

LIFE IP INTEMARES

Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC ESZZ12003 Sistema de cañones submarinos de Avilés

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



ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	4
Executive summary.....	5
1. Introducción.....	5
2. Área de estudio.....	6
3. Metodología.....	9
4. Mapas derivados de la batimetría.....	11
4.1. Índices de posición batimétrica.....	13
4.2. Curvatura.....	15
4.3. Orientación de fondo.....	16
4.4. Pendientes.....	18
4.5. Reflectividad.....	19
5. Distribución espacial de sedimentos. Tipos de fondo.....	21
6. Distribución espacial de tipos morfológicos.....	29
6.1. Elementos estructurales.....	32
6.2. Elementos deposicionales.....	33
6.3. Elementos erosivos.....	34
7. Distribución espacial morfosedimentaria.....	37
7.1. Plataforma.....	37
7.2. Sistema de cañones submarinos de Avilés.....	39
8. Conclusiones y recomendaciones.....	44
9. Referencias.....	47

ANEXOS

A. Información cartográfica del área total estudiada

1. Batimetría (resolución espacial 50 m, equidistancia isóbatas 100 m)
2. Batimetría (resolución espacial 50 m, equidistancia isóbatas 200 m)
3. Sombreado (resolución 50 m)
4. Pendientes (resolución 50 m)
5. Índice de posición batimétrica (escala gruesa; resolución 50 m)
6. Índice de posición batimétrica (escala fina; resolución 50 m)
7. Curvatura total (resolución 50 m)
8. Curvatura planar (resolución 50 m)
9. Curvatura perfil (resolución 50 m)
10. Orientación del fondo (resolución 50 m)
11. Reflectividad (resolución 10 m)
12. Geomorfología lineal
13. Geomorfología poligonal
14. Tipo de fondo

B. Información cartográfica de detalle. Zona de plataforma

15. Batimetría (resolución 5 m)
16. Batimetría (resolución 10 m)
17. Sombreado (resolución 5 m)
18. Sombreado (resolución 10 m)
19. Pendiente (resolución 10 m)
20. Índice de posición batimétrica (escala gruesa; resolución 10 m)
21. Índice de posición batimétrica (escala fina; resolución 10 m)
22. Curvatura total (resolución 10 m)
23. Curvatura planar (resolución 10 m)
24. Curvatura perfil (resolución 10 m)
25. Orientación del fondo (resolución 10 m)
26. Reflectividad (resolución 5 m)
27. Geomorfología lineal
28. Geomorfología poligonal
29. Tipo de fondo (resolución 10m)

Autores del informe: Arrese, B., Gómez-Ballesteros, M. y Díez-García, I.P.

Colaboradores en Anexos: Agudo, L.M., Mata, D. y Tello, M.O.

Resumen ejecutivo

En el año 2014 se declaró el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000 denominado “ESZZ12003 Sistema de cañones submarinos de Avilés”. Dicho espacio marino, perteneciente a la región biogeográfica atlántica, se ubica en el margen continental del norte de la península Ibérica y engloba tres cañones submarinos (Avilés, El Corbiro y La Gaviera), una plataforma marginal (Canto Nuevo) y un alto estructural rocoso (Agudo de Fuera). Su compleja topografía constituye un lugar con alta producción biológica que alberga hábitats naturales y especies de interés comunitario.

Durante el proyecto LIFE INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español” se adquirió información relevante para realizar el estudio geomorfológico de la región del sistema de cañones submarinos de Avilés. La acción A.2.1 del actual proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”, tiene como objetivo principal mejorar el conocimiento en zonas ya declaradas, ampliando la información necesaria para elaborar el plan de gestión del LIC, así como su futura declaración como Zona de Especial Conservación (ZEC).

En este informe se muestran los resultados obtenidos del reprocesado de los datos geofísicos obtenidos durante las campañas oceanográficas de la etapa INDEMARES, aplicando los últimos avances en programas específicos de procesado y análisis que han permitido ampliar el conocimiento sobre estas zonas. Se han obtenido cartografías de mayor resolución, así como los productos derivados de ellas (mapas de pendientes, índices de posición batimétrica, curvatura, etc.), lo que supone un beneficio para el estudio de la geomorfología y de los hábitats presentes. Especialmente se ha ampliado el estudio geomorfológico de la zona correspondiente a la plataforma continental, hasta los 200 m de profundidad, por constituir una zona con afloramientos rocosos que albergan el hábitat 1170-Arrecifes, de interés prioritario de conservación según el Anexo I de la Directiva Hábitats (DH). Al mismo tiempo se ha realizado un especial esfuerzo en la caracterización geológica de los tres cañones submarinos presentes en el LIC, ya que constituyen el principal valor ambiental de la zona debido a que soportan la presencia de arrecifes de corales de aguas frías, bosques de gorgonias y agregaciones de esponjas de profundidad, hábitats muy vulnerables de la tipología 1170 Arrecifes de la DH.

Executive summary

The "ESZZ12003 Avilés Canyon System" was declared Site of Community Interest (SCI) of the Natura 2000 Network in 2014. This marine area is located in the Atlantic biogeographic region, on the continental margin in the north of the Iberian Peninsula. It comprises three submarine canyons (Avilés, El Corbiro and La Gaviera), a marginal platform (Canto Nuevo) and a rocky structural high (Agudo de Fuera). It is a place with a complex topography and high biological production, which are home to natural habitats and species of community interest.

Relevant information was acquired to carry out the geomorphological study of the Avilés Canyon System during the LIFE INDEMARES project "Inventory and designation of marine Natura 2000 areas in the Spanish sea". The A.2.1 Action of the current LIFE IP INTEMARES project "Integrated, innovative and participatory management for the Natura 2000 Network in the Spanish marine environment", has as its main objective to improve knowledge in declared areas, expanding the necessary information to develop the management plan of the SCI, as well as its future declaration as a Special Area of Conservation Zone (SAC).

This report shows the results obtained from the reprocessing of the geophysical data obtained during INDEMARES oceanographic surveys, applying the latest advances in specific processing and analysis software, that have allowed us to expand knowledge about these areas. It has been obtained higher resolution maps, as well as the products derived from them (slope maps, bathymetric position indices, curvature, etc.), which constitutes a benefit for the study of geomorphology and the habitats. In particular, the geomorphological study of the platform has been expanded, up to 200 m deep, as an area with rocky outcrops housing 1170-Reefs Habitat, of a priority conservation interest according to Annex I of the Habitats Directive (HD). At the same time, a special effort has been made in the geological characterization of the three submarine canyons present in the SCI. They constitute the main environmental value of the area due to the presence of cold-water coral reefs, gorgonian forests and aggregation of deep sponges, very vulnerable habitats of the typology 1170 Reefs of the HD.

1. Introducción

Los estudios realizados durante el proyecto LIFE INDEMARES "Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español" tuvieron como principal objetivo contribuir a la protección y uso sostenible de la biodiversidad en los mares

españoles mediante la identificación de espacios de valor para la Red Natura 2000. Uno de los resultados de dicho proyecto fue la declaración como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) del Sistema de cañones submarinos de Avilés, publicada la Orden AAA/2280/2014 del Boletín Oficial del Estado del 4 de diciembre de 2014.

Actualmente, en el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”, se pretende conseguir una red consolidada de espacios marinos en el contexto de la Red Natura 2000, gestionados de manera eficaz, definiendo para ello una serie de acciones prioritarias.

En concreto, la acción A.2.1, donde se ubica este informe, se centra en la mejora del conocimiento de zonas ya declaradas, completando la información necesaria para la elaboración del plan de gestión por parte del organismo gestor (Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Transición Ecológica – MITERD), que haga posible su futura declaración como Zona de Especial Conservación (ZEC).

Como fase previa, y para conocer las características ambientales de los hábitats bentónicos presentes en el LIC, es necesario disponer de una detallada caracterización geomorfológica y morfosedimentaria del fondo marino.

Los datos obtenidos en diferentes campañas oceanográficas y estudios llevados a cabo durante el proyecto INDEMARES sirvieron para realizar el estudio geomorfológico de la región del sistema de cañones submarinos de Avilés, caracterizando los principales dominios fisiográficos en esta área.

Este conjunto de datos ha sido reprocesado y analizado con nuevas técnicas que han permitido un avance cualitativo de los resultados obtenidos durante el proyecto INDEMARES, en concreto los datos de batimetría y reflectividad existentes, para ampliar el estudio geológico del LIC. El reprocesado de estos datos, aplicando nuevos algoritmos de procesado implementados en los avances del software empleado, ha facilitado la obtención de nuevos mapas derivados (pendiente, orientación, curvatura, índices de posición batimétrica - BPIs, etc.) cuyo análisis detallado ha permitido una mejora en la descripción geomorfológica de este sistema de cañones submarinos.

2. Área de estudio

El Sistema de Cañones Submarinos de Avilés (SCA) se ubica en el mar Cantábrico, concretamente en el margen continental del norte de la Península Ibérica, frente a la costa occidental asturiana (Figura 1).

La zona se sitúa entre las latitudes 43° 40.80' N y 44° 3.600' N y las longitudes 6° 36.00' W y 5° 36.00' W, ocupando un área aproximada de 3.390,26 km²

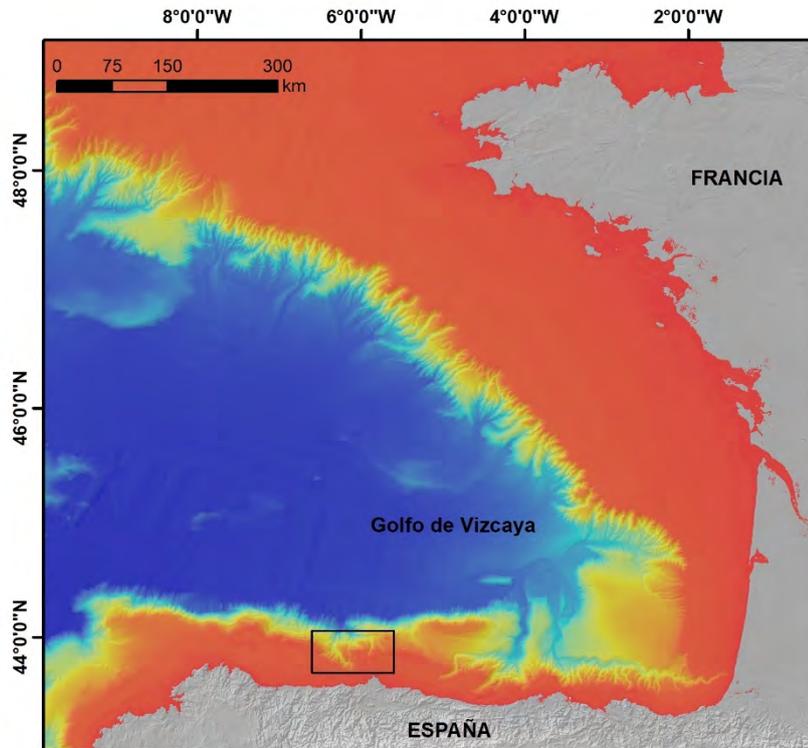


Figura 1. Localización del área de estudio.

La zona comprende los diferentes dominios fisiográficos que van desde la plataforma continental, de anchura variable y borde muy irregular, talud superior y talud inferior, de fuertes pendientes y culmina en la llanura abisal del golfo de Vizcaya.

El rango de profundidades en el que se encuentra la zona de estudio es muy amplio, desde los 39 m de la zona de plataforma hasta los 4800 m a pie del talud inferior en la desembocadura del cañón de Avilés y comienzo de llanura abisal.

El margen continental está seccionado por una serie de cañones submarinos que configuran el que da nombre al sistema completo SCA, destacando el propio cañón de Avilés de orientación SE-NW. Al este se encuentran los cañones El Corbiro y La Gaviera, jerárquicamente inferiores al cañón de Avilés y con una caracterización muy diferente a éste. Otras formaciones destacables son la plataforma marginal el Canto Nuevo y el alto estructural rocoso del Agudo de Fuera (Fig. 2).

La configuración del fondo marino en la zona de estudio es el resultado de una compleja evolución geológica, con sucesión de diversos procesos geológicos que culminan con una

fase tectónica compresiva dando lugar tanto al actual margen compresivo como al levantamiento y deformación de la cordillera Cantábrica (Gallastegui et al., 2002). Reflejo de esta compleja evolución geológica es la gran variedad de rasgos morfológicos, tanto sedimentarios o deposicionales (ondas de arena), como erosivos (cañones, gullies, etc.), tectónicos (fallas, escarpes tectónicos, crestas, etc.) y biogénicos (montículos carbonatados), identificados en el área de estudio.

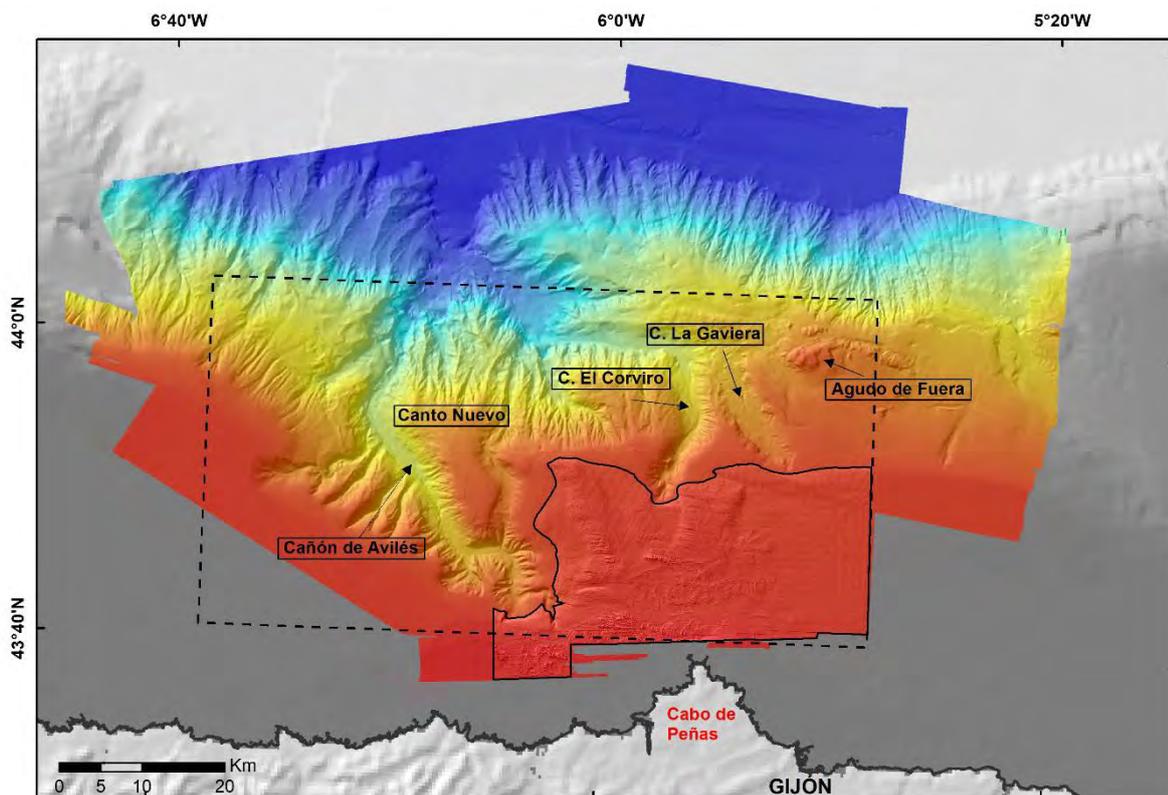


Figura 2. Modelo digital del terreno de la zona de estudio donde se muestran los límites del LIC (línea discontinua), la localización de las principales estructuras, así como la zona de plataforma, a una resolución de mayor detalle y que aparece delimitada perimetralmente.

Este estudio se ha centrado principalmente en la mejora de la caracterización de los fondos donde se localizaron sustratos duros capaces de albergar el hábitat de interés prioritario según el Anexo I de la DH, 1170 Arrecifes.

Debido a la presencia de un mayor número de interacciones humanas con los hábitats vulnerables, en el presente informe, se analiza con mayor detalle la geología de la zona de plataforma continental con fondos de naturaleza rocosa o sustrato duro, con profundidades comprendidas entre 35 y 200 m y con escasa pendiente, menor de 4°. Durante el proyecto INDEMARES se identificó en este sector el hábitat “Roca circalitoral dominada por invertebrados con *Phakellia ventilabrum* y *Dendrophyllia cornigera*” (INDEMARES, 2014; Sánchez et al., 2014). Se trata de una comunidad de invertebrados, estructurada

principalmente por esponjas y corales, que se asienta sobre los afloramientos rocosos de la plataforma continental, situados al Norte de Cabo Peñas, en profundidades entre 100 y 180 m principalmente (Fig. 3).

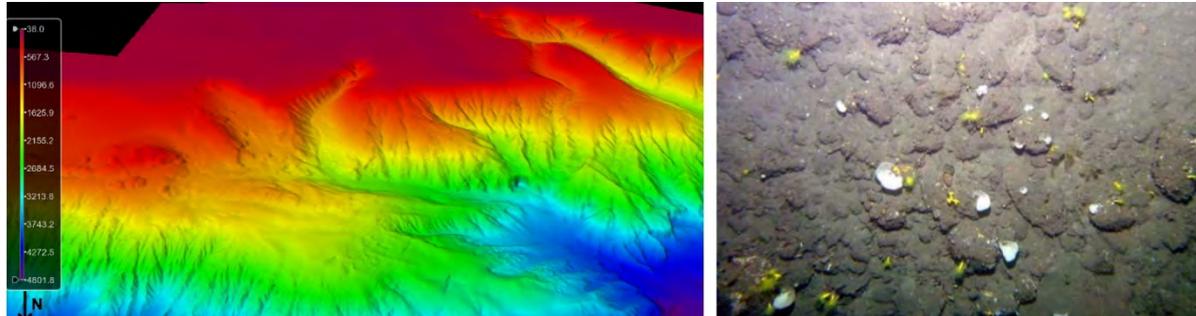


Figura 3. Vista 3D de la zona de estudio, a la izquierda, e imagen de uno de los fondos rocosos de la plataforma continental, a la derecha.

3. Metodología

Los trabajos realizados para mejorar el conocimiento geológico del SCA han tenido como base los datos geofísicos ya adquiridos de batimetría multihaz, reflectividad y perfiles sísmicos de Topas de las siguientes campañas realizadas durante el proyecto INDEMARES.

Tabla 1. Campañas pertenecientes al proyecto INDEMARES en las que se adquirieron datos geofísicos.

Campaña	Buque	Ecosonda
INDEMARES AVILÉS 0410	Vizconde de Eza	EM300
INDEMARES AVILÉS 0511	Vizconde de Eza	EM300
INDEMARES AVILÉS 0412	Ramón Margalef	EM710
INDEMARES AVILÉS 0912	Ángeles Alvariño	EM710

Los datos geofísicos existentes de la zona de la plataforma continental han sido reprocesados con el fin de obtener un modelo digital de elevación de mayor resolución que el adquirido en la etapa INDEMARES (con una resolución de 75 m) para permitir el posterior análisis geológico y sedimentario de dicho sector a mayor detalle.

Gracias al desarrollo tecnológico implementado en las últimas versiones del software de procesado *Caris HIPS and SIPS* v10.4 y 11.3 se ha obtenido una malla regular de 5x5 m

en la zona de plataforma, pudiéndose a su vez mejorar la resolución de malla de la zona completa del SCA hasta un detalle de 50x50 m.

Así mismo se ha obtenido un mosaico de reflectividad de alta resolución de la zona de plataforma con un paso de malla de 5 m que permitirá identificar con mayor detalle las zonas de afloramientos rocosos.

Durante el reprocesado de los datos de la plataforma, se observó que existía un desfase y falta de solape entre algunas de las líneas adquiridas con la ecosonda multihaz, concretamente en las zonas más someras, lo que generaba una serie de “artefactos escalonados” y dificultaba la obtención de una batimetría de mayor detalle (Fig. 4).

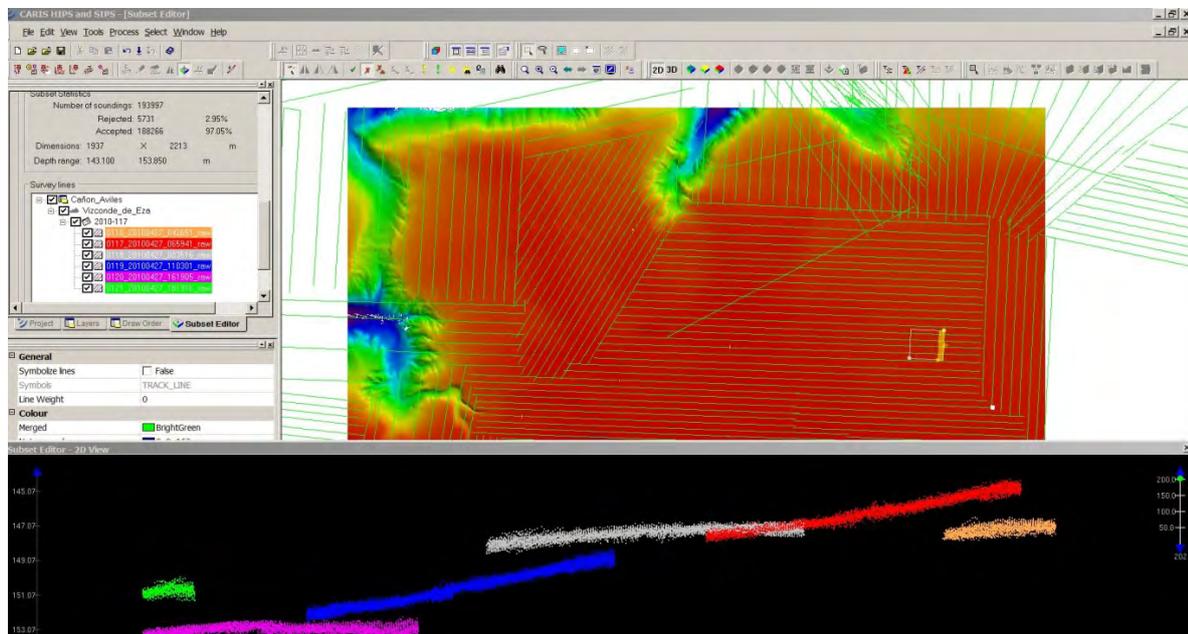


Figura 4. Detalle de los errores de solape en los datos adquiridos, vistos en el programa de procesado *Caris HIPS and SIPS*.

Para ello se optó por separar el conjunto de datos, creando un nuevo proyecto con las líneas multihaz que se adquirieron solo en la zona de la plataforma. En la etapa inicial del flujo de trabajo, se importaron nuevamente los datos brutos, se combinaron (*merge*) en un único proyecto y se aplicaron los valores de mareas para corregir los datos adquiridos. Para realizar estas correcciones de marea, se utilizaron los registros históricos de nivel del mar recogidos por el mareógrafo de Gijón durante los días de adquisición.

Posteriormente, se analizaron los datos de los sensores de movimiento aplicados: navegación, cabeceo, balanceo y ola, para detectar posibles datos erróneos. Se observó

una discrepancia en el valor de calibración del balanceo, lo que pudo originar algunos de los errores existentes en el procesado anterior.

Los datos adquiridos se procesaron en primer lugar de manera manual (modo *Subset*), eliminando aquellas sondas consideradas erróneas y aplicando posteriormente una serie de filtros y algoritmos estadísticos. Finalmente, con los datos filtrados y procesados, se generaron superficies batimétricas con los datos considerados definitivos, y el producto final obtenido fue una superficie de batimetría asociada a errores estadísticos (*Swath Angle Base Surface*).

De esta manera se pudo obtener una superficie batimétrica de 5 m de resolución en la zona de plataforma y de 50 m en la totalidad de la zona de estudio. Finalmente, para mejorar las superficies obtenidas, se interpolaron, rellenando así pequeños huecos o falta de datos, mediante el comando *Fill Raster Holidays*, aplicado a un tamaño de matriz de 5*5 píxeles.

4. Mapas derivados de la batimetría

Una vez exportadas las batimetrías en formato GeoTIFF, para la obtención de variables derivadas se utilizó la aplicación *ArcMap* del software *ArcGIS Desktop* 10.4.1. Inicialmente, a partir del modelo digital de elevaciones (MDE), se obtiene un mapa de sombreado que facilita la visualización de una determinada superficie aplicando una iluminación con una dirección y pendiente determinada.

Mediante diversas herramientas de análisis de superficie, se obtuvieron los mapas derivados de la batimetría, que sirvieron para mejorar la interpretación geomorfológica (Fig. 5 y Tabla 2). El significado y proceso de elaboración de estos mapas se detallan en los siguientes apartados del presente informe y dichas capas se incluyen además con mayor detalle en el apartado de Anexos.

Tabla 2. Relación de mapas elaborados a partir de los datos batimétricos procesados.

Mapas elaborados	Resolución (m)	Zona
Isóbatas	200 y 20 m de equidistancia	Zona completa
Sombreado	50 m	Zona completa
	5 y 10 m	Plataforma hasta los 200 m
Pendientes	50 m	Zona completa
	10 m	Plataforma hasta los 200 m
Índice de Posición Batimétrica (BPI). Escala gruesa y fina	50 m	Zona completa
	10 m	Plataforma hasta los 200 m
Curvatura (total, planar y perfil)	50 m	Zona completa

	10 m	Plataforma hasta los 200 m
Orientación del fondo	50 m	Zona completa
	10 m	Plataforma hasta los 200 m

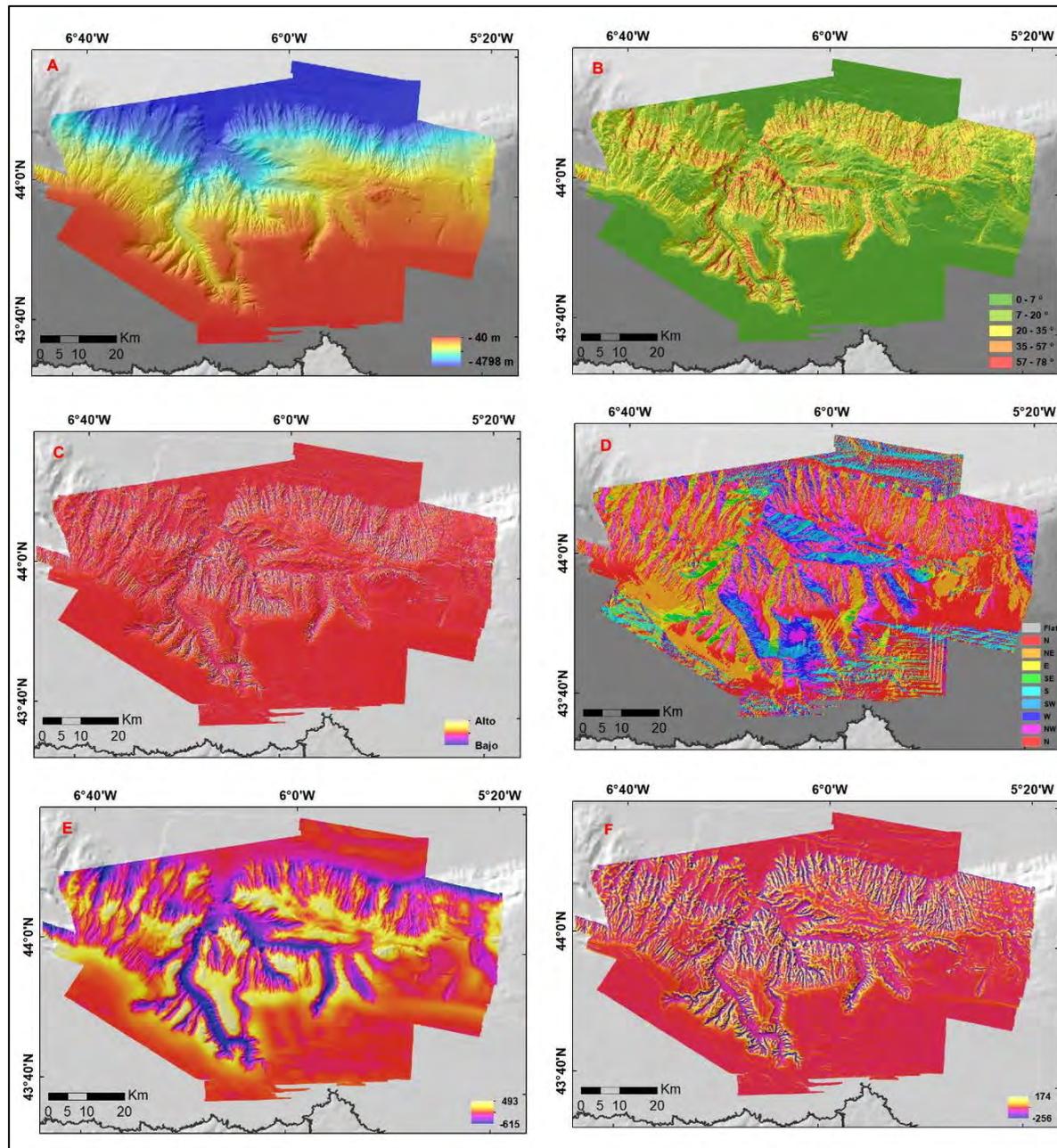


Figura 5- Batimetría y mapas derivados del Sistema de cañones de Avilés. Resolución espacial de 50 m. A) Batimetría, B) Pendientes, C) Curvatura, D) Orientación, E) BPI grueso, F) BPI fino.

4.1. Índices de Posición Batimétrica

A partir de los datos de batimetría se han calculado los Índices de Posición Batimétrica o BPIs (*Bathymetric Position Index*). El BPI deriva de la batimetría, discriminando si las zonas son llanas, presentan grados de pendientes, corresponden a resaltes o por el contrario son zonas de depresiones y sirve para analizar el dominio bentónico clasificando las características de la superficie del fondo marino. El tamaño y precisión de las clases o regiones que se distinguen dependen del radio o número de celdas que se indiquen a la hora de aplicar el algoritmo. Se han generado los BPIs en dos escalas diferentes:

- gruesa (*broad*), eligiendo radios de 10 interno y 100 externo para la zona completa y 15 interno y 150 externo para la zona de plataforma, con la que se identifican los rasgos morfológicos a gran escala (Anexos A.5, A.6)

- fina (*fine*) con radios: 2 interno y 10 externo para la zona completa y, 1 interno y 15 externo para la zona de plataforma, que identifica tipos morfológicos a pequeña escala. (Anexos B.16, B.17).

Tabla 3. Radios elegidos para generar los Índices de Posición Batimétrica.

Escala BPI	Zona completa		Zona plataforma	
	<i>Interno</i>	<i>Externo</i>	<i>Interno</i>	<i>Externo</i>
Gruesa (<i>Broad</i>)	10	100	15	150
Fina (<i>Fine</i>)	2	10	1	15

Una vez definidos los radios de acción, teniendo en cuenta las características del fondo (batimetría, pendiente y rugosidad), se creó un diccionario de clasificación del terreno en el que se incluye el número de clases que interesa delimitar con el fin de identificar, de manera semiautomática, los tipos morfológicos o clases asociados a diferentes hábitats bentónicos. De esta manera, se obtuvieron los mapas de clases utilizando la herramienta *Benthic Terrain Modeler* (BTM) (Fig. 6 y Fig. 7). Para la zona de estudio se han diferenciado las siguientes clases:

Zona de pendiente baja, surco o incisión, fondo de transición o flanco, fondo aplacerado, depresión, cresta y alto topográfico (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de la superficie total ocupada por las diferentes clases.

Clase	% superficie que ocupa			
	Zona completa SCA		Zona de plataforma	
Zona de pendiente baja		55,3 %		84,4 %
Surco o incisión		4,9 %		0,8%
Fondo de transición o flanco		17,7 %		7,2 %
Fondo aplacerado		8,1 %		
Depresión		4,7 %		0,5 %
Cresta		6,5 %		5,6 %
Alto topográfico		3,0 %		1,6 %

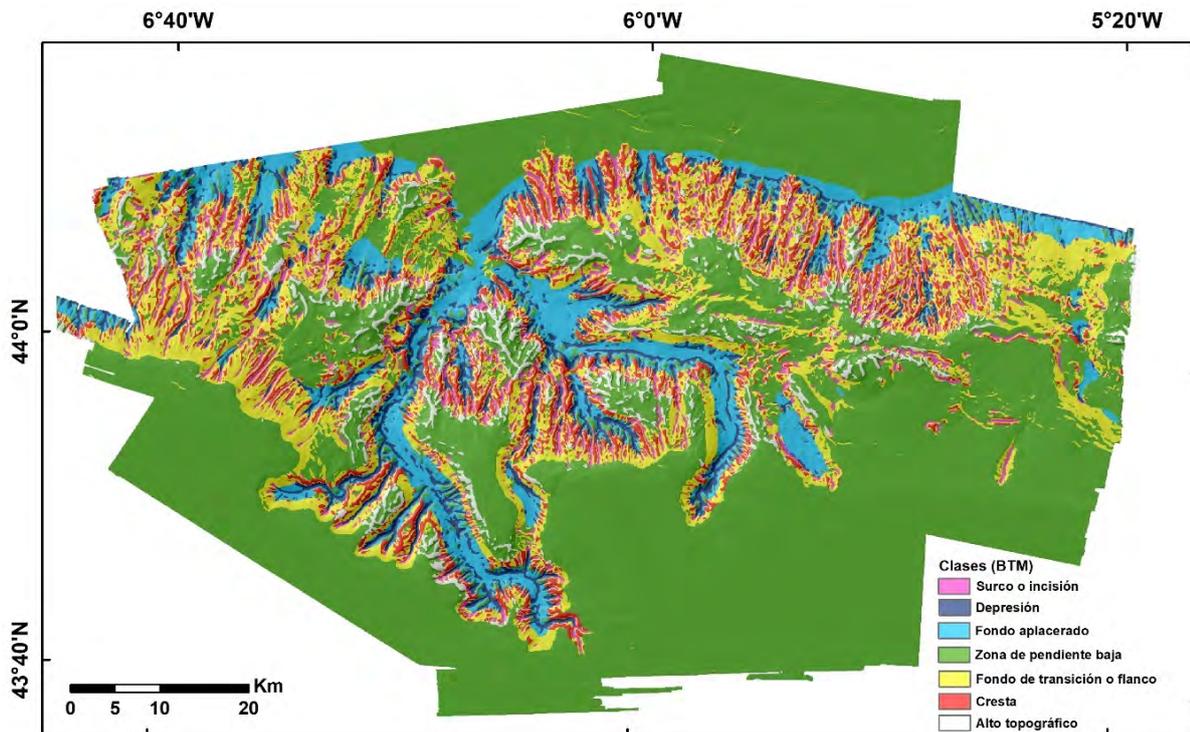


Figura 6. Mapa de distribución de clases de fondo obtenidas mediante la herramienta BTM a partir de los Índices de Posición Batimétrica (BPIs) del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés.

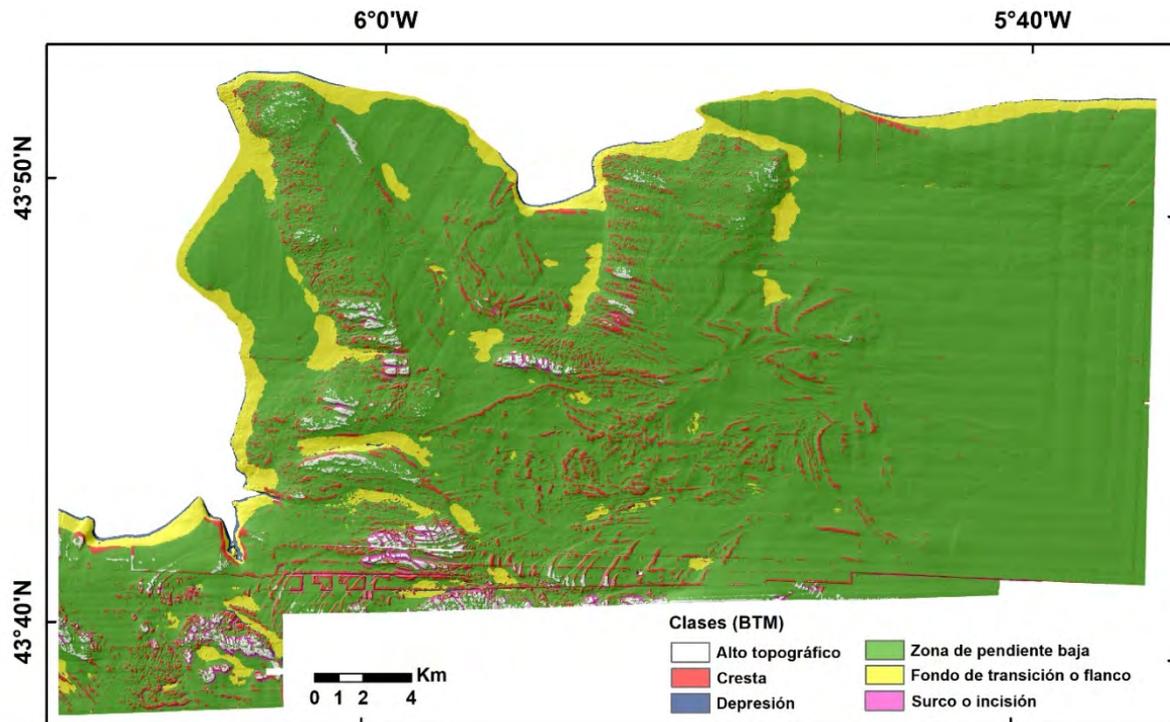


Figura 7. Mapa de distribución de clases de fondo a partir de los Índices de Posición Batimétrica de la zona de plataforma del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés.

4.2. Curvatura

Los mapas de curvatura se obtienen calculando la segunda derivada de la superficie y muestran la forma o curvatura de la pendiente, lo que aporta información sobre los procesos de erosión en el fondo. Los diferentes tipos de curvatura acentúan aspectos mostrados por la pendiente. La curvatura de perfil es paralela a la pendiente e indica la dirección de la pendiente máxima (Fig. 8A), mientras que la curvatura del plano es perpendicular a la dirección de la pendiente máxima (Fig. 8B). La estándar combina curvatura de perfil y de plano. En todas ellas, un valor de cero indica una superficie plana.

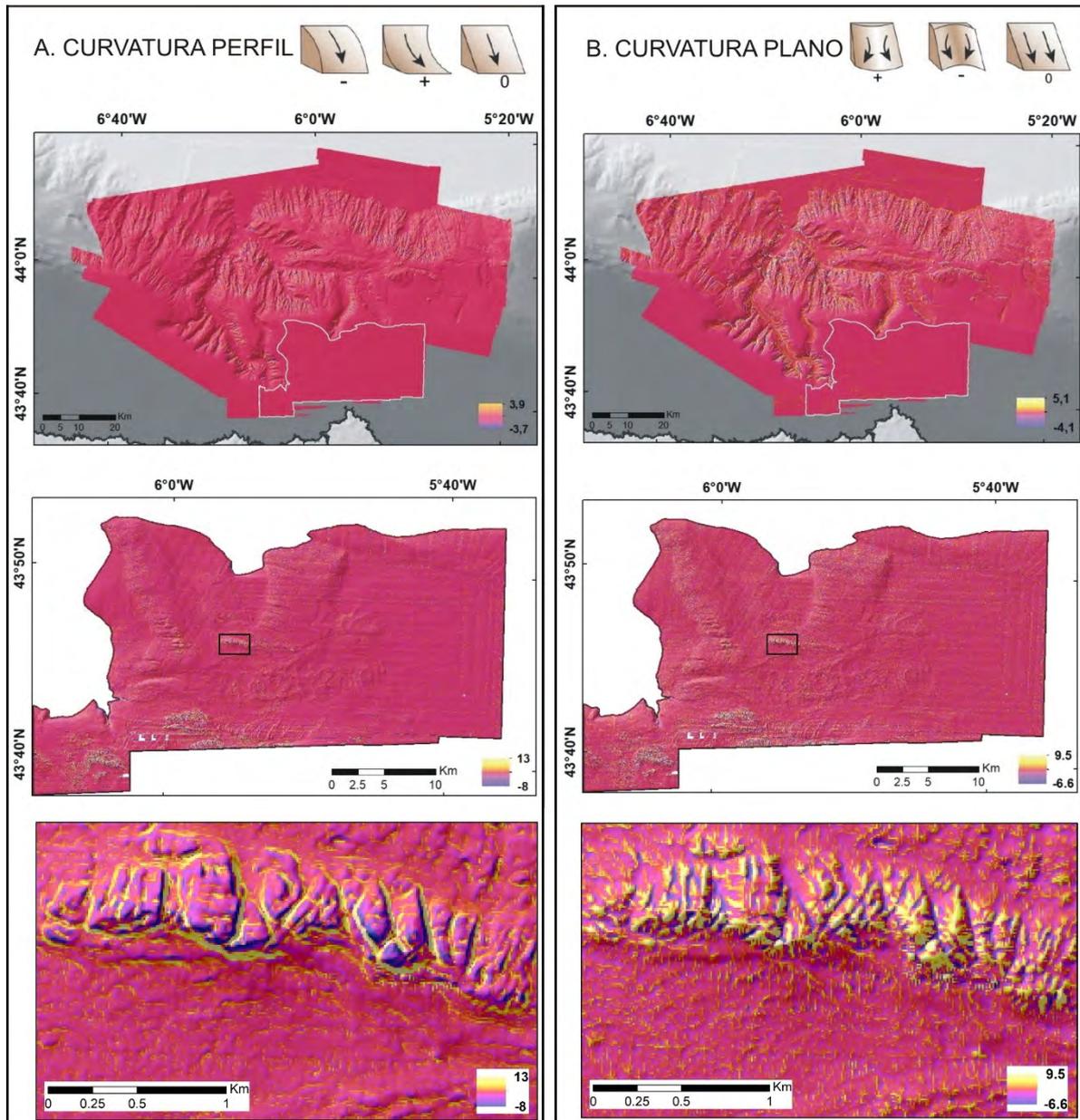


Figura 8. Mapas de curvatura de perfil (A) y de plano (B). En la parte superior se muestra un esquema con la geometría de la pendiente y su valor y el mapa de curvatura en la zona completa. En la parte central, se observa el mapa de curvatura de la zona de plataforma, donde se indica con un recuadro la localización de un afloramiento rocoso cuyo detalle se muestra en la parte inferior de la figura.

4.3. Orientación de fondo

Los mapas de orientación de fondo o aspecto muestran la dirección de la pendiente (Fig. 9). Los valores están comprendidos entre los 0 y los 360°, medidos en el sentido de las agujas del reloj desde el norte. Las áreas planas tienen un valor de -1.

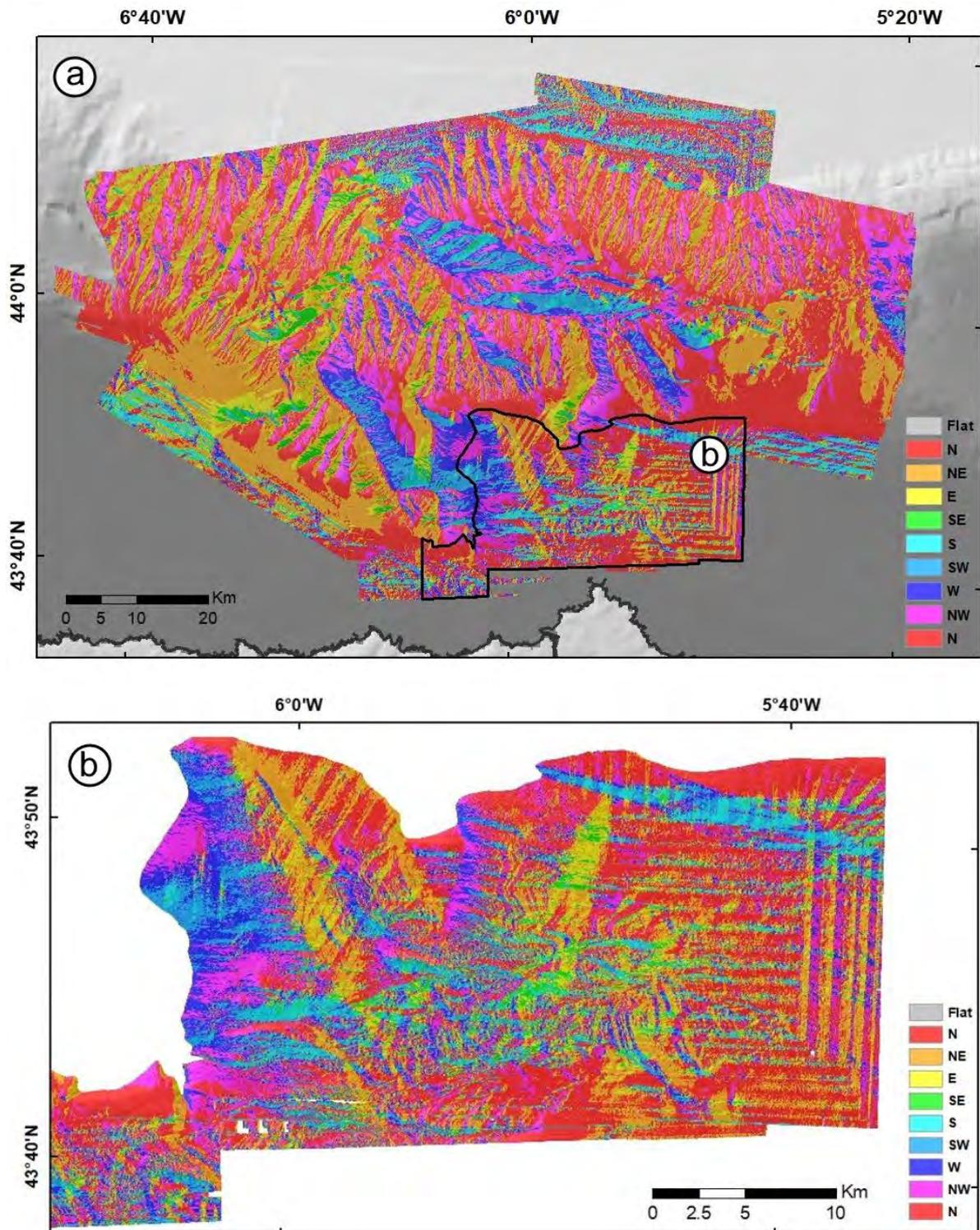


Figura 9. Mapas de orientación de fondo. a) Zona completa del SCA y b) zona de plataforma.

4.4. Pendientes

La pendiente es la primera derivada de un modelo digital de elevación. Su valor muestra la tasa de cambio de elevación de cada celda respecto a sus vecinas (Fig. 10). Se puede medir en porcentajes, indicando el cambio en altura de una superficie con respecto al cambio en la distancia horizontal y en ángulo de inclinación, entre una superficie normal y un plano horizontal. Cuanto menor sea el valor de pendiente, más plano será el terreno.

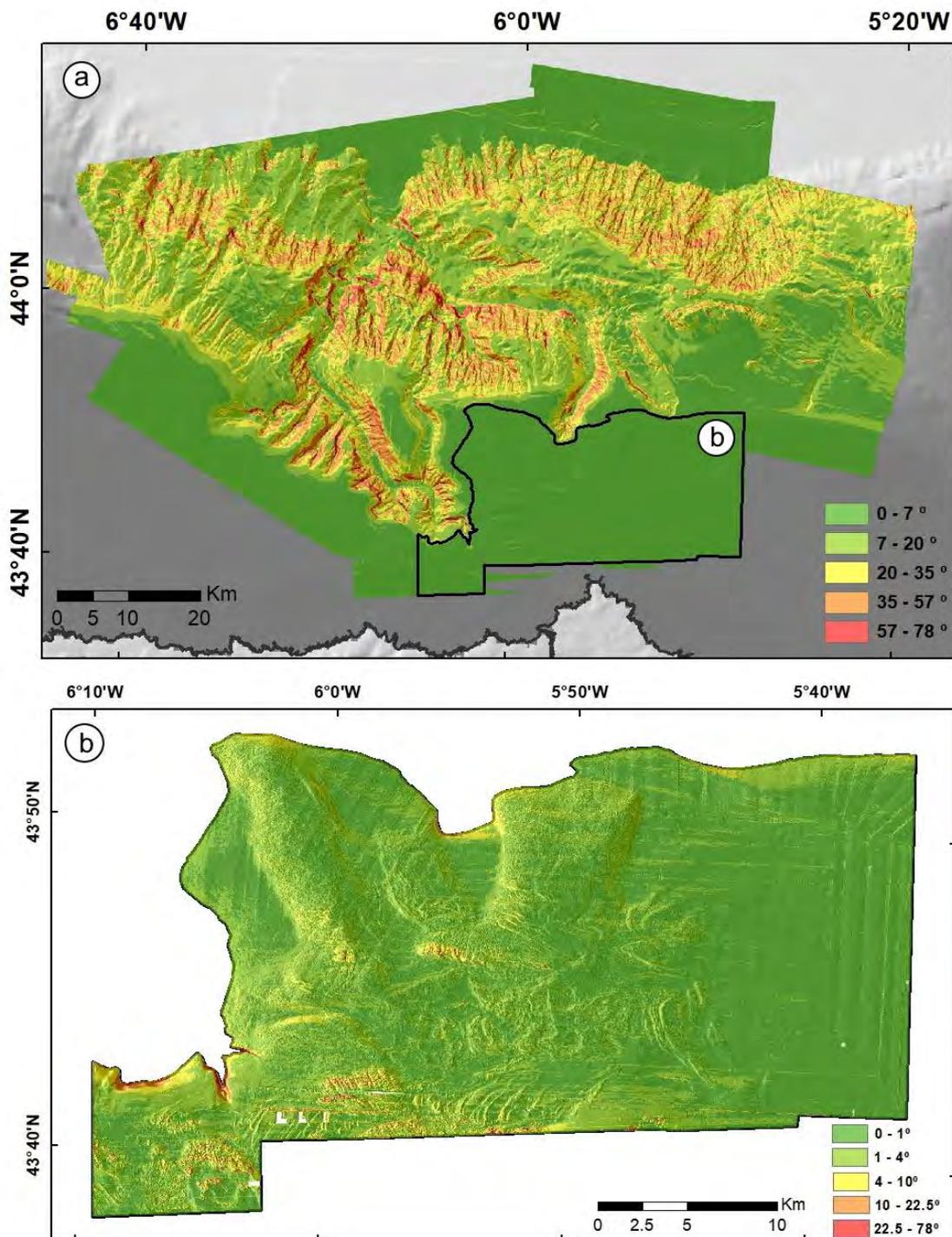


Figura 10. Mapas de pendientes. a) Zona completa del SCA y b) zona de plataforma.

4.5. Reflectividad

A partir de los datos de reflectividad adquiridos, cualidad que tienen los materiales de reflejar la energía acústica en base a sus características físicas, lo cual aporta información sobre el tipo de fondo, se han generado mosaicos con los valores de reflectividad definidos. En el software de procesado *Caris HIPS and SIPS*, se ha utilizado el algoritmo GeoCoder para la elaboración de un mosaico continuo de toda la zona de estudio de 10 m de resolución (Fig. 11), y de 5 m de la plataforma (Fig. 12).

Además, para completar el mapa de tipos de fondo según los valores de intensidad de la reflectividad, se han elaborado mosaicos de detalle, por sectores, de las zonas con características batimétricas similares para obtener la mayor resolución posible.

A grandes rasgos, una mayor reflectividad correspondería a materiales duros (afloramientos rocosos, sustratos endurecidos...), mientras que reflectividades bajas corresponden a materiales blandos (arenas, fangos...). Hay que considerar estos valores con cierta precaución, ya que no dependen únicamente del tipo de sedimento, sino también de la topografía del fondo, el ángulo de incidencia del haz sobre el fondo y los cambios bruscos en la batimetría. Teniendo en cuenta el mosaico de reflectividad continuo de la zona de estudio completa, se ha elaborado posteriormente un mapa de intensidades (alta, media y baja), que nos da información sobre el tipo de fondo, discriminado de manera manual los valores erróneos más evidentes derivados de la adquisición (ángulo de incidencia, mal tiempo, interferencias con otros equipos, etc.) y se han unificado recintos con valores similares (Fig. 22).

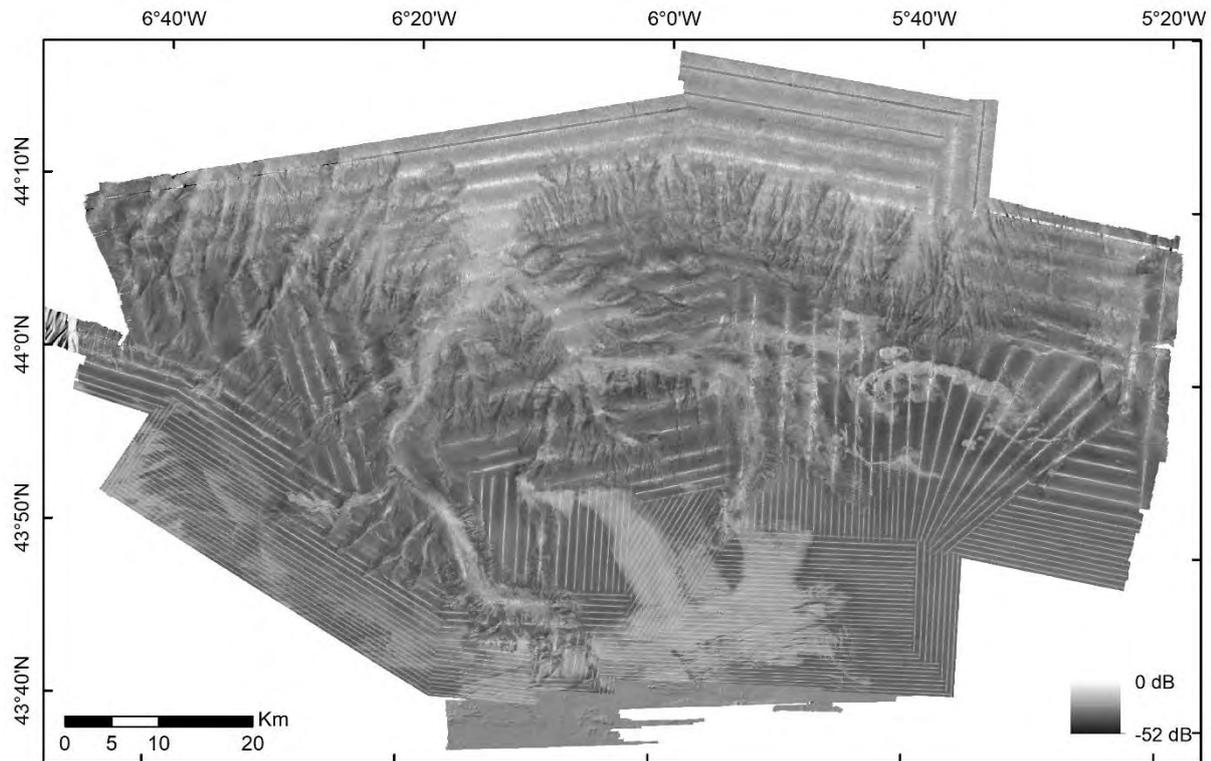


Figura 11. Mapa de reflectividad del SCA, con una resolución de 10 m.

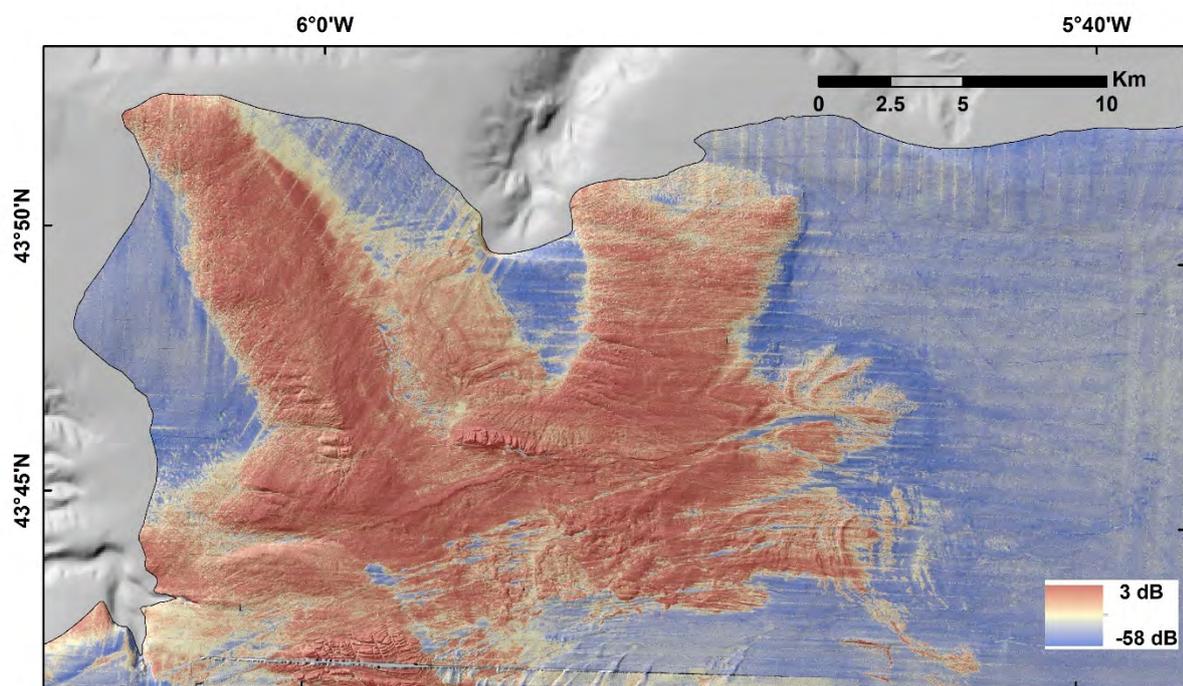


Figura 12. Mapa de reflectividad de la plataforma del SCA, con una resolución de 5 m, con transparencia sobre modelo sombreado.

Todos los mapas o capas de información se han incluido en una base de datos creada en el Sistema de Información Geográfica y facilitar así el estudio integrado de toda la

información disponible, en la cual se han incluido también los perfiles de sísmica de alta resolución TOPAS, obtenidos durante las campañas INDEMARES. Dichos perfiles han sido añadidos como enlaces independientes, de tal forma que, al seleccionar la traza de la línea en el mapa, se muestra la imagen del perfil TOPAS (Fig. 13). De esta manera, se facilita la interpretación conjunta de los distintos tipos de fondo.

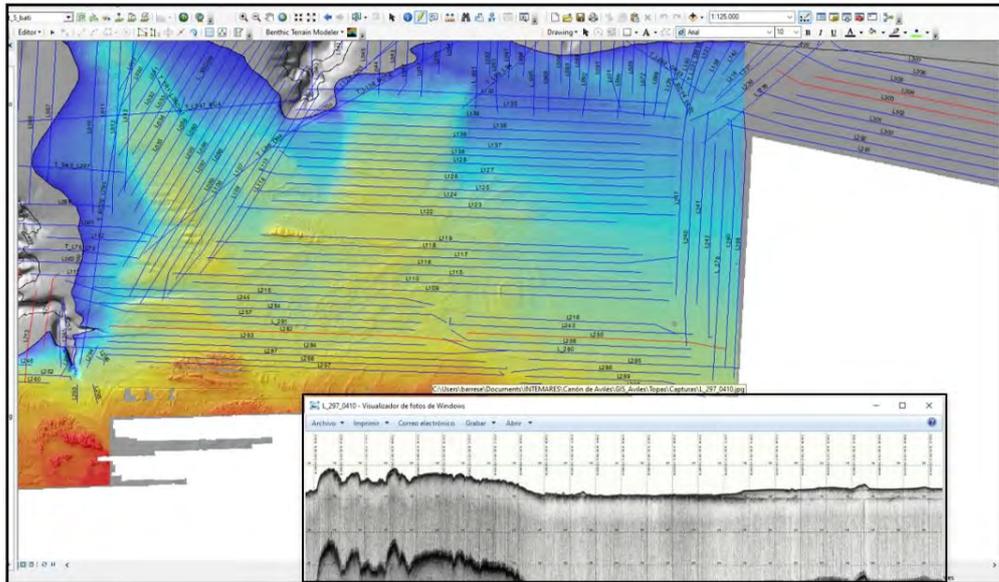


Figura 13. Vista de la localización de los perfiles de Topas en el proyecto de ArcMap.

5. Distribución espacial de sedimentos. Tipos de fondo.

Como añadido al procesado de la información derivada de los datos de la sonda multihaz y TOPAS que se ha descrito hasta ahora, se han analizado e incluido los numerosos muestreos realizados durante la etapa INDEMARES como apoyo para completar el estudio geomorfológico de la zona (Tabla 5 y Fig. 14).

Tabla 5. Muestreos realizados durante el Proyecto INDEMARES.

Tipo de muestreador	Nº de muestras	Rango de profundidad	Aplicación
Mesobox-corer	57	83-1881 m	Tipos de fondos sedimentarios
Draga de roca	51	54-2291 m	Sustratos duros y sedimentos semiconsolidados. Afloramientos rocosos
ROV Liropus	19	237-1800m	Imágenes de alta definición y recogida de muestras del fondo

Vehículos fotogramétricos: Politolana y TFS-2	28 transectos de video	hasta 2000 m	Video e imágenes de alta definición y propiedades fisicoquímicas de la columna de agua
---	------------------------	--------------	--

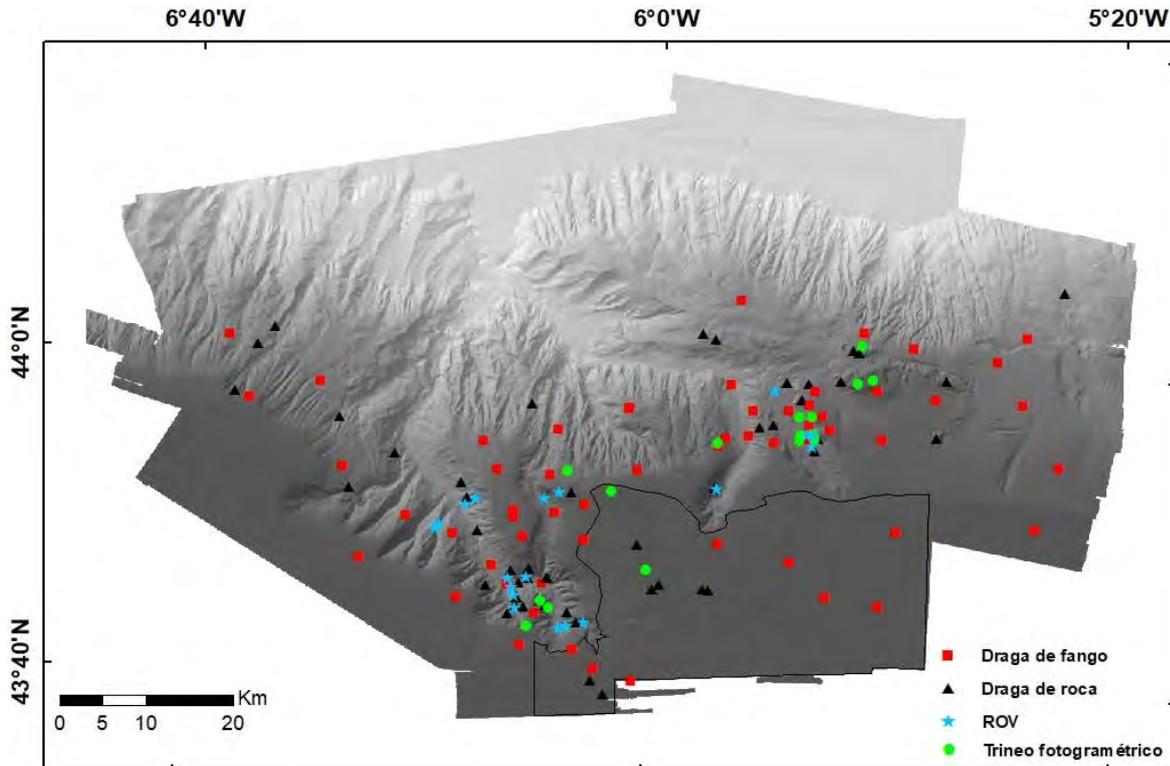


Figura 14. Localización de las estaciones de muestreo del proyecto INDEMARES.

En la zona de plataforma abundan los afloramientos rocosos, resultantes probablemente de los procesos erosivos ligados a los cambios del nivel del mar y a la exposición subaérea en tiempos geológicos (Gómez-Ballesteros et al., 2014).

Los sedimentos existentes proceden de los ríos Narcea y Nalón, que en su desembocadura aportan terrígenos al SCA. Dichos sedimentos son transportados a través del sistema de cañones, desde el área madre hasta la llanura abisal del Golfo de Vizcaya, impulsados por las corrientes submarinas de aguas profundas y por fenómenos gravitacionales. La desembocadura del sistema de cañones en la llanura abisal se concentra en un único depósito en abanico, situado a más de 4000 m de profundidad.

Según los análisis realizados en las muestras recogidas durante el proyecto INDEMARES, se observó una disminución del tamaño de grano desde la plataforma hasta la llanura abisal definiendo un perfil de granoselección positiva (Fig. 15).

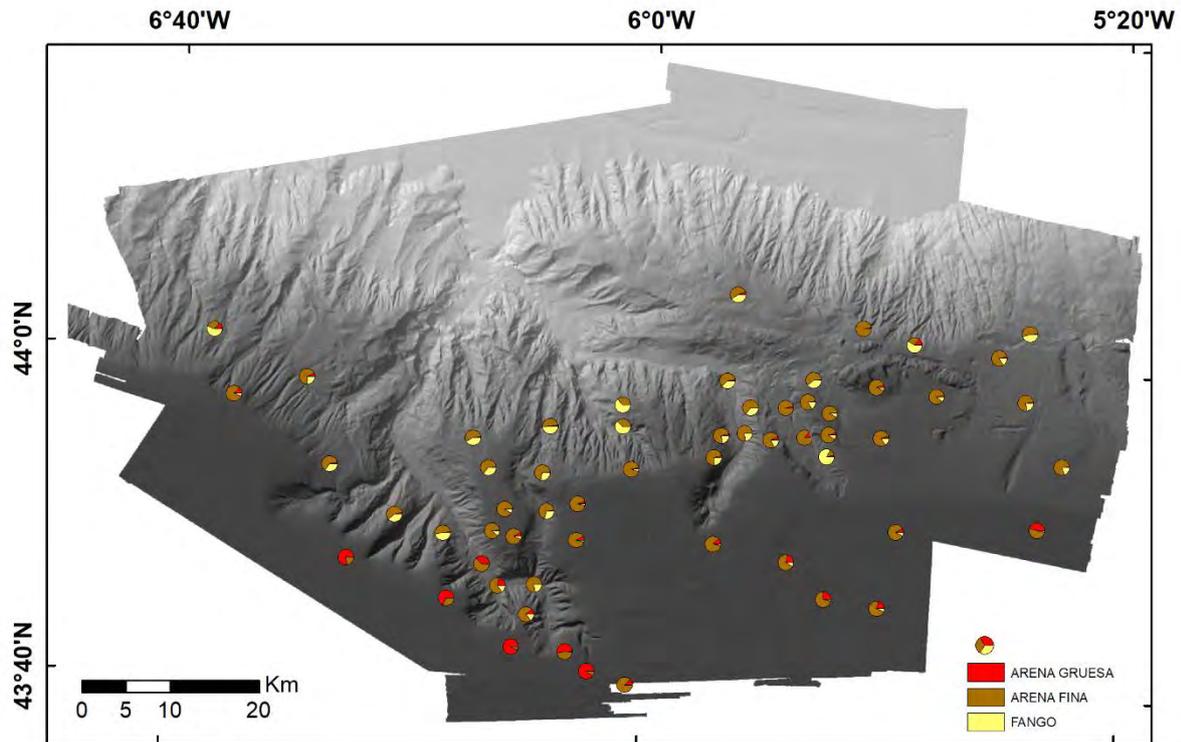


Figura 15. Distribución espacial de las muestras de sedimento adquiridas durante el proyecto INDEMARES, donde se muestran los porcentajes en arena gruesa, arena fina y fango (IEO.2014).

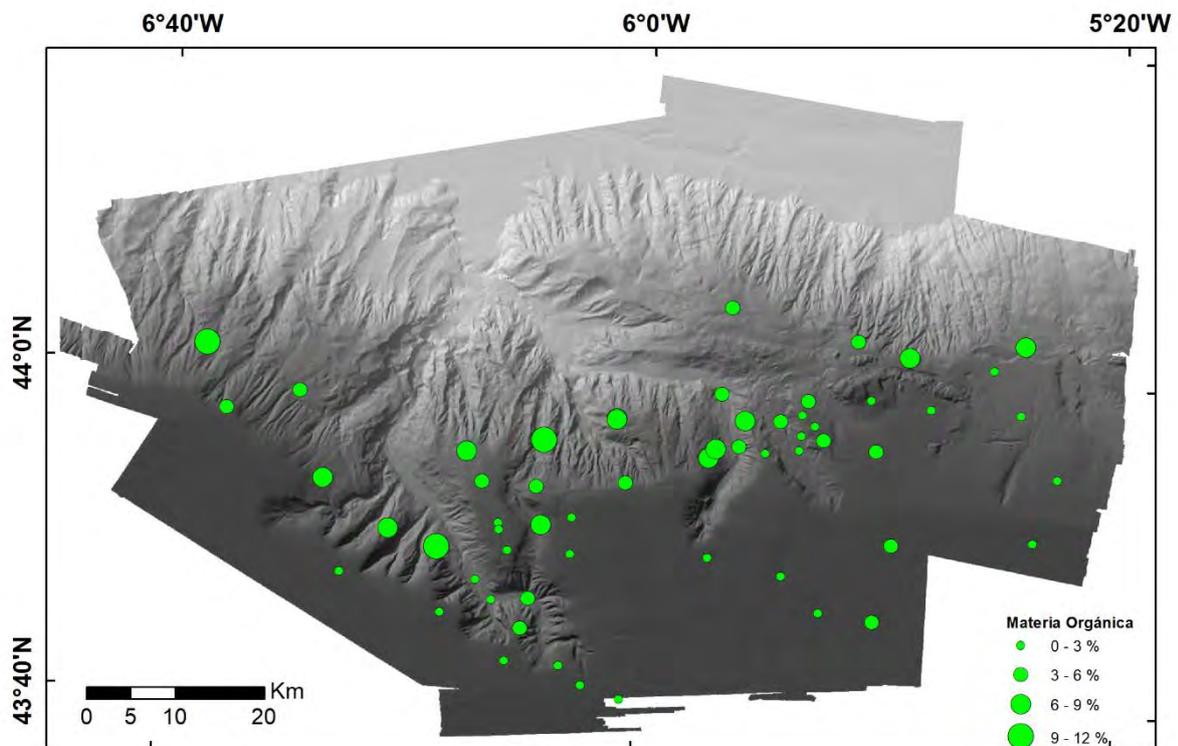


Figura 16. Distribución espacial del contenido de materia orgánica de las muestras adquiridas durante el proyecto INDEMARES.

Las muestras obtenidas con draga mesobox-corer en los fondos sedimentarios de la zona de plataforma corresponden en su mayoría a arenas medias y arenas gruesas. Su contenido en materia orgánica es bajo (entre 1,3 y 4,2 %), el coeficiente de selección moderado y la mediana varía entre 0,2 y 1,15 mm.

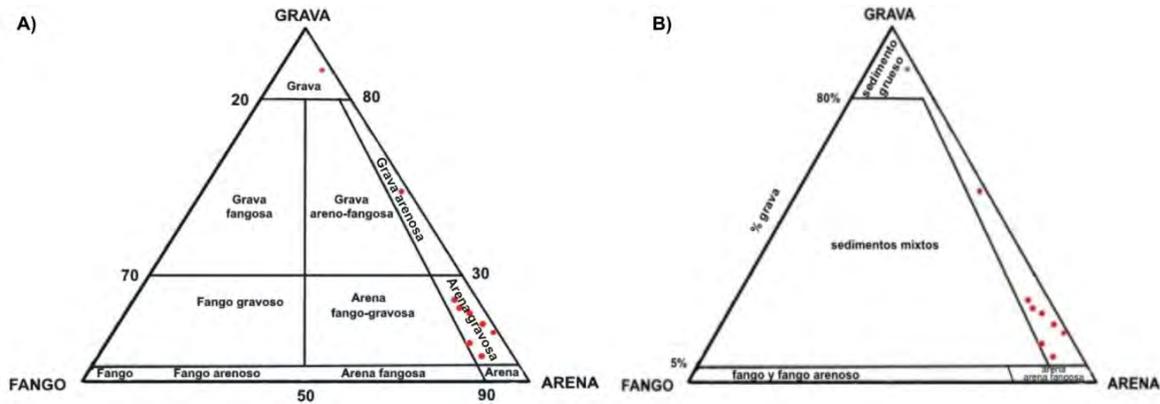


Figura 17. Representación de las muestras de sedimento de la zona de la plataforma en diagramas ternarios según: A) clasificación textural de Folk (1954) y B) la clasificación textural de Long (2006).

Teniendo en cuenta la reflectividad, los perfiles sísmicos y los muestreos directos realizados, se ha elaborado un mapa de tipos de fondo, donde se han diferenciado tres tipos principales: roca, correspondiente a los afloramientos rocosos observados, sedimento, y roca parcialmente cubierta de sedimentos (Fig. 18).

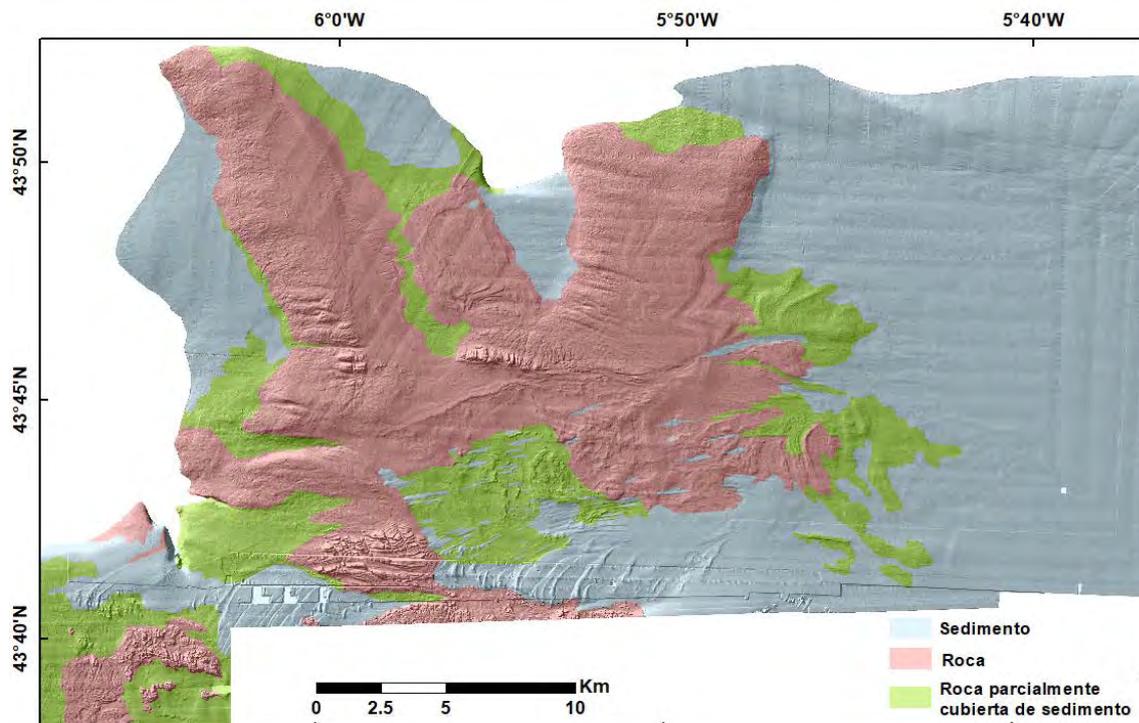


Figura 18. Mapa de los principales tipos de fondo de la plataforma del SCA.

En general, los fondos de roca muestran unos valores de reflectividad altos (entre 0 y -20 dB aproximadamente) y representan un 34,6 % de la superficie total de la plataforma. Dentro de los afloramientos rocosos se pueden distinguir tres tipos principales, roca masiva, roca masiva fracturada y roca plegada, siendo más abundantes los dos últimos debido a la complejidad tectónica de la zona (Fig. 19).

Junto a los afloramientos rocosos masivos que se localizan en la plataforma se han observado fondos mixtos con distintas granulometrías (cantos, gravas, arenas...).

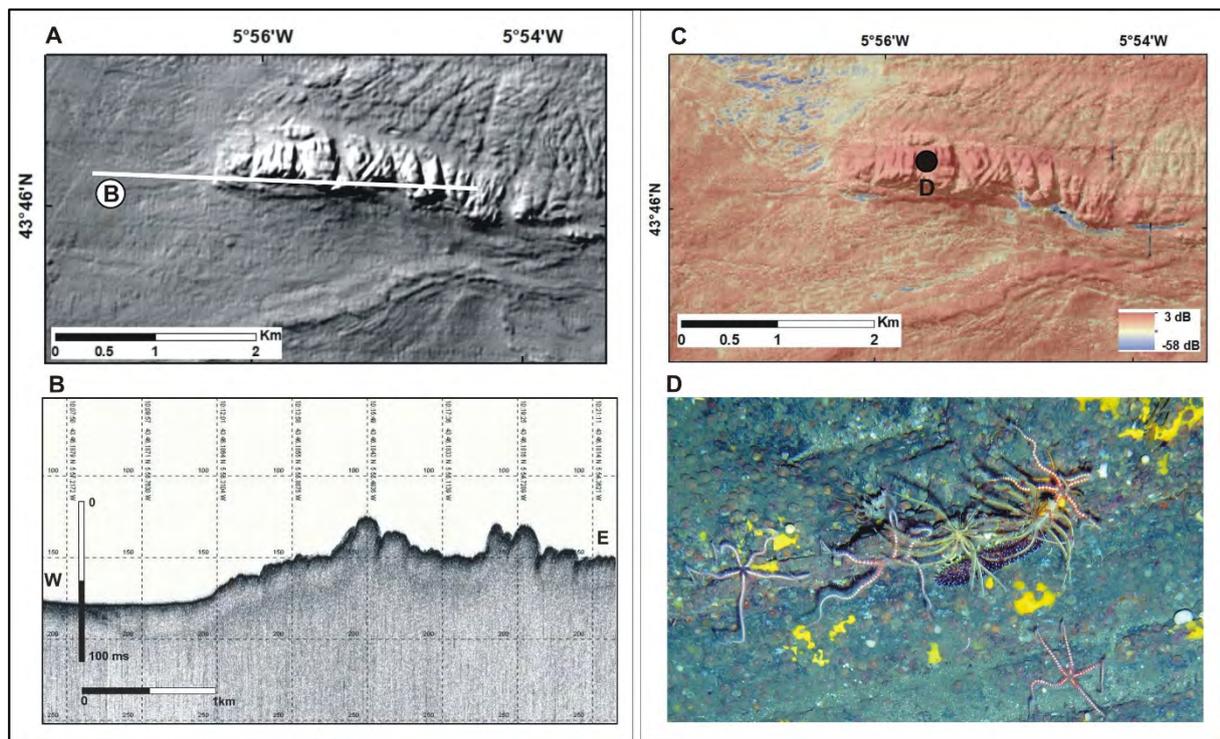


Figura 19. Detalles de fondo rocoso en la plataforma del SCA. A. Mapa de sombreado de afloramiento con localización de perfil sísmico (B). C: Mapa de reflectividad con localización de fotografía procedente de un transecto fotogramétrico (D).

Otro de los tipos de fondo cartografiado en la zona, son los fondos duros sobre los que se localizan depósitos de sedimentos de espesores variables (Fig. 20). Se encuentran en un 17% de la superficie total de la plataforma y presentan unos valores de reflectividad que oscilan entre -20 y -30 dB.

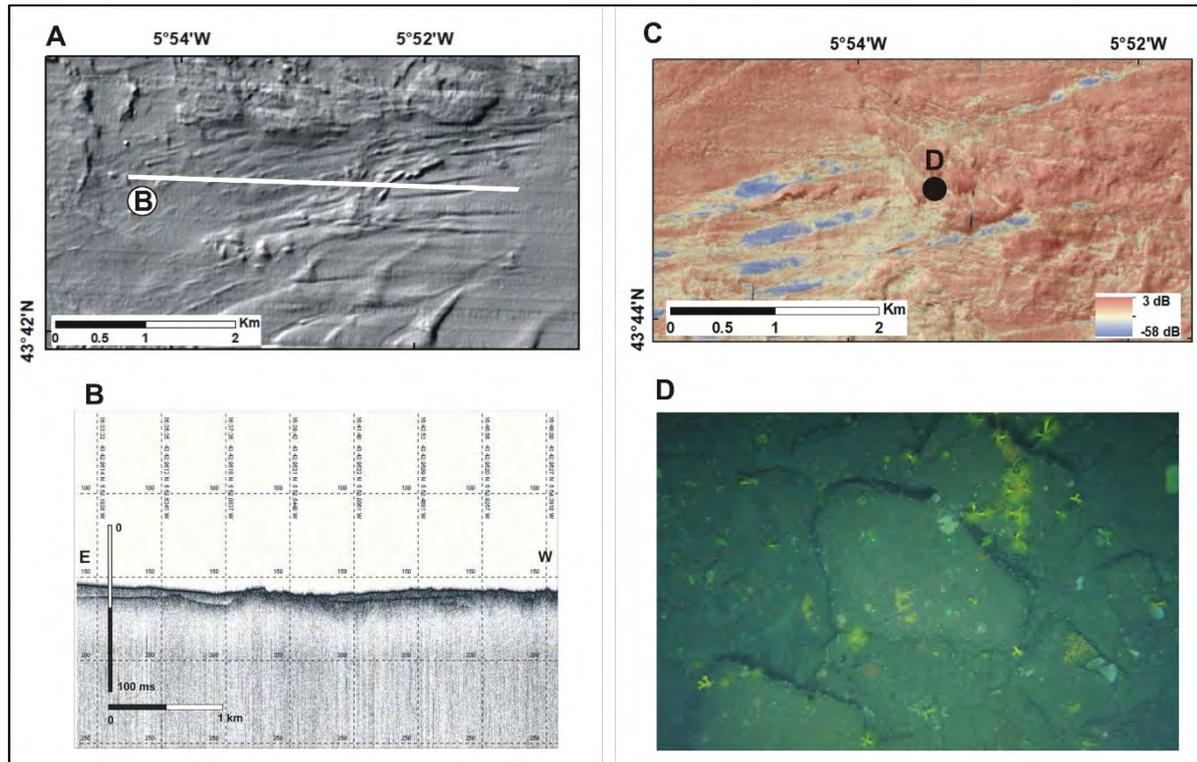


Figura 20. Detalles de fondo rocoso parcialmente cubierto de sedimento en la plataforma del SCA. A. Mapa de sombras con localización de perfil sísmico (B). C: Mapa de reflectividad con localización de fotografía procedente de un transecto fotogramétrico (D).

Los fondos sedimentarios constituyen el tipo más abundante en la zona de plataforma, representando un 48 % de su superficie. Se observan coberteras sedimentarias de sedimentos blandos de tipo arena, con una granulometría y grado de cohesión variable. En ocasiones se aprecian sedimentos no consolidados y en algunas zonas se puede observar la disposición en capas del mismo, buzando generalmente hacia el N (Fig. 21).

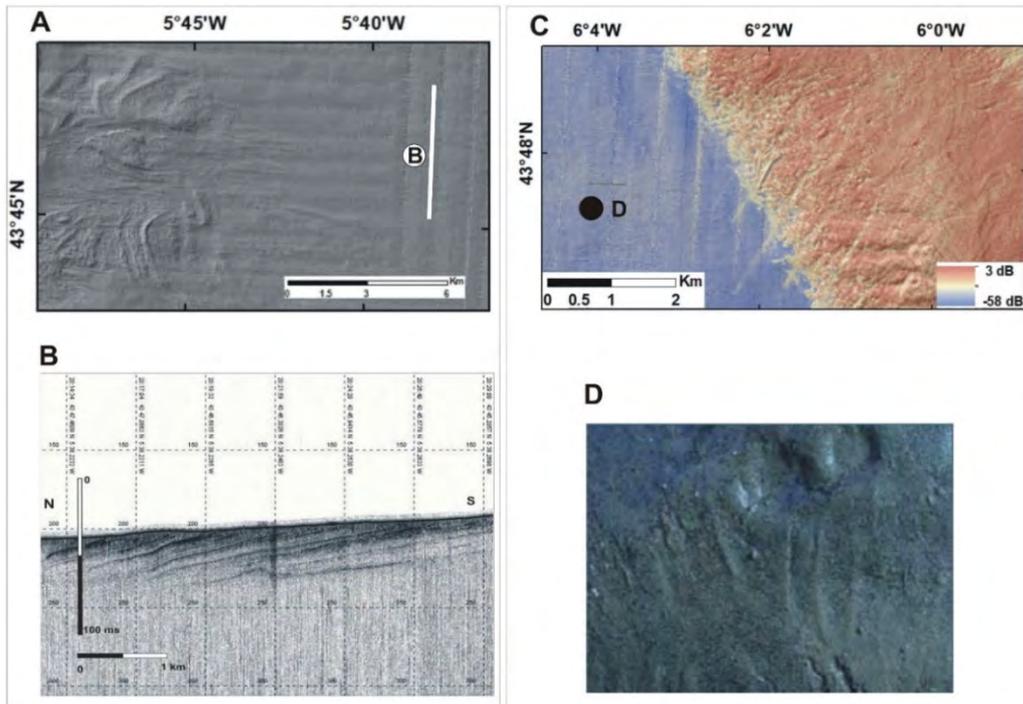


Figura 21. Detalles de fondo sedimentario en la plataforma del SCA. A. Mapa de sombras con localización de perfil sísmico (B). C: Mapa de reflectividad con localización de fotografía de la superficie de una muestra de sedimento (arenas finas) obtenida con draga mesobox-corer (D).

A partir del mosaico de reflectividad de la zona de estudio completa (10 m de resolución), se ha obtenido un mapa de intensidades, distinguiendo alta, media y baja (Fig. 22). Actualmente, los datos de reflectividad que disponemos de toda la zona no son uniformes, debido a la complejidad de la misma (gran variabilidad de profundidades, entre los 35 y 4800 m de profundidad y cambios bruscos de pendiente) y presentan algunos errores derivados de la adquisición, ya que las campañas no fueron diseñadas específicamente para la adquisición de este tipo de datos. A ello habría que añadir la ausencia de muestreos en las zonas más profundas, lo que no permite hacer una correlación más detallada y precisa de los tipos de reflectividad con los tipos de sustrato.

Los altos valores de reflectividad obtenidos en el SCA se han dividido en dos tipos distintos, los de zonas profundas de la llanura abisal (quedan fuera de la zona del LIC) que dan un rango de valores diferente al resto de la zona, por lo que se ha considerado separarlo del resto a la hora de hacer las interpretaciones, y los valores altos de zonas correspondientes a fondos rocosos en el resto del SCA, que, en su mayoría, se han podido contrastar con datos de perfiles sísmicos o muestreos directos.

Los valores medios de intensidad se asocian a fondos mixtos (rocas y sedimentos) o, en el caso de la plataforma, a fondos duros con escaso recubrimiento sedimentario.

Los valores de intensidad baja corresponderían a fondos sedimentarios.

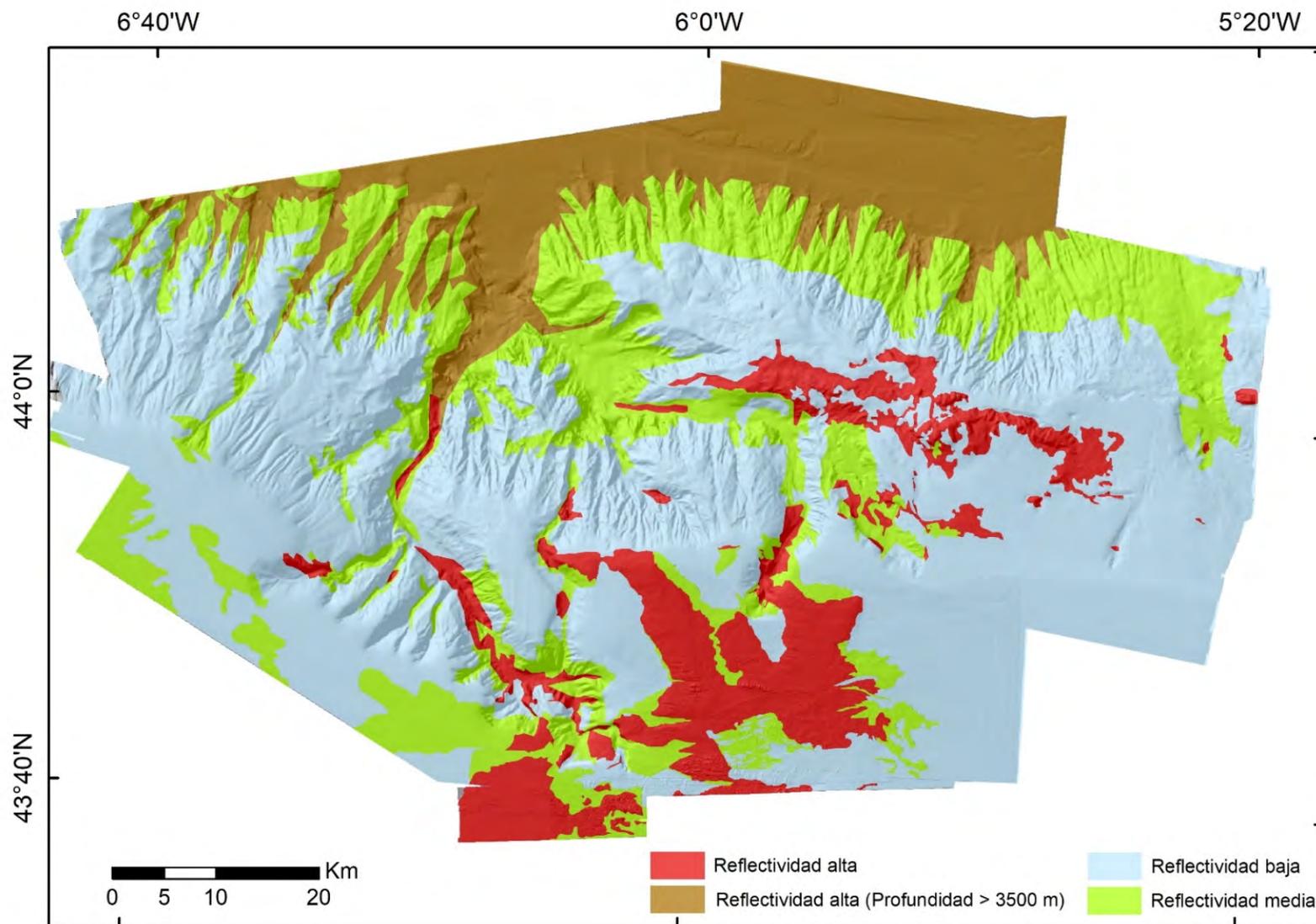


Figura 22. Mapa de intensidad de reflectividad que muestran los distintos tipos de fondo del SCA.

6. Distribución espacial de tipos morfológicos

Los resultados que se muestran en este informe son los obtenidos de la ampliación del estudio de la zona de plataforma continental, integrados en la zona completa del SCA. La zona del talud, donde inciden los cañones, fue caracterizada en el informe final del proyecto INDEMARES (IEO, 2014; Sánchez et al., 2014) y en Gómez-Ballesteros et al., 2014.

A partir del trabajo realizado durante el proyecto INTEMARES, se ha podido avanzar en el conocimiento de la zona de plataforma continental del área del SCA, que por su naturaleza de sustrato rocoso es susceptible de albergar hábitat 1170 Arrecifes, de interés prioritario según la Directiva Hábitats y representaba una laguna en el conocimiento sobre estos fondos. Este hábitat es definido como aquellos sustratos duros compactos de origen biológico o geológico que pueden presentar toda una zonación batimétrica de comunidades bentónicas, entre las que se incluyen concreciones de origen biogénico. Ya en el proyecto INDEMARES, se identificó en este sector el hábitat rocoso denominado “Roca circalitoral dominada por invertebrados con *Phakellia ventilabrum* y *Dendrophyllia cornigera*”.

La plataforma continental en este sector es estrecha e irregular, rasgo característico del margen continental cantábrico (Ercilla et al., 2008), con pendientes muy suaves, menores de 4º y profundidades que alcanzan los 400 m donde se produce la ruptura de pendiente que da paso al talud continental, corto y abrupto donde nacen los cañones del SCA. La obtención de una batimetría de mayor detalle de la plataforma ha permitido completar su interpretación geomorfológica. En este informe se ha analizado en detalle la zona hasta la isóbata de 200 m (Fig. 23) y posteriormente se ha hecho una integración y revisión de los elementos morfológicos de toda la zona (Fig. 33).

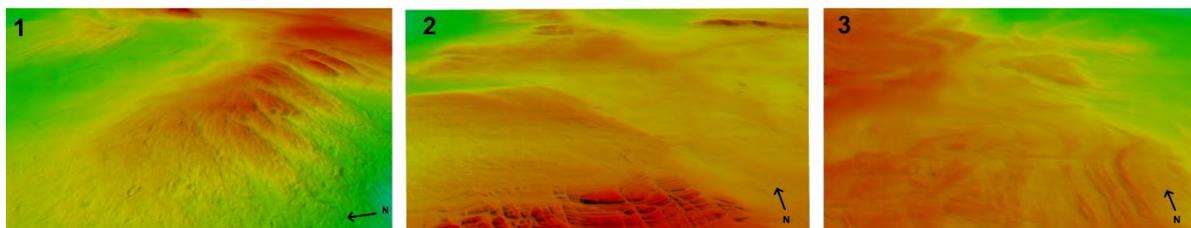
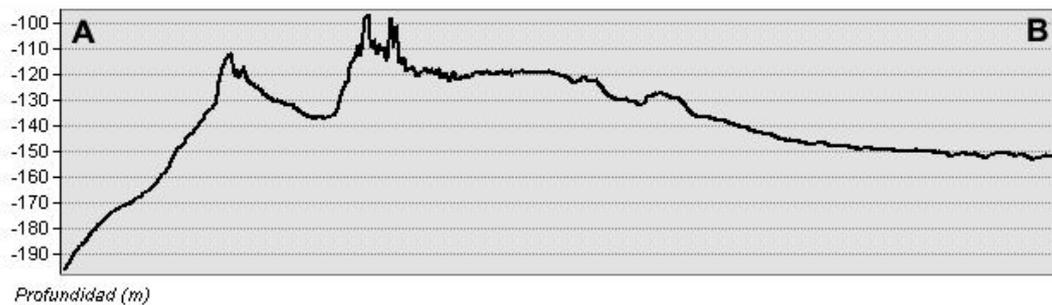
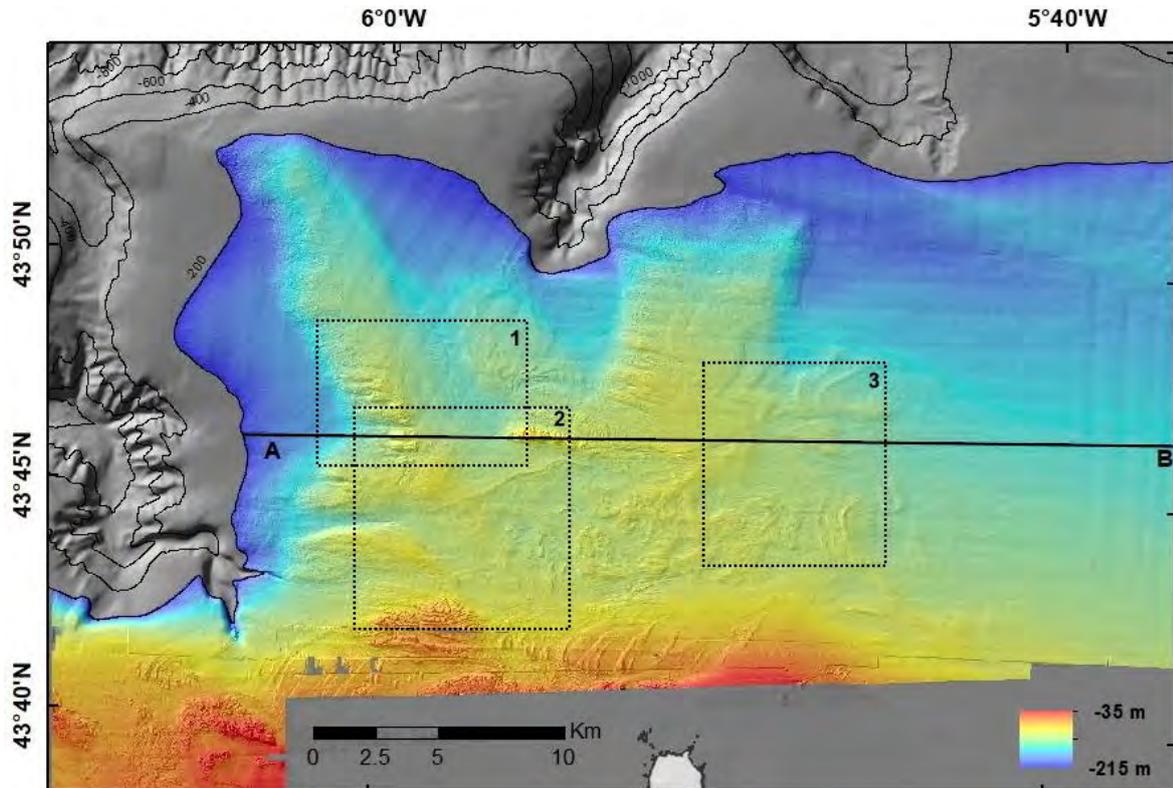


Figura 23. Batimetría de la zona de plataforma del SCA, en color con transparencia sobre el mapa de sombras donde se han localizado el perfil topobatimétrico transversal y tres vistas en 3D de distintos sectores (en la parte inferior).

En cuanto a la pendiente, se trata de una zona con escaso relieve, con pendientes medias entre 1 y 4 grados (Fig. 24). Las zonas de mayor pendiente corresponden a afloramientos rocosos (Fig. 24 A y B) y a depósitos sedimentarios dispuestos en ondas de arena, localizadas en su mayoría en el sur de la plataforma (Fig. 24 C).

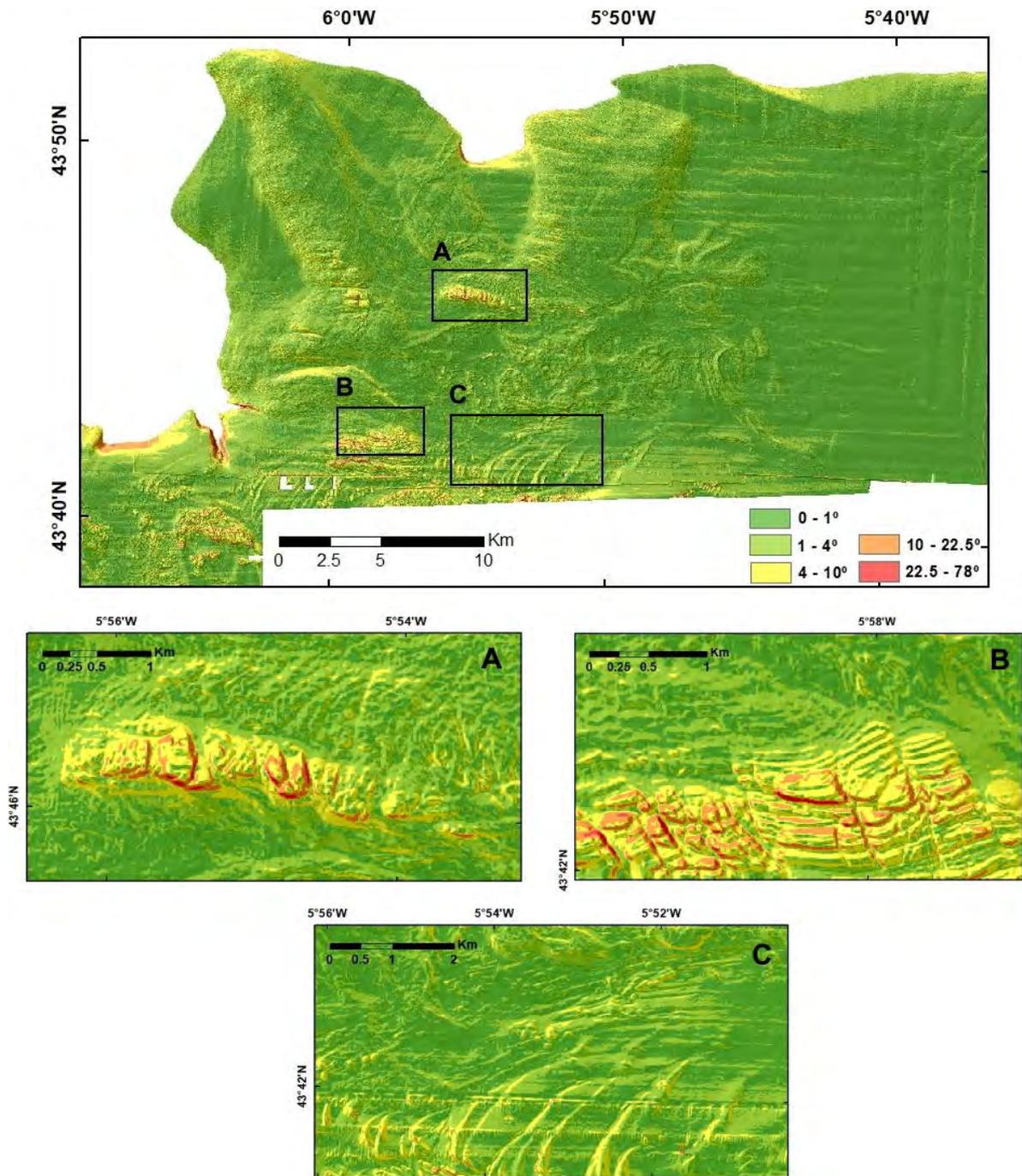


Figura 24. Mapa de pendientes de la plataforma del SCA con la localización de las zonas de mayor pendiente ampliadas en la parte inferior de la figura (A, B, C).

A continuación, se describen los elementos geomorfológicos identificados en el área de estudio, agrupando dichas morfologías en función de su origen tectónico o estructural, deposicional o erosivo.

6.1. Elementos estructurales

- *Falla*: fractura del terreno producida por esfuerzos tectónicos. En la zona se pueden identificar diferentes orientaciones estructurales preferentes: las de dirección NO-SE, como la falla de Ventaniella (en tierra), cuya prolongación en mar constituye la incisión del cañón de Avilés y E-O y ONO-ESE relacionadas con grandes cabalgamientos y pliegues (Gallastegui et al., 2002). Algunos de los afloramientos rocosos de la plataforma se encuentran intensamente fracturados (Fig. 25).

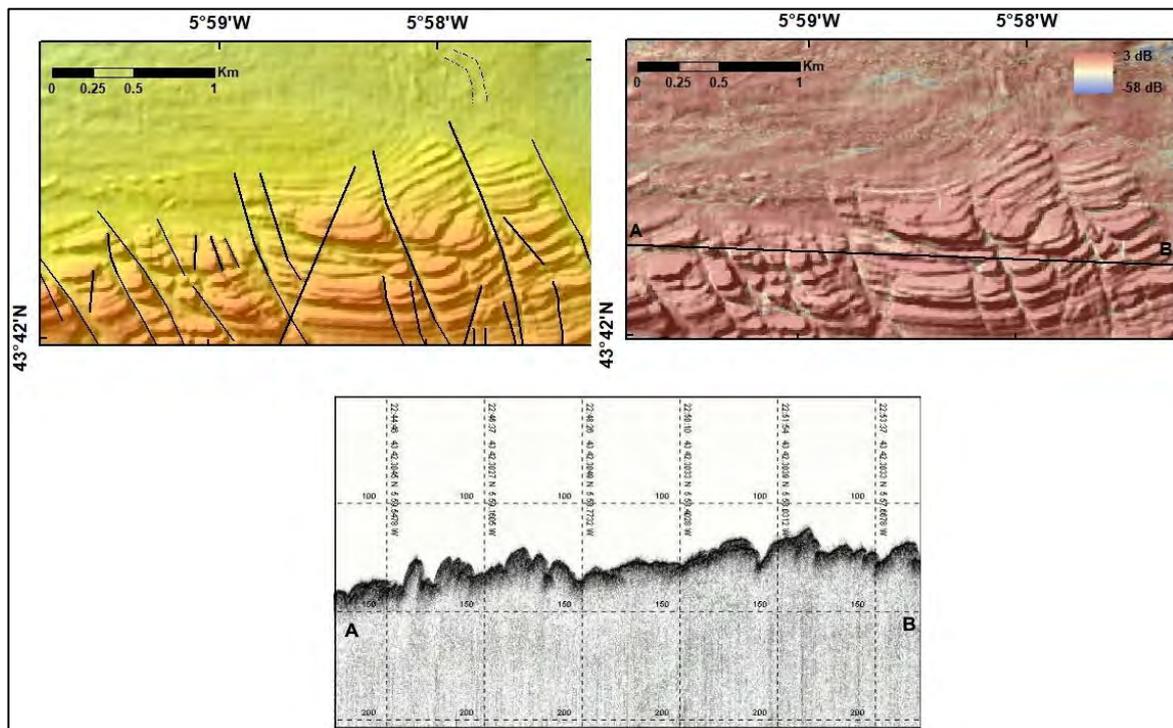


Figura 25. Aspecto de afloramiento rocoso fracturado en la plataforma del SCA. Detalle del mapa de geomorfología lineal (izquierda), del mapa de reflectividad (derecha) y del perfil de topas (abajo).

- *Escarpe tectónico*: ruptura brusca de pendiente de origen tectónico. Se observan en algunos de los afloramientos rocosos (Fig. 26) y en los flancos de los principales cañones, debido al carácter marcadamente tectónico que presentan sus incisiones.

- *Cresta*: parte superior de una elevación con dos vertientes. Generalmente están marcados por afloramientos de estratos.

- *Lineamiento estructural*: rasgo lineal que indica una estructura geológica subyacente, como fracturas, pliegues, estratificaciones (Fig. 26).

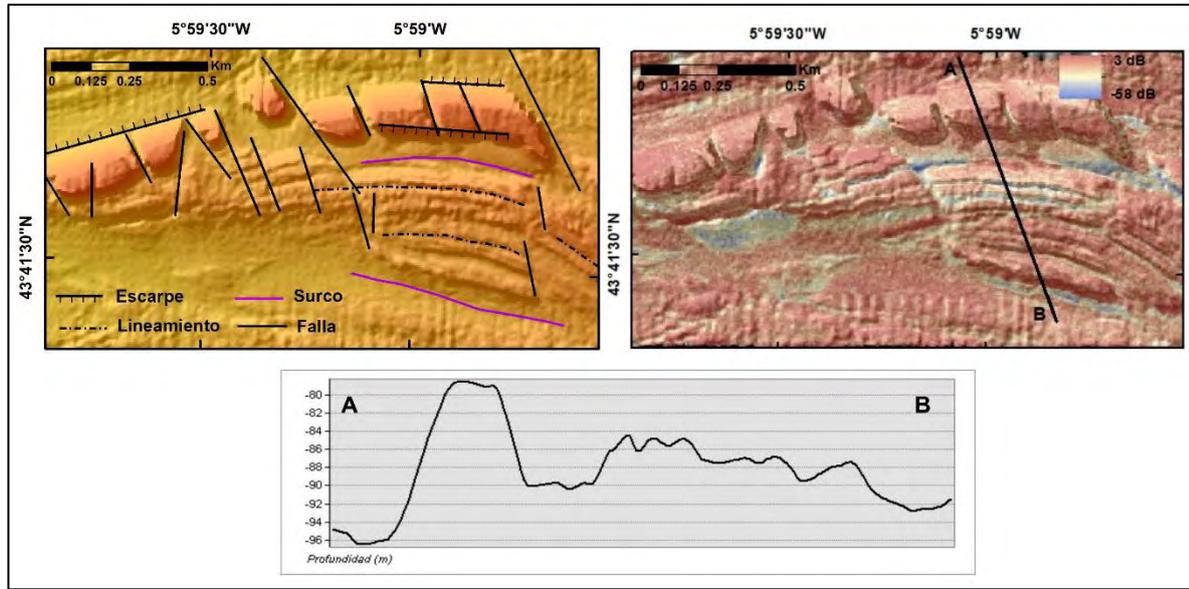


Figura 26. Aspecto de escarpes, fallas y lineamientos estructurales en mapa de geomorfología lineal (izquierda) y de reflectividad (derecha) con corte topobatimétrico (parte inferior).

- *Cabalgamiento*: Superposición de materiales más antiguos sobre otros más recientes debido a fuerzas compresivas. En la zona se asocian a estructuras con direcciones E-W y WNW-ESE, relacionadas con grandes cabalgamientos y pliegues (Gallastegui et al., 2002) y se localizan principalmente el afloramiento rocoso de El Agudo de Afuera.

6.2. Elementos deposicionales

- *Cresta onda de arena*: morfologías definidas en la parte superior de las acumulaciones lineales de sedimento (ondas de arena). Estos depósitos son generados por transporte y sedimentación de partículas debido a la acción de las corrientes. Dan lugar a morfologías de medialuna o barras longitudinales. Son frecuentes en la zona más somera de la plataforma (Fig. 27).

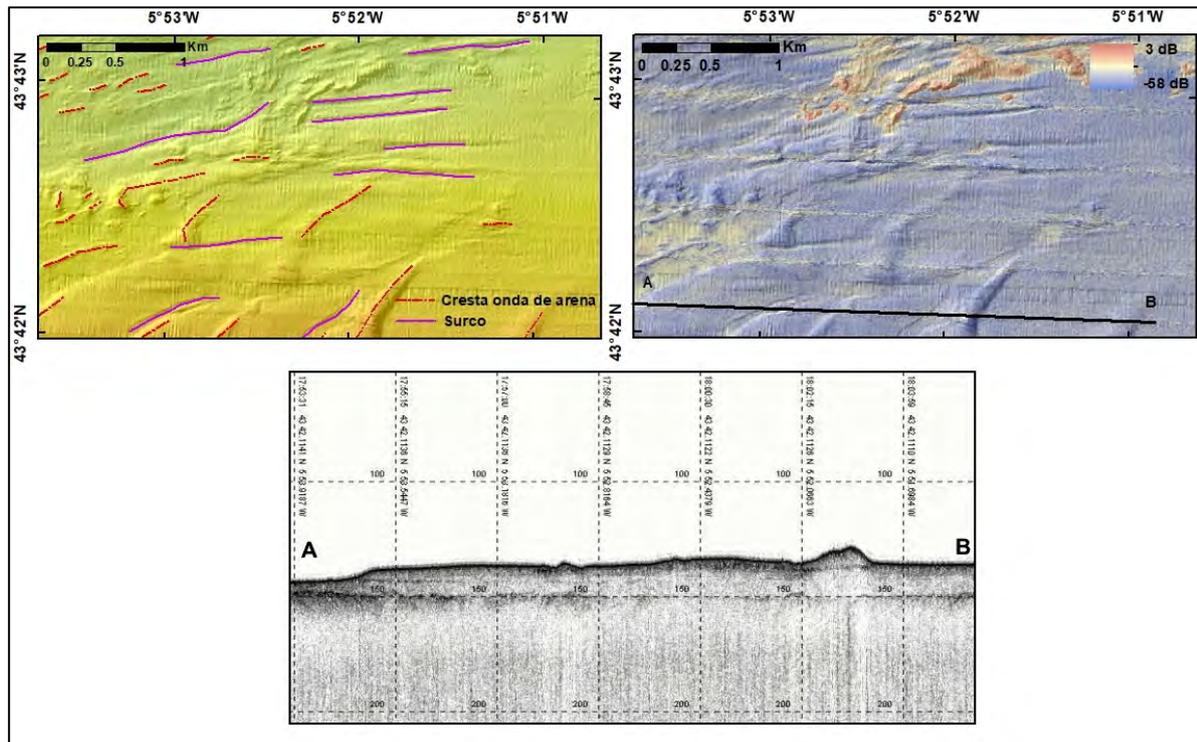


Figura 27. Ondas de arena de distintas dimensiones en la plataforma del SCA. Detalle del mapa de geomorfología lineal (izquierda), de reflectividad (derecha) y fragmento de perfil sísmico (parte inferior).

- *Montículos*: acumulación de organismos carbonatados de origen biogénico, de hasta 30 m de altura. Se han localizado principalmente en la cabecera del cañón de La Gaviera. El rango de profundidades de su distribución suele estar entre 700 y 1200 m, relacionado con la presencia del agua mediterránea (Sánchez et al., 2014). En la zona se localizaron tanto acumulaciones de coral muerto como con coral vivo en sus cimas (IEO, 2014; Sánchez et al., 2014).

6.3. Elementos erosivos

- *Cañón*: incisión de grandes dimensiones producida por la acción erosiva del agua. En la zona destacan los cañones de Avilés, El Corbiro y La Gaviera (Fig. 28), donde la componente erosiva es muy importante, a pesar de tener un origen tectónico.

- *Gully*: incisión o canal producido por la acción erosiva del agua. De menor dimensión que los cañones y con perfiles en V generalmente. Son abundantes en el talud superior, en la cabecera de los cañones principales y en la zona más profunda del talud inferior.

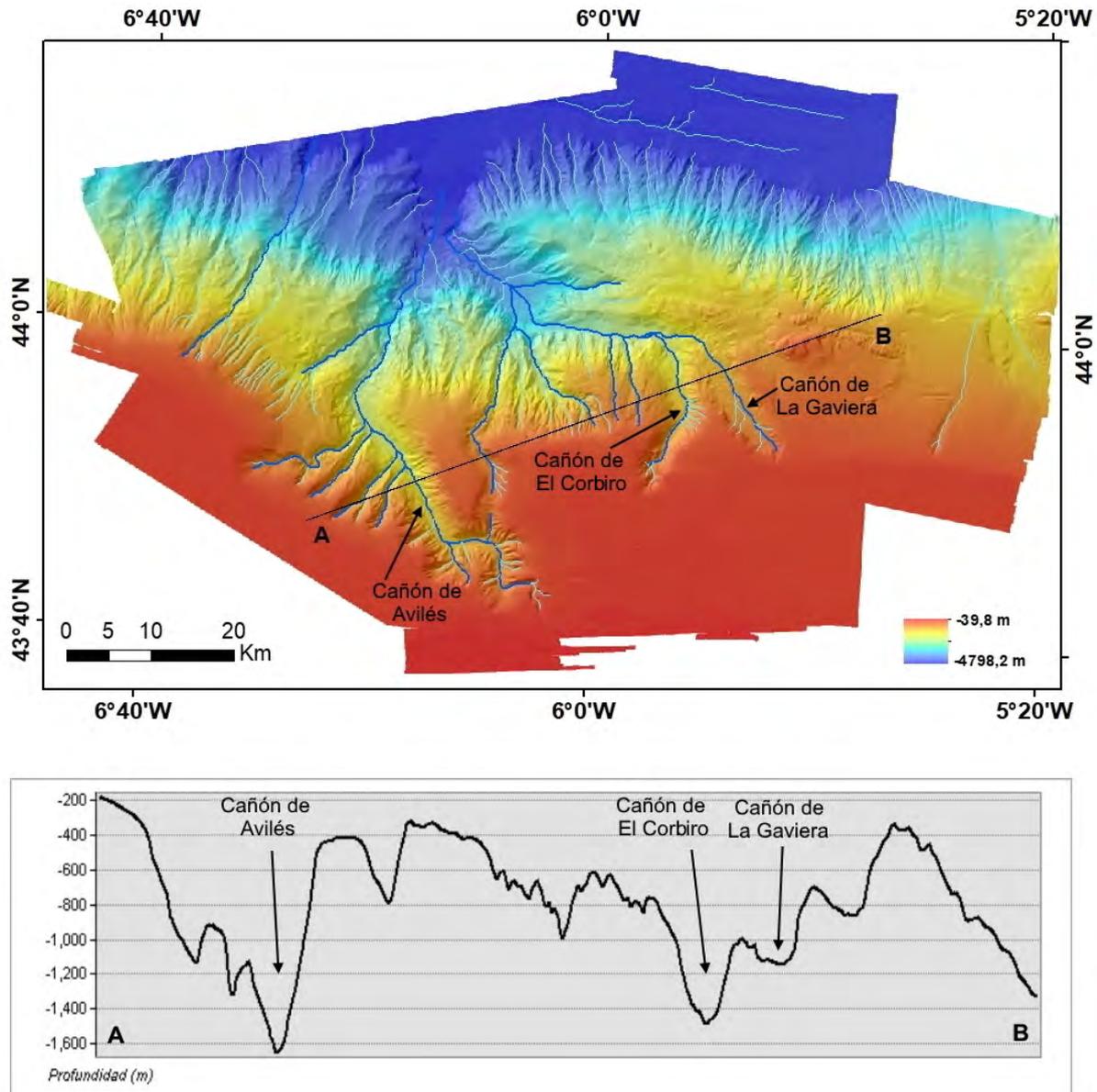


Figura 28. Batimetría del SCA sobre el mapa de sombras con los principales cañones y gullies representados. En la parte inferior se muestra un perfil topobatimétrico transversal.

- *Canal abisal*: incisión producida por la acción erosiva de las corrientes en la llanura abisal. En la zona de estudio se observan dos canales paralelos al pie del talud continental y paralelos entre sí, denominados Canales Oceánicos Profundos de Asturias (Gómez-Ballesteros et al., 2014)

- *Surcos o pequeños canales*: son morfologías lineales de relieve negativo, producidas generalmente por erosión de las corrientes de fondo asociadas a obstáculos como acumulaciones de arena, afloramientos rocosos, etc. (Fig. 29). En la plataforma presentan longitudes variables y anchuras comprendidas entre 80 y 500 m, con

profundidades medias de incisión de un metro aproximadamente. En ocasiones pueden deberse a depresiones asociadas a fallas.

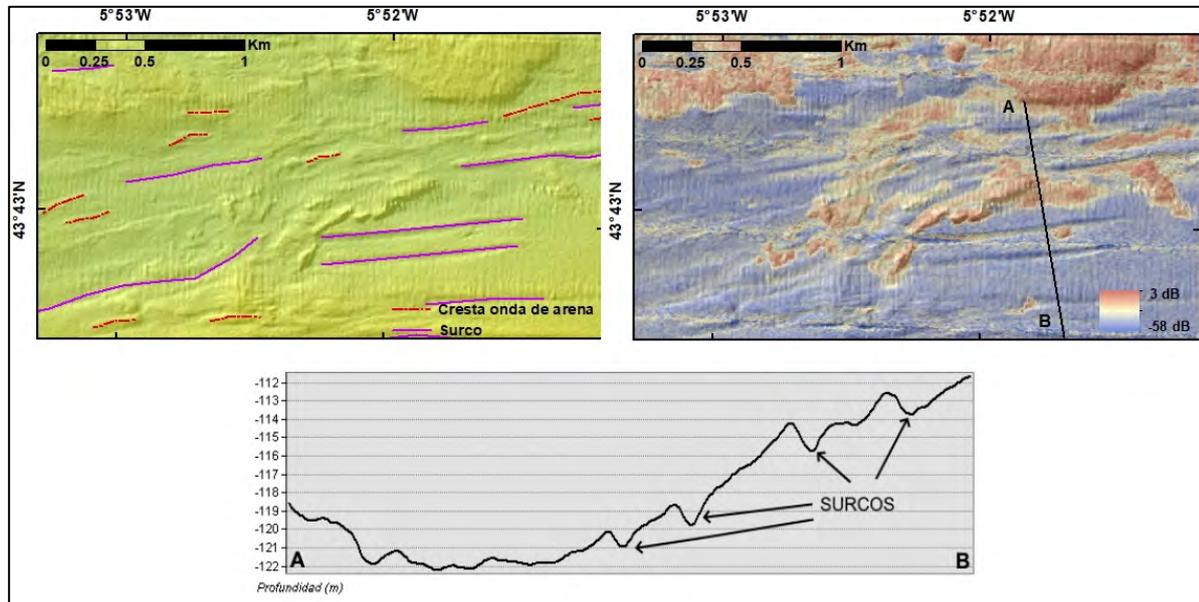


Figura 29. Detalle de surcos localizados en la plataforma del SCA. Mapa de geomorfología lineal (izquierda), de reflectividad (derecha) y perfil topobatimétrico (parte inferior).

- *Escarpe erosivo*: ruptura brusca de pendiente de origen erosivo. Generalmente está asociado a la incisión de cañones y gullies y se localiza con mayor frecuencia en las cabeceras de ambos.

- *Cabecera de deslizamiento*: ruptura de pendiente, producida por el desplazamiento de material rocoso o sedimentario debido a inestabilidad de la zona o procesos gravitacionales.

7. Distribución espacial morfosedimentaria

A continuación, se muestra la caracterización morfosedimentaria realizada a partir del estudio más detallado de la plataforma y una síntesis de toda la zona de estudio del sistema de cañones de Avilés, describiendo sus principales rasgos morfosedimentarios, en función de las principales unidades fisiográficas.

7.1. Plataforma

En función del tipo de fondo y los elementos morfológicos que presentan, y que han sido descritos en el apartado anterior, se han distinguido cinco categorías morfosedimentarias: roca plegada, roca fracturada, roca de aspecto masivo, sedimentos con ondas de arena y sedimento sin morfologías superficiales (Fig. 30).

En la Tabla 6 se muestra la superficie ocupada por cada una de ellas, siendo los sedimentos sin morfologías superficiales los tipos de fondo más abundantes en la plataforma del SCA, seguidos por los afloramientos de roca de aspecto masivo.

Tabla 6. Principales categorías morfosedimentarias del fondo marino que ocupan la plataforma del SCA.

Geomorfología	Área total (km ²)	Porcentaje (%)
Roca plegada	92,49	10,9
Roca fracturada	90,19	10,7
Roca aspecto masivo	216,95	25,7
Sedimento con ondas de arena	95,98	11,4
Sedimento sin morfologías superficiales	350,00	41,4

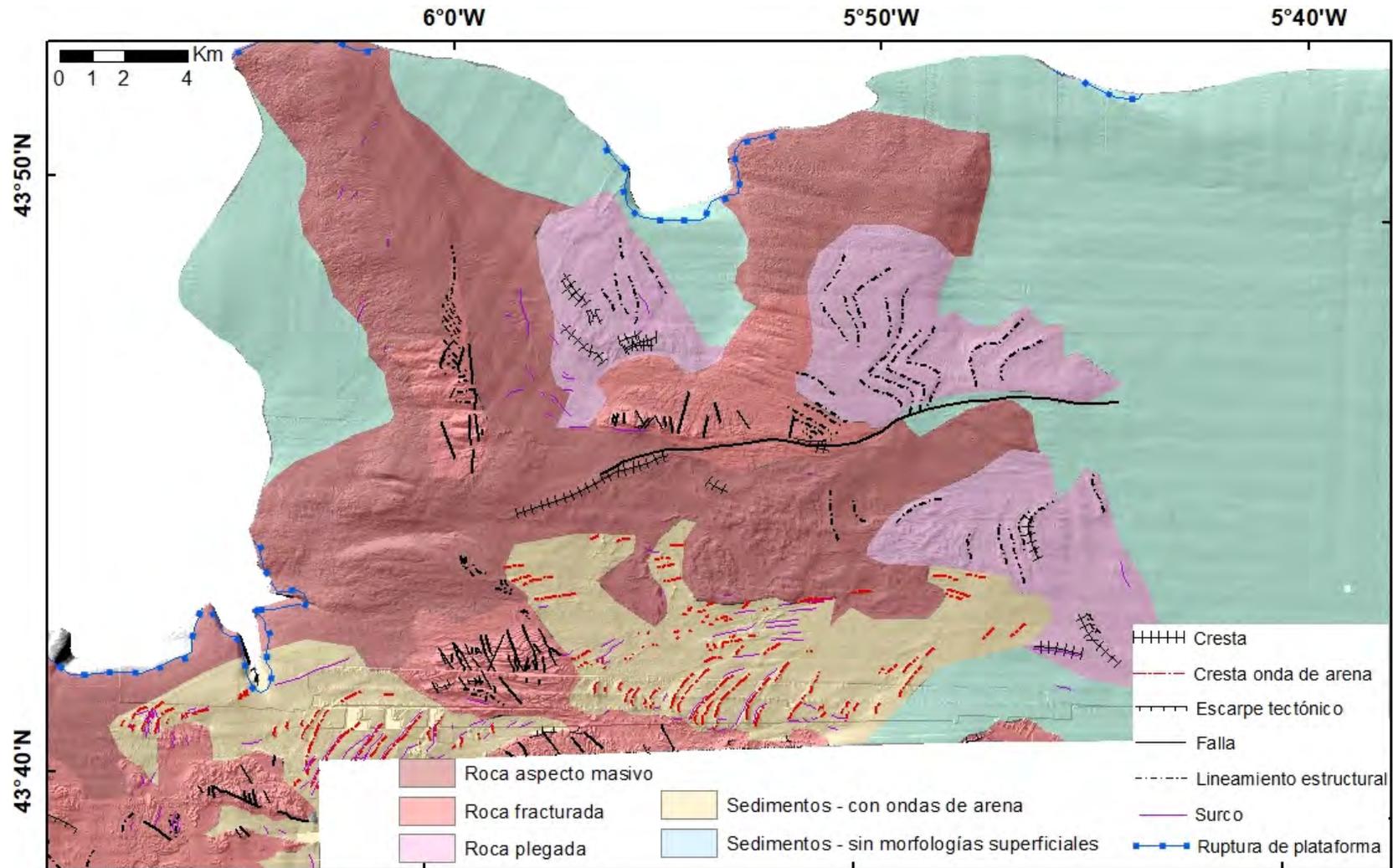


Figura 30. Mapa morfosedimentario de la plataforma del SCA con transparencia sobre el modelo de sombras.

7.2. Sistema de cañones submarinos de Avilés

Llanura abisal

Corresponde al sector más profundo del área de estudio, a partir de los 4700 m de profundidad. Presenta una pendiente muy suave de 1º de media, con escaso relieve.

Destaca la presencia de dos canales profundos, paralelos y de dirección O-E. Se observan también algunas acumulaciones de depósitos procedentes de los gullies que vierten desde el talud inferior y cuya desembocadura está condicionada por la acción erosiva, marcando una conexión neta con la llanura abisal. No es el caso del sector de la desembocadura del cañón de Avilés, cuyo tránsito desde el talud superior es muy suave, siendo difícil establecer con precisión el límite entre ambos dominios fisiográficos. En dicho sector, en forma de abanico, se aprecian ondas de sedimento en los materiales depositados por el cañón.

Talud continental

En la zona de estudio presenta una anchura máxima de 58 km y mínima de 25 km. Esta unidad fisiográfica está afectada por procesos erosivos y sedimentarios transversales a la misma y en ella inciden los principales cañones submarinos, con un marcado control tectónico. Por sus características morfológicas se distinguen dos sectores principales:

- Talud inferior

Es el área ubicada entre el talud superior y la llanura abisal, con profundidades comprendidas entre los 2000 y 4700 m aproximadamente. Presenta una fuerte pendiente, de 11º de media. Este sector se caracteriza por una extensa red de gullies que atraviesan con una dirección aproximadamente S-N dicho talud. Otros elementos geomorfológicos presentes en la zona son las fallas, crestas y escarpes tanto de origen tectónico, como de origen erosivo, en las cabeceras de los gullies. Los valores de reflectividad, en general, son mayores en las zonas más profundas, presentando valores más bajos las zonas sedimentarias de las cabeceras de los gullies.

- Talud superior

De mayor anchura que el talud inferior, comienza con la ruptura de la plataforma a una profundidad de unos 200 m, hasta los 2000 m aproximadamente, donde da comienzo el talud inferior. Presenta un relieve abrupto y una pendiente variable, comprendida entre los

2º de media de la zona sedimentaria oriental, a los 40º de media en áreas donde se localizan los gullies o barrancos que presentan una mayor incisión.

En este sector se encuentran los principales cañones submarinos que configuran el sistema de cañones: cañón de Avilés, cañón de El Corbiro y cañón de La Gaviera.

Son numerosos los gullies cuyo fondo es más estrecho que en otras zonas y presenta una mayor incisión en el sector occidental.

Destacan también en esta área, dos altos estructurales: uno de ellos constituido por una plataforma marginal, El Canto Nuevo, localizado al este del Cañón de Avilés, con techo aplanado, de carácter sedimentario, que se encuentra basculado hacia el NO y se interpreta como una estructura de tipo horst (Boillot et al., 1971); y, en la parte oriental del LIC, el Agudo de Fuera, un afloramiento rocoso, con una superficie irregular y una morfología elongada en dirección E-O, interpretada como un posible cabalgamiento.

Se han identificado dos áreas sedimentarias extensas, una al este del Agudo de Fuera, de morfología suave en la que observan surcos erosivos de dirección E-O, asociados a escarpes y otra al oeste del Cañón de Avilés.

- Cañón de Avilés

Su cabecera se encuentra a 128 m de profundidad, situada a unos 15 km al norte de la desembocadura del río Nalón. Presenta un perfil en forma de V y tiene un trazado irregular, con diversos cambios de dirección a lo largo de 75 km de longitud aproximadamente, hasta su confluencia con los otros grandes cañones de la zona y su desembocadura en la llanura abisal. Presenta un marcado control tectónico, ya que es considerado la prolongación en mar de la falla de Ventaniella (Boillot et al., 1971). Tiene un carácter fundamentalmente sedimentario (IEO, 2014; Sánchez et al., 2014), pero tanto su cabecera como en algunos sectores de su tramo medio se observa una alta reflectividad que indicarían fondos rocosos o endurecidos.

En el sector oeste de la zona, los canales tributarios presentan una fuerte incisión, siguiendo posiblemente alineaciones tectónicas. En la parte oriental el flanco está limitado por la plataforma marginal El Canto Nuevo.

En su desembocadura el fondo presenta un sector de ondas sedimentarias, lo que sería indicativo de que el cañón funciona actualmente transportando material desde el continente a la llanura abisal; fenómeno que sería verificado por los bloques alóctonos encontrados durante los muestreos realizados durante las campañas INDEMARES (Gómez-Ballesteros et al., 2014).

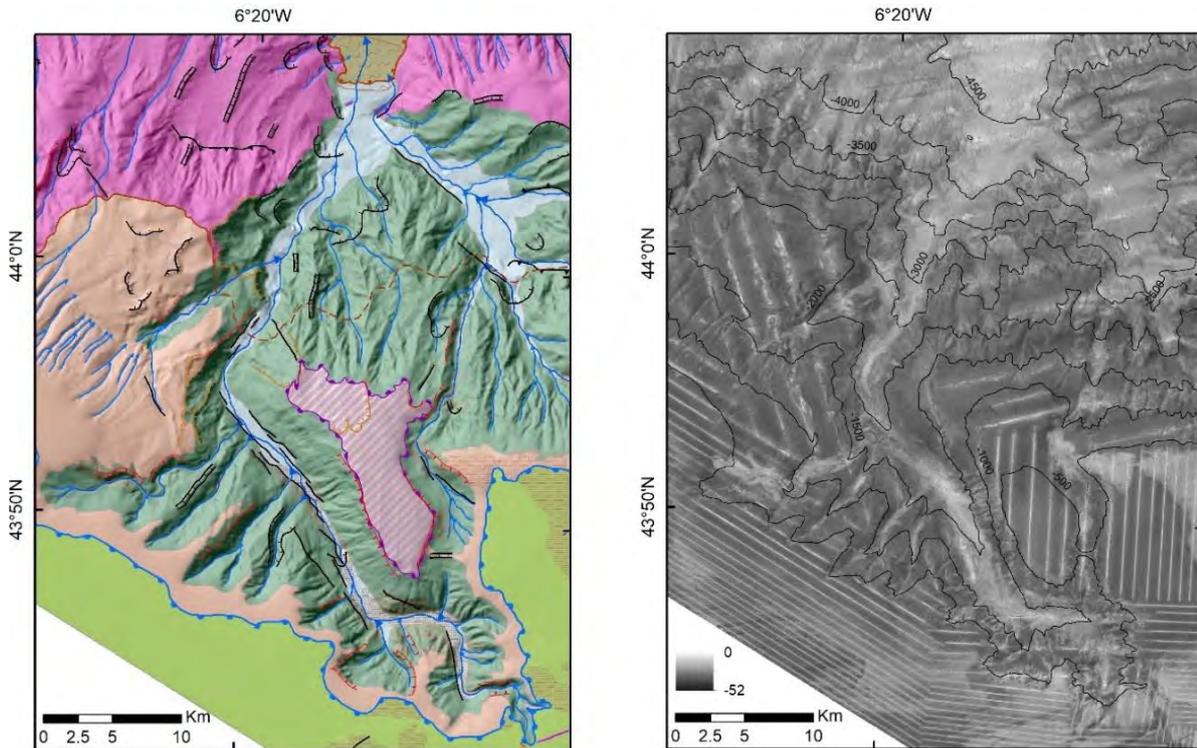


Figura 31. Izquierda: detalle del mapa geomorfológico del cañón de Avilés. Derecha: Detalle del mosaico de reflectividad de la zona con isóbatas cada 500 m.

- Cañón de El Corbiro

Localizado al este del cañón de Avilés. Presenta un perfil en V y una longitud de unos 23 km, desde su cabecera, a unos 180 m de profundidad, hasta su unión con el cañón de La Gavierna a 2018 m de profundidad. Presenta una dirección SO-NE en su tramo inicial, que cambia bruscamente en su tramo medio a una dirección SE-NO. Presenta gullies bien desarrollados, tanto en su cabecera, como en su vertiente este. Se observan también diferentes escarpes tectónicos asociados a fallas. En la vertiente oeste existen varias cabeceras de deslizamiento, y, en la batimetría se aprecian los materiales del fondo desplazados en algunos puntos. El fondo es predominantemente sedimentario, aunque en algunos sectores de su cabecera, la reflectividad alta indica fondos rocosos o endurecidos (Fig. 32).

- Cañón de la Gavierna

Se encuentra al este del cañón de El Corbiro, presenta una sección en forma de U y vertientes asimétricas. Su flanco oriental tiene un carácter más sedimentario que el occidental, delimitado por escarpes tectónicos. En su cauce se identifican depósitos sedimentarios y afloramientos rocosos. En el tramo final del cañón, su dirección cambia

bruscamente marcado por la presencia de escarpes tectónicos de dirección E-O, quedando la Gavierna en una posición topográfica más elevada, como un cañón colgado (Fig. 32). En su tramo final, el cañón de la Gavierna confluye con el del Corbiro, formando un único cañón que se unirá al de Avilés, antes de desembocar en la llanura abisal.

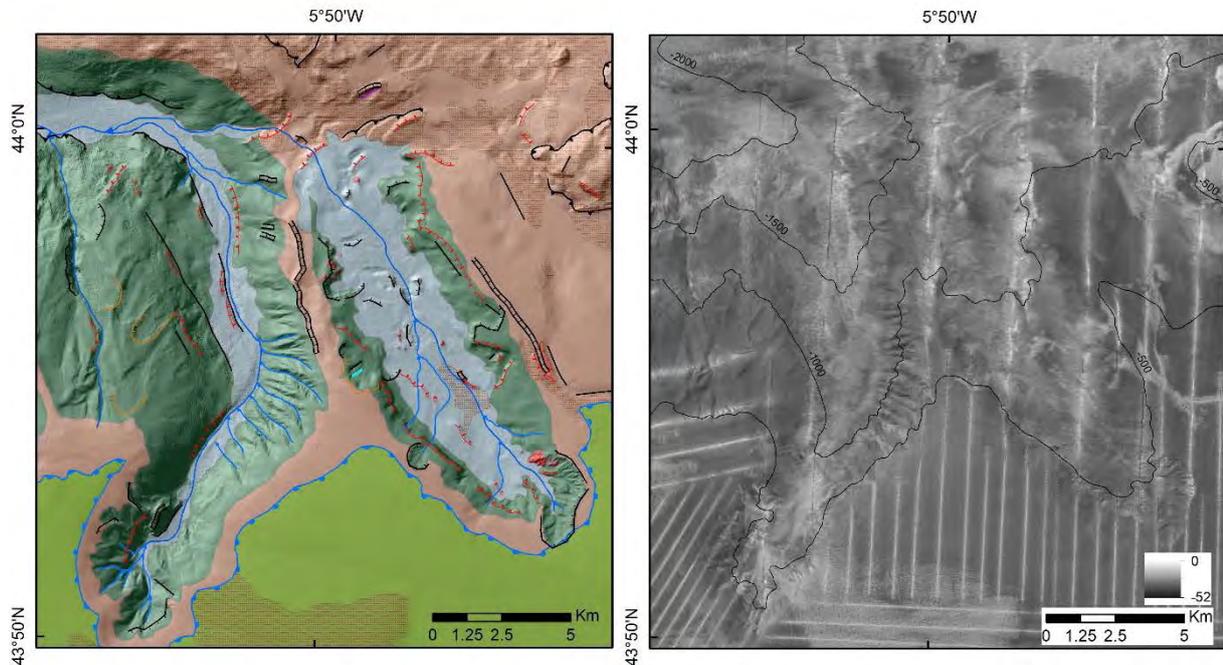


Figura 32. Izquierda: detalle del mapa geomorfológico de los cañones de El Corbiro y La Gavierna. Derecha: detalle del mosaico de reflectividad de la zona con isóbatas cada 500 m.

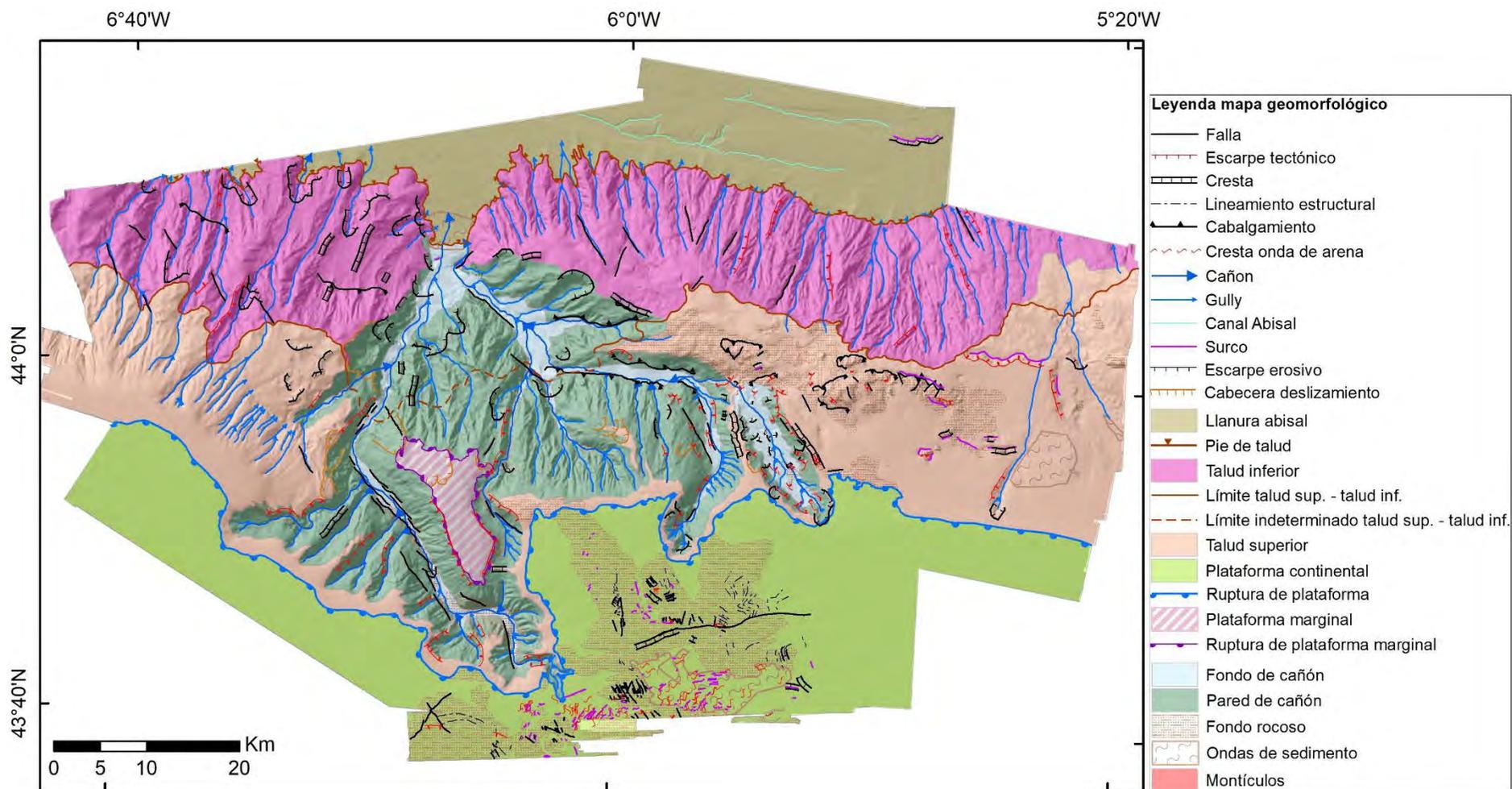


Figura 33. Mapa de interpretación geológica con transparencia sobre el mapa de sombras del SCA.

8. Conclusiones y recomendaciones

Como conclusiones de este estudio se citan, a continuación, los principales trabajos realizados para mejorar el conocimiento del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés:

- Se han reprocesado los datos correspondientes a la plataforma adquiridos durante el proyecto LIFE+ INDEMARES, con el fin de mejorar la calidad y resolución de la información obtenida hasta la fecha. Se han creado nuevas superficies batimétricas y mosaicos de reflectividad con las últimas técnicas de procesado disponibles que son fundamentales para los procesos de caracterización y modelado de hábitat, consiguiendo obtener mallas de todo el SCA a 50 m y de la plataforma a 5 y 10 m.
- Se han elaborado nuevos mapas derivados de la batimetría que han servido para ampliar las herramientas de análisis morfométrico de la plataforma como orientación, curvatura o índice de posición batimétrico (BPI) sobre los nuevos datos, y ampliar también el conocimiento sobre la naturaleza de sus tipos de fondo.
- Se ha realizado una nueva caracterización morfosedimentaria de la plataforma del SCA, en la cual se han definido nuevos tipos morfológicos no considerados en el informe final LIFE+ INDEMARES (IEO, 2014) y que son base fundamental para el estudio de la distribución espacial y dependencias ambientales del Hábitat 1170.
- Se ha integrado la nueva caracterización de la plataforma junto con el resto del SCA para obtener una clasificación morfosedimentaria y caracterización global de los tipos de fondo, que servirán como uno de los datos principales de entrada a los modelos predictivos de distribución de hábitats.

Con el fin de seguir mejorando el conocimiento de este LIC, se recomienda:

Realizar una nueva prospección geofísica de algunos de los sectores de la plataforma estudiada para mejorar la calidad de datos existentes, bien sea llevando a cabo una nueva campaña o aprovechando alguna otra de zonas cercanas, con la utilización de ecosondas multihaz más modernas instaladas actualmente en la flota oceanográfica del IEO (EM710 del año 2012 y EM-712 del año 2021). Aunque, mediante el nuevo reprocesado se han podido suavizar los errores de solape existentes entre las líneas, se siguen apreciando algunos errores en la batimetría de dicha zona, que posiblemente fueron generados por las condiciones meteorológicas durante la adquisición de los datos y las limitaciones técnicas de los equipos multihaz existentes en ese momento (EM300 del año 2001), por lo que no mejorarían con un nuevo procesado. Una nueva prospección mejoraría también el mosaico de reflectividad de la zona, ya que las prestaciones de las nuevas ecosondas multihaz han

mejorado cuantitativa y cualitativamente las capacidades técnicas de los equipos, lo que permitiría una notable mejora en la resolución de determinadas áreas de interés, especialmente para el estudio y descripción de las zonas en las que se ha demostrado la existencia del hábitat 1170.

Por otra parte, se recomienda realizar nuevos muestreos sedimentológicos que permitan tener una distribución homogénea y representativa de la zona, con el fin de poder obtener una correlación entre valores de reflectividad y tamaño de grano y así realizar una caracterización de fondos más detallada y correlacionada con los datos de imágenes obtenidos en INDEMARES.

8. Referencias

Boillot, G., Dupeuble, P.A., Lamboy, M., d'Ozouville, L., Sibuet, J.C., 1971. Structure et histoire géologique de la marge continentale au Nord de l'Espagne (entre 4° et 9° W), En: Debyser, J., Le Pichon, X., Montadert, L. (Eds.), *Historie structural du Golfe de Gascogne*. Publications de l'Institut Français du Pétrole. Collection du Colloques et Séminaires, Tome 2, V, V.6. 1-52.

Ercilla, G., Casas, D., Estrada, F., Vázquez, J.T., Iglesias, J., García, M., Gómez, M., Acosta, J., Gallart, J., Maestro-González, A., Marconi Team, 2008. Morphosedimentary features and recent depositional architectural model of the Cantabrian continental margin. *Marine Geology*, 247, 61-83.

Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62 (4), 344-359.

Gallastegui, J., Pulgar, J.A. y Gallart, J., 2002. Initiation of an active margin at North Iberian continent-ocean transition. *Tectonics*, 21 (4), 15-1/15-13.

Gómez-Ballesteros, M., Druet, M., Muñoz, A., Arrese, B., Rivera, J., Sánchez, F., Cristobo, J., Parra, S., García-Alegre, A., González-Pola, C., Gallastegui, J. y Acosta, J. 2014. Geomorphology of the Avilés Canyon System, Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Vol. 106, 2014, 99-117.

IEO, 2014. Caracterización ecológica del área marina del sistema de cañones submarinos de Avilés. Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Instituto Español de Oceanografía. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 243 pág.

Long, D., 2006. BGS detailed explanation of seabed sediment modified Folk classification.

Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., González-Pola, C., Punzón-Merino, 2014. Sistema de cañones submarinos de Avilés. Áreas de estudio del Proyecto LIFE +INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 114 pp.

Sánchez F., González-Pola, C., Druet M., García-Alegre, A., Acosta, J., Cristobo, J., Parra, S., Ríos P., Altuna, A., Gómez-Ballesteros, M., Muñoz-Recio, A., Rivera J, Díaz del Río, G. 2014. Habitat characterization of deep-water coral reefs in La Gavieta Canyon (Avilés Canyon System, Cantabrian Sea). *Deep-Sea Research II*, 106, 118–140.

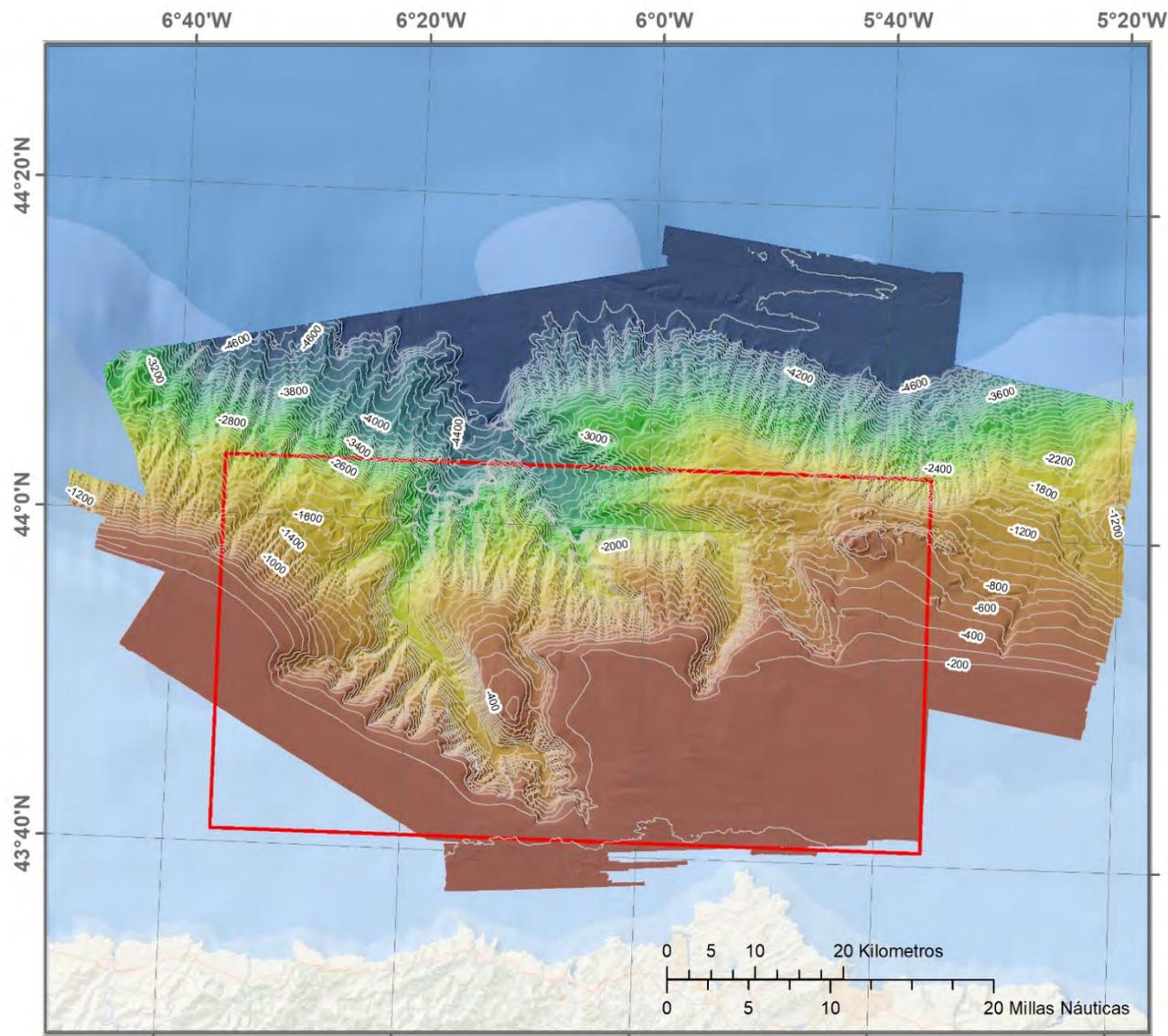
ANEXOS

A. Información cartográfica del área total estudiada

1. Batimetría (resolución espacial 50 m, equidistancia isóbatas 100 m)
2. Batimetría (resolución espacial 50 m, equidistancia isóbatas 200 m)
3. Sombreado (resolución 50 m)
4. Pendientes (resolución 50 m)
5. Índice de posición batimétrica (escala gruesa; resolución 50 m)
6. Índice de posición batimétrica (escala fina; resolución 50 m)
7. Curvatura total (resolución 50 m)
8. Curvatura planar (resolución 50 m)
9. Curvatura perfil (resolución 50 m)
10. Orientación del fondo (resolución 50 m)
11. Reflectividad (resolución 10 m)
12. Geomorfología lineal
13. Geomorfología poligonal
14. Tipo de fondo

B. Información cartográfica de detalle. Zona de plataforma

15. Batimetría (resolución 5 m)
16. Batimetría (resolución 10 m)
17. Sombreado (resolución 5 m)
18. Sombreado (resolución 10 m)
19. Pendiente (resolución 10m)
20. Índice de posición batimétrica (escala gruesa; resolución 10 m)
21. Índice de posición batimétrica (escala fina; resolución 10 m)
22. Curvatura total (resolución 10 m)
23. Curvatura planar (resolución 10 m)
24. Curvatura perfil (resolución 10 m)
25. Orientación del fondo (resolución 10 m)
26. Reflectividad (resolución 5 m)
27. Geomorfología lineal
28. Geomorfología poligonal
29. Tipo de fondo



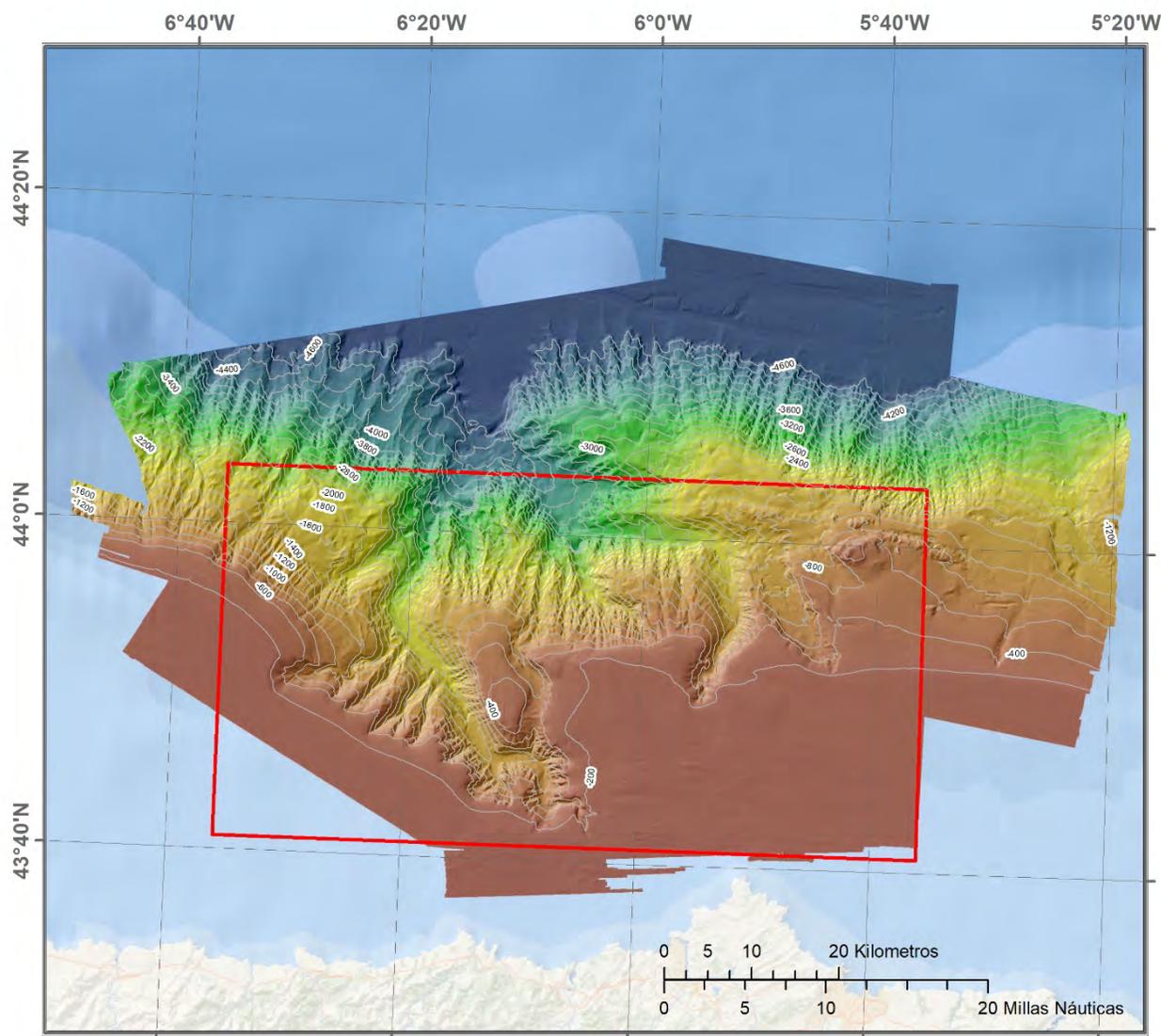
**INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

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

LEYENDA

- Isóbatas 100m
- LIC
- Color scale: -39,8 m (red) to -4798,2 m (blue)



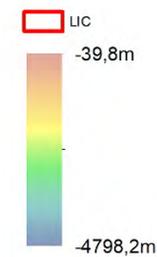
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

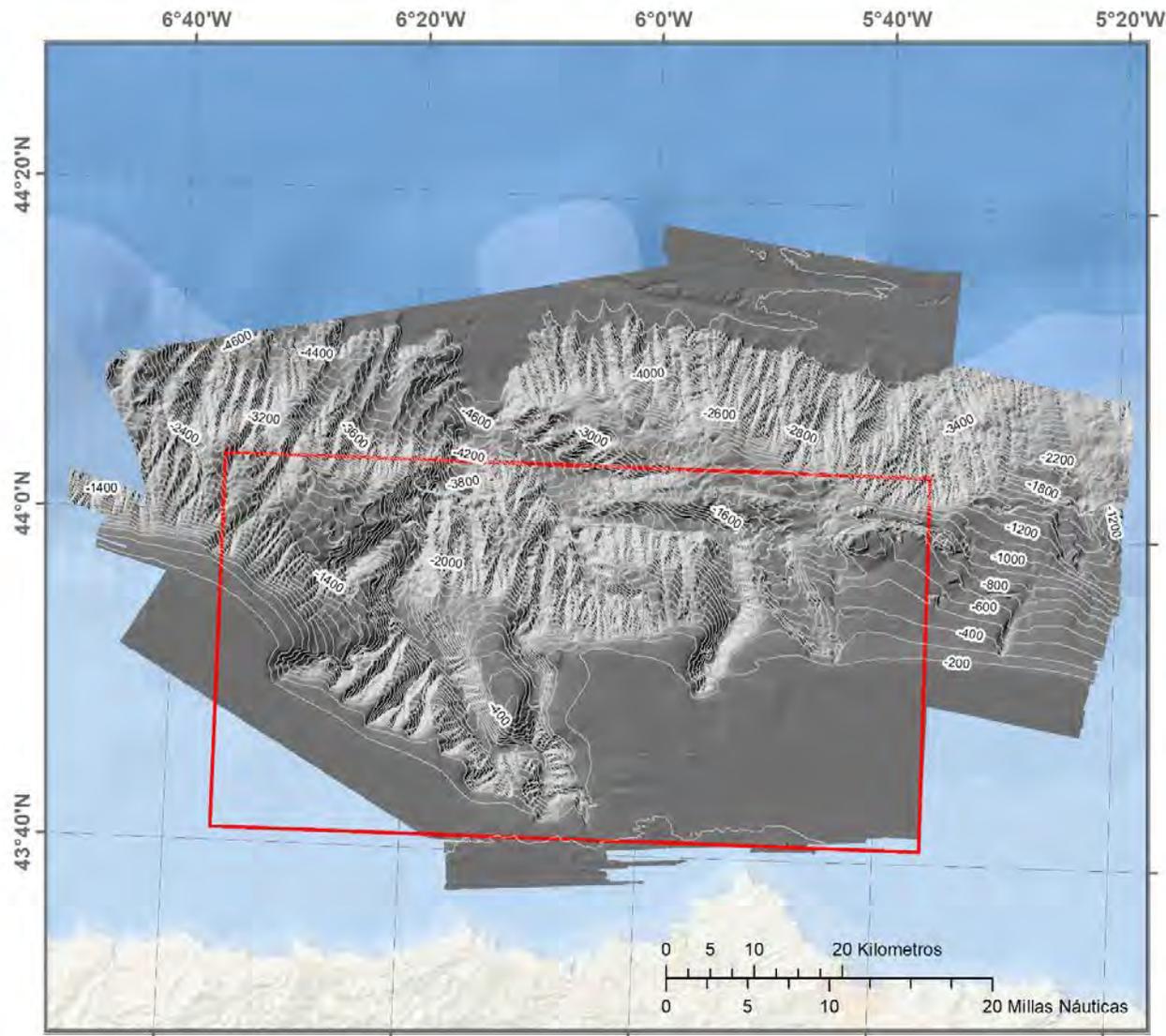
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILES
BATIMETRÍA 50m DE RESOLUCIÓN
ISÓBATAS 200m

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

LEYENDA







MAR CANTÁBRICO

LIJÓN SAN TANDER

OVEDO LLANES

INTEMARES

LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS

SOMBREADO
50 METROS DE RESOLUCIÓN
ISÓBATAS 100 M

LEYENDA

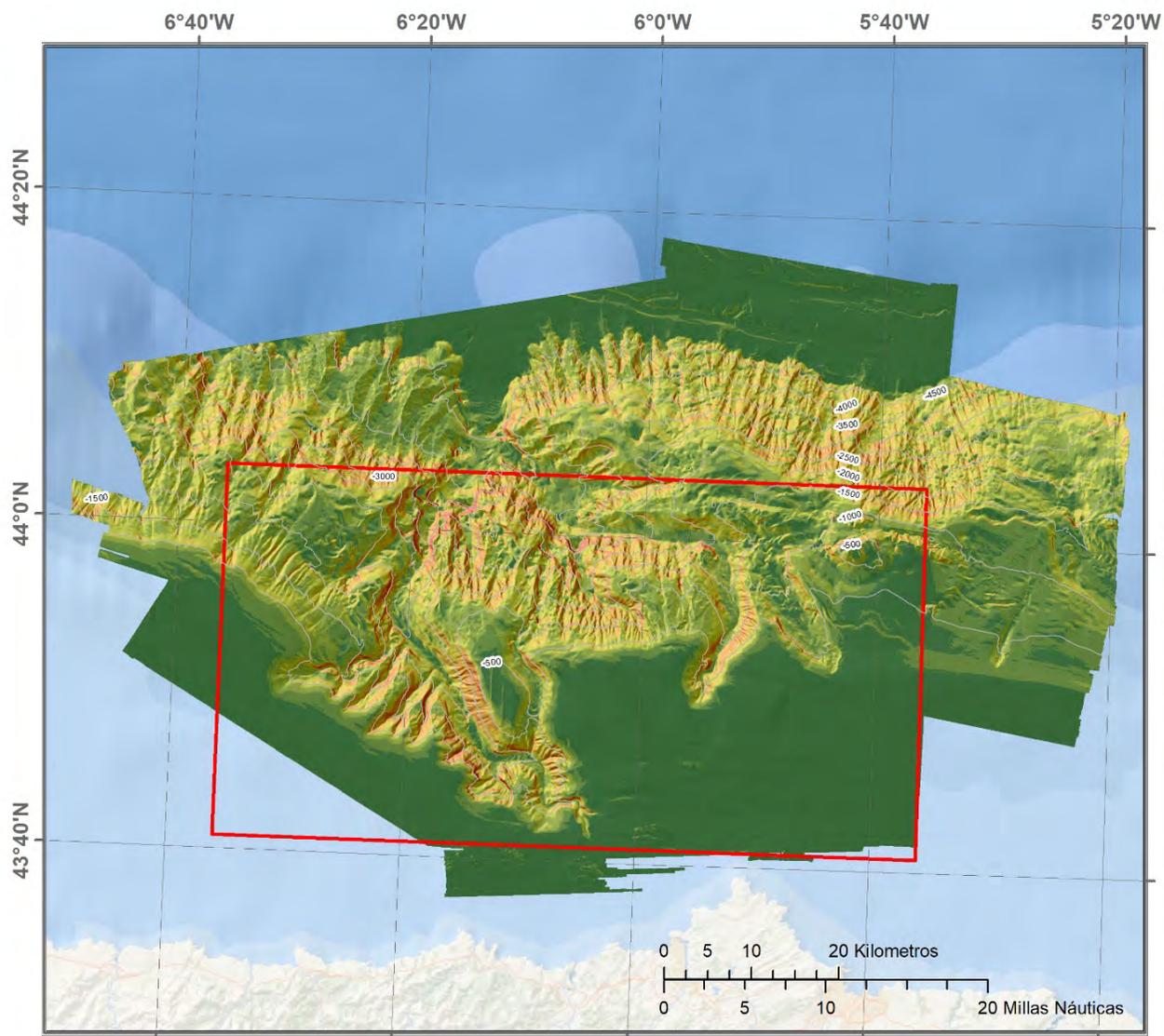
— Isóbatas 100m

LIC

254

0







MAR CANTÁBRICO

GIJÓN LLANES SANTANDER
OVIEDO

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
 WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILES
 PENDIENTE
 50 METROS DE RESOLUCIÓN

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

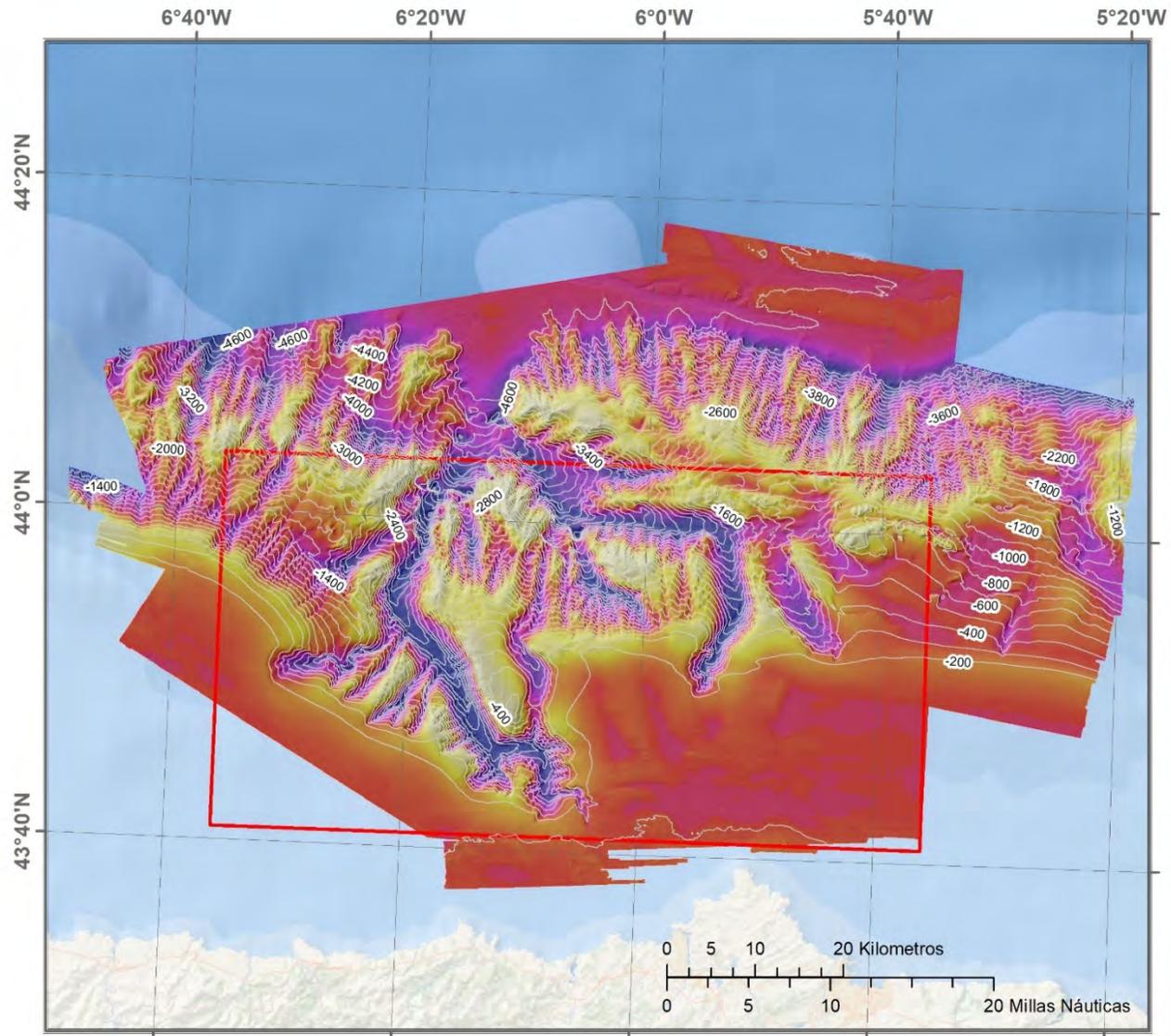
LEYENDA

— Isóbatas 500m

- LIC
- 0° - 3°
- 3° - 6°
- 6° - 11°
- 11° - 16°
- 16° - 20°
- 20° - 26°
- 26° - 35°
- 35° - 72°





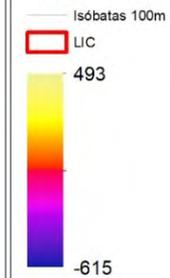
**INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012**

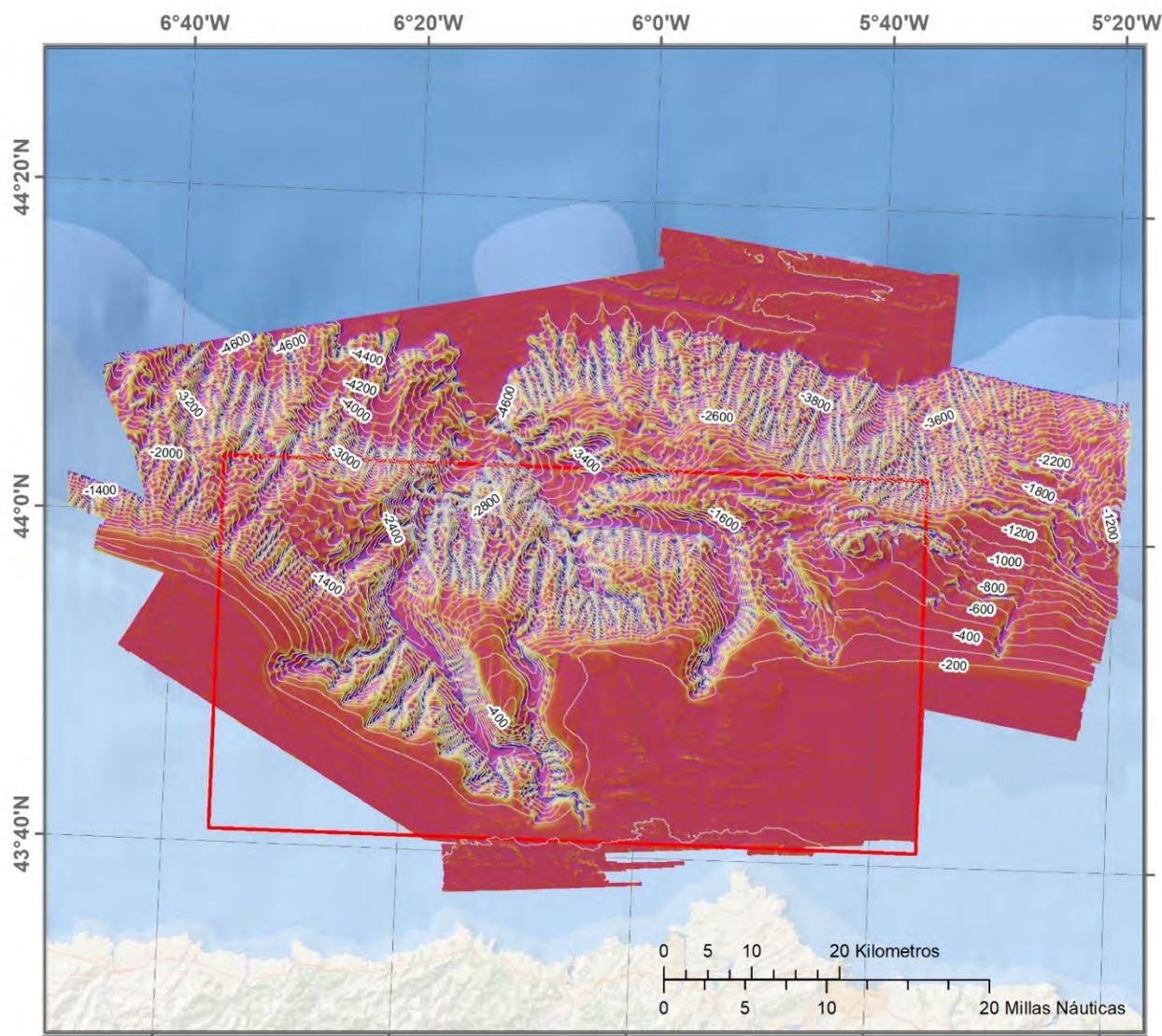
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
ESCALA GRUESA

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

LEYENDA







MAR CANTÁBRICO

OVIEDO LLANES SANTANDER

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
 WGS 1984 UTM Zone 30N

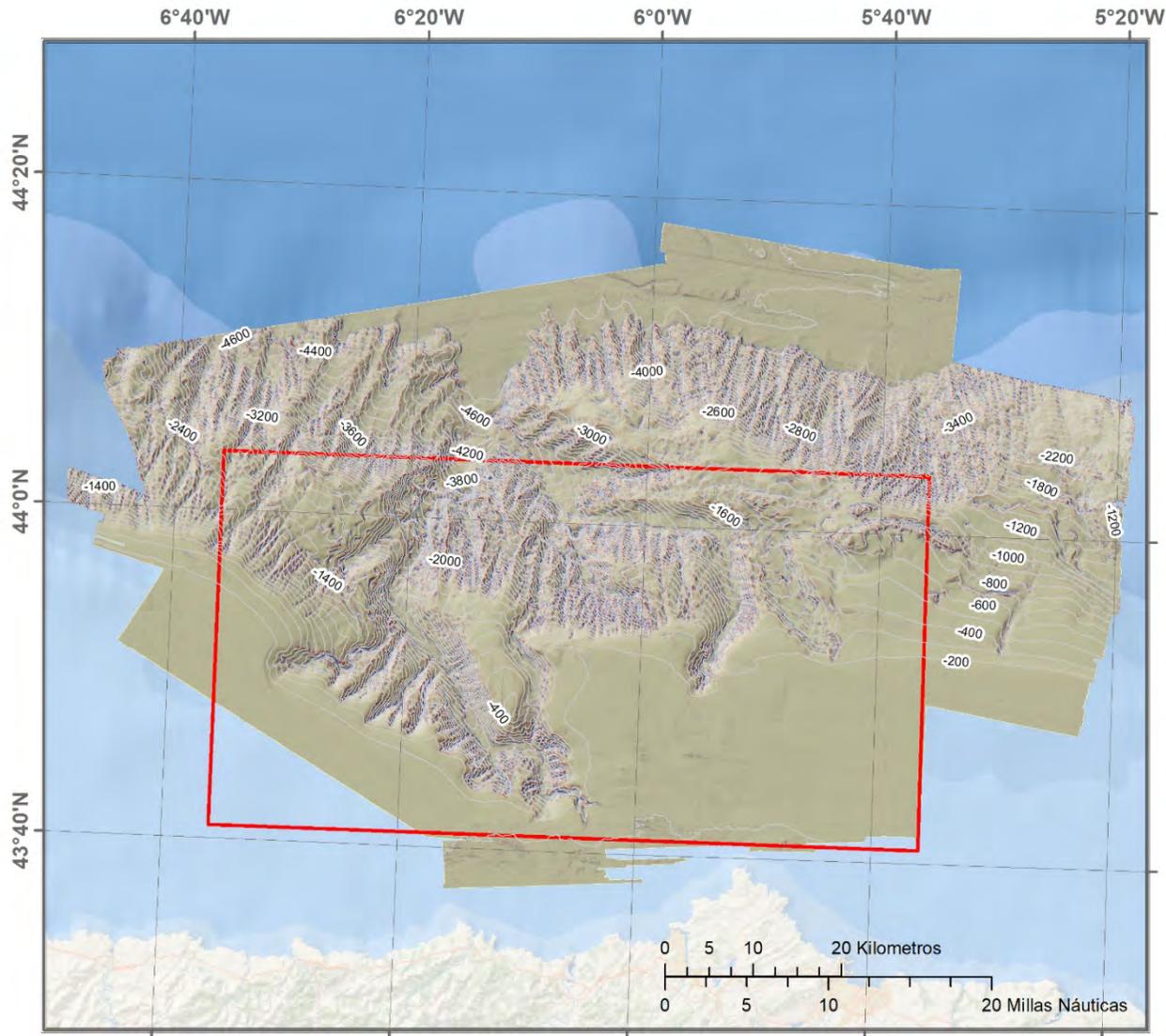
CAÑÓN DE AVILÉS
 ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
 ESCALA FINA

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

LEYENDA

- Isóbatas 100m
- LIC
- 174
- 256





INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

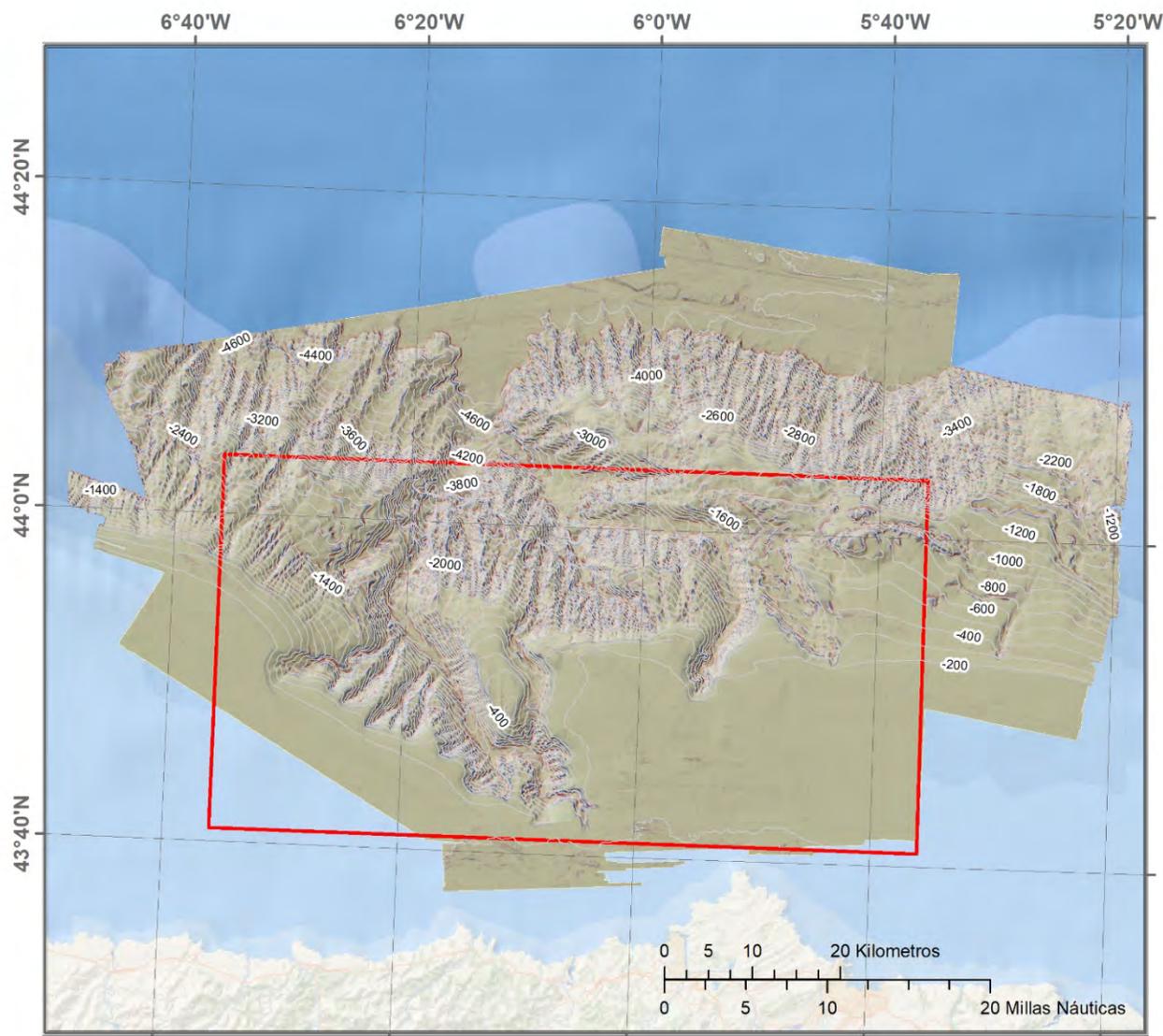
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
CURVATURA TOTAL
50 METROS DE RESOLUCIÓN

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

LEYENDA

-  Isóbatas 100m
-  LIC
-  Alta
-  Baja





MAR CANTÁBRICO

GUJÓN SANTANDER

OVIEDO LLANÉS

INTEMARES

LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS

CURVATURA PLANAR

50 METROS DE RESOLUCIÓN

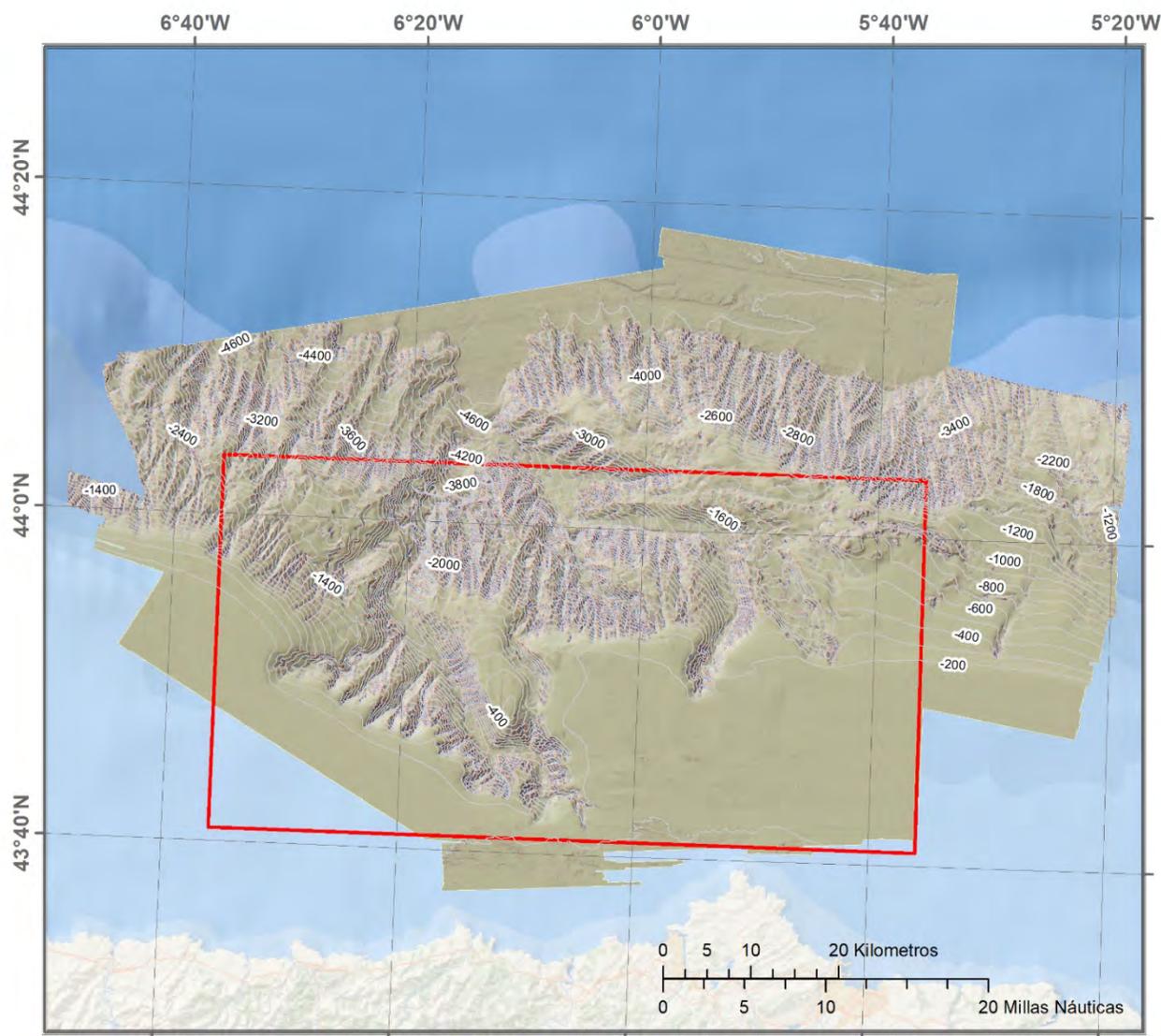
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 100m
- LIC
- Alta
- Baja







INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

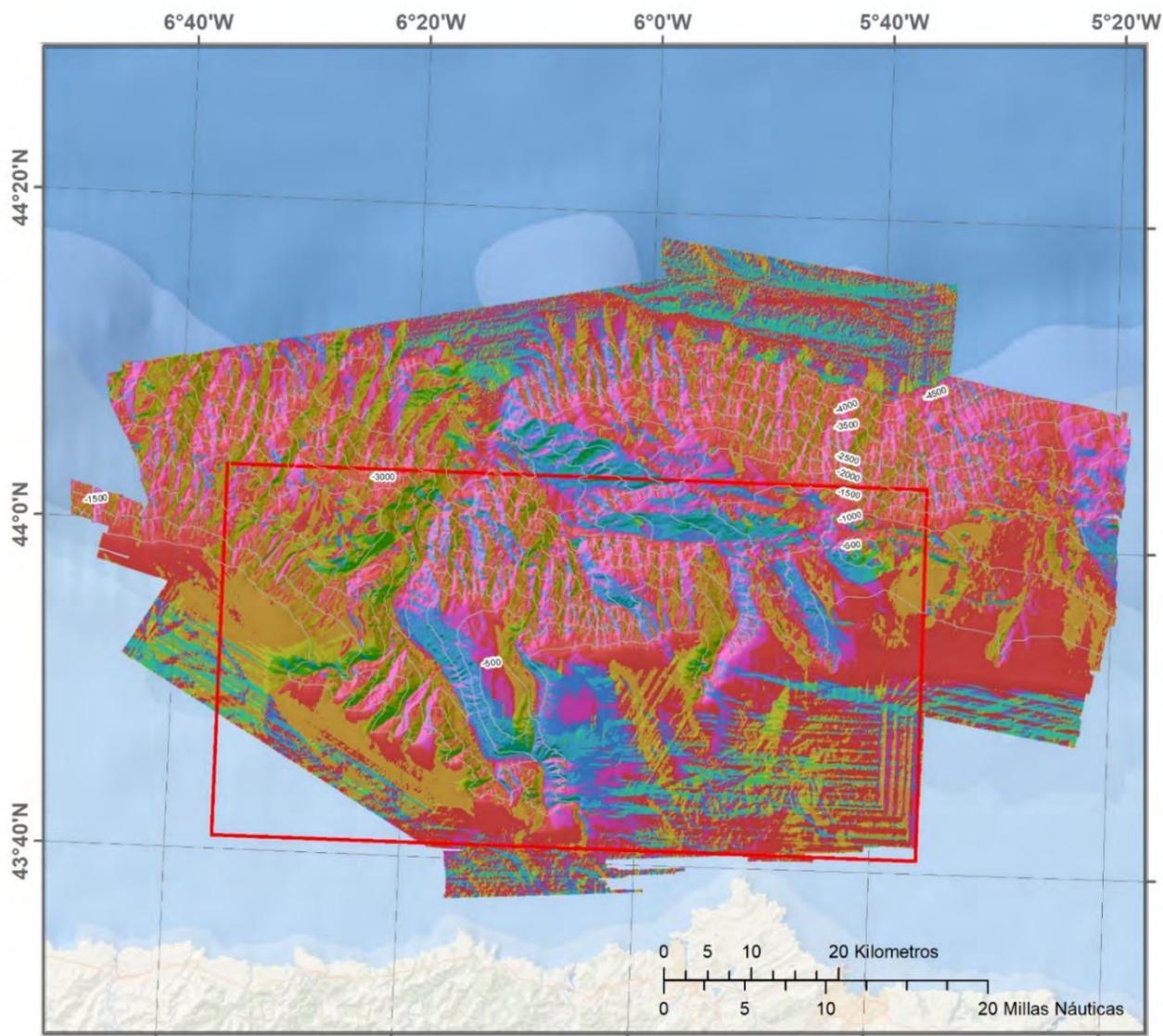
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
CURVATURA PERFIL
50 METROS DE RESOLUCIÓN

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

LEYENDA

-  Isóbatas 100m
-  LIC
-  Alta
-  Baja



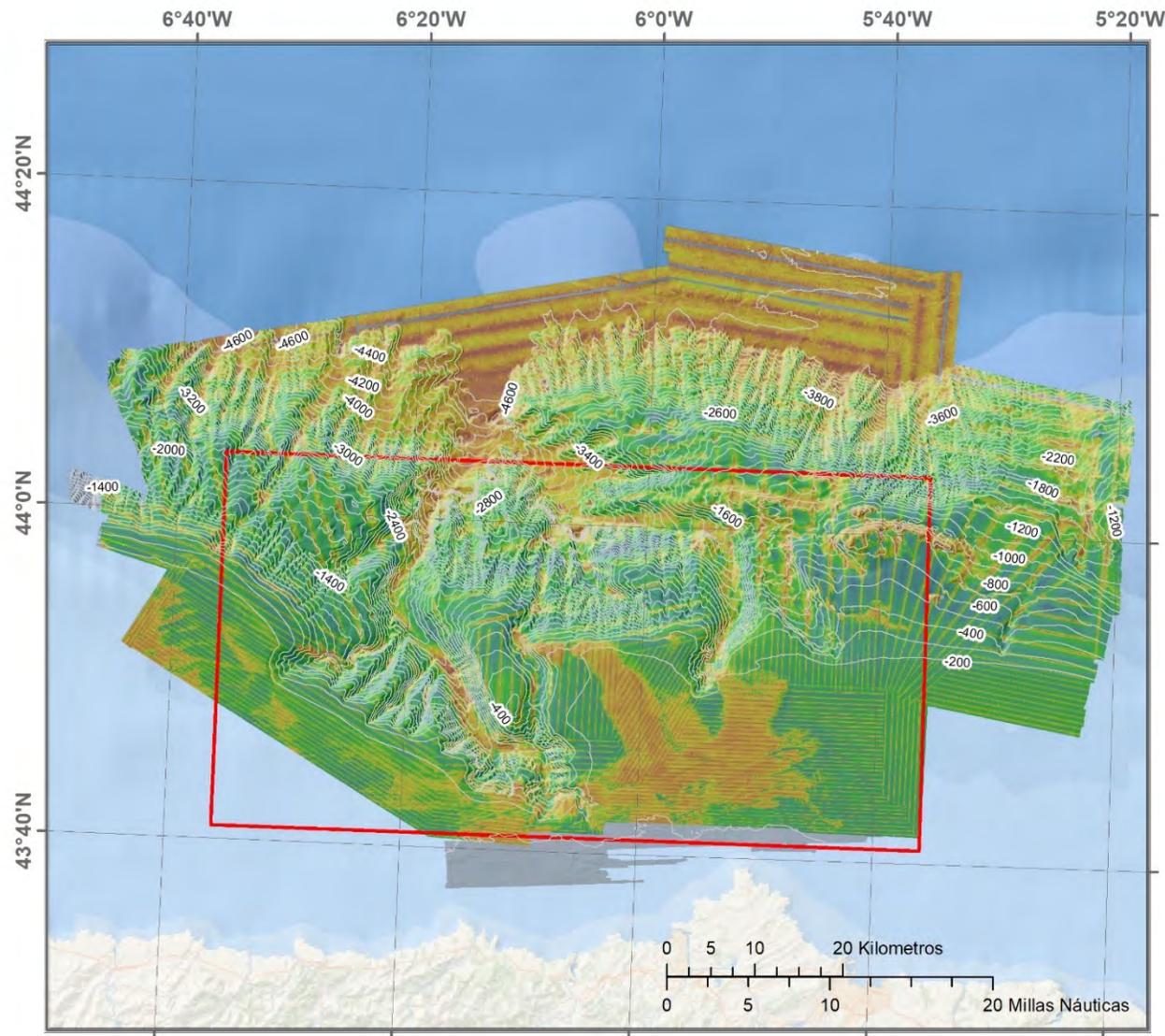
**INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012**

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILES
ORIENTACIÓN DEL FONDO
50 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isóbatas 500m
- LIC
- Norte (0° - 22,5°)
- Nordeste (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° - 0°)



INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

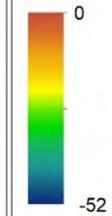
CAÑÓN DE AVILÉS
REFLECTIVIDAD
10 METROS DE RESOLUCIÓN

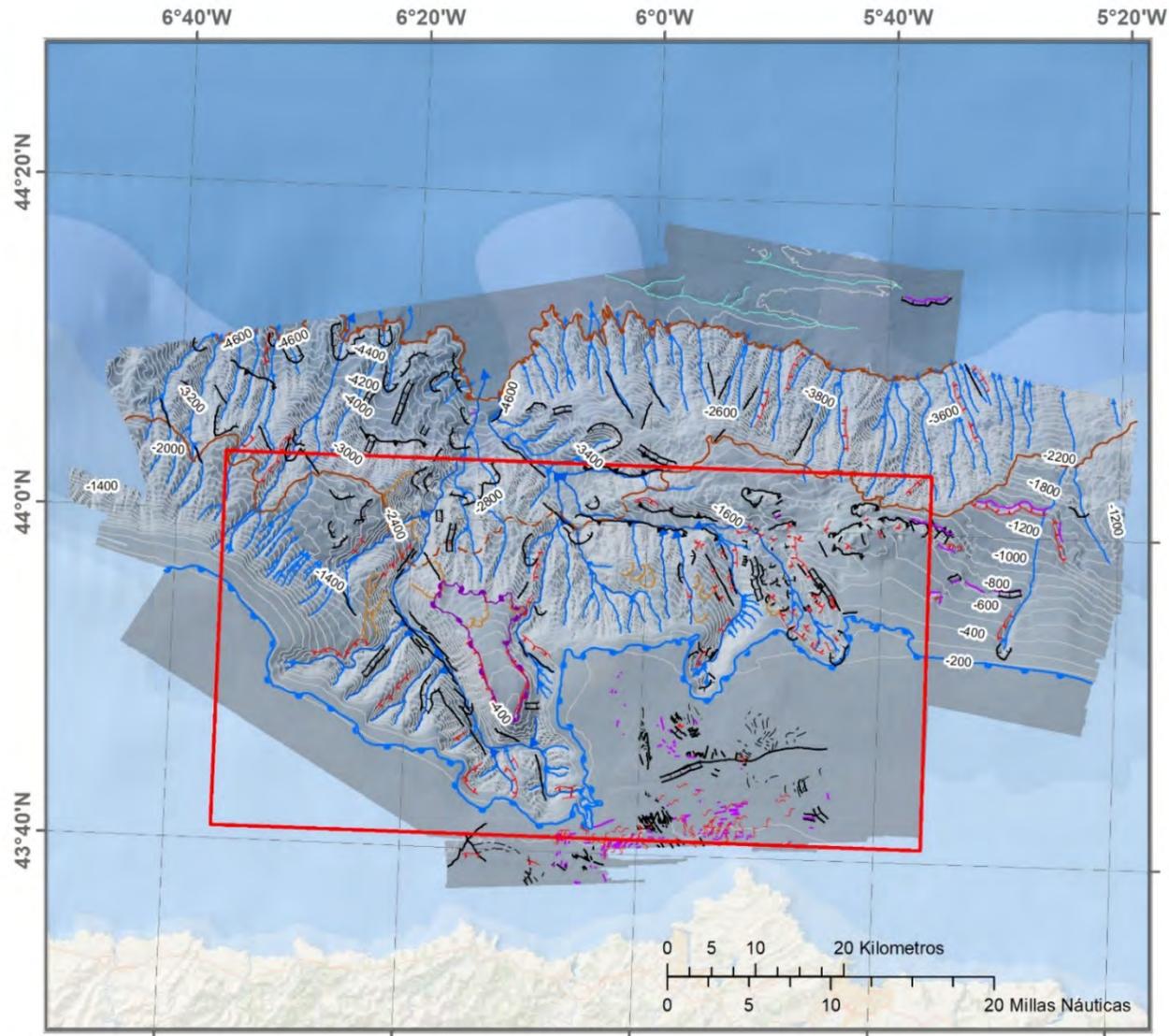
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

— Isóbatas 100m

LIC





INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

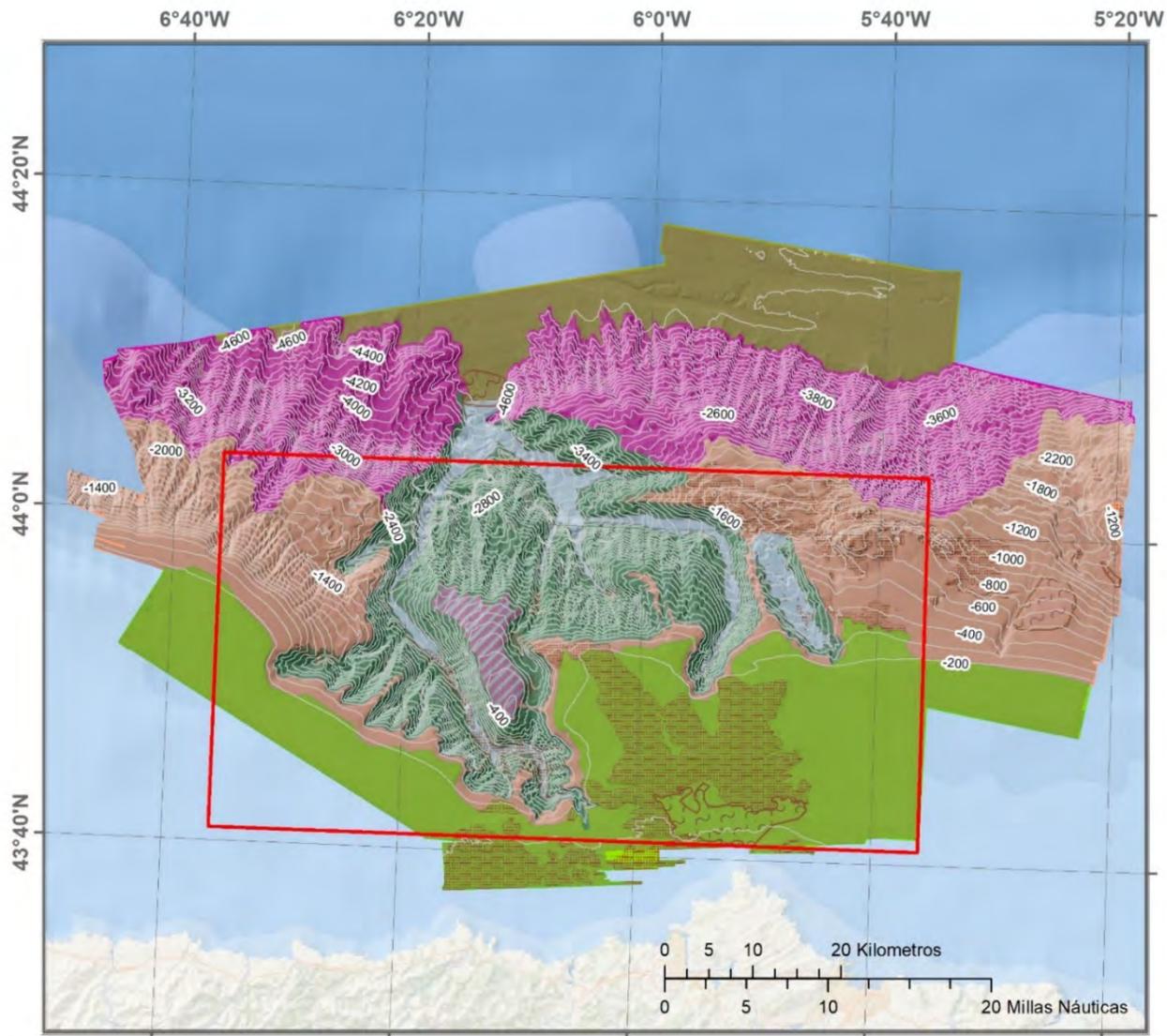
CAÑÓN DE AVILÉS

GEOMORFOLOGÍA LINEAL

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

LEYENDA

- ▭ LIC
-  Isóbatas 100m
-  Cresta
-  Escarpe erosivo
-  Escarpe tectónico
-  Falla
-  Gully
-  Lineamiento estructural
-  Límite indeterminado talud sup. - talud inf.
-  Pie de talud
-  Ruptura de plataforma
-  Ruptura de plataforma marginal
-  Burro
-  Cresta onda de arena



INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

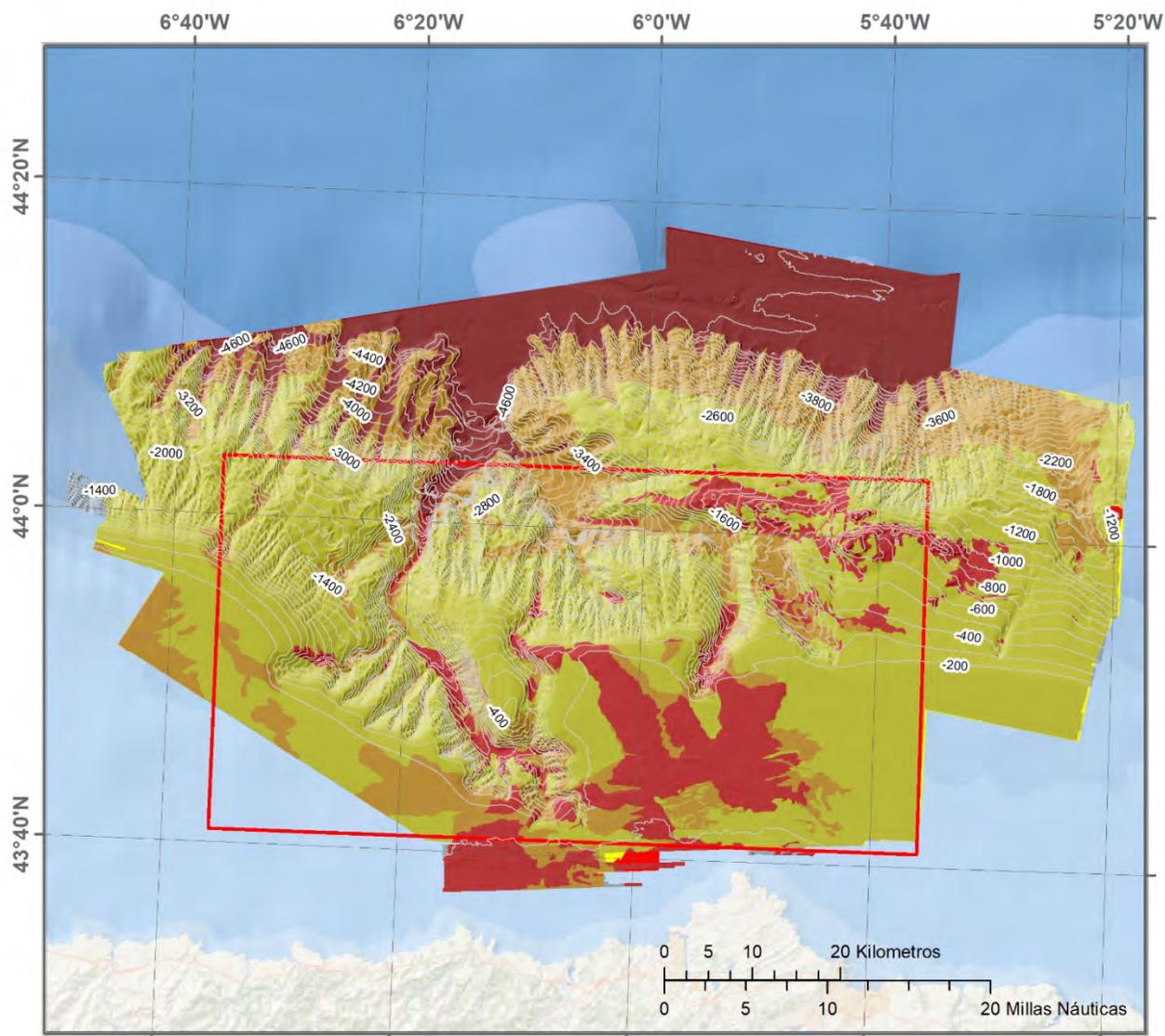
CAÑÓN DE AVILÉS

GEOMORFOLOGÍA POLIGONAL

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

LEYENDA

-  Isóbatas 100m
-  LIC
-  Fondo rocoso
-  Fondo de cañón
-  Llanura abisal
-  Montículos / pináculos
-  Ondas de sedimento
-  Pared de cañón
-  Plataforma continental
-  Plataforma marginal
-  Talud inferior
-  Talud superior





MAR CANTÁBRICO

GIJÓN SANTANDER
OVIEDO LLANES

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
 TIPO DE FONDO
 10 METROS DE RESOLUCIÓN

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

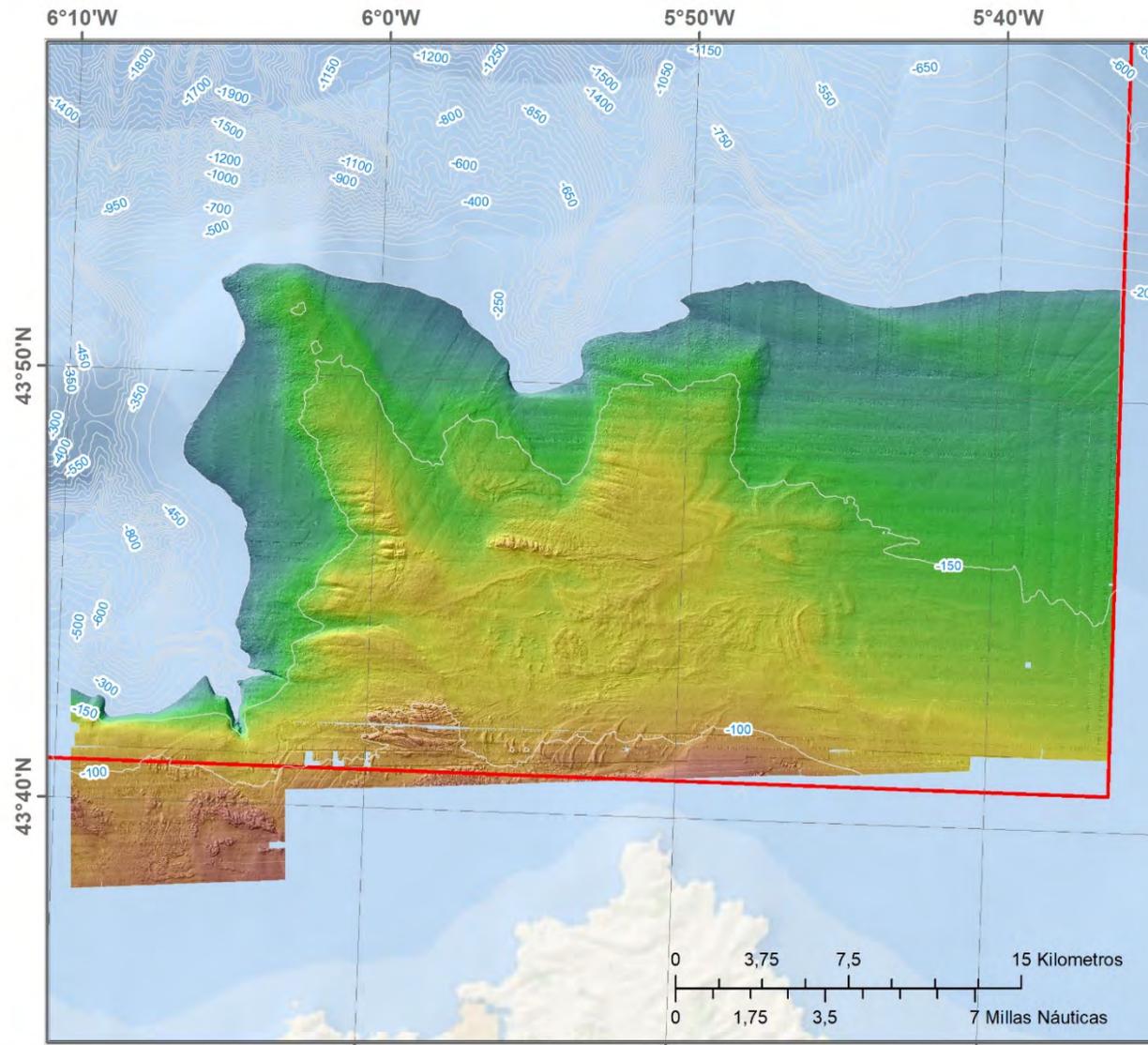
LEYENDA

- Isobatas 100m
- LIC
- Reflectividad alta / zonas profundas
- Reflectividad alta
- Reflectividad media
- Reflectividad baja

MARES, LIFE, and Fundación Biodiversidad." data-bbox="728 730 850 840"/>

INTEMARES  





MAR CANTÁBRICO

OVIEDO LLANES SANTANDER

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
 WGS 1984 UTM Zone 30N

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

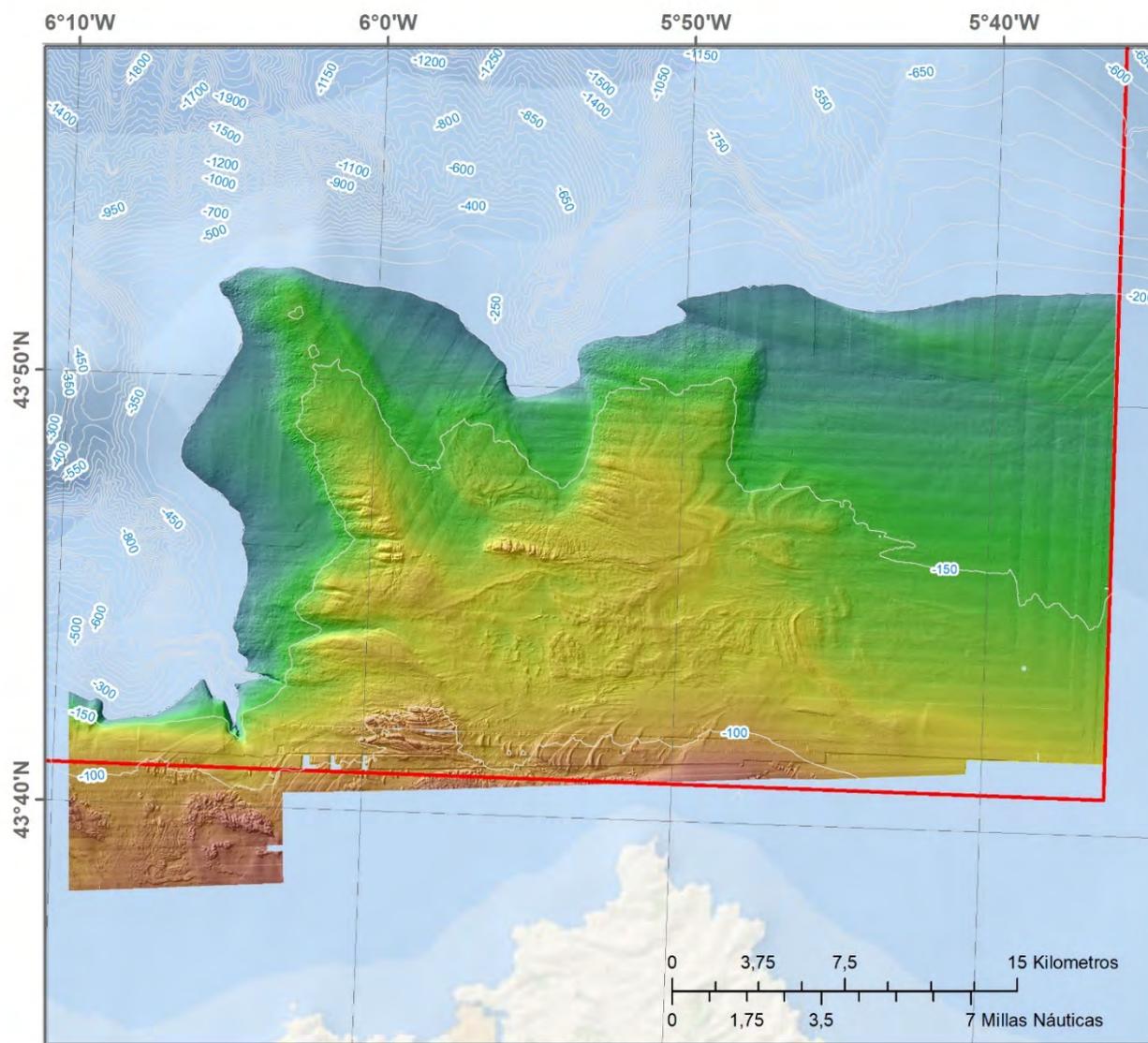
LEYENDA

- Isóbatas 50m
- LIC
- 34,5 m
- 214,7 m

MARES logo" data-bbox="725 740 795 765"/>





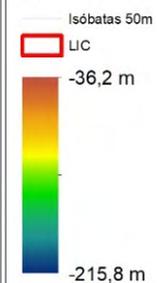



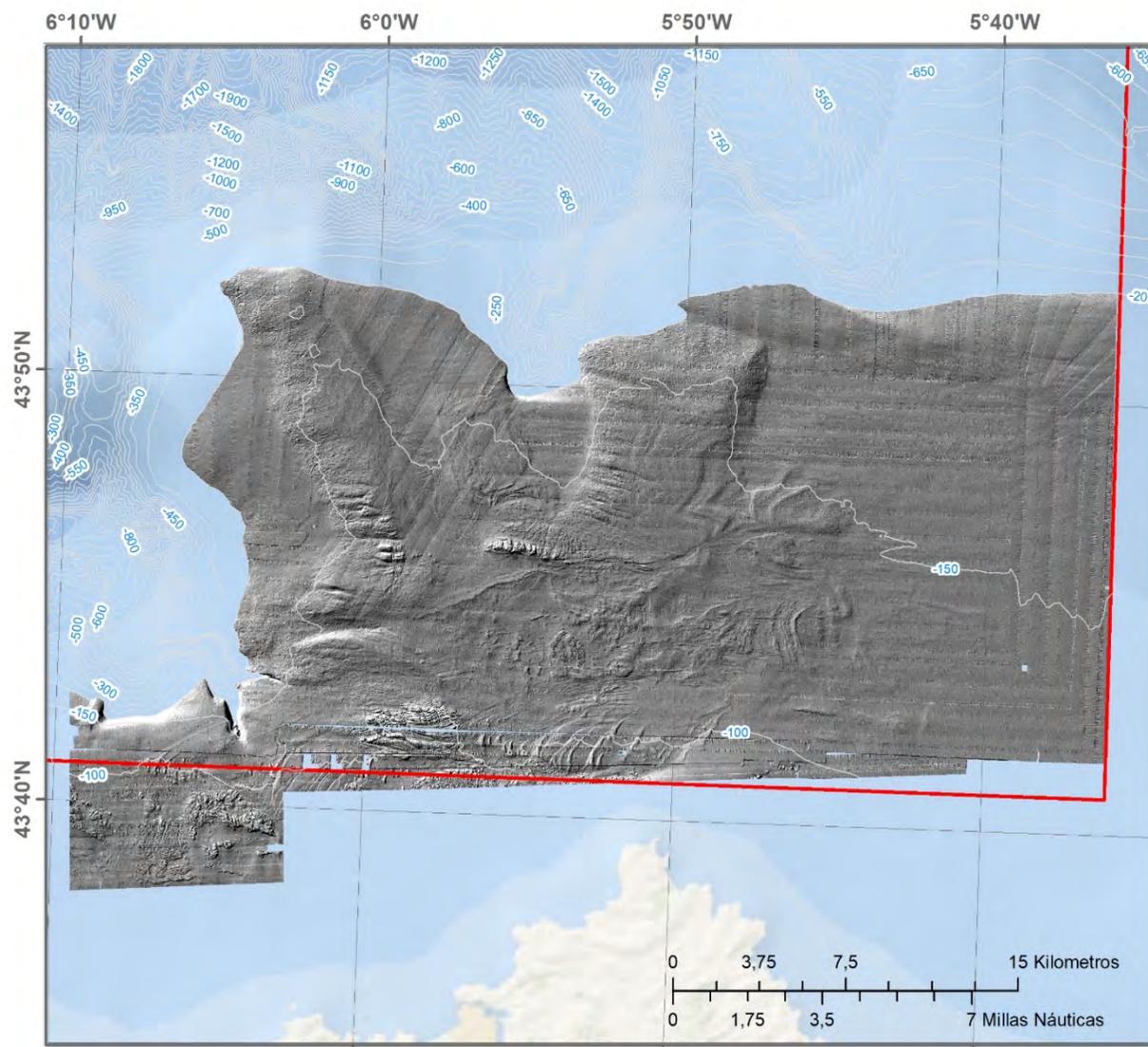
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
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 30N

CAÑÓN DE AVILÉS

SOMBREADO
5 m DE RESOLUCIÓN
ISÓBATAS 50 m

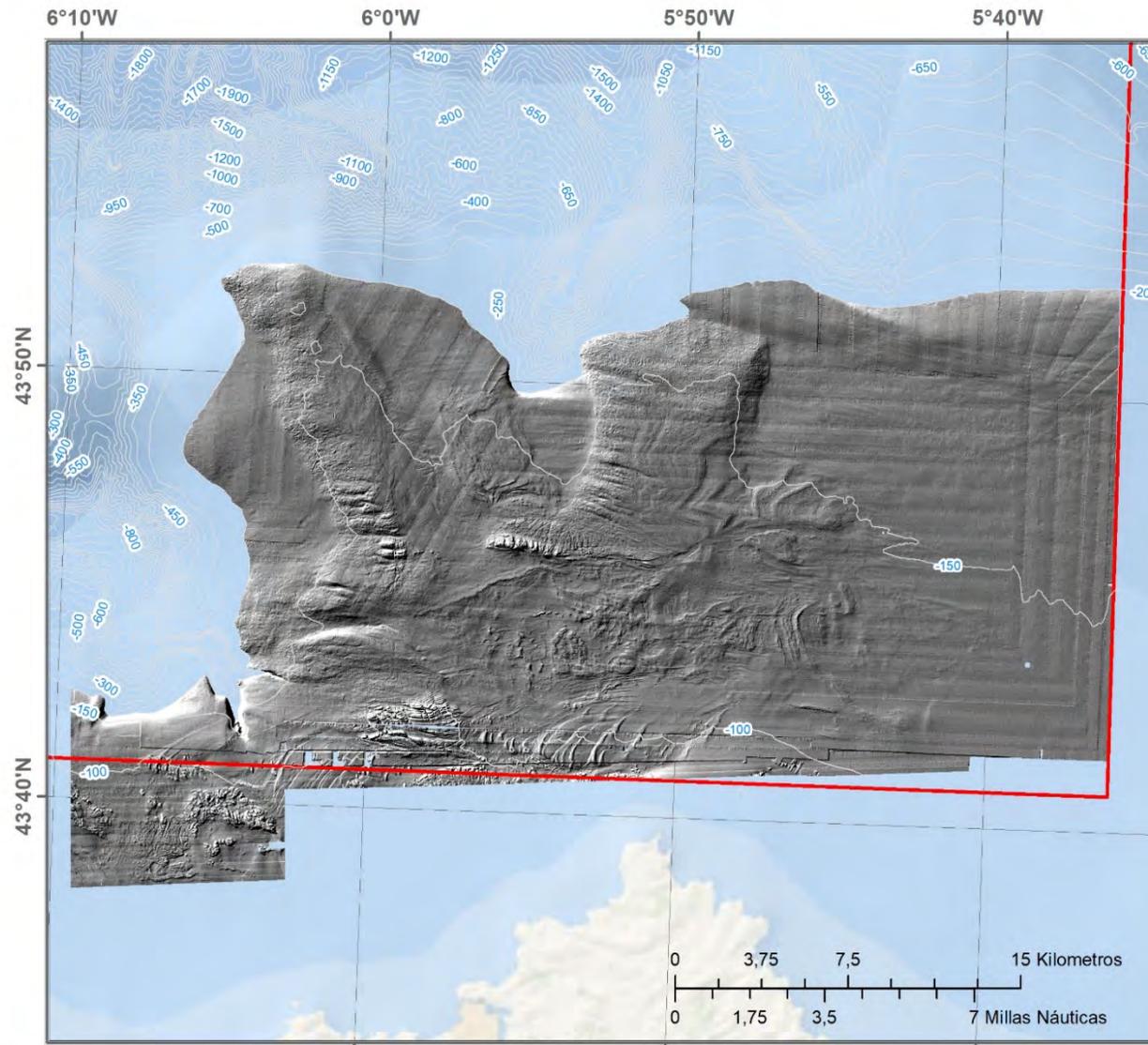
LEYENDA

— Isóbatas 50m

LIC

— 254

0





MAR CANTÁBRICO

OVIEDO LLANES SANTANDER

INTEMARES

LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS

SOMBREADO
10 m DE RESOLUCIÓN
ISÓBATAS 50 m

LEYENDA

— Isóbatas 50m

LIC

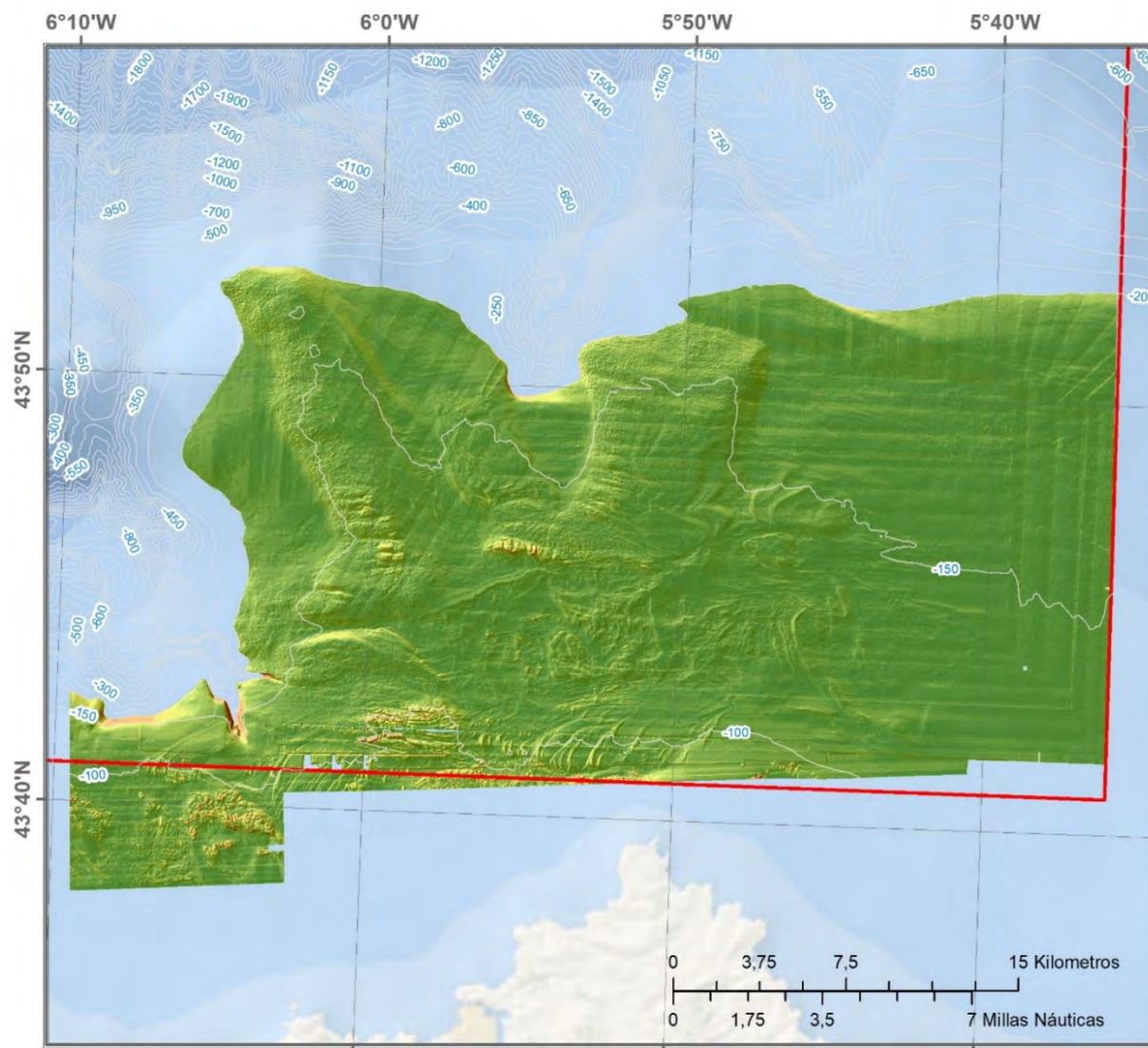
— 254

— 34

MARES logo" data-bbox="722 740 796 765"/>







MAR CANTÁBRICO

GIJÓN SANTANDER
 OVIEDO LLANÉS

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

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

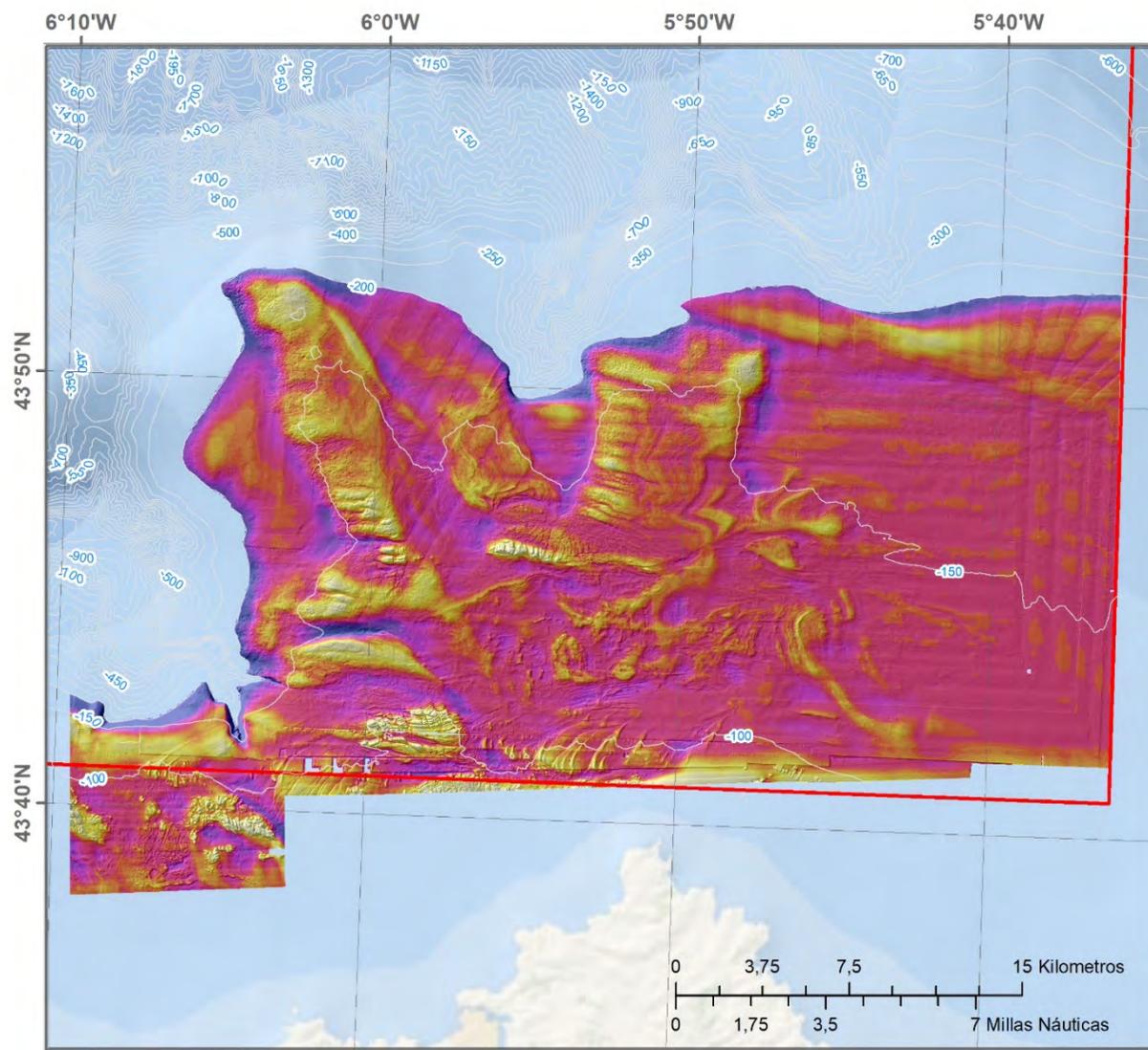
LEYENDA

- Isóbatas 50m
- LIC
- 0° - 1°
- 1° - 2°
- 2° - 3°
- 3° - 5°
- 5° - 8°
- 8° - 12°
- 12° - 20°
- 20° - 49°







INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
 WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
 ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
 ESCALA GRUESA

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

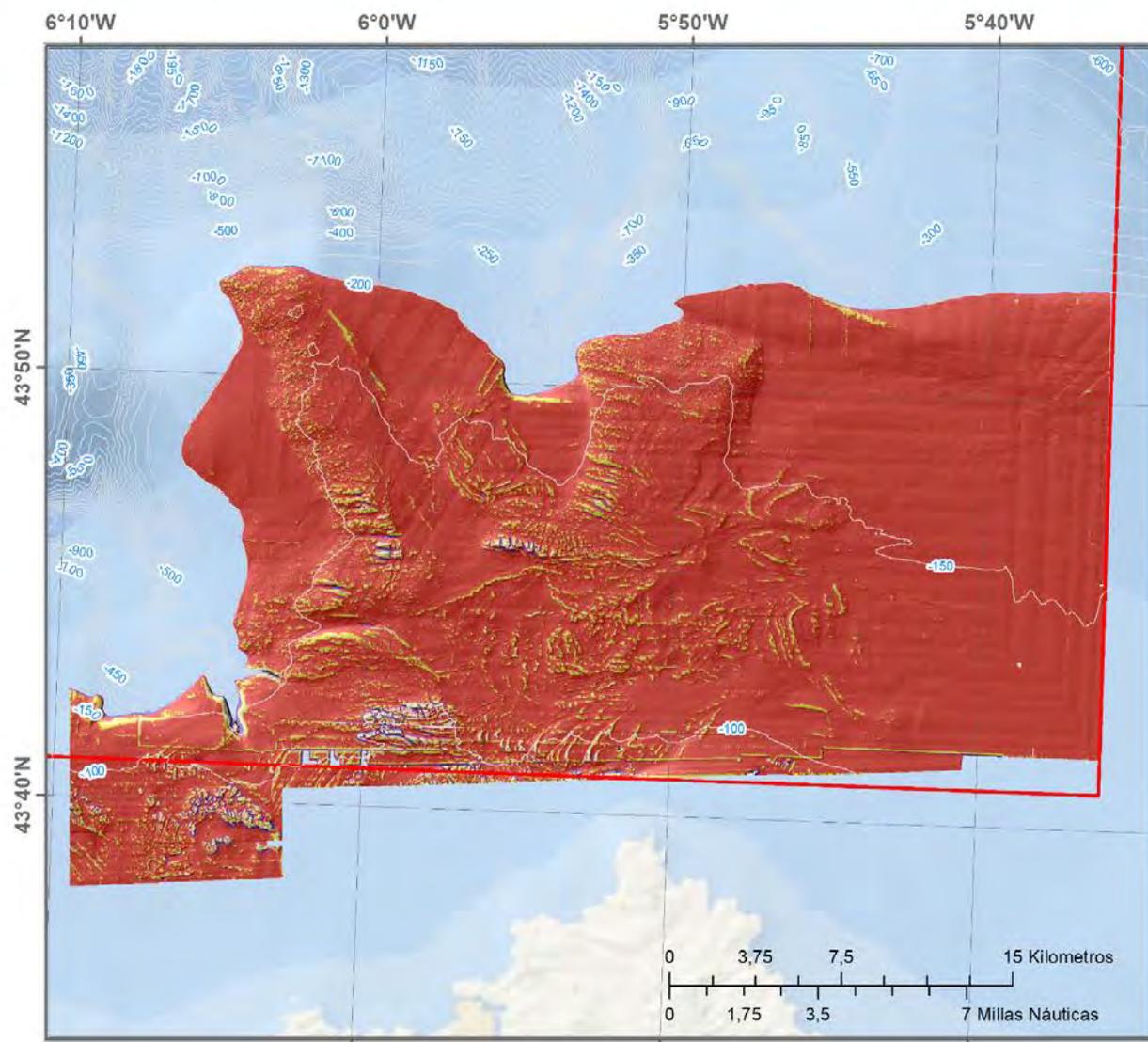
LEYENDA

— Isóbatas 50m

LIC

44

-63





MAR CANTÁBRICO

OVIEDO LLANÉS

GIJÓN SANTANDER

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

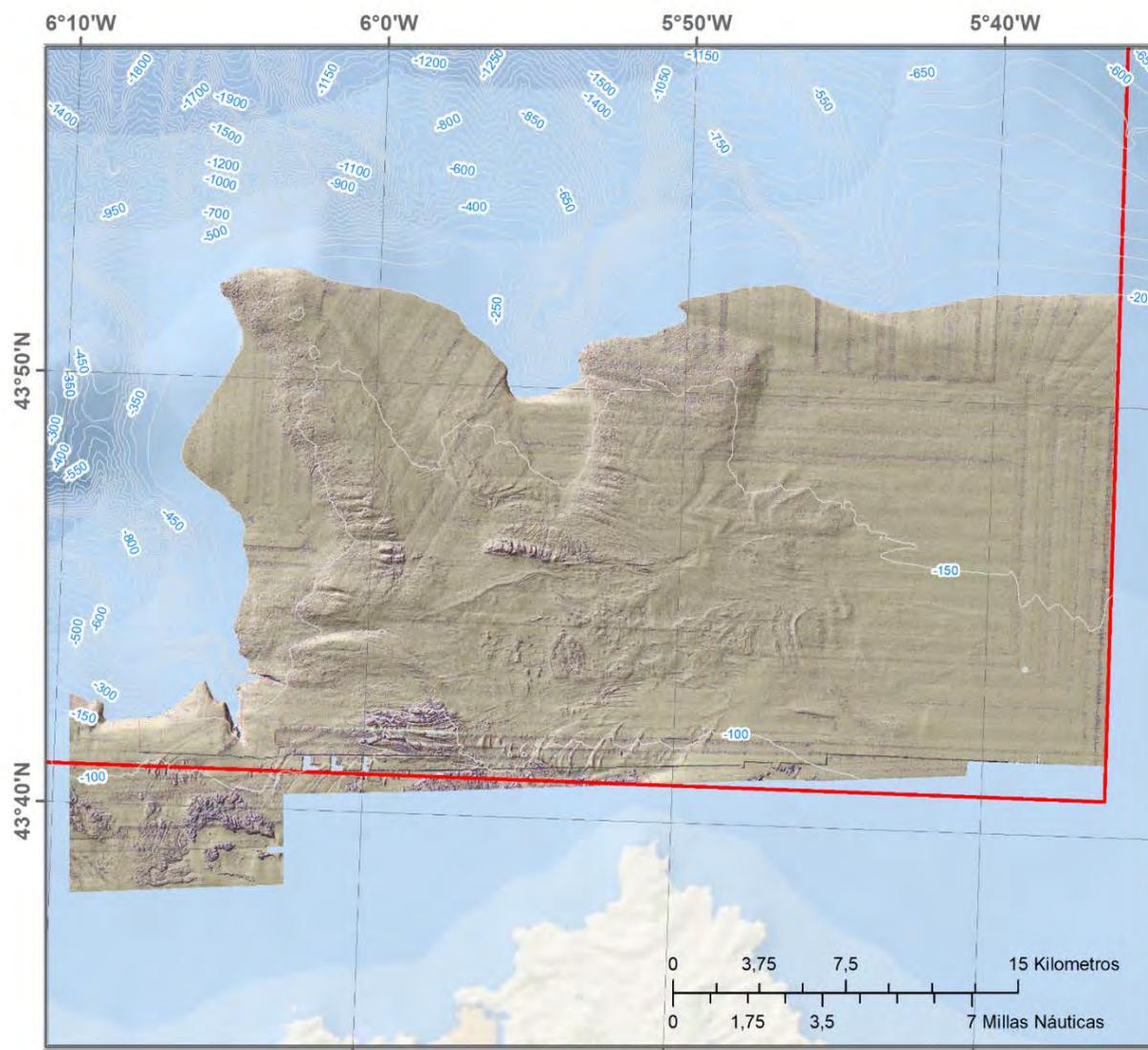
CAÑÓN DE AVILÉS
 ÍNDICE DE POSICIÓN BATIMÉTRICA
 ESCALA FINA

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

LEYENDA

- Isobatas 50m
- LIC
-  28
- 29

MARES, LIFE, and Fundación Biodiversidad." data-bbox="715 730 835 840"/>





MAR CANTÁBRICO

GIJÓN SANTANDER
OVIEDO LLANÉS

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

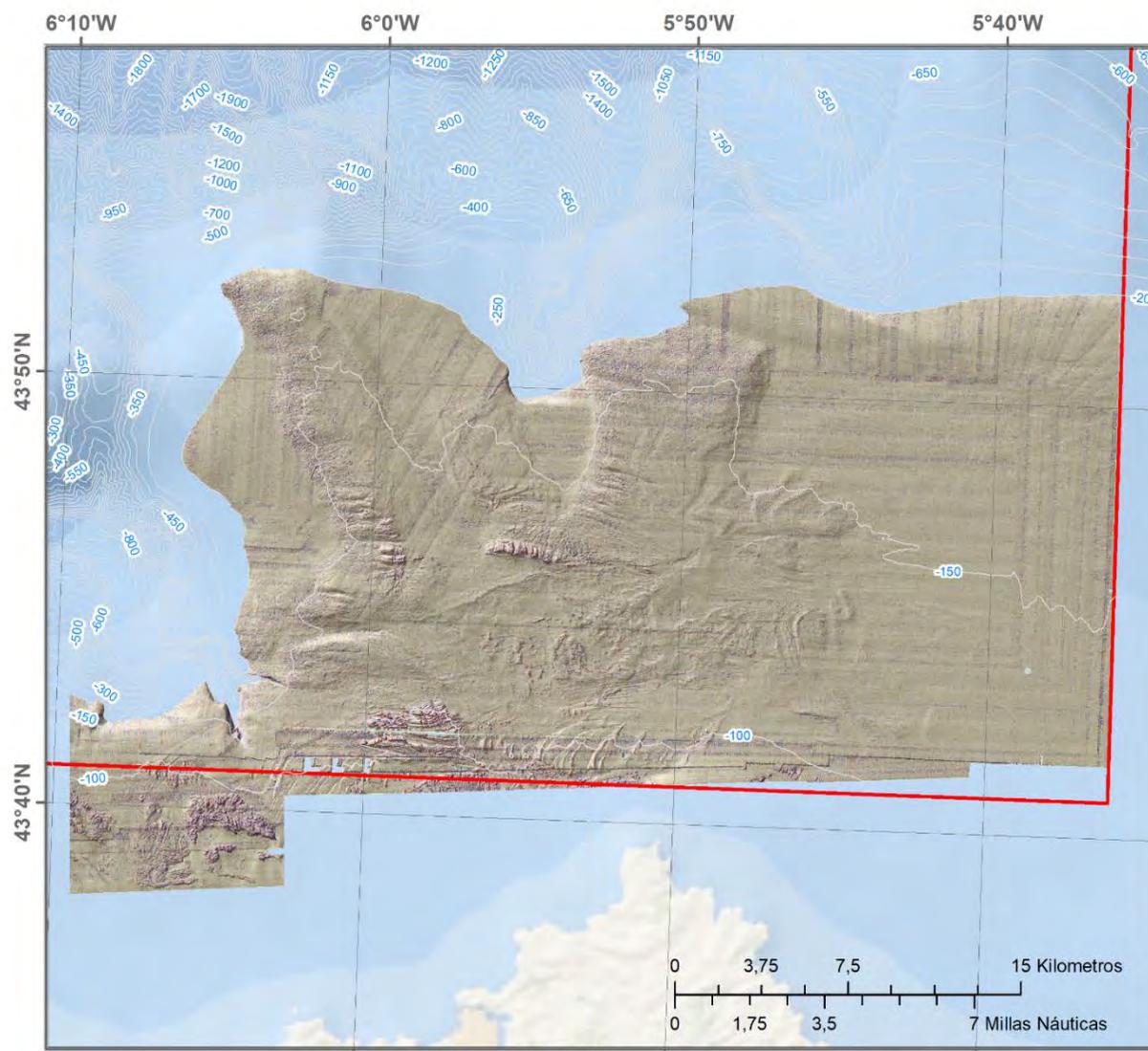
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
CURVATURA TOTAL
10 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

-  Isóbatas 50m
-  LIC
-  Alta
Baja



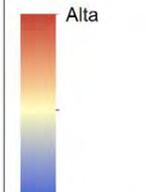
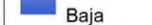


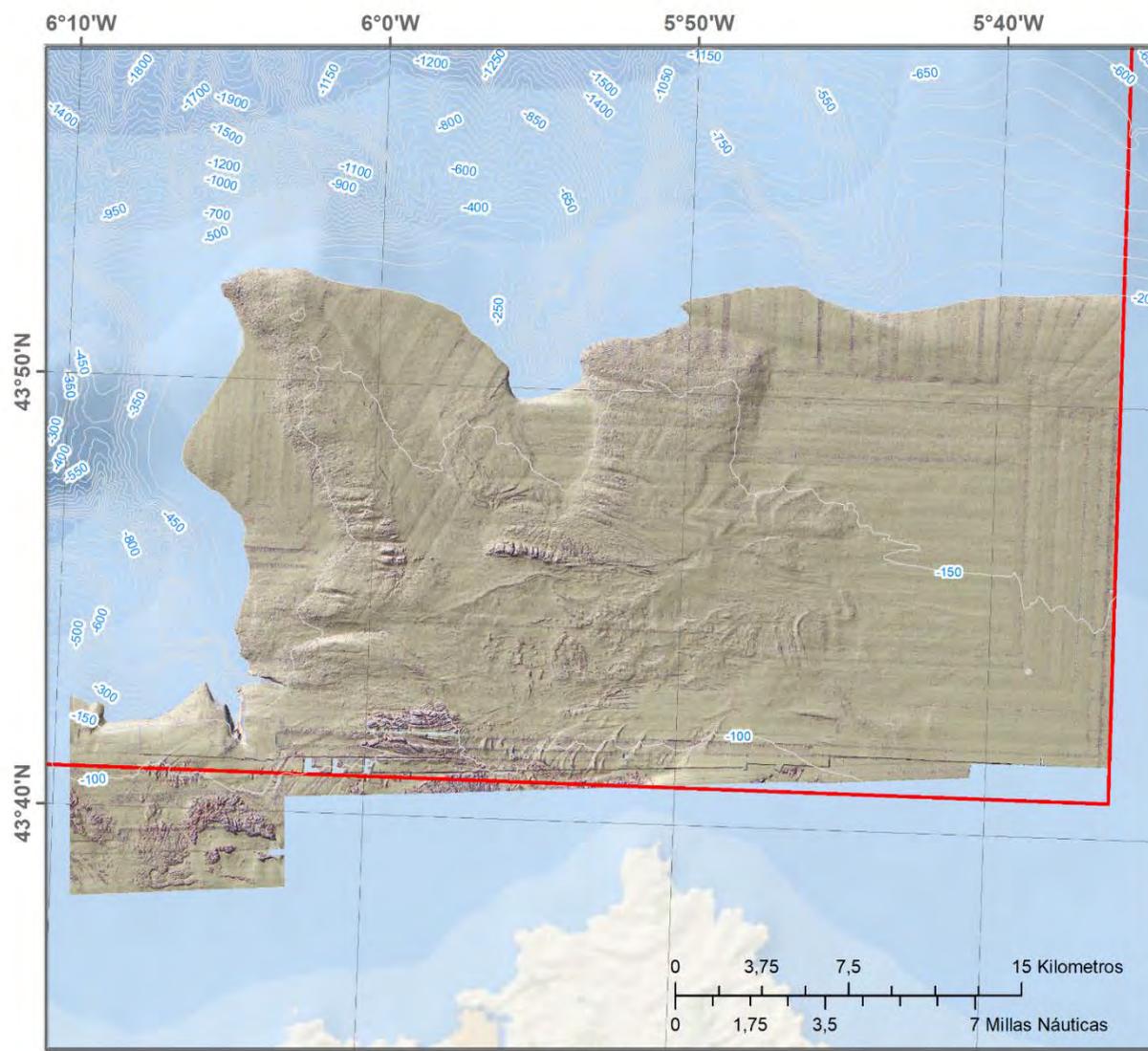
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
CURVATURA PLANAR
10 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

-  Isóbatas 50m
-  LIC
-  Alta
-  Baja

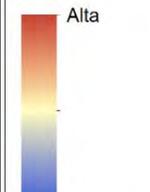


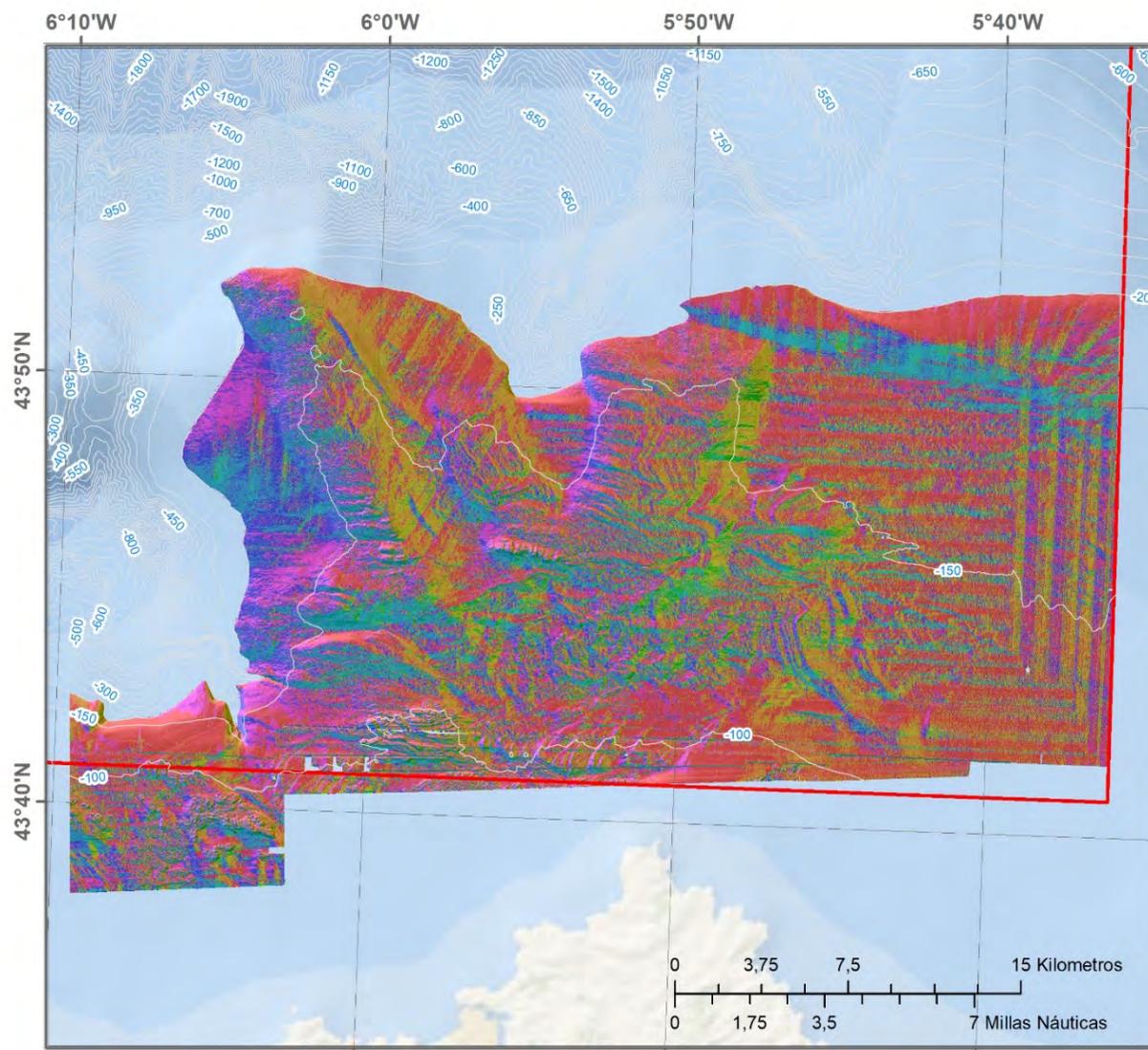
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
CURVATURA PERFIL
10 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

-  Isóbatas 50m
-  LIC
-  Alta
-  Baja



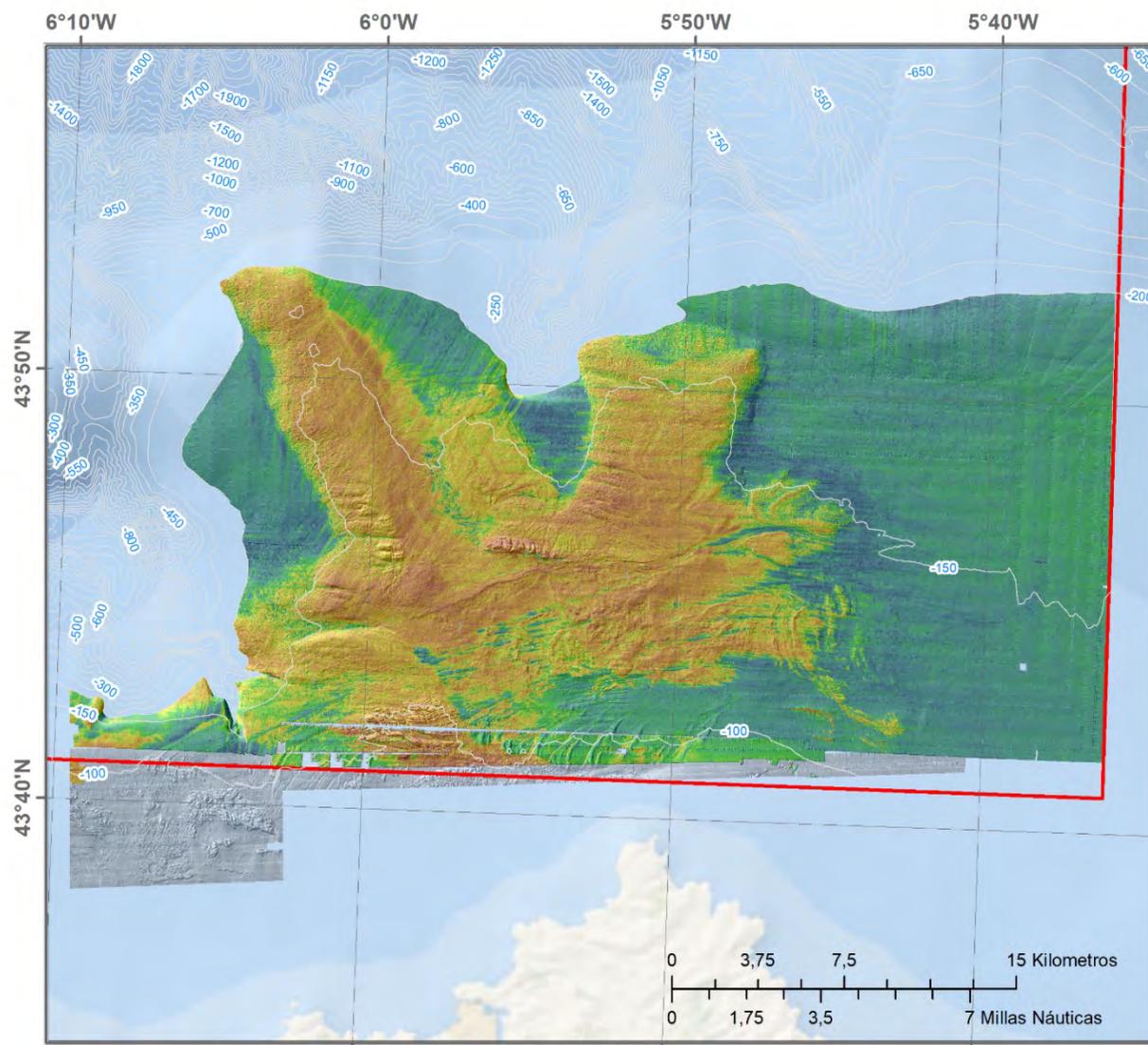
INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
ORIENTACIÓN DEL FONDO
10 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

-  Isóbatas 50m
-  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°)





MAR CANTÁBRICO

OVIEDO

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
 WGS 1984 UTM Zone 30N

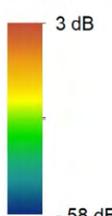
CAÑÓN DE AVILÉS
 REFLECTIVIDAD
 5 METROS DE RESOLUCIÓN

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

LEYENDA

— Isóbatas 50m

LIC

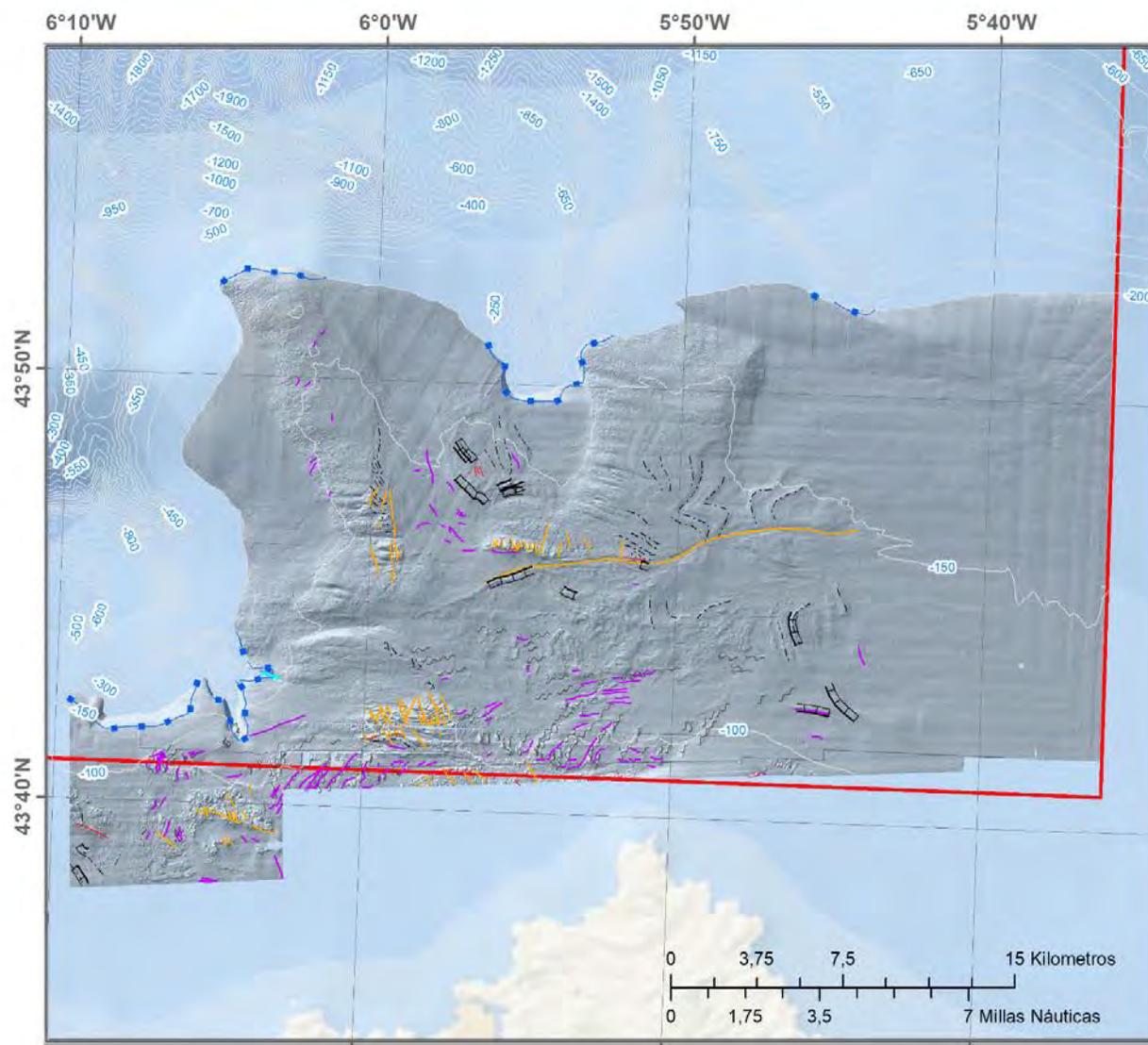
 3 dB

- 58 dB







MAR CANTÁBRICO

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

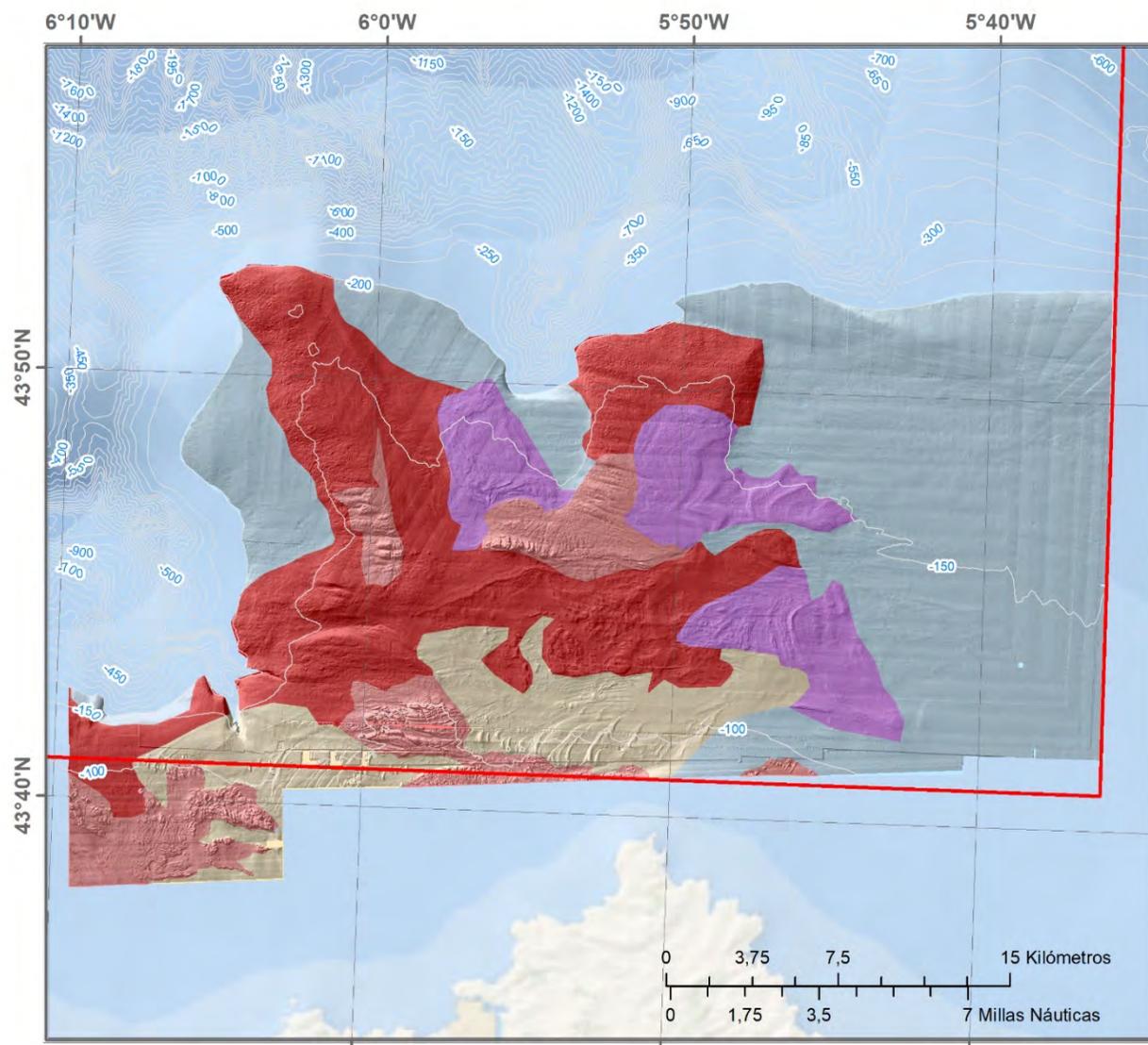
Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
GEOMORFOLOGÍA LINEAL

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

LEYENDA

- LIC
- Isóbatas 50m
- Cresta
- Cresta onda de arena
- Divisoria
- Escarpe tectónico
- Falla
- Gully
- Lineamiento estructural
- Ruptura de plataforma
- Surco



INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

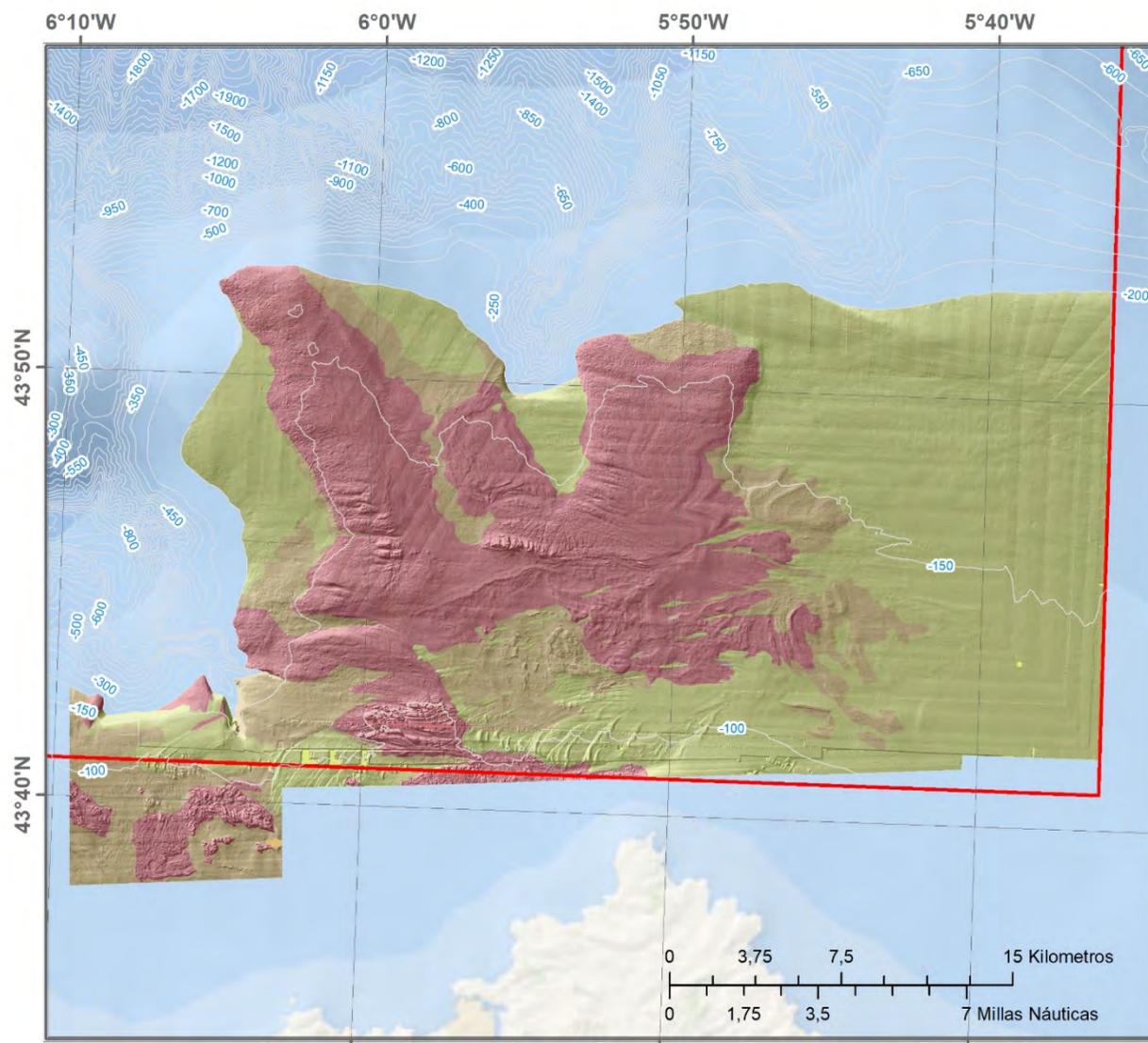
CAÑÓN DE AVILÉS

GEOMORFOLOGÍA POLIGONAL

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

LEYENDA

-  Isóbatas 50m
-  LIC
-  Roca aspecto masivo
-  Roca fracturada
-  Roca plegada
-  Sedimentos-Ondas de arena
-  Sedimentos-sin morfologías superficiales





MAR CANTÁBRICO

LEJÓN SANTANDER
OVEDO LLANES

INTEMARES
LIFE15 IPE/ES/000012

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM Zone 30N

CAÑÓN DE AVILÉS
TIPO DE FONDO
10 METROS DE RESOLUCIÓN
Mostrado sobre sombreado, con
un nivel de transparencia del 50%

LEYENDA

- Isobatas 50m
- LIC
- Roca
- Roca con sedimento / Reflectividad media
- Sedimento



