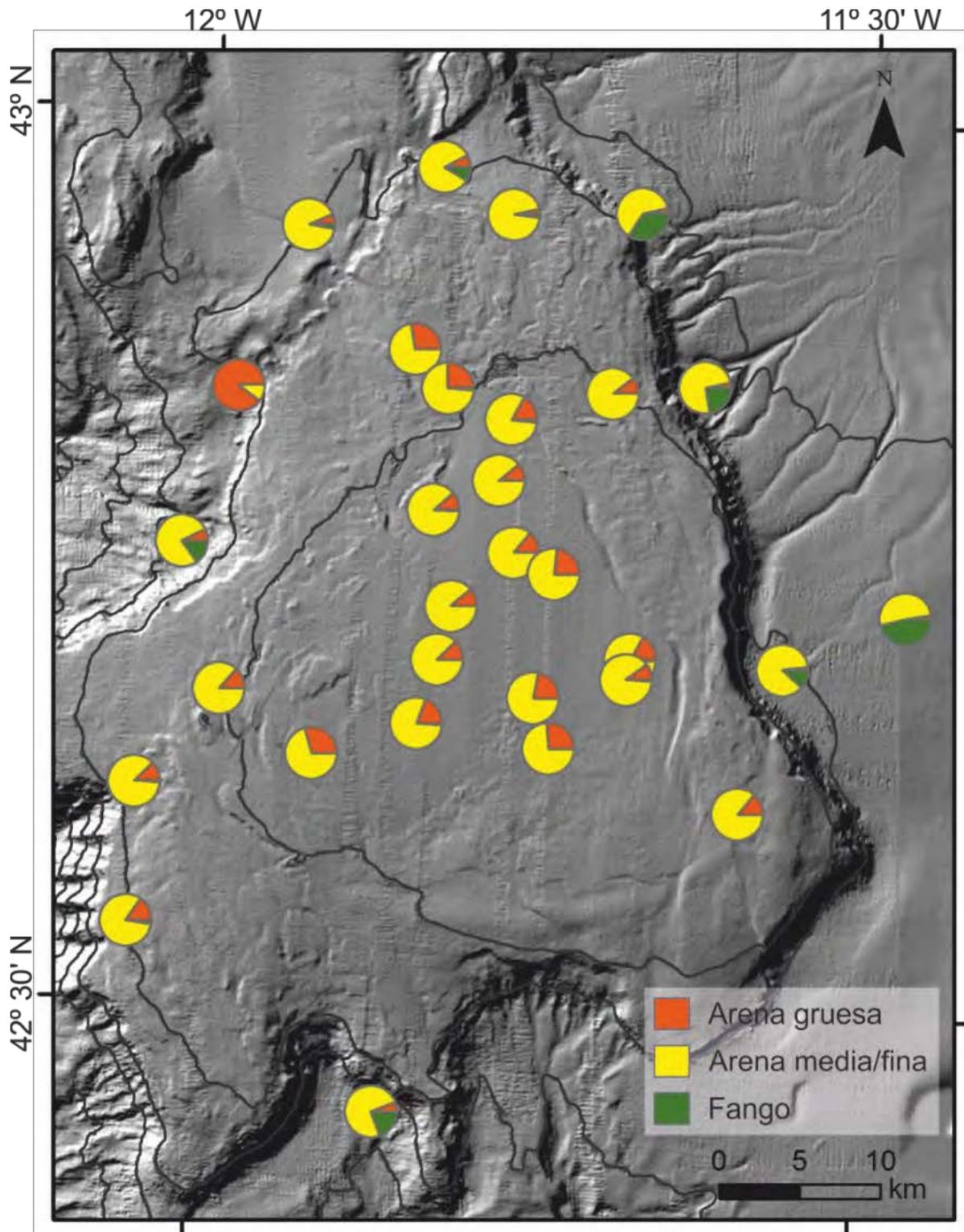


Figura 15: Mapa de distribución textural de los sedimentos en el techo del Banco de Galicia. Diagramas circulares que reflejan el porcentaje de arena gruesa, arena media/fina y fango de las muestras de box corer obtenidas en las campañas BANGAL 0710 y BANGAL 0711.

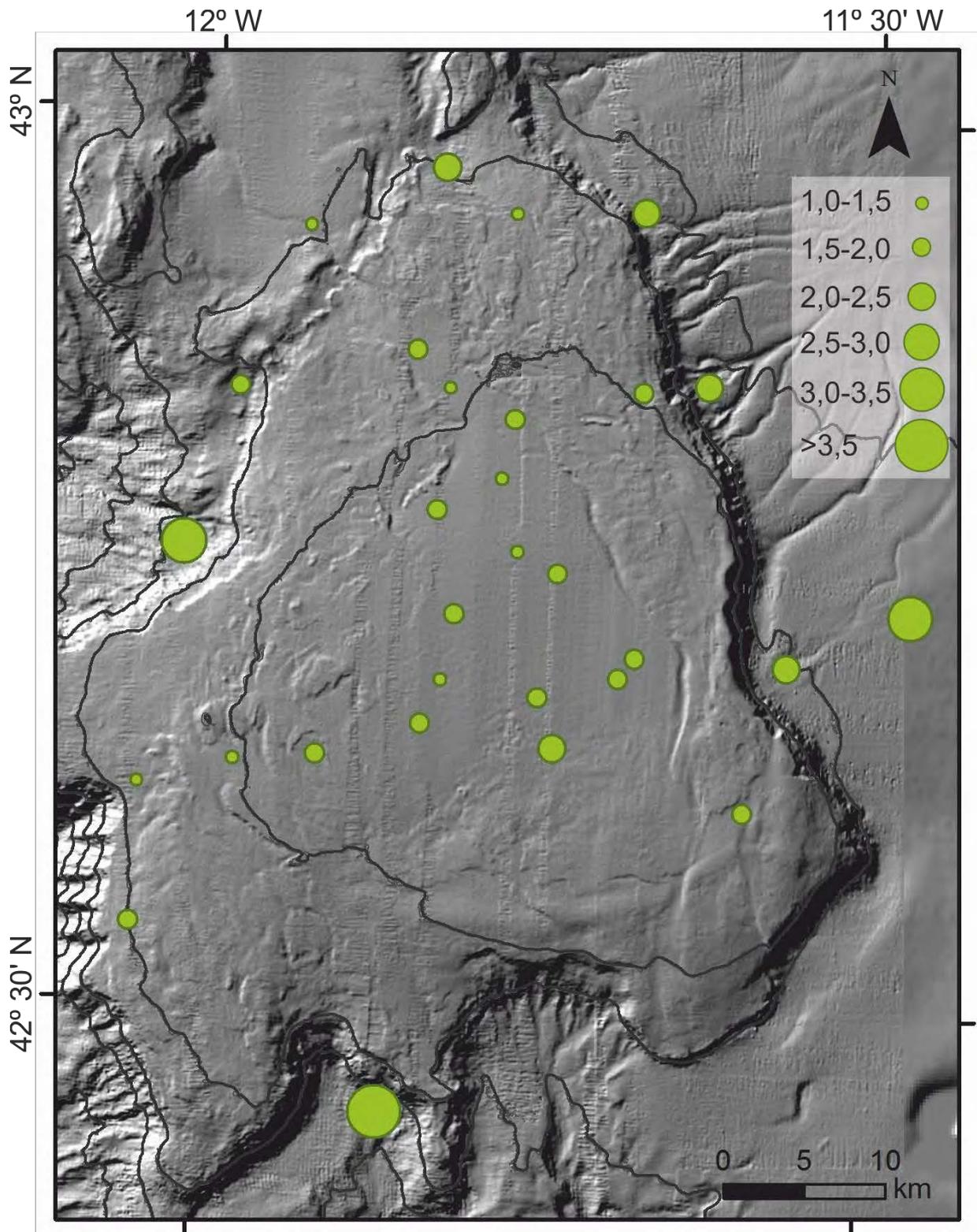


Figura 16: Mapa de distribución de la materia orgánica de los sedimentos en el techo del Banco de Galicia. El radio de tamaño de los círculos representa el porcentaje de materia orgánica de las muestras de box corer obtenidas en las campañas BANGAL 0710 y BANGAL 0711.

De forma más concreta y relacionándolo con la geomorfología de la zona de estudio, se puede añadir que el sedimento encontrado en torno a las bioconstrucciones y a los campos de ondas de arena situadas sobre el techo del Banco de Galicia, se caracterizan por ser arenas medias (Q_{50} entre 0,3-0,4 mm) con un contenido en materia orgánica que varía entre 1% y 1,7%. Por otra parte, el material más fino y con un mayor contenido en materia orgánica (0,07 mm y 3,2%, respectivamente) se ha encontrado asociado al cauce de un barranco submarino muestreado al E del banco, en la zona de transición con el Dominio de la Cuenca Interior de Galicia.

5.3 Tipo de fondo

La interpretación del tipo de fondo se ha realizado fundamentalmente a partir del análisis de la respuesta acústica (reflectividad) del fondo marino (Figura 17A) realizado durante el proyecto INDEMARES (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014), pero integrando también su aspecto morfológico en el mosaico de batimetría y rugosidad, así como con la información procedente de los perfiles disponibles de sonda paramétrica.

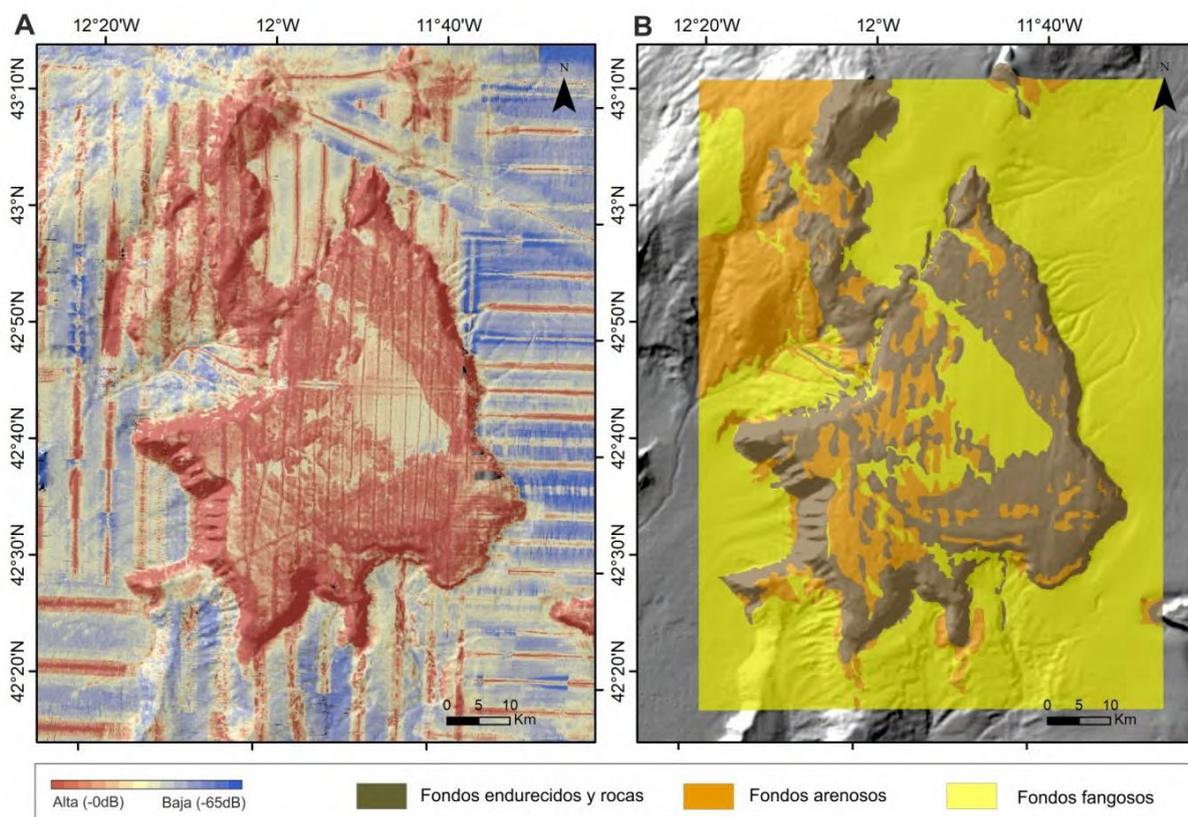


Figura 17: A) Mosaico de reflectividad del LIC Banco de Galicia a partir del mosaico batimétrico de 75 m de resolución espacial. B) Mapa interpretativo del tipo de fondo en el área de estudio basado en los datos de reflectividad y muestras recuperadas basado en Informe LIFE+ INDEMARES, (2014).

Se ha realizado una clasificación diferenciando tres tipos fundamentales de fondo: fondos endurecidos o rocas que presentan valores altos de reflectividad (de 0 a 29 dB), fondos arenosos que corresponden a valores de reflectividad intermedios (entre -29 y -57dB) y fondos fangosos que presentan los valores más bajos de reflectividad (de -57 a -65 dB) (Figura 17B).

El tipo de fondo endurecido y rocoso se caracteriza por tener alta reflectividad y una morfología más o menos irregular. En el área de estudio, se han identificado fondos rocosos básicamente en el techo de los bancos y zonas muy escarpadas. En el techo del Banco de Galicia, el área del flanco oriental y hacia el SE es donde predomina este tipo de fondos. En la zona de El Rucabado este tipo de fondo es el principal.

El tipo de fondo mayoritariamente arenoso se caracteriza por una reflectividad intermedia y una morfología suave, que son indicativos de fondos sedimentarios. Los valores de reflectividad relativamente elevados de estas zonas podrían deberse a que la capa de sedimentos recientes es muy delgada, de pocos centímetros de espesor, a la presencia de sedimentos con un tamaño de grano más grueso, o a una combinación de ambos factores (Informe LIFE+ INDEMARES, 2014; De La Torriente et al., 2014). Este tipo de fondo se ha identificado fundamentalmente en la mitad occidental del techo del Banco de Galicia, asociado a los campos de bioconstrucciones con una distribución espacial intercalada en forma en parches.

Por último, el tipo de fondo fangoso o de sedimentos de tamaño fino, corresponde a zonas de la superficie del fondo caracterizadas por su baja reflectividad y de naturaleza sedimentaria. Este tipo de fondo se identifica en el entorno del Banco de Galicia y de forma característica en el campo de ondas localizado hacia el centro del techo del banco (Figuras 11 y 17B).

6. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, incluimos un listado de las conclusiones y recomendaciones para seguir mejorando el conocimiento de este espacio marino protegido y designado como LIC:

Conclusiones:

- Se ha mejorado la calidad de los rásteres batimétricos ya existentes mediante la aplicación de filtros que han permitido eliminar algunos errores en las capas de sombreado batimétricas.
- Se han realizado nuevos análisis de tipo morfométrico como rugosidad, curvatura o índice de posición batimétrica (BPI) realizados sobre los datos ya existentes procedentes del proyecto INDEMARES.

- Así mismo, se ha realizado una nueva interpretación de los datos de muestras de sedimentos obtenidas a lo largo del citado proyecto que ha permitido establecer un modelo sencillo de su variabilidad a lo largo del monte, si bien con el hándicap de su escaso número.
- A partir de estas mejoras en los datos, se ha realizado una nueva caracterización morfosedimentaria del Banco de Galicia y de su entorno, en el que se ha definido la presencia de nuevos tipos morfológicos no considerados previamente, se ha mejorado el detalle de su cartografía y se ha realizado una caracterización morfométrica de los principales tipos morfológicos diferenciados.

Recomendaciones:

- Dada la existencia de nuevos algoritmos que se aplican para procesar los datos de batimetría y de reflectividad, el reprocesado de los datos existentes podría mejorar la calidad final del mosaico batimétrico en esta zona aunque probablemente no la resolución espacial. En este sentido, no se dispone de suficiente resolución para identificar en detalle algunas formas relacionadas con los hábitats 1170 y 1180.
- Se recomienda realizar nuevas campañas de geología marina con equipos geofísicos de última generación que permitirían aumentar en gran medida la resolución del mosaico batimétrico de la zona, especialmente en el techo del Banco de Galicia, y obtener una caracterización geomorfológica mucho más detallada de los diferentes elementos de la superficie del fondo.
- De la misma forma, disponer de una buena red de perfiles con sonda paramétrica de muy alta resolución permitiría interpretar mejor la presencia de los diferentes elementos geomorfológicos y su caracterización, en aquellos de mayor interés para este estudio como son los campos de bioconstrucciones, en los que se ha constatado la presencia de hábitats vulnerables incluidos en el listado de la Directiva Hábitat "Arrecifes: 1170".
- En línea con las recomendaciones anteriores, sería necesario mejorar la resolución espacial del mosaico batimétrico y ampliar la red de perfiles de sonda paramétrica en otras áreas de especial interés por su valor ecológico como podrían ser los montes submarinos menores localizados en el entorno del Banco de Galicia como son El Rucabado, García o Sancho, en función de las relaciones geomorfológicas que presentan.
- La realización de nuevas campañas oceanográficas debería incluir la obtención de imágenes submarinas para el estudio de los campos de bioconstrucciones en el techo del banco y para la obtención de muestras de sedimentos y rocas de la superficie del fondo, que permitan aumentar el detalle de la definición de los procesos morfosedimentarios y de los tipos de fondo del LIC Banco de Galicia. Así como diferenciar los afloramientos rocosos de los cuerpos bioconstruidos o de los fondos endurecidos y caracterizar la diversidad de esos afloramientos.

7. Bibliografía

Boillot, G., Auxière, J.L., Dunand, J.P., Dupeuble, P.A. and Mauffret, A., 1979. The Northwestern Iberian Margin: A Cretaceous passive margin deformed during Eocene. En: Talwani, M., Hayet, W. And Ryan, W.B.F. (eds.), *Deep drilling results in the Atlantic Ocean: continental margins and paleoenvironment*. Maurice Ewing Series, 3, 138-153. American Geophysical Union.

Boillot, G., Girardeau, J. and Kornprobst, J., 1988. The rifting of the Galicia margin: crustal thinning and emplacement of mantle rock on the seafloor. En: Boillot, G., Winterer, E.L. and Meyer, A.W. (eds.), *Proceedings ODP, Science Results, 103*, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 741-756.

Boillot, G., Beslier, M.O., Krawczyk, C.M., Rappin, D. and Reston, T.J., 1995. The formation of passive margins: constraints from the crustal structure and segmentation of the Deep Galicia Margin, Spain. En: Scrutton, R.A., Stoker, M.S., Schimmiel, G.B. and Tudhope, A.W. (eds.), *The Tectonics, Sedimentation and Palaeoceanography of the North Atlantic Region*. Geological Society Special Publication, 90, 71-91.

De la Torriente A., Serrano, A., Druet, M., Gómez-Ballesteros, M., Acosta, J., Parra, S. et al. 2014. Banco de Galicia. Áreas de estudio del proyecto LIFE+ INDEMARES. Proyecto LIFE+ INDEMARES. E. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente. 96 pp.

Druet, M, Muñoz Martín, A., Granja-Bruña, J.L., Carbó-Gorosabel, A., Acosta, J., Llanes, P. & Ercilla, G. 2018. Crustal structure and continent-ocean boundary along the Galicia continental margin (NW Iberia): Insights from combined gravity and seismic interpretation. *Tectonics*, 37, 1576-1604. <https://doi.org/10.1029/2017TC004903>.

Duineveld, G.C.A., M.S.S. Lavaleye y E.M. Berghuis, 2004. Particle flux and food supply to a seamount cold-water coral community (Galicia Bank, NW Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 277. 13-23.

Ercilla, G., Casas, D., Vazquez, J.T., Iglesias, J., Somoza, L., Juan, C., Medialdea, T., León, R., Estrada, F., Garcia-Gil, S., Farrán, M., Bohoyo, F., Garcia, M., Maestro, A., 2011. Imaging the recent sediment dynamics of the Galicia Bank region (Atlantic, NW Iberian Peninsula). *Marine Geophysical Research* 32 I (1–2): 99–126.

Informe final del proyecto LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732), subproyecto LIC "Caracterización ecológica del banco de Galicia". Instituto Español de Oceanografía,

Centro Oceanográfico de Santander. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid. 2014: 237 pp.

Pérez-Gusinyé, M., Ranero, C.R. & Reston, T.J. 2003. Mechanisms of extension at nonvolcanic margins: Evidence from the Galicia interior basin, west of Iberia. *Journal of Geophysical Research*, 108(B5), 2245. <https://doi.org/10.1029/2001JB000901>

Reston, T.J. 2009. The structure evolution and symmetry of the magma por-rifted margins of the North and Central Atlantic: A synthesis. *Tectonophysics*, 468 (1-4): 6-27. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.09.002>

Serrano, A., González-Irusta, J.M., Punzón, A., García-Alegre, A., Lourido, A., Ríos, P., et al. 2017a. Deep-sea benthic habitats modeling and mapping in a NE Atlantic seamount (Galicia Bank). *Deep-Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 126: 115-127. <http://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.06.003>

Serrano, A., Cartes, J.E., Papiol, V., Punzón, A., García-Alegre, A., Arronte, J.C., Ríos, P., Lourido, A., Frutos, I., Blanco, M. 2017b. Epibenthic communities of sedimentary habitats in a NE deep seamount (Galicia Bank). *Journal of Sea Research*, 130: 154-165.

Somoza, L., Ercilla, G., Urgorri, V., León, R., Medialdea, T., Paredes, M., Gonzalez, F.J. and Nombela, M.A. 2014. Detection and mapping of cold-water coral mounds and living *Lophelia* reefs in the Galicia Bank, Atlantic NW Iberia margin. *Marine Geology*, 349, 73-90.

Somoza, L., Gonzalez, F.J., Medialdea, T., León, R., Palomino, D., Rengel, J.A., Fernández-Salas, L.M., Vázquez, J.T. 2019. Morphostructure of the Galicia continental margin and adjacent deep ocean floor: from hyperextended rifted to convergent margin styles. *Marine Geology*, 407: 299-315.

Vázquez, J.T., T. Medialdea, G. Ercilla, L. Somoza, F. Estrada, M.C. Fernández Puga, J. Gallart, E. Gràcia, A. Maestro y M. Sayago, 2008. Cenozoic deformational structures on the Galicia Bank Region (NW Iberian continental margin). *Marine Geology*, 249 (1): 128-149.

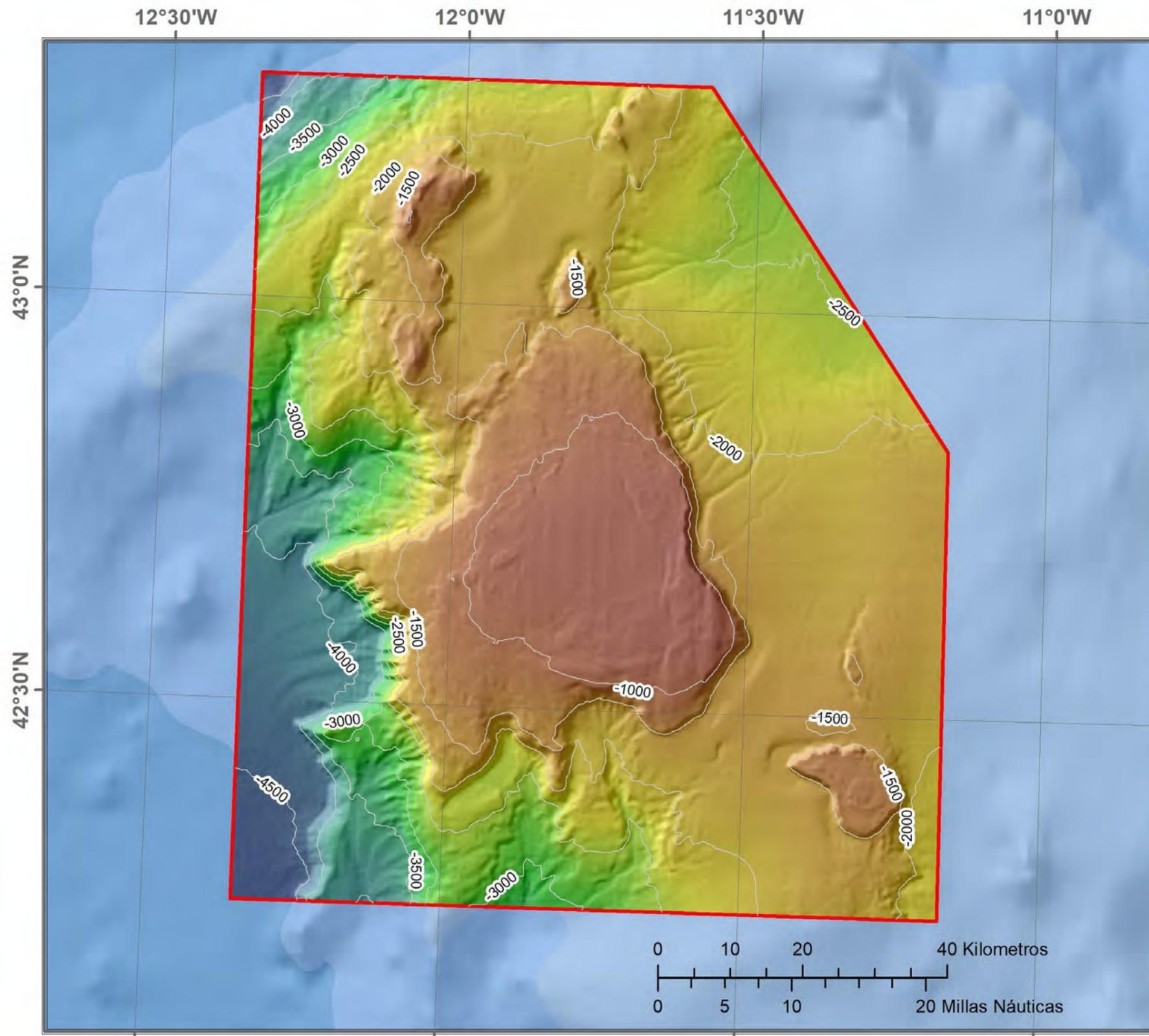
Vázquez, J.T., Ercilla, G., Medialdea, T., Somoza, L., Bohoyo, F., León, R. 2009a. Deformaciones neotectónicas en la zona Transicional de la región del Banco de Galicia. En: G. Flor Rodríguez, J. Gallastegui, G. Flor Blanco & J. Martín Llana (eds): *Nuevas Contribuciones al Margen Ibérico Atlántico*, pp. 45-48. Universidad de Oviedo. ISBN: 978-84-692-7379-1

Vázquez, J.T., Ercilla, G., Medialdea, T., Somoza, L., Bohoyo, F., Casas, D., Estrada, F., Farrán, M., García-Gil, S. León, R. 2009b. El colapso BURATO ERGAP: Un rasgo morfo-tectónico de primera magnitud en el Banco de Galicia. En: G. Flor Rodríguez, J. Gallastegui, G. Flor Blanco & J. Martín Llana (eds): Nuevas Contribuciones al Margen Ibérico Atlántico, pp. 205-208. Universidad de Oviedo. ISBN:978-84-692-7379-1

ANEXOS

Información cartográfica

- 1.- Batimetría a 200 m de resolución espacial
- 2.- Sombreado a 200 m de resolución espacial
- 3.- Pendientes
- 4.- Orientación del fondo
- 5.- Curvatura total
- 6.- Curvatura en planta
- 7.- Curvatura en perfil
- 8.- Rugosidad
- 9.- Geomorfología: tipos morfológicos lineales
- 10.- Geomorfología: tipos morfológicos poligonales
- 11.- Geomorfología: tipos morfológicos lineales y poligonales
- 12.- Batimetría a 75 m de resolución espacial, área del Banco de Galicia.
- 13.- Sombreado a 75 m de resolución espacial, área del Banco de Galicia.
- 14.- Índice de posición batimétrica escala gruesa, área del Banco de Galicia.
- 15.- Índice de posición batimétrica escala fina, área del Banco de Galicia.
- 16.- Clases BTM, área del Banco de Galicia.
- 17.- Reflectividad, área del Banco de Galicia.
- 18.- Tipos de fondo, área del Banco de Galicia.



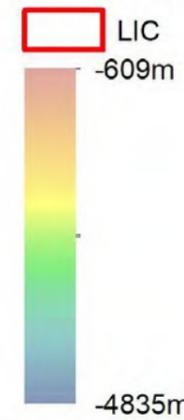
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

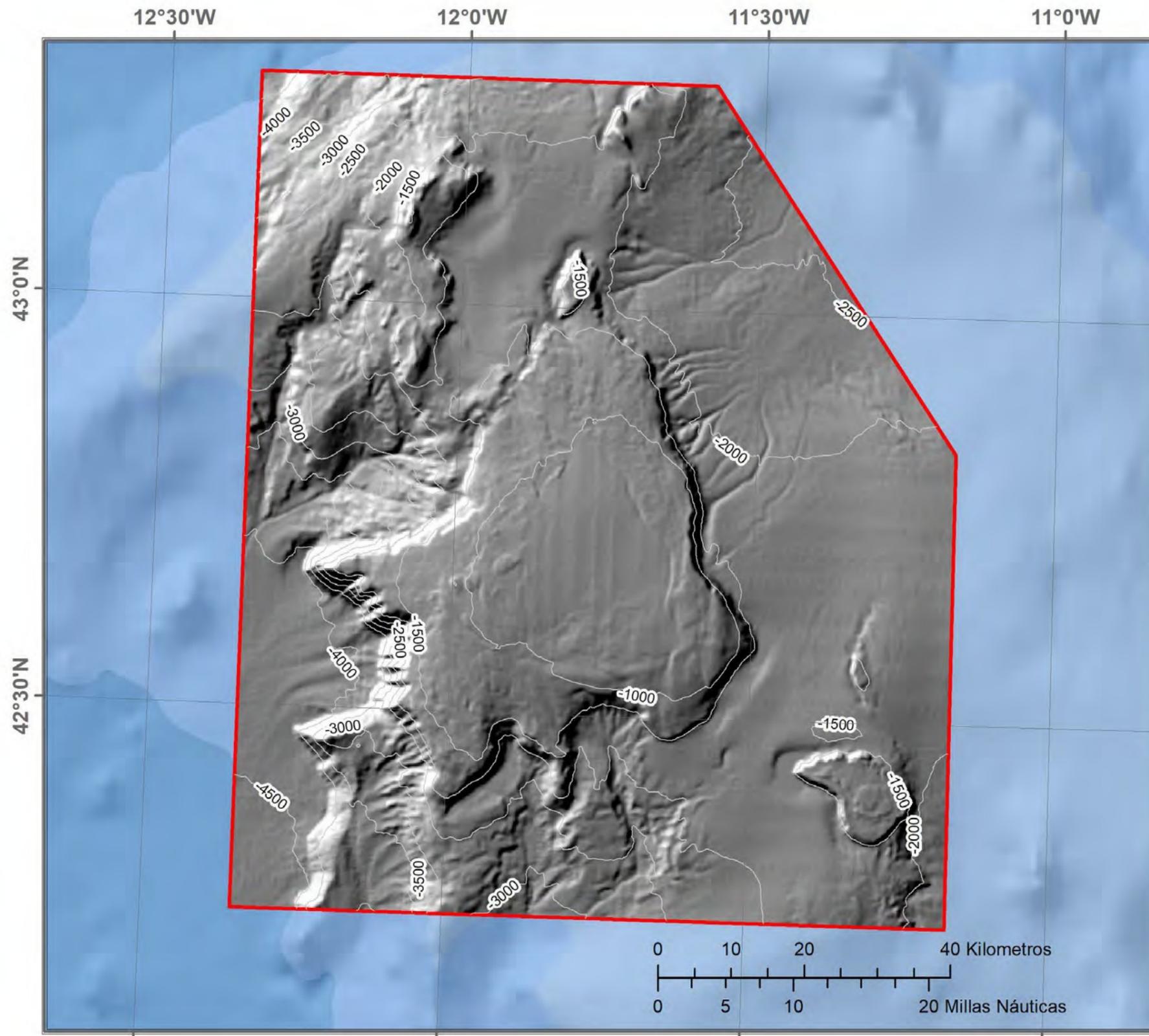
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

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

LEYENDA

— Isóbatas 500m





**INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA

ORIENTACIÓN DEL FONDO
200 METROS DE RESOLUCIÓN

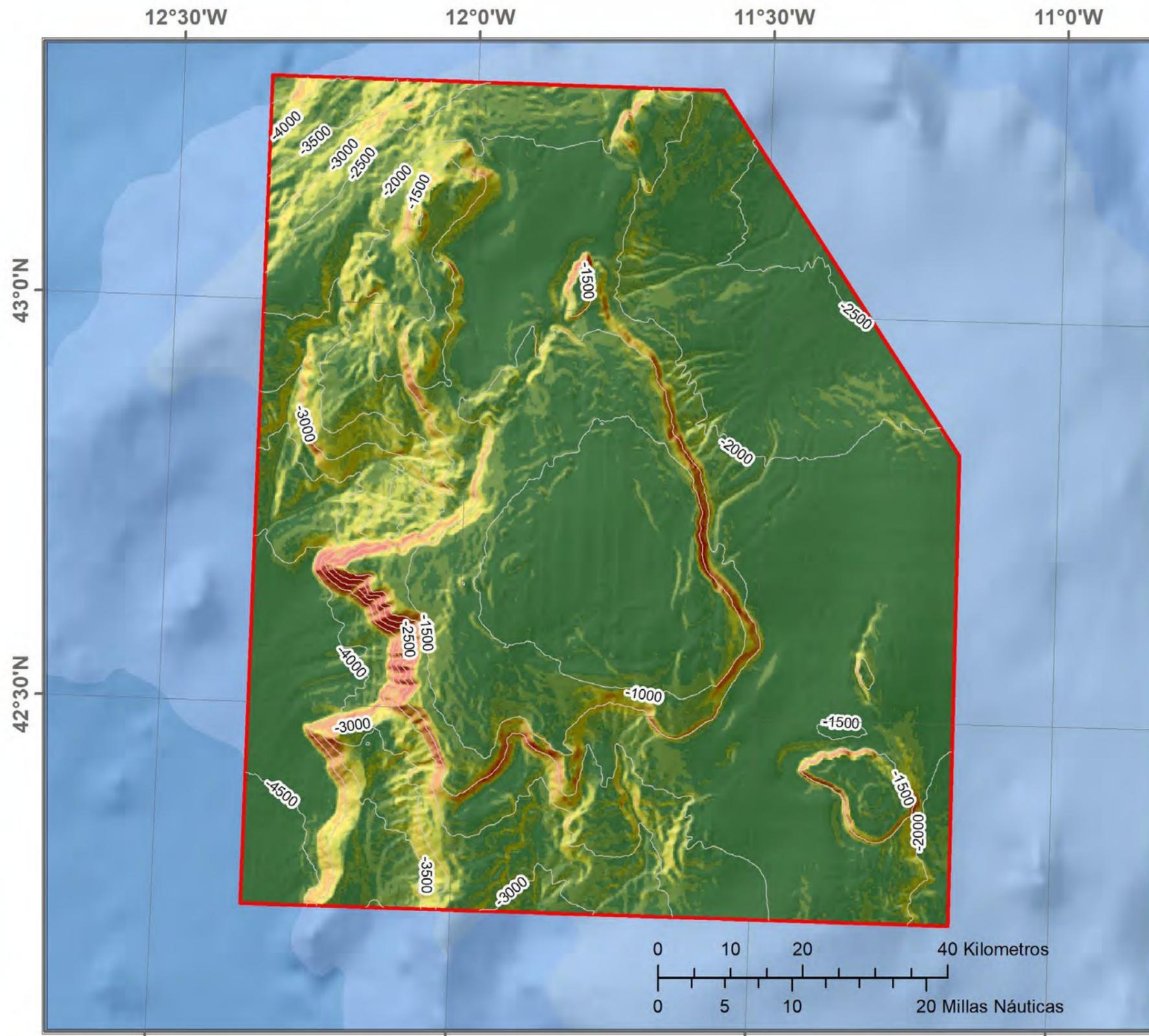
LEYENDA

— Isóbatas 500m

□ LIC

254





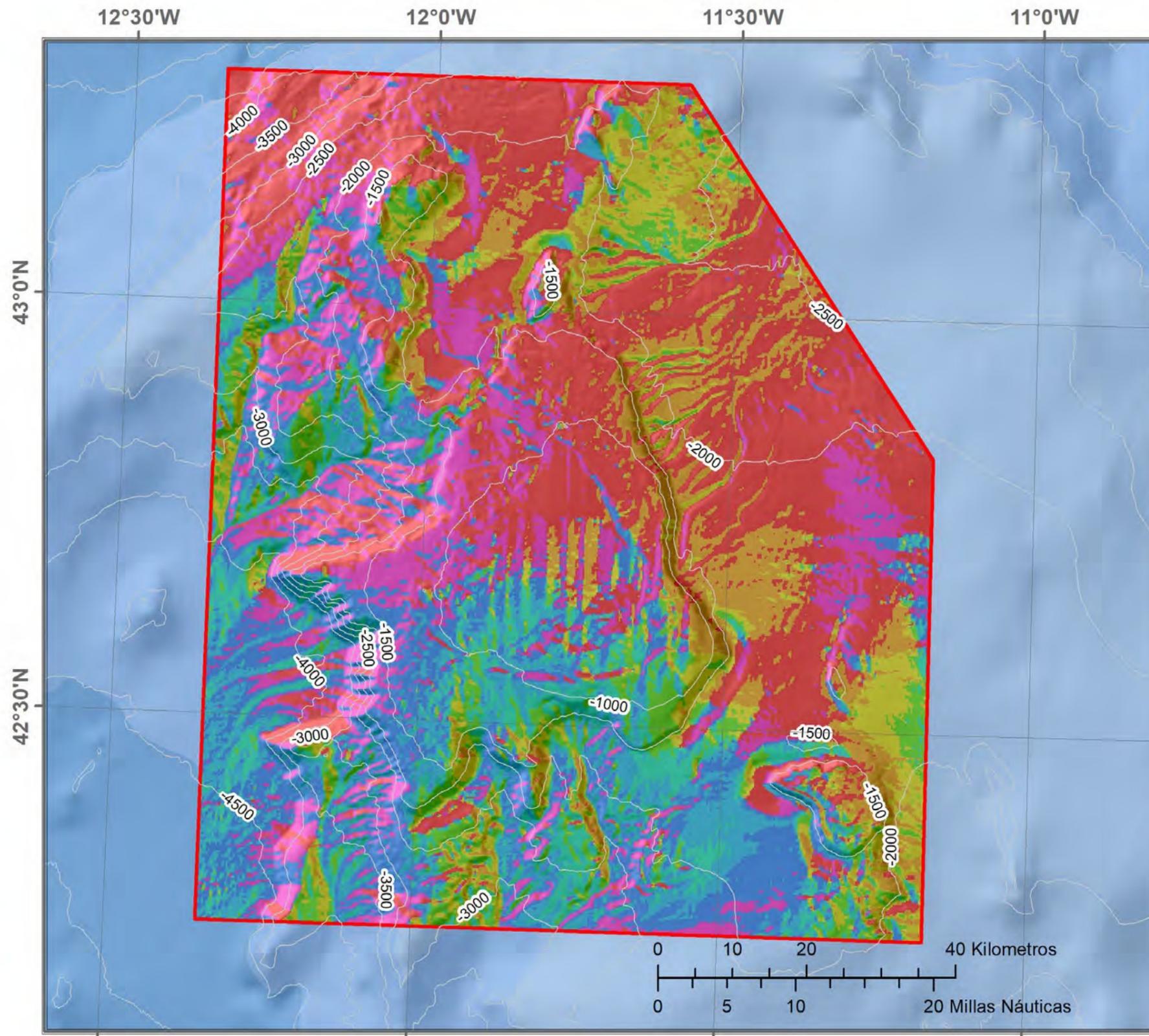
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
PENDIENTE
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 500m
- LIC
- 0° - 3°
- 3° - 6°
- 6° - 8°
- 8° - 12°
- 12° - 17°
- 17° - 23°
- 23° - 30°
- 30° - 54°



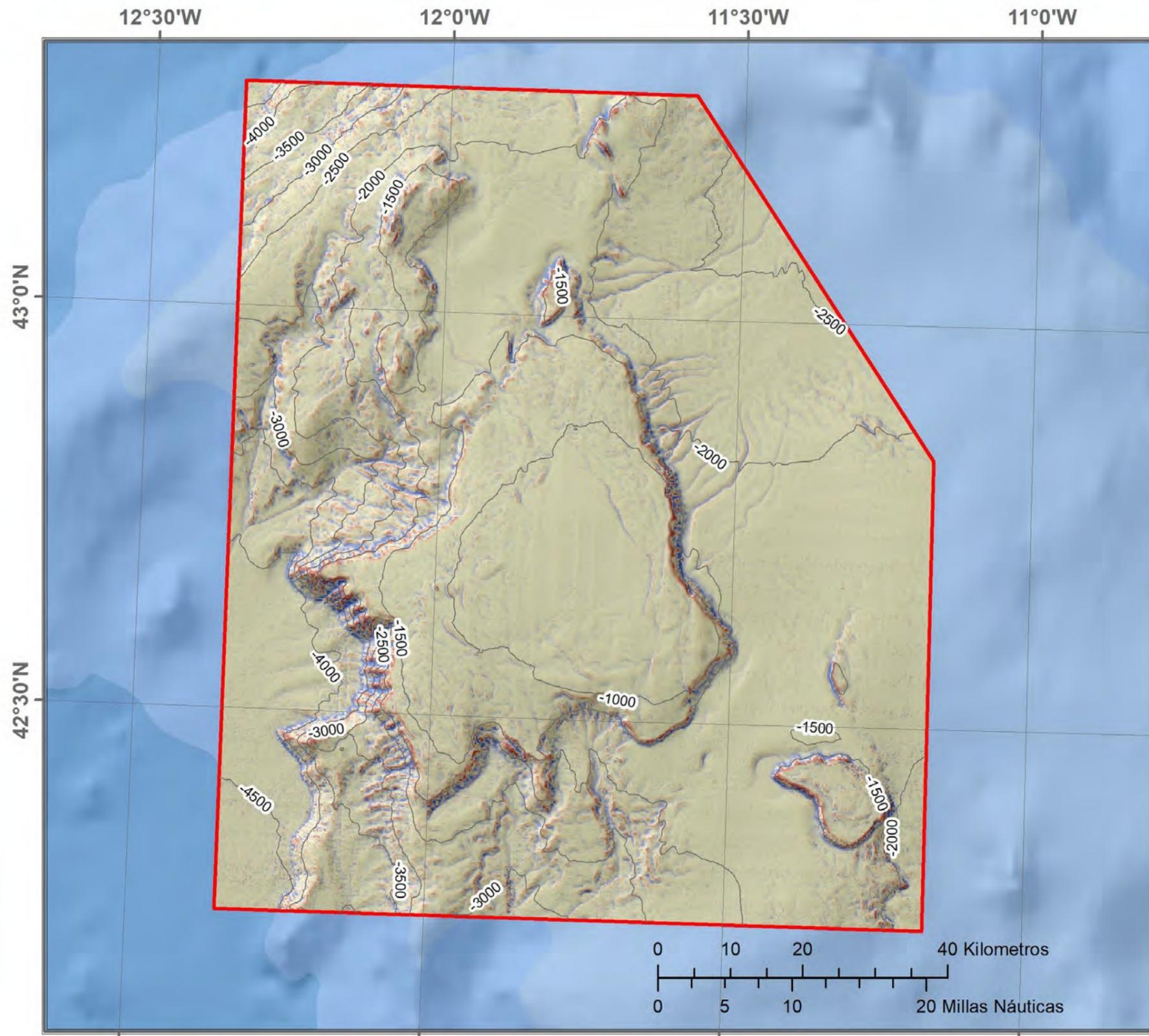
**INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
ORIENTACIÓN DEL FONDO
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 500m
- LIC
- Norte (0° - 50,8°)
- Noreste (50,8° - 97,4°)
- Este (97,4° - 135,5°)
- Sureste (135,5° - 169,4°)
- Sur (169,4° - 199°)
- Suroeste (199° - 228,7°)
- Oeste (228,7° - 265,4°)
- Noroeste (265,4° - 309,2°)
- Norte (309,2° - 360°)



INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
CURVATURA TOTAL
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%

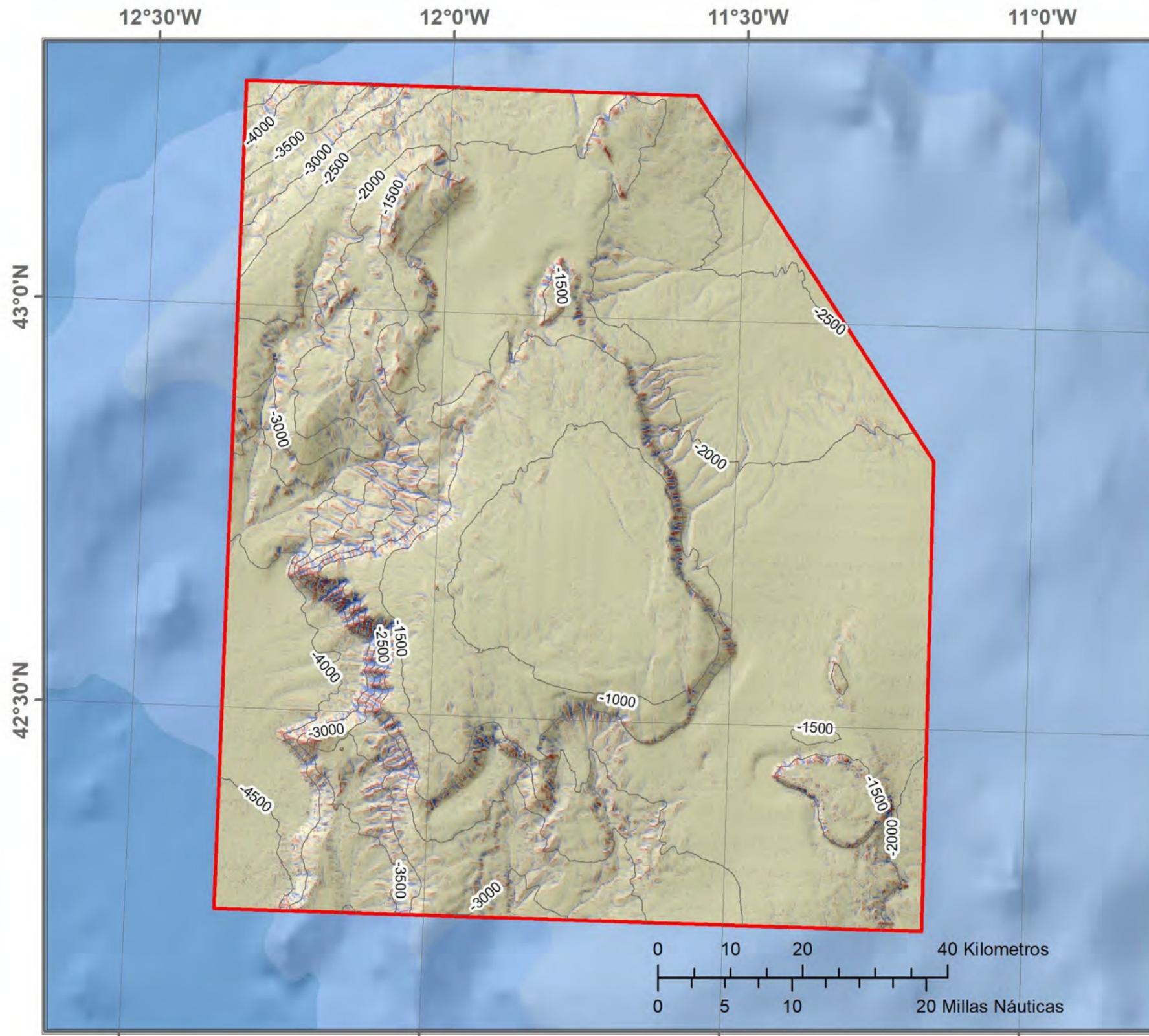
LEYENDA

— Isóbatas 500m

 LIC

 Alta

 Baja

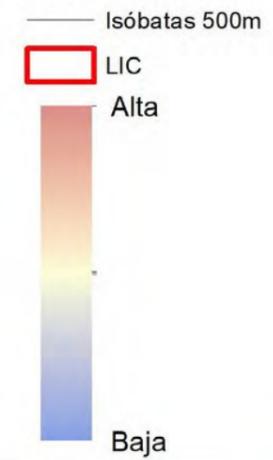


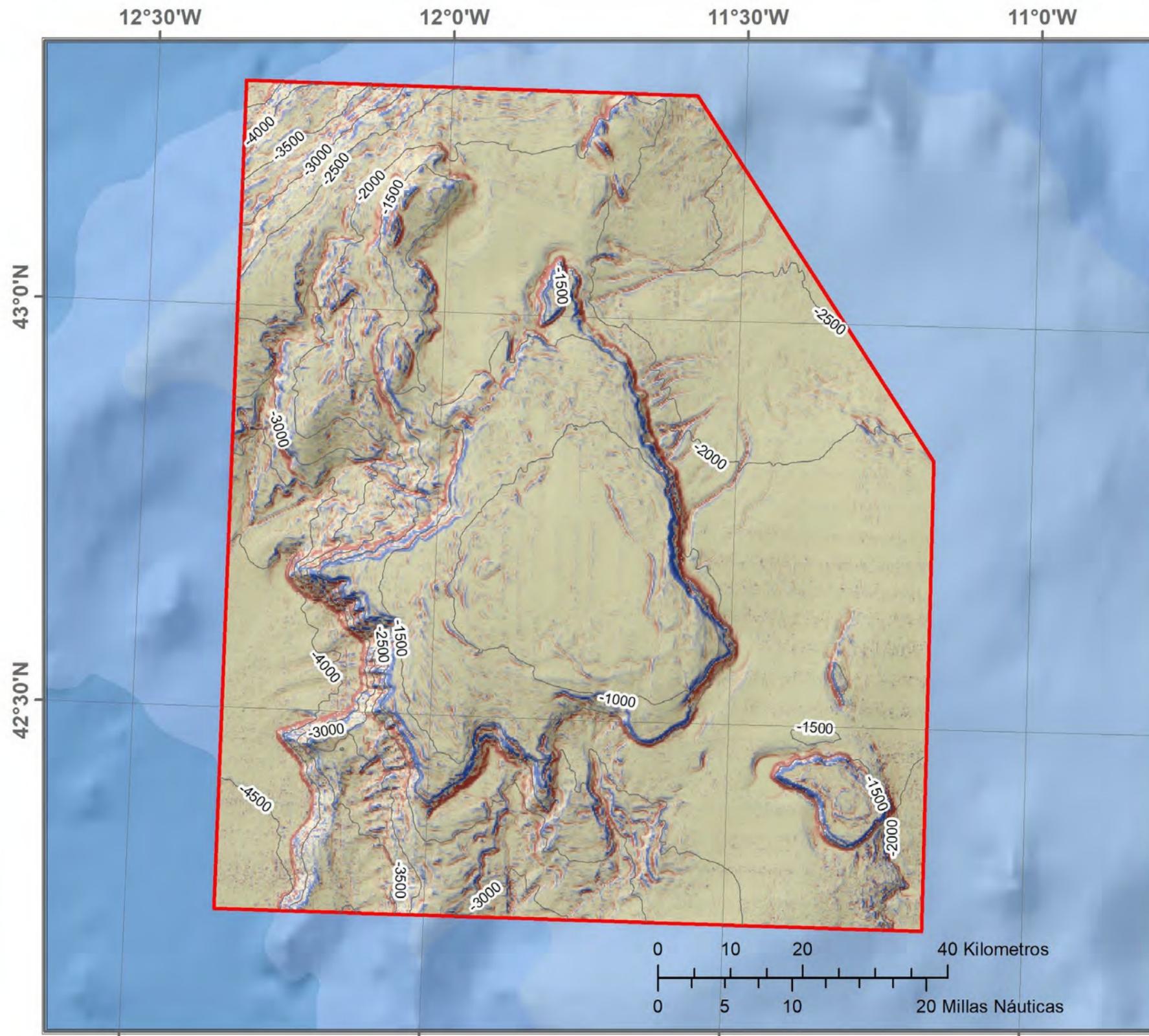
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
CURVATURA PLANAR
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%

LEYENDA

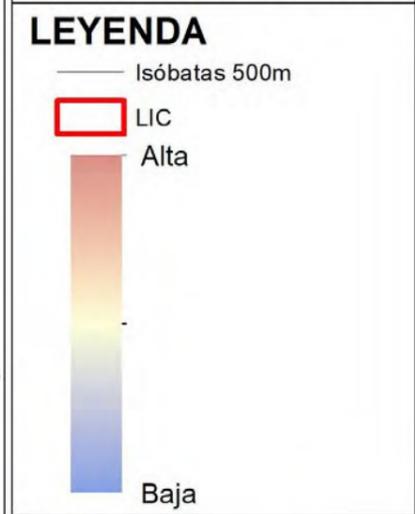


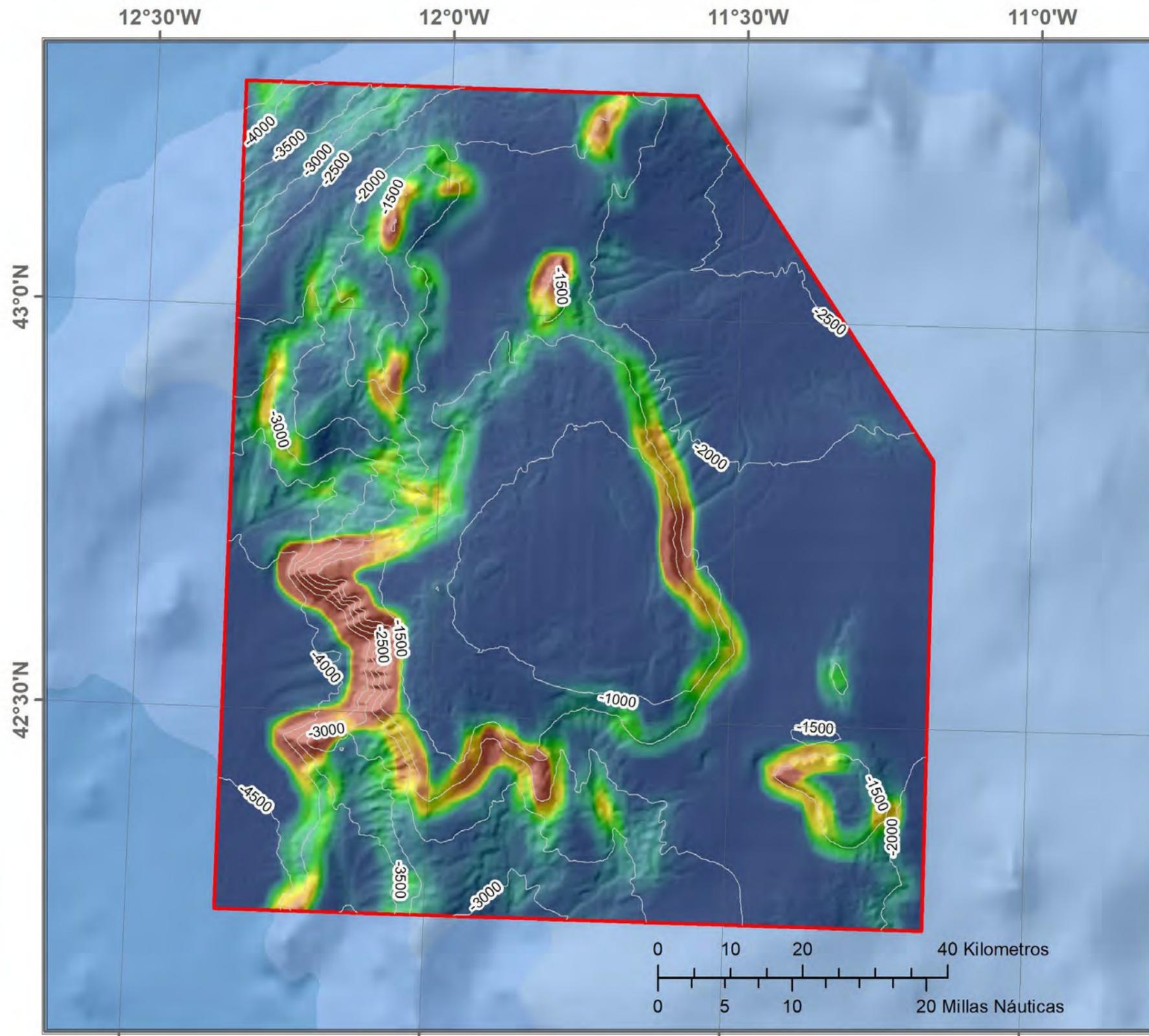


INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
CURVATURA PERFIL
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%



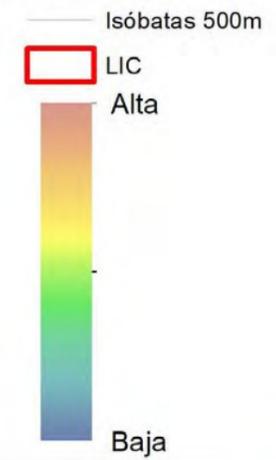


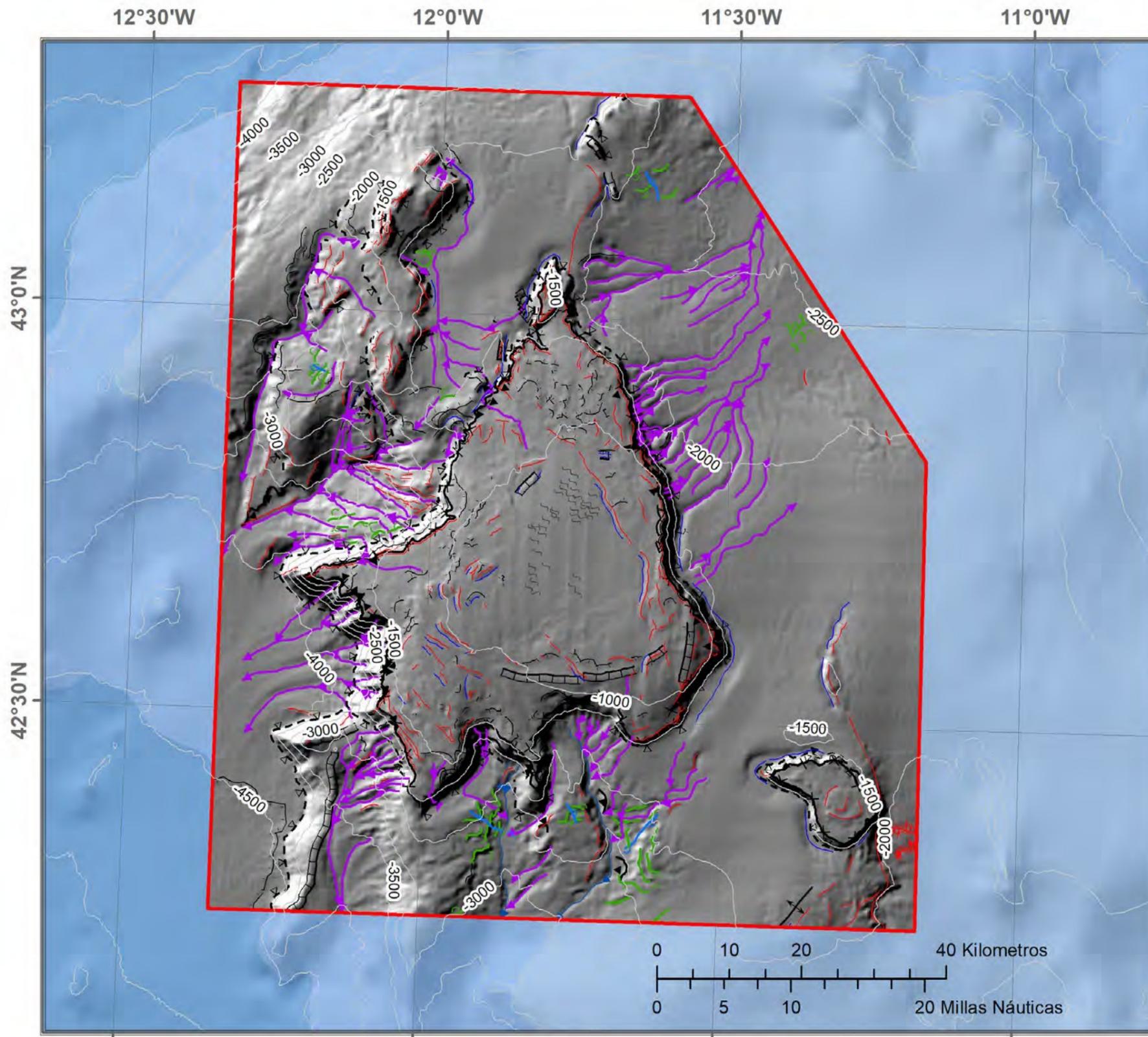
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
RUGOSIDAD
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%

LEYENDA





INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

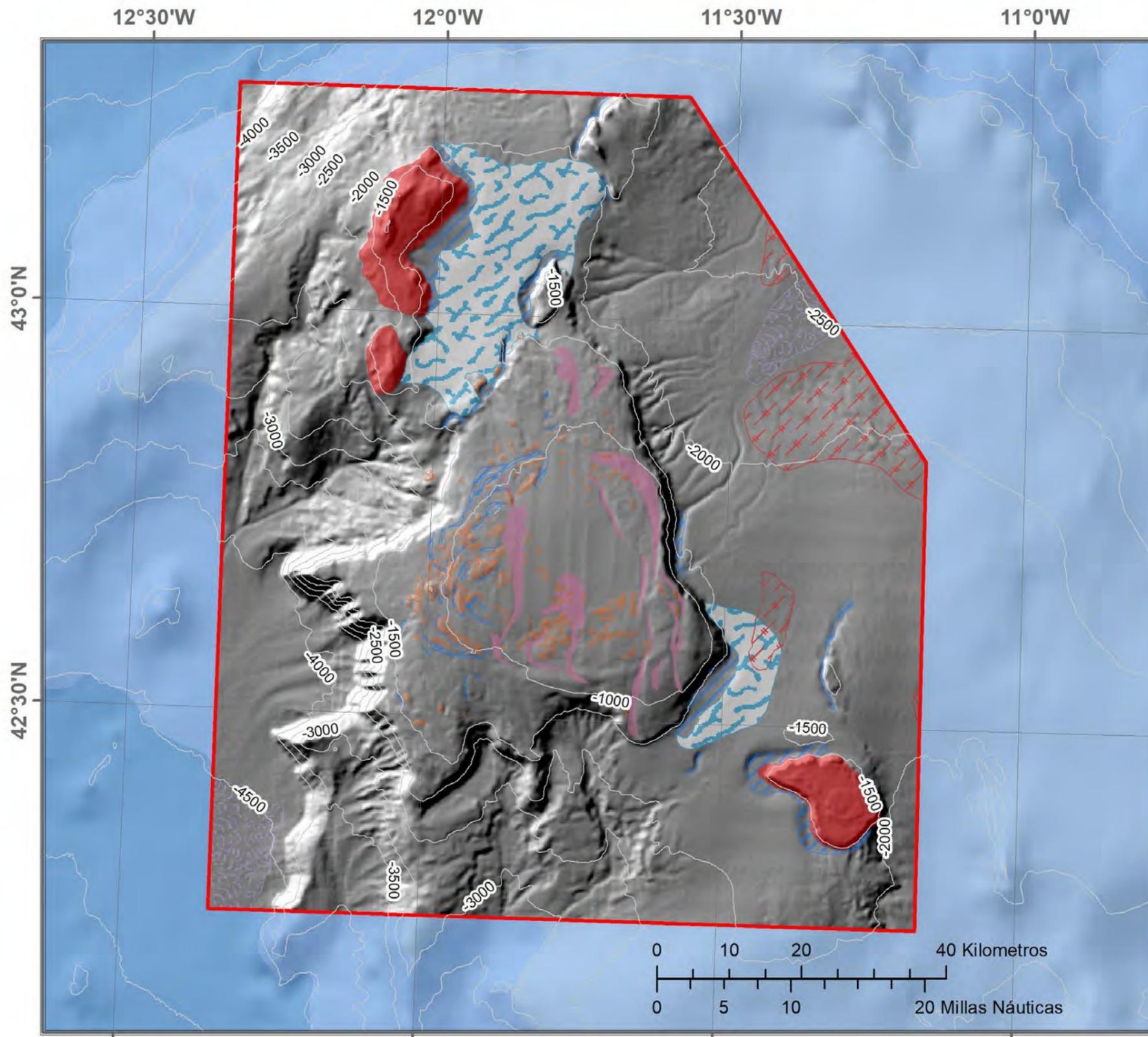
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
GEOMORFOLOGÍA LINEAL
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

- LEYENDA**
-  Cabecera
 -  Cresta
 -  Cresta onda arena
 -  Eje del Cañón
 -  Eje pliegue
 -  Escarpe erosivo
 -  Escarpe tectónico
 -  Gully
 -  Ondulación estructural
 -  Pie de escarpe
 -  Surco
 -  Techo del banco
 -  Transporte masa dirección
 -  Transporte masa frente
 -  Isóbatas 500m
 -  LIC

INTEMARES  



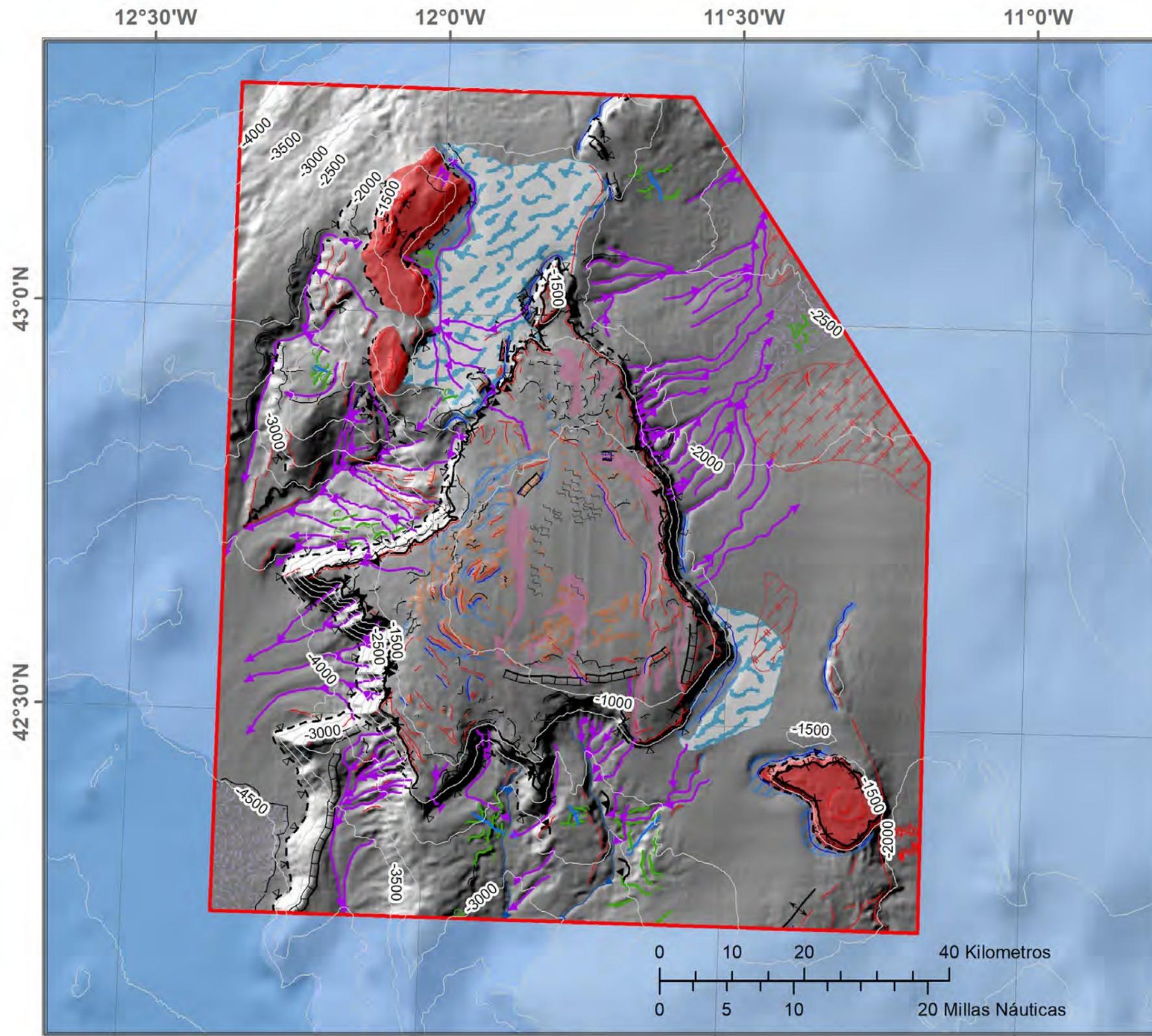
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
GEOMORFOLOGÍA POLIGONAL
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 500m
- LIC
- Bioconstrucción
- Canales
- Depósito transporte masa
- Depósitos contorníticos
- Monte
- Ondulaciones estructurales
- Surcos



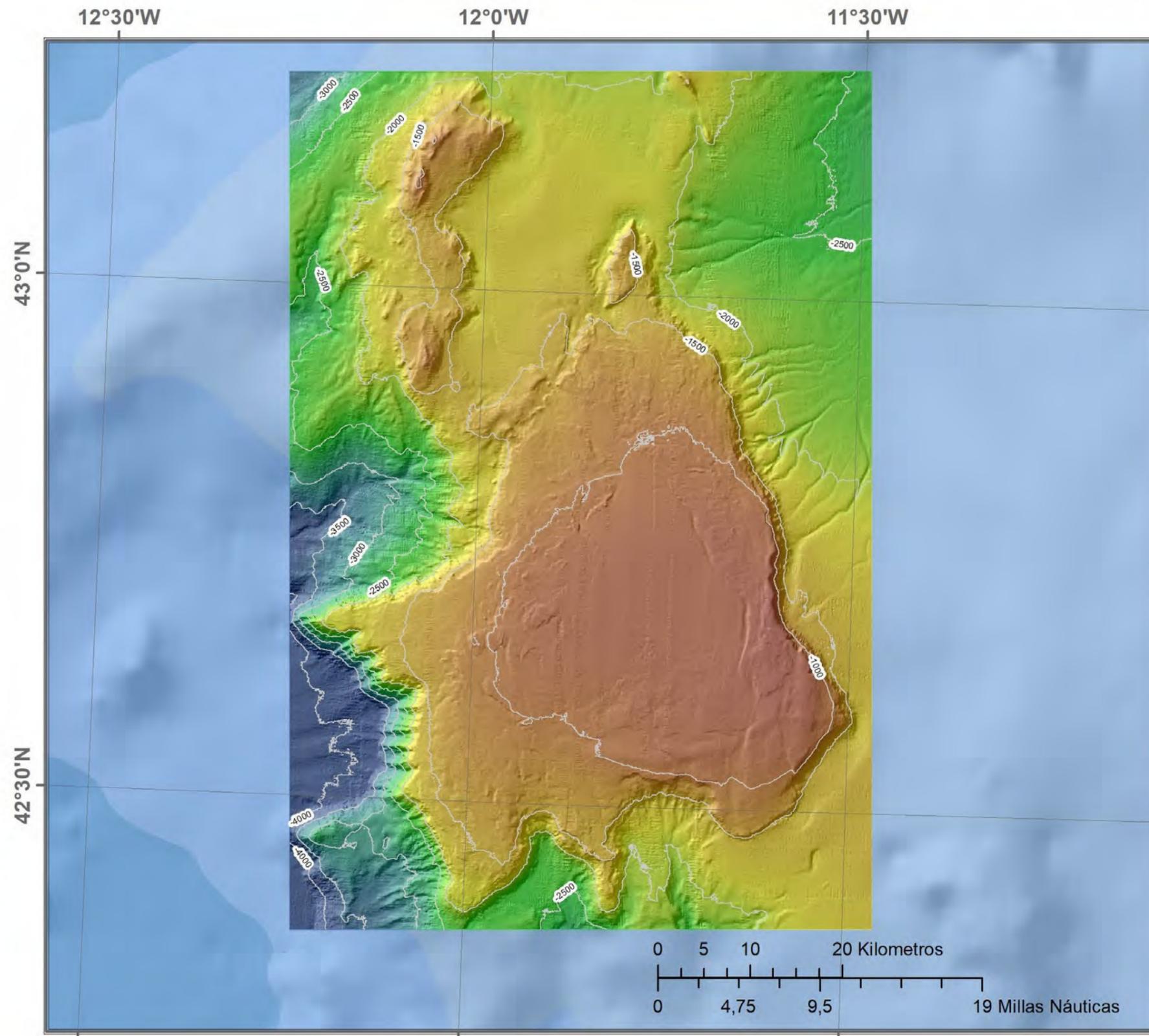
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
TIPOS MORFOLÓGICOS
200 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 500m
- ▲ Abecera
- ⊠ LIC
- ⊠ Cresta
- ⊠ Bioconstrucción
- ⊠ Cresta onda arena
- ⊠ Canales
- Eje del Cañón
- ⊠ Depósito transporte masa
- ⊠ Eje pliegue
- ⊠ Depósitos contorníticos
- ⊠ Escarpe erosivo
- ⊠ Monte
- ⊠ Escarpe tectónico
- ⊠ Ondulaciones estructurales
- ⊠ Ondulación estructural
- ⊠ Surcos
- ⊠ Pie de escarpe
- ⊠ Surco
- ⊠ Techo del banco
- Transporte masa dirección
- Transporte masa frente

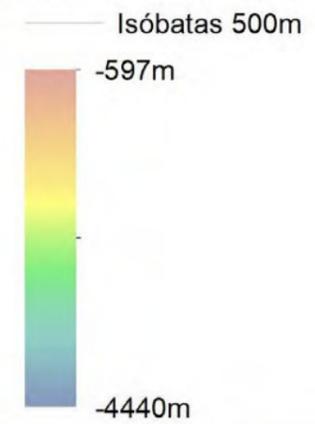


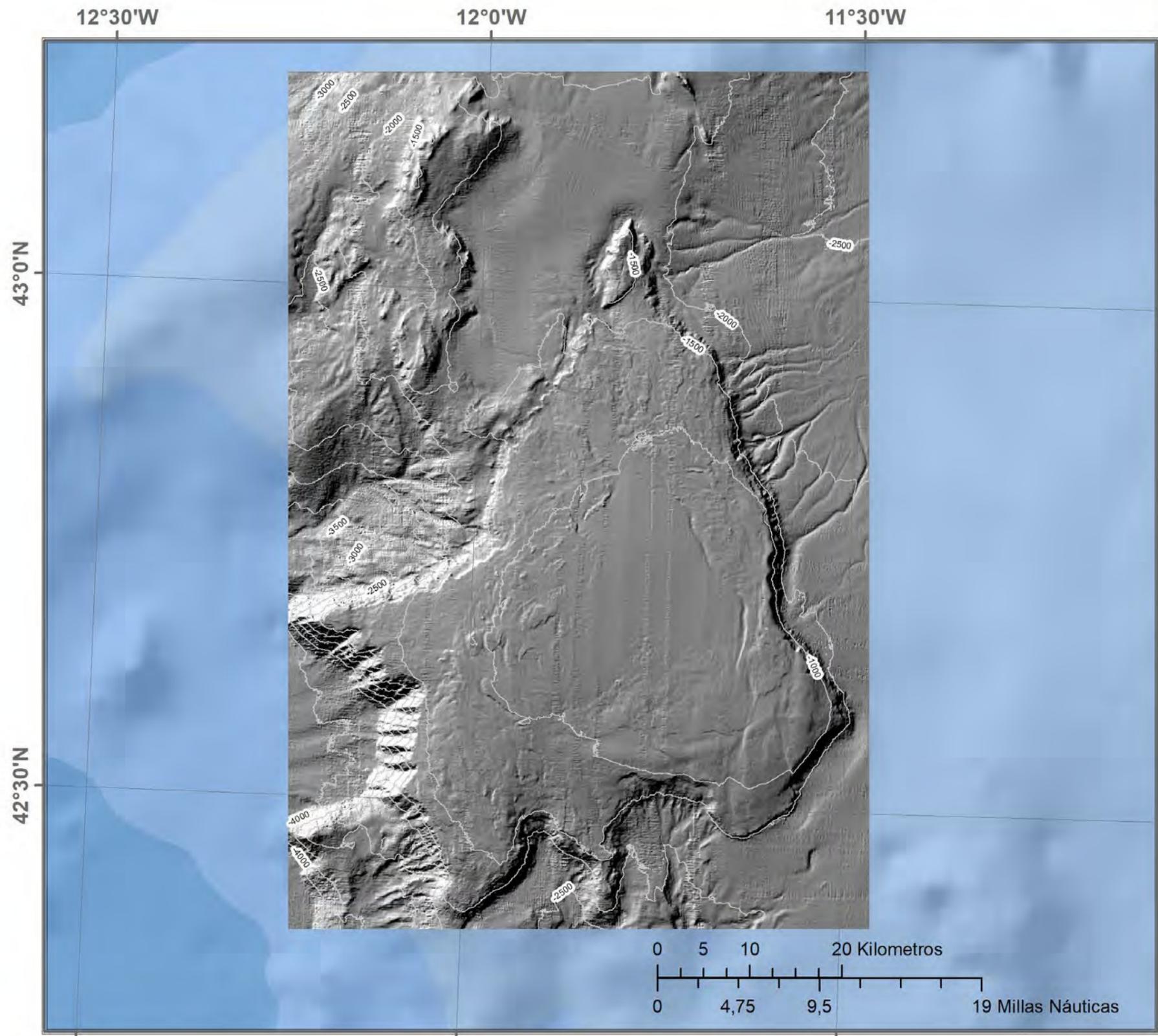
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

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

LEYENDA



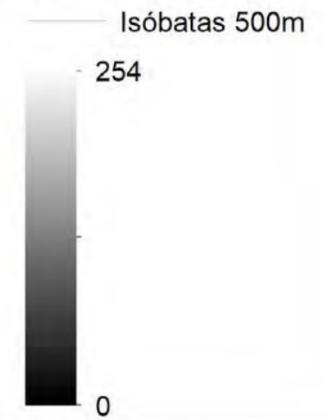


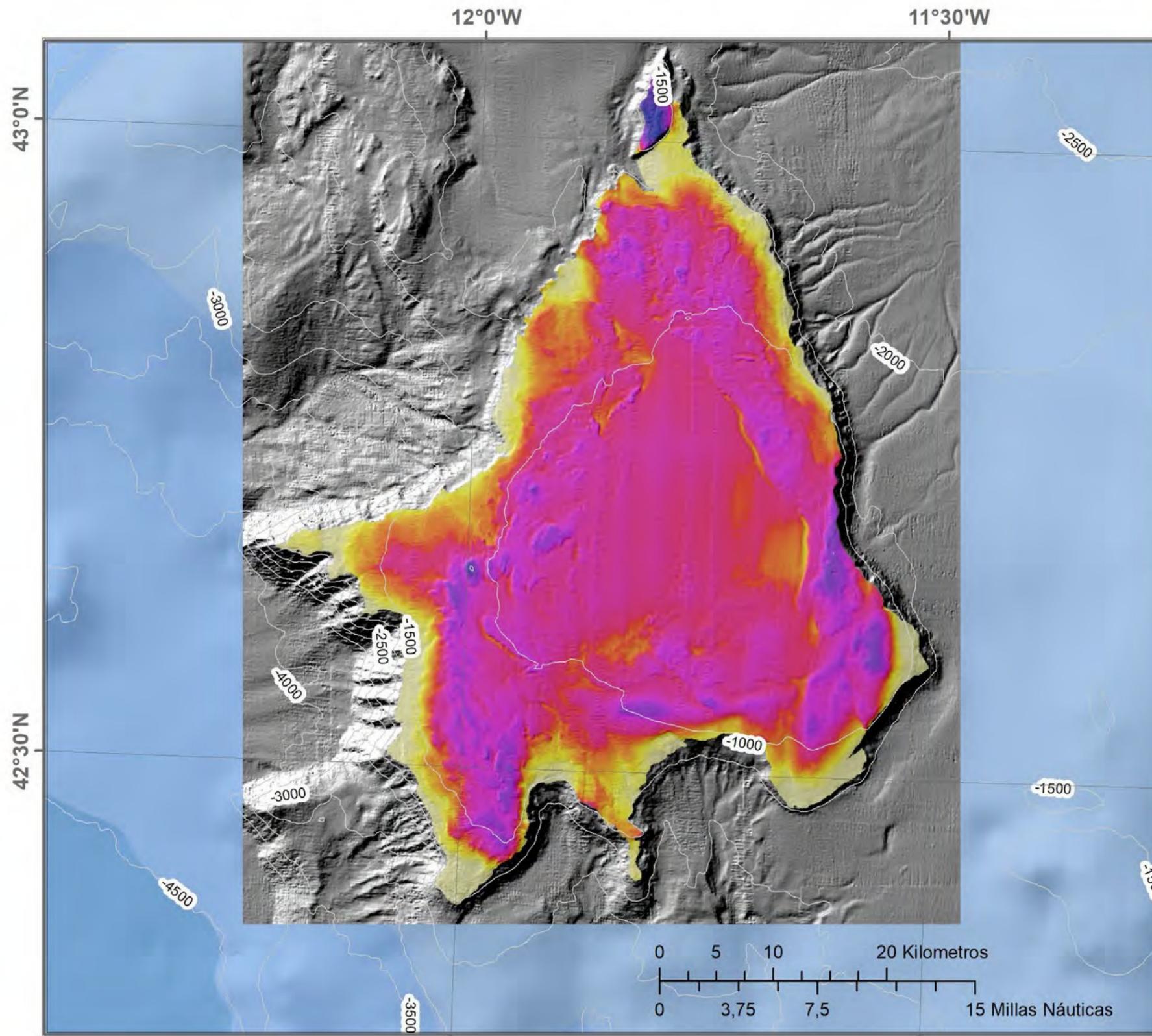
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
SOMBREADO
75 METROS DE RESOLUCIÓN

LEYENDA





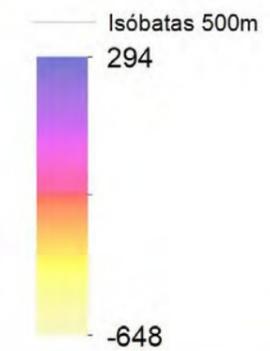
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

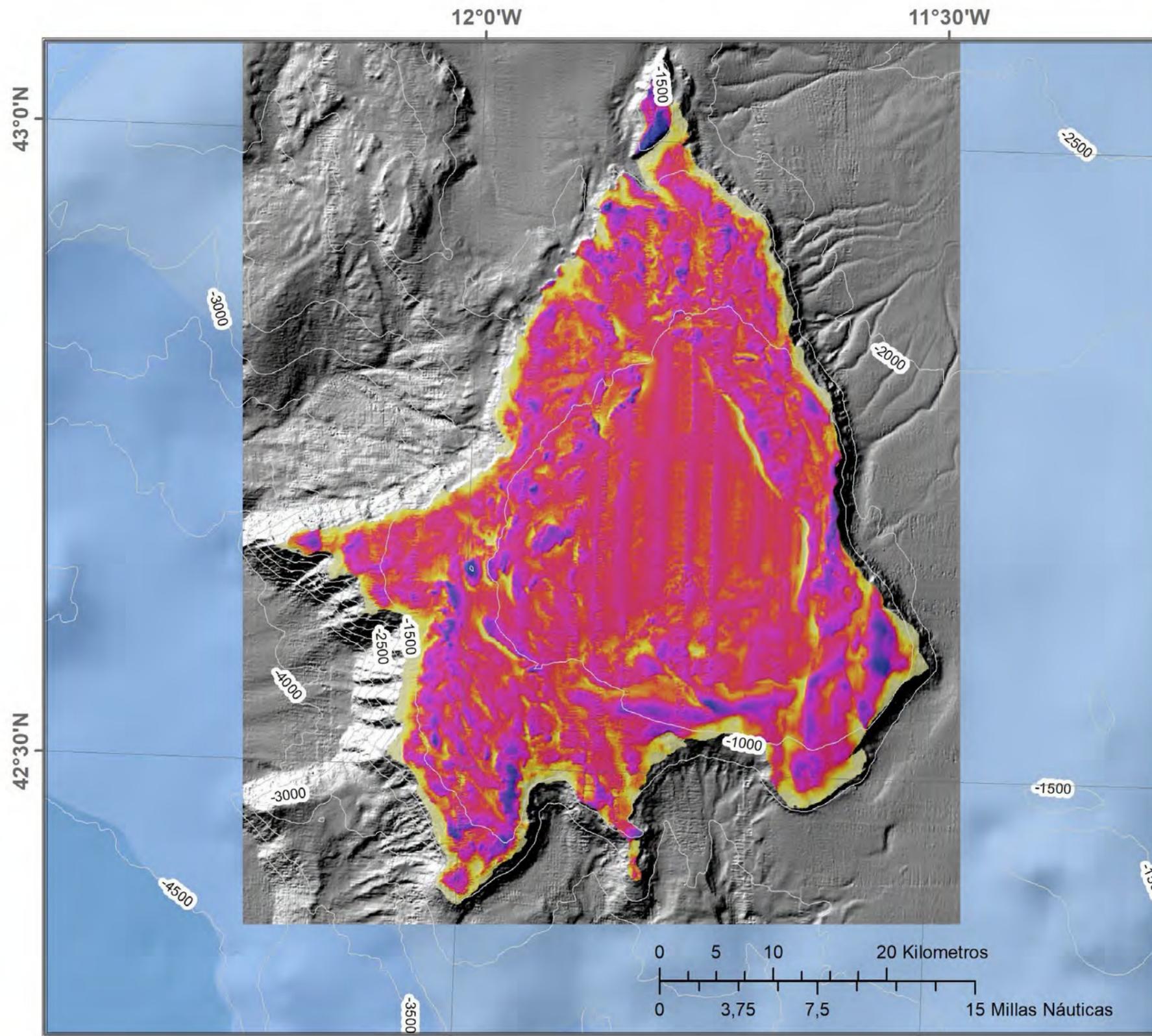
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
ESCALA GROSERA

Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%
Radio interno: 25 celdas
Radio externo: 75 celdas

LEYENDA





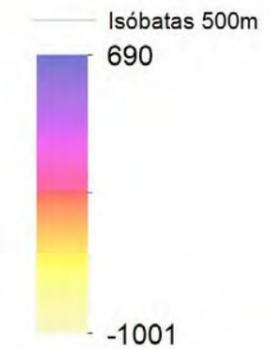
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

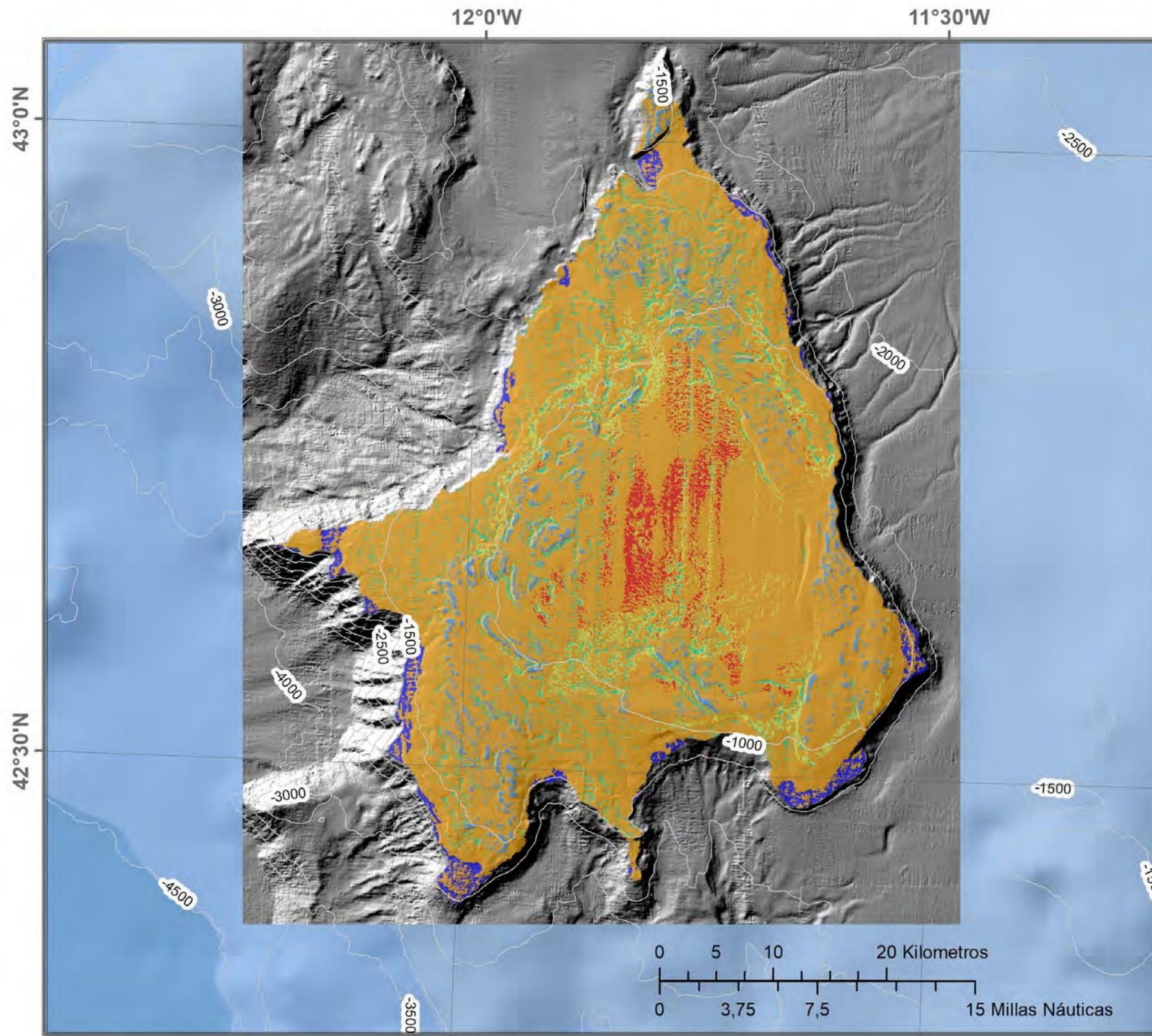
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
ESCALA DE DETALLE

Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%
Radio interno: 3 celdas
Radio externo: 25 celdas

LEYENDA





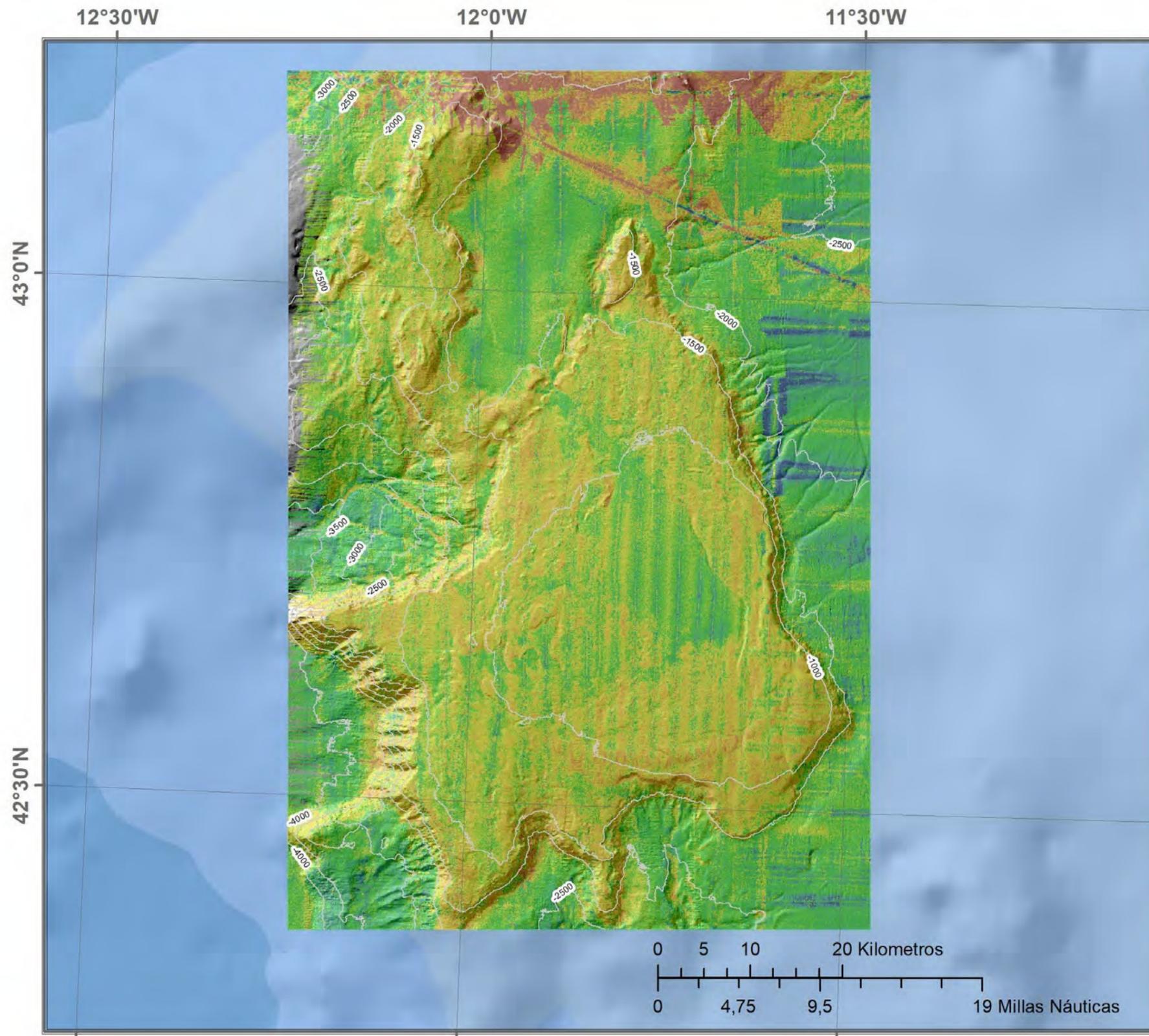
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
CLASES BTM
75 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%

LEYENDA

-  Isóbatas 500m
-  Zonas aplaceradas
-  Sustrato rugoso
-  Pendientes altas
-  Depresiones
-  Cimas
-  Caida techo



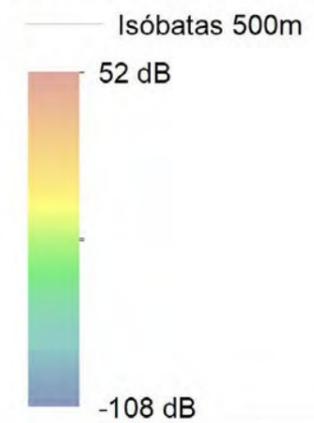
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

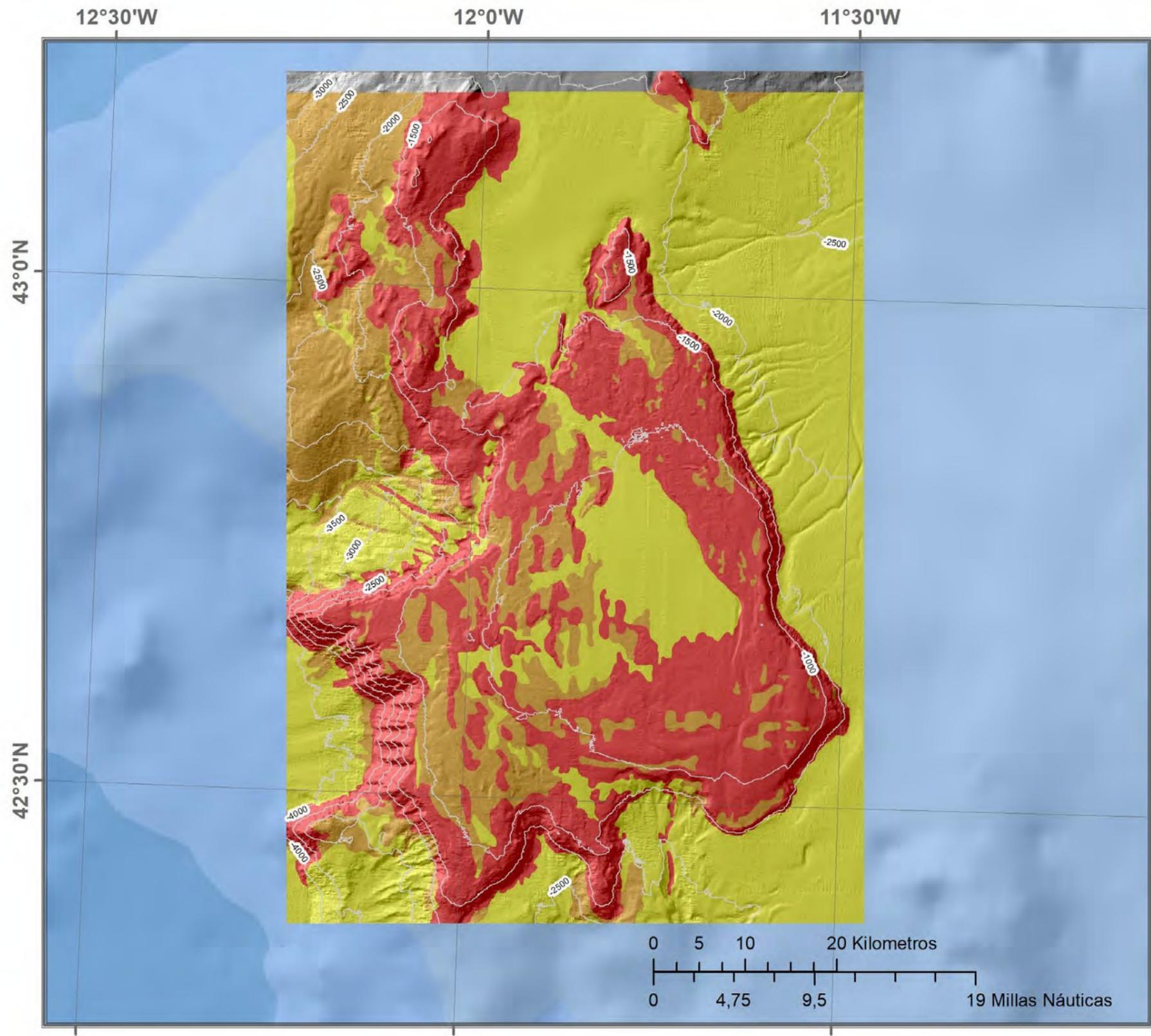
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
REFLECTIVIDAD
75 METROS DE RESOLUCIÓN

Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 40%

LEYENDA





INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 29N

BANCO DE GALICIA
TIPO DE FONDO
75 METROS DE RESOLUCIÓN

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

LEYENDA

— Isóbatas 500m

■ Roca

■ Sedimento baja reflectividad

■ Sedimento media reflectividad