

BATIMETRÍA:

(Recomendado para ESO I BACHILLERATO >12 años)

Sugerencias: consultar las unidades temáticas «Tecnología para explorar el mar» y «Zonación» antes de hacer la actividad.

POSIBLES CONCEPTOS A TRABAJAR: cartografía; topografía; altimetría; batimetría; sistemas de posicionamiento global (GPS); sistemas de información geográfica (SIG); tecnología marina; zonación marina; sonar; historia de la exploración submarina.

OBJETIVOS

- Entender la diferencia entre los mapas altimétricos y los mapas batimétricos.
- Comprender la relación que hay entre una representación en dos dimensiones y un paisaje en tres dimensiones.
- Entender el principio de funcionamiento del sonar.
- Asimilar las limitaciones que suponía la elaboración de mapas batimétricos en el siglo XIX, y ver cómo la invención del sonar supuso una revolución en el mundo de la exploración de las profundidades marinas.
- Reconocer en un mapa batimétrico formaciones del relieve características, como un cañón submarino.

INTRODUCCIÓN GENERAL

LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RELIEVE

A la hora de programar campañas oceanográficas es importante tener un buen conocimiento del relieve del fondo marino del área de muestreo. Al igual que al ir de excursión a la montaña es de gran interés conocer los desniveles a los cuales se tendrá que hacer frente, al hacer una incursión en el océano y dejar ir aparatos o hacer incursiones personalmente con submarinos tripulados, es muy importante saber qué relieve hay en el fondo para, por ejemplo, prevenir incidencias o accidentes. Maniobrar un robot submarino o un submarino tripulado sin un mínimo de conocimiento del fondo representa un alto riesgo de perder el equipo, que es muy costoso, o incluso perder vidas humanas (en el caso de los submarinos tripulados). Por eso es muy importante disponer de mapas del relieve submarino de la zona de estudio.

La cartografía es la ciencia que estudia la representación de los elementos en tres dimen-

siones de la Tierra en dos dimensiones sobre un mapa. Dentro de la cartografía destaca la topografía, que es el estudio de las formas y características de la superficie de la Tierra; y dentro de la topografía destacan la altimetría, que es el conjunto de signos o cotas que en los mapas representan el relieve del terreno respecto a un plano de referencia, que suele ser el nivel del mar, y la batimetría, que es el equivalente de la altimetría pero para profundidades. Esto incluye tanto el fondo marino como el fondo de los lagos.

La cartografía es la ciencia que estudia la representación de los elementos en tres dimensiones de la Tierra en dos dimensiones sobre un mapa.

La topografía es el estudio de las formas y características de la superficie de la Tierra.

La altimetría es el conjunto de signos o cotas que en los mapas representan el relieve del terreno respecto a un plano de referencia, que suele ser el nivel del mar.

La batimetría es el equivalente de la altimetría pero para profundidades. Esto incluye tanto el fondo marino como el fondo de los

En ambos tipos de mapas (altimétricos y batimétricos), los puntos con la misma profundidad o altitud los encontramos conectados por líneas, de manera que las montañas (o valles) se muestran como una serie de curvas concéntricas cerradas. Estas líneas de misma altitud se denominan *curvas de nivel* o *isohipsas* si representan altitudes por encima del nivel del mar, o *curvas de nivel* o *isóbatas* si representan profundidades por debajo del nivel del mar.

Las isohipsas o isóbatas representadas en un mismo mapa responden a una serie lógica matemática, que empieza desde el 0 y se va repitiendo cada ciertos metros (cada 20 metros: 0, 20, 40, 60, 80, 100...; cada 50 metros: 0, 50, 100, 150, 200...; etc.) Si las isóbatas o isohipsas representan valores de cien en cien, por ejemplo, quiere decir que la pendiente en tierra o mar ha aumentado o disminuido 100 metros entre dos curvas de nivel; así, las curvas que están muy juntas muestran una topografía escarpada, mientras que las curvas más separadas ponen de manifiesto pendientes más suaves. Cuanto más pequeño es el intervalo de contorno, más exactos serán los detalles que muestra el mapa.

Aún a día de hoy se conoce relativamente poco de los fondos oceánicos: los mapas detallados de los fondos marinos son raros, a excepción de los de las áreas poco profundas cercanas a la costa, de las que sí existe un registro más amplio. De hecho, una de las razones por las cuales hay muchas áreas oceánicas sin explorar es precisamente la falta de mapas de estas zonas.

TECNOLOGÍA PARA LA REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE SUBMARINO

Gracias a los satélites y a algunas estaciones de medición, tanto fijas como a la deriva, se tiene una cierta idea de cómo es la superficie del océano, pero estas tecnologías no sirven para el muestreo del relieve del fondo marino y se tiene que recurrir a otras técnicas.

Gracias a la aparición del sonar se ha podido mapear una gran parte de los fondos marinos. El sonar es un aparato de localización submarina que se basa en el principio de emitir ondas desde un barco, las cuales se reflejan al chocar con objetos o con el fondo marino. Las ondas reflejadas se reciben y procesan en el barco. Así, se puede medir la distancia entre el fondo y la superficie, y de esta manera «ver» cómo es el fondo marino y su relieve.

El sonar es un aparato de localización submarina que se basa en el principio de emitir ondas desde un barco, las cuales se reflejan al chocar con objetos o con el fondo marino. Las ondas reflejadas se reciben y se procesan en el barco. Así se puede conocer la distancia entre el fondo y la superficie, y de esta manera «ver» cómo es el fondo marino y su relieve.

Otro sistema utilizado hoy en día es una especie de sonar «multihaz» (conocido como multibeam *swath bathymetry* en inglés) que utiliza un transductor (una especie de micrófono) montado en el casco de un barco y que envía haces de sonidos siguiendo un patrón «en abanico» por debajo de la nave, y posteriormente registra el reflejo de estas ondas, cuando se reflejan en el fondo marino, mediante un conjunto de receptores situados en diferentes ángulos a cada lado del barco. Este sistema permite obtener datos de alta resolución, ya que distingue diferencias existentes en menos de un metro de superficie y también permite distinguir los materiales que componen el fondo. Este sonar multihaz está acoplado a un sistema GPS, de manera que todos los datos son digitalizados y procesados por ordenadores que realizan mapas tridimensionales muy precisos y detallados del fondo marino.

IIIMPORTANCIA Y APLICACIONES DE LA GEORREFERENCIACIÓN

Es importante el hecho de estar acoplado a un sistema GPS, porque así todos los datos obtenidos quedan georreferenciados, es decir, quedan asociados a unas coordenadas concretas. Esto es fundamental para poder trabajar los datos con un sistema de información geográfica (SIG).

Un sistema de información geográfica (SIG) es un conjunto de herramientas que permite integrar y relacionar diversos componentes para analizar y modelizar grandes cantidades de datos vinculados a una referencia espacial.

El sistema de posicionamiento global (conocido como GPS) es un sistema de navegación por satélite que permite saber con mucha precisión la situación geográfica y la hora de referencia en prácticamente cualquier lugar de la Tierra.

A continuación se ejemplifica un uso del SIG. Se parte de datos georreferenciados (vinculados a una referencia espacial) de los límites de los países del mundo (figura 1) y datos también georreferenciados de la luminosidad nocturna en el mundo (figura 2). La integración de estos dos componentes con datos permite visualizar y analizar esta luminosidad nocturna según los países que la emiten (figura 3).

Un sistema de información geográfica (SIG) es un conjunto de herramientas que permite integrar y relacionar diversos componentes para analizar y modelizar grandes cantidades de datos vinculados a una referencia espacial.

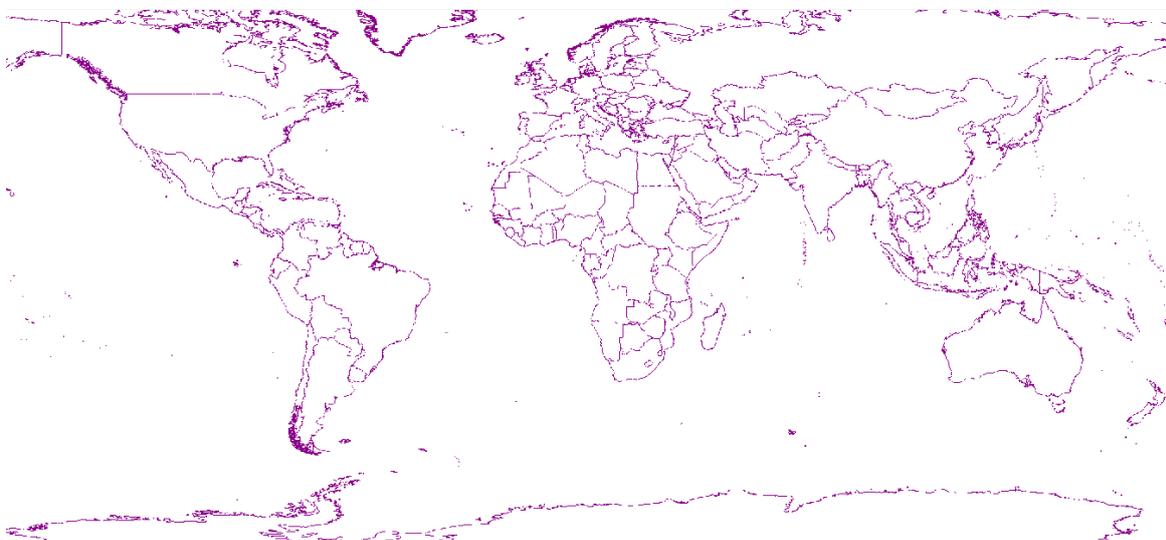


Figura 1. Datos georreferenciados de los límites de los países del mundo.¹

¹ Capa «Administrative Boundaries - Country Level» obtenida a partir del mapa Nighttime Lights of the World 1992-93 [NGDC], de la colección «Mapes del Món» de MiraMon (v.8.1d).



Figura 2. Datos georreferenciados de la luminosidad nocturna en el mundo.²

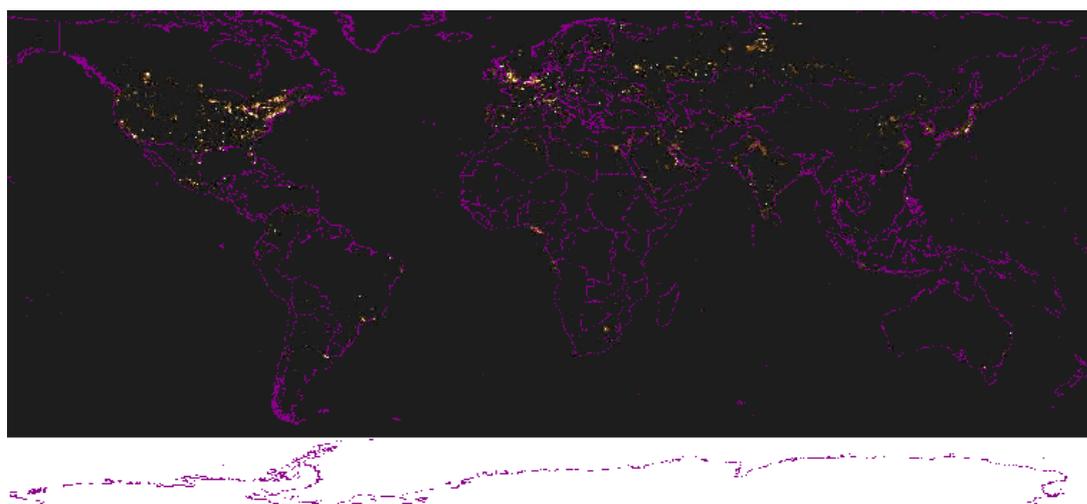


Figura 3. Luminosidad nocturna emitida en todo el mundo y delimitada por los países del mundo.³

² Capa «Administrative Boundaries - Country Level» obtenida a partir del mapa Nighttime Lights of the World 1992-93 [NGDC], de la colección «Mapes del Món» de MiraMon (v.8.1d).

³ Mapa Nighttime Lights of the World 1992-93 [NGDC], de la colección «Mapes del Món» de MiraMon (v.8.1d).

Los SIG son muy importantes sobre todo para comprender la interrelación de diversos factores en un área concreta y tomar decisiones que afectan a su gestión.

Hoy en día, el SIG también es muy útil para interrelacionar datos de carácter marino. En el ejemplo siguiente se puede ver cómo, sobre un mapa del canal de Menorca (delimitado por las siluetas de las islas de Mallorca y Menorca), se puede observar la batimetría del fondo marino y las densidades encontradas de una especie determinada en diferentes puntos georreferenciados. Abriendo las dos informaciones a la vez se puede ver a qué profundidad se encuentran las especies.

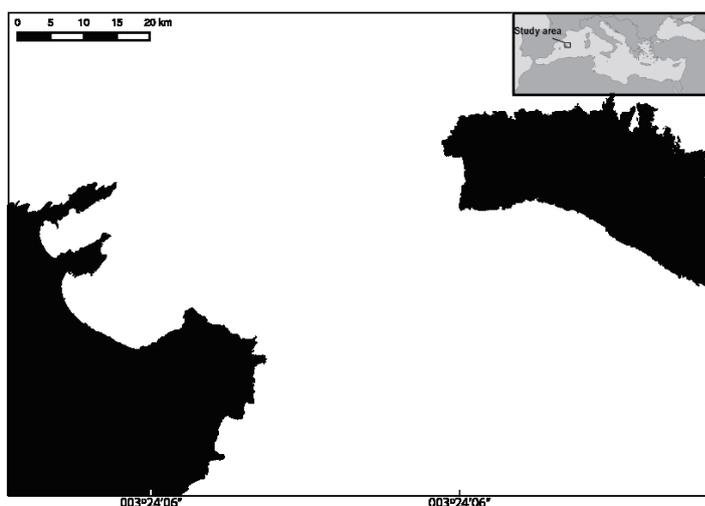


Figura 4. Mapa del canal de Menorca, donde se pueden identificar las siluetas de Mallorca y Menorca.⁴

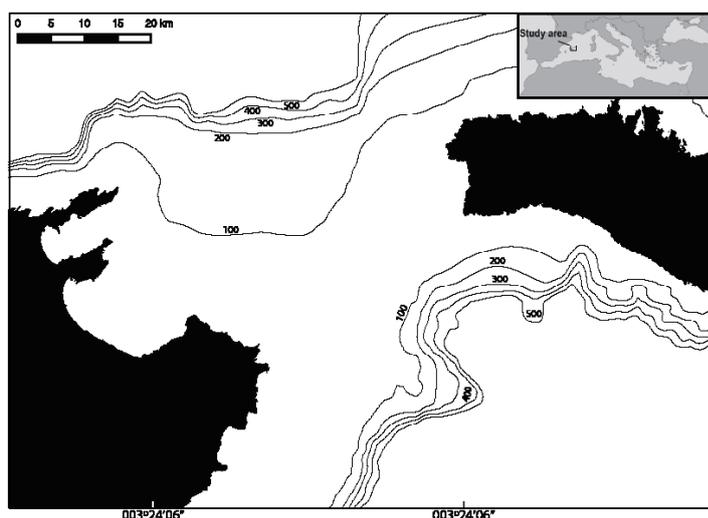


Figura 5. Mapa del canal de Menorca, donde se pueden identificar las siluetas de Mallorca y Menorca y la batimetría de los fondos marinos.⁵

^{4,5} Mapas obtenidos a partir del programa QGIS.

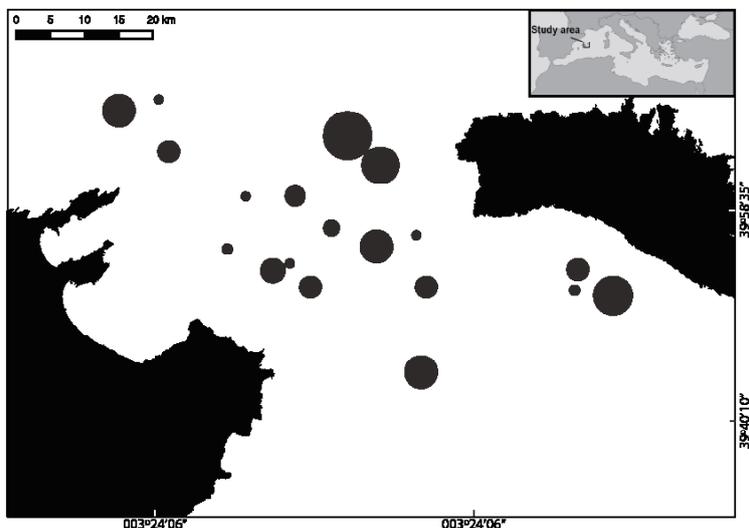


Figura 6. Mapa del canal de Menorca, donde se pueden identificar las siluetas de Mallorca y Menorca y puntos donde se encontró una determinada especie en una campaña oceanográfica.⁶

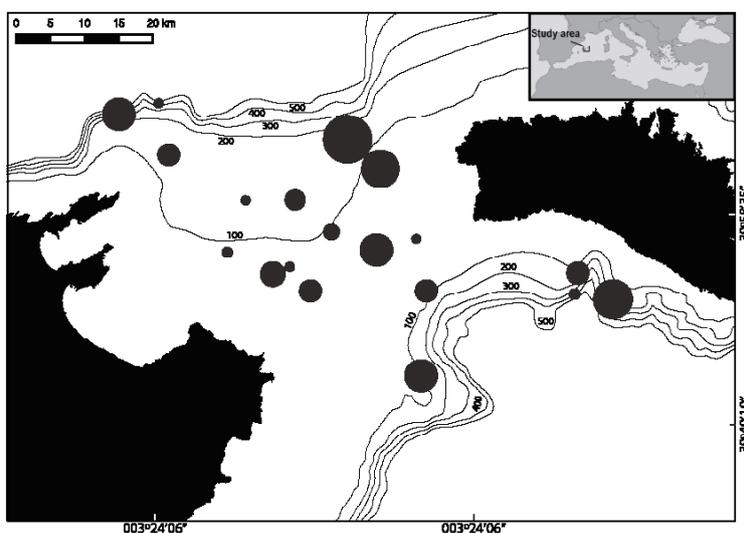


Figura 7. Mapa del canal de Menorca, donde se pueden identificar las siluetas de Mallorca y Menorca, la batimetría de los fondos marinos y los puntos donde se encontró una determinada especie en una campaña oceanográfica.⁷

6,7 Mapas obtenidos a partir del programa QGIS.

Para los oceanógrafos, la invención del sonar y todo lo que conllevó, como su posible integración en los sistemas SIG, representó una manera más fácil y precisa de conocer los fondos marinos y realizar los mapas batimétricos. Pero ¿cómo lo hacían, entonces, antes de que se inventara el sonar, para conocer cómo era el fondo marino?

LA EXPLORACIÓN SUBMARINA EN EL SIGLO XIX Y EN LA ACTUALIDAD

Hasta la invención del sonar, los científicos utilizaban un peso unido a una cuerda kilométrica, que bajaban hasta el fondo del mar; medían la longitud que quedaba sumergida, y lo volvían a izar la cuerda a la superficie. Para conocer la distancia, o bien medían la longitud sumergida en brazas una vez fuera del agua, o bien utilizaban una cuerda marcada previamente con marcas equidistantes. Era un proceso que podía durar horas para hacer una única medida; de hecho, en 1870, durante la famosa expedición del barco británico Challenger, se llegó a medir de manera aproximada la profundidad de los océanos de esta manera: utilizando un cable de 6 km con un peso en el extremo, que se dejó ir desde un barco hasta tocar el fondo. En esta misma expedición, en la que se cogieron muestras biológicas a 5000 m de profundidad, se demostró por primera vez que había vida en estas grandes profundidades.

Aunque, en su momento, esta técnica fue muy importante, alrededor de 1960 se vio reemplazada por las nuevas técnicas de sonar, mucho más precisas y efectivas.

Con las últimas técnicas de exploración de los fondos oceánicos se ha podido cartografiar el relieve de los fondos marinos de buena parte del mundo, aunque aún queda mucho trabajo por hacer para poder tener mapas batimétricos tan detallados y completos como los altimétricos. No obstante, actualmente se puede tener información de los límites de la plataforma continental y del talud (la zona de pendiente que empieza en el límite de la plataforma continental y llega hasta la llanura abisal, a gran profundidad) de todos los mares y océanos del mundo. Es muy importante tener información de la plataforma continental y del talud, porque es un lugar donde se localiza una gran cantidad de estructuras oceanográficas importantes, como los cañones submarinos, donde tienen lugar eventos de gran importancia oceanográfica y se dan formas de vida particulares.

TALLER 1

TÍTULO: Elaboración de un mapa batimétrico

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

- Entender el principio en que se basan los mapas batimétricos para representar un paisaje de tres dimensiones en dos dimensiones.
- Reconocer, en un mapa batimétrico, estructuras características del relieve submarino.

MATERIAL

- *Mapa batimétrico* del cabo de Creus (véase en el material adjunto: «mapabatimetricocabodecreus.pdf»).
- Lápices de diferentes tonos de azul (de más claro a más oscuro; se necesitarían conseguir once tonos de azul, que se pueden conseguir apretando más o menos fuerte los lápices).
- Lápiz y goma.

PROCEDIMIENTO

Los mapas batimétricos son mapas que sirven para representar el relieve submarino de un área de estudio concreta. Resultan de gran utilidad para identificar estructuras características del relieve marino, como el límite de la plataforma continental, las montañas submarinas (seamounts) o los cañones submarinos. Conociendo las profundidades de diversos puntos de una determinada área y uniendo aquellos puntos que representan profundidades correspondientes a un mismo valor determinado (isóbatas), se puede obtener un mapa del relieve submarino.

Con los datos de profundidad de una zona submarina al norte del litoral catalán, en el área del cabo de Creus) (véase en el material adjunto: «mapabatimetricocabodecreus.pdf»), se tendrá que hacer un mapa batimétrico del relieve del fondo marino de esta zona utilizando lápices de diferentes tonos de azul, lápices y goma. Se sugiere delimitar las siguientes profundidades: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 i 900.

Antes de empezar la actividad, convendría responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué se pretende mostrar con este gráfico? ¿Cómo se realizará?
2. ¿Qué significará una distancia grande entre dos curvas? ¿Y una distancia pequeña?

3. Para trazar este mapa, se decide utilizar las siguientes isóbatas: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 y 900. ¿Por qué crees que se utilizan estas profundidades y no solo profundidades que sean múltiples de 100?

Una vez realizado el mapa, será necesario intentar dar una explicación coherente de las diferentes curvas obtenidas e intentar identificar algún accidente geográfico submarino.

SOLUCIONES

1) El relieve del fondo marino en el área de estudio. Tienen que trazarse con lápiz las líneas uniendo las profundidades que quieran representarse. Para trazar, por ejemplo, la isóbata de los 50 m de profundidad, han de dejarse a un lado de la línea los valores inferiores a 50 y al otro lado de la línea los valores superiores a 50 e inferiores a 100, y así sucesivamente hasta llegar a los 900 m de profundidad (estos valores son orientativos; se puede decidir, por ejemplo, variar el valor de las isóbatas para ver qué accidentes geográficos pasarían desapercibidos con valores de isóbatas muy lejanos entre sí, u obtener un mapa con más resolución utilizando valores de isóbatas más cercanos entre sí).

Una vez trazadas las líneas, se tiene que colorear cada una de las franjas de profundidad utilizando el azul más claro para las profundidades inferiores a 50 m (o del valor inferior que se decida) y progresivamente utilizar colores más oscuros a medida que aumenta la profundidad, hasta llegar al color más oscuro para la profundidad de valor superior.

2) Un cambio de pendiente poco acusado.

Un cambio de pendiente más acusado.

3) Utilizar isóbatas de 100 m en 100 m nos permite reconocer cambios importantes en la pendiente submarina a gran profundidad. A poca profundidad, por el contrario, el cambio de profundidad es mucho más lento e intermitente; utilizar isóbatas de 100 m resulta poco informativo, por lo cual es interesante utilizar isóbatas de 50 y 150 m. Si se prescindiera de estas isóbatas intermedias, se perdería información importante del relieve.

El relieve submarino de la zona cercana al cabo de Creus se caracteriza por un cambio de desnivel muy acusado, correspondiente al cañón del cabo de Creus. La pendiente que hay en la zona del golfo de Rosas resulta mucho más gradual que la de la zona del cabo de Creus, donde el desnivel es mucho más acusado, a causa sobre todo de la diferencia de hidrodinamismo de una zona y de la otra, así como de la aportación de sedimentos de los ríos.

Después de realizar la actividad, se esperaría obtener un mapa similar al archivo adjunto (ver «mapacabodecreussolucion.pdf»).

Para entender mejor la topografía del relieve submarino del cabo de Creus, se puede consultar el modelo 3D adjunto, donde aparece coloreado el cañón del cabo de Creus (ver «mapacabodecreus3D.pdf»).

TALLER 2

TÍTULO: Mapa batimétrico a la antigua

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

- Entender la metodología utilizada antiguamente, antes de la aparición del sonar, para elaborar mapas del fondo marino.

MATERIAL

- 3 cajas de plástico.
- Gomaespuma o porexpan (en este último caso es necesario utilizar también cola).
- Tijeras, cúter u otro utensilio adecuado para cortar la gomaespuma o porexpan.
- Agua del grifo.
- Colorante oscuro.
- Hilo de pescar.
- Una tuerca.
- Una malla cuadriculada de alambre o plástico.
- Rotulador permanente.
- Papel milimetrado.
- Lápiz y goma.
- Regla.

PROCEDIMIENTO

- 1) Se elaboran tres perfiles diferentes de relieve, que se dispondrán en el fondo de cada una de las tres cajas. Para hacer estos relieves, se puede utilizar gomaespuma, porexpan o cualquier otro material que sea resistente al agua y fácil de cortar.

NOTA: Estos relieves se pueden realizar de diversas maneras, dependiendo de los materiales que se tengan al alcance. Debe tenerse en cuenta que irán cubiertos de agua, por lo cual deberían elaborarse con algún material que no se estropee en contacto con esta, como, por ejemplo, poliestireno o porexpan. También se podría utilizar plastilina.

- 2) Se disponen los diferentes relieves dentro de cada caja y se encajan en el fondo. En caso de utilizar porexpan u otro material que no se pueda encajar bien en el fondo de la caja, será necesario pegarlo en el fondo con cola para evitar que flote.
- 3) Se añade agua hasta cubrir cada uno de los relieves del fondo, y se añaden unas gotas de colorante hasta que no se distinga el perfil del fondo. Se dispone la malla cuadrículada encima del recipiente.
- 4) Se ata la tuerca al final del hilo de pescar.
- 5) Se marca el hilo de pescar con rotulador permanente, haciendo una marca a cada centímetro, con ayuda de la regla. Se debe tener en cuenta que se tiene que comenzar a medir desde el final de la tuerca hacia arriba. De esta manera se habrá fabricado una herramienta propia de medida, para simular cómo se medía la profundidad antiguamente.
- 6) Utilizando el hilo de pescar con la tuerca en el fondo, ahora hace falta medir cada una de las profundidades introduciendo el hilo de pescar con la tuerca dentro de cada agujero de la malla y midiendo la distancia desde el fondo marino simulado hasta la superficie, siguiendo una línea recta.
- 7) Se apuntan todas las profundidades y, con los resultados obtenidos, se elabora un gráfico utilizando el papel milimetrado.
- 8) Se vacía la caja y se comprueba si se ha realizado bien el perfil. Conviene que se razone sobre los resultados obtenidos: ¿los resultados son fieles a la realidad?

TAMBIÉN SE RECOMIENDA: para ir totalmente «a ciegas» en el muestreo del fondo de la caja y asimilar mejor las limitaciones que supone esta técnica del peso y la cuerda, se puede pedir a una segunda persona que elabore los perfiles verticales y que llene el recipiente con agua coloreada. De esta manera, el experimento será más fiel a la realidad, como cuando los primeros oceanógrafos muestreaban el fondo marino sin más ayuda que un peso y una cuerda y sin saber a priori cómo sería el fondo.