

BATIMETRIA:

(Recomanat per ESO I BATXILLERAT > 12 anys)

Suggeriments: consulteu les unitats temàtiques «Tecnologia per a explorar el mar» i «Zonació» abans de fer l'activitat.

POSSIBLES CONCEPTES A TREBALLAR: cartografia; topografia; altimetria; batimetria; sistemes de posicionament global (GPS); sistemes d'informació geogràfica (SIG); tecnologia marina; zonació marina; sonar; història de l'exploració submarina.

OBJECTIUS:

- Entendre la diferència entre els mapes altimètrics i els mapes batimètrics.
- Comprendre la relació que hi ha entre una representació en dues dimensions i un paisatge en tres dimensions.
- Entendre el principi de funcionament del sonar.
- Copsar les limitacions que suposava l'elaboració de mapes batimètrics al segle XIX i veure com la invenció del sonar va suposar una revolució al món de l'exploració de les profunditats marines.
- Reconèixer en un mapa batimètric formacions del relleu característiques, com ara un canyó submarí.

INTRODUCCIÓ GENERAL

LA REPRESENTACIÓ GRÀFICA DEL RELLEU

A l'hora de programar campanyes oceanogràfiques és important tenir un bon coneixement del relleu del fons marí de l'àrea de mostreig. Així com a l'hora de fer, per exemple, una excursió a la muntanya és de gran interès saber els desnivells als quals s'haurà de fer front, a l'hora de fer una incursió a l'oceà i deixar anar aparells o fer incursions personalment amb submarins tripulats és molt important saber quin relleu hi ha al fons per, per exemple, prevenir incidències o accidents. Maniobrar un robot submarí o un submarí tripulat sense un mínim de coneixement del fons representa un alt risc de perdre l'equip, que és molt costós, o fins i tot de perdre vides humanes (en el cas dels submarins tripulats). Per això és molt important disposar de mapes del relleu submarí de la zona d'estudi.

La cartografia és la ciència que estudia la representació dels elements en tres dimensions

de la Terra en dues dimensions sobre un mapa. Dins de la cartografia destaca la topografia, que és l'estudi de les formes i característiques de la superfície de la Terra; i dins de la topografia destaquen l'altimetria, que és el conjunt de signes o cotes que en els mapes representen el relleu del terreny respecte d'un pla de referència, que sol ser el nivell del mar, i la batimetria, que és l'equivalent de l'altimetria però per a profunditats. Això inclou el fons marí i el fons dels llacs.

La cartografia és la ciència que estudia la representació dels elements en tres dimensions de la Terra en dues dimensions sobre un mapa. Dins de la cartografia destaca la topografia, que és l'estudi de les formes i característiques de la superfície de la Terra; i dins de la topografia destaquen l'altimetria, que és el conjunt de signes o cotes que en els mapes representen el relleu del terreny respecte d'un pla de referència, que sol ser el nivell del mar, i la batimetria, que és l'equivalent de l'altimetria però per a profunditats. Això inclou el fons marí i el fons dels llacs.

En ambdós tipus de mapes (altimètrics i batimètrics), els punts amb la mateixa profunditat o altitud els trobem connectats per línies, de manera que les muntanyes (o valls) es mostren com una sèrie de corbes concèntriques tancades. Aquestes línies de mateixa altitud s'anomenen *corbes de nivell* o *isohipses* si representen altituds per sobre del nivell del mar, o *corbes de nivell* o *isòbates* si representen profunditats per sota del nivell del mar.

Les isohipses o isòbates representades en un mateix mapa responen a una sèrie lògica matemàtica, que comença des de 0 i es va repetint cada certs metres (cada 20 metres: 0, 20, 40, 60, 80, 100...; cada 50 metres: 0, 50, 100, 150, 200...; etc.). Si les isohipses o isòbates representen valors de cent en cent, per exemple, vol dir que el pendent a la terra o al mar ha augmentat o disminuït 100 metres entre dues corbes de nivell. Així, les corbes que estan molt juntes mostren una topografia escarpada, mentre que les corbes més separades posen de manifest pendents més suaus. Com més petit és l'interval de contorn, més fins seran els detalls que mostra el mapa.

Encara avui es coneix relativament poc dels fons oceànics: els mapes detallats dels fons marins són rars, excepte els de les àrees poc profundes properes a la costa, de les quals sí que hi ha un registre més ampli. De fet, una de les raons per les quals hi ha moltes àrees oceàniques sense explorar és precisament la manca de mapes d'aquestes zones.

TECNOLOGIA PER A LA REPRESENTACIÓ DEL RELLEU SUBMARÍ

Gràcies als satèl·lits i a algunes estacions de mesura, tant fixes com situades a la deriva, es té una certa idea de com és la superfície de l'oceà, però aquestes tecnologies no serveixen per al mostreig del relleu del fons marí i s'ha de recórrer a altres tècniques.

Gràcies a l'aparició del sonar s'ha pogut mapar una gran part dels fons marins. El sonar és un aparell de localització submarina que es basa en el principi d'emetre ones des d'un vaixell, les quals es reflecteixen en xocar amb objectes o amb el fons marí. Les ones reflectides es reben i es processen al vaixell. Així, es pot mesurar la distància entre el fons i la superfície, i d'aquesta manera «veure» com és el fons marí i el seu relleu.

El sonar és un aparell de localització submarina que es basa en el principi d'emetre ones des d'un vaixell, les quals es reflecteixen en xocar amb objectes o amb el fons marí. Les ones reflectides es reben i es processen al vaixell. Així es pot conèixer la distància entre el fons i la superfície, i d'aquesta manera «veure» com és el fons marí i el seu relleu.

Un altre sistema emprat avui dia és una mena de sonar «multifeix» (anomenat *multibeam swath bathymetry* en anglès), que empra un transductor (una mena de micròfon) muntat al casc d'un vaixell i que envia feixos de sons seguint un patró «en ventall» per sota de la nau, i posteriorment enregistra el reflex d'aquestes ones, quan es reflecteixen en el fons marí, mitjançant un conjunt de receptors situats en diferents angles a cada costat del vaixell. Aquest sistema permet obtenir dades d'alta resolució, ja que distingeix diferències existents en menys d'un metre de superfície i també permet distingir els materials que componen el fons. Aquest sonar multifeix està acoblat a un sistema GPS, de manera que totes les dades són digitalitzades i processades per ordinadors, que fan mapes tridimensionals molt precisos i detallats del fons marí.

IMPORTÀNCIA I APLICACIONS DE LA GEOREFERENCIACIÓ

És important el fet d'estar acoblat a un sistema GPS, perquè així totes les dades obtingudes queden georeferenciades, és a dir, queden associades a unes coordenades concretes. Això és cabdal per poder treballar les dades amb un sistema d'informació geogràfica (SIG).

Un sistema d'informació geogràfica és un conjunt d'eines que permet integrar i relacionar diversos components per analitzar i modelitzar grans quantitats de dades vinculades a una referència espacial.

El sistema de posicionament global (conegut com a GPS) és un sistema de navegació per satèl·lit que permet saber amb molta precisió la situació geogràfica i l'hora de referència en gairebé qualsevol lloc de la Terra.

A continuació s'exemplifica un ús del SIG. Es parteix de dades georeferenciades (vinculades a una referència espacial) dels límits dels països del món (figura 1) i dades també georeferenciades de la lluminositat nocturna al món (figura 2). La integració d'aquests dos components amb dades permet visualitzar i analitzar aquesta lluminositat nocturna segons els països que l'emeten (figura 3).

Un sistema d'informació geogràfica (SIG) és un conjunt d'eines que permet integrar i relacionar diversos components per analitzar i modelitzar grans quantitats de dades vinculades a una referència espacial.

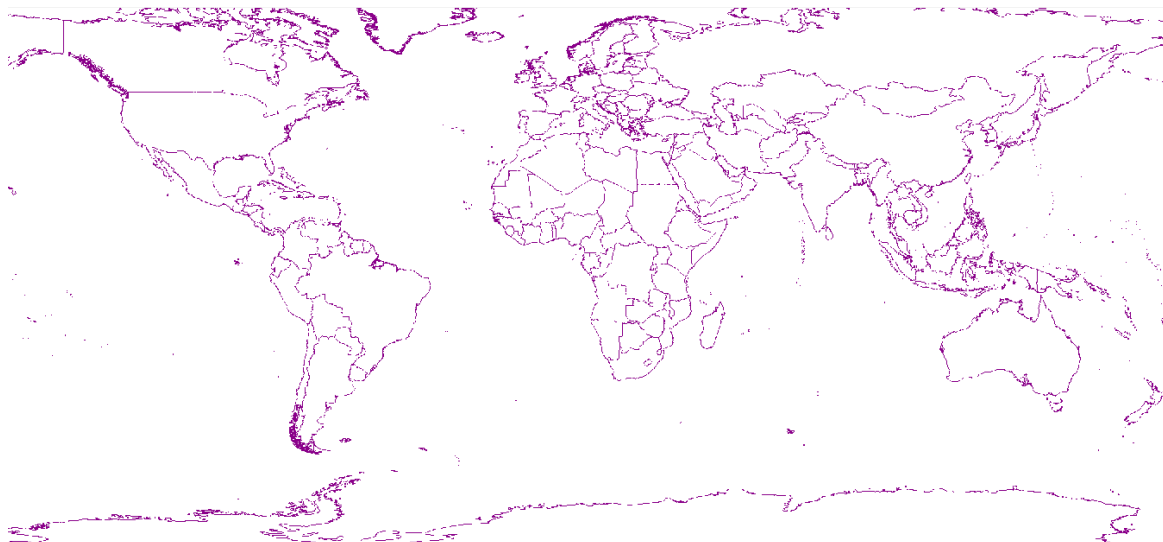


Figura 1. Dades georeferenciades dels límits dels països del món.¹

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



Figura 2. Dades georeferenciades de la lluminositat nocturna al món.²

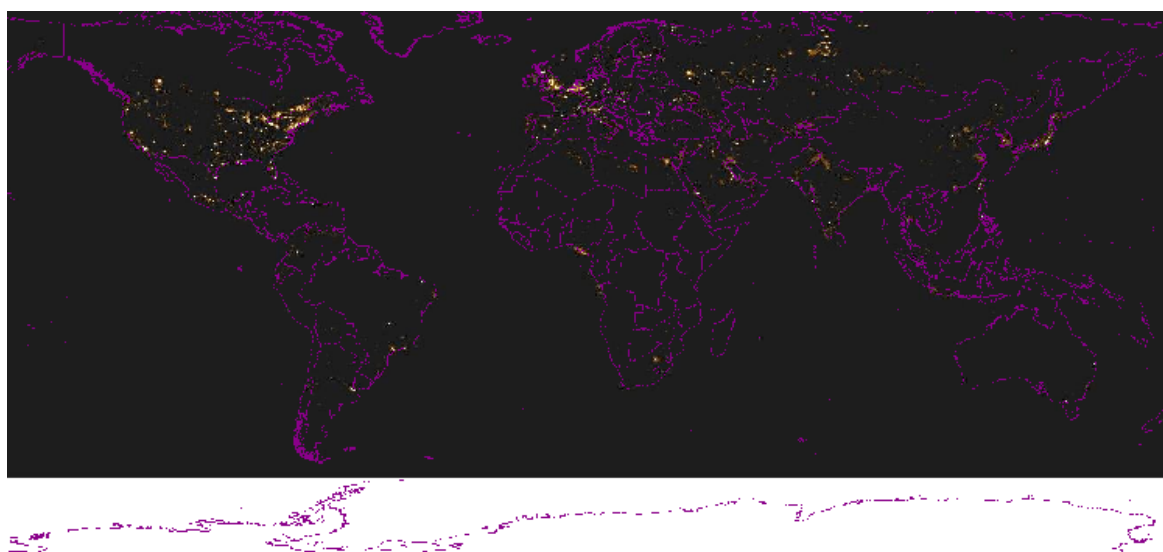


Figura 3. Lluminositat nocturna emesa a tot el món i delimitada pels països del món.³

² Capa «Nighttime Lights of the World 1992-93» obtinguda a partir del mapa Nighttime Lights of the World 1992-93 [NGDC], de la col·lecció «Mapes del Món» de MiraMon (v.8.1d).

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

Els SIG són molt importants, sobretot per comprendre la interrelació de diversos factors en una àrea concreta i prendre decisions que n'afectin la gestió.

Avui dia, el SIG també és molt útil per interrelacionar dades marines. A l'exemple següent es pot veure com, sobre un mapa del canal de Menorca (delimitat per les siluetes de les illes de Mallorca i Menorca), es pot observar la batimetria del fons marí i les densitats trobades d'una espècie determinada a diferents punts georeferenciats. Obrint les dues informacions alhora es pot veure a quina fondària es troben les espècies.

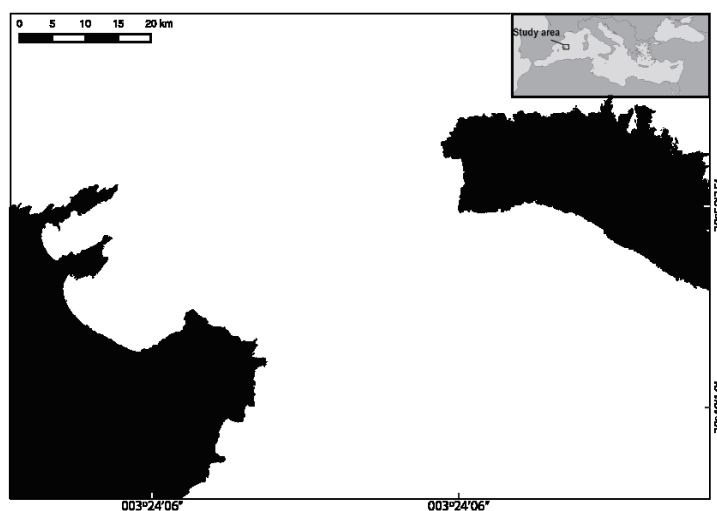


Figura 4. Mapa del canal de Menorca, on es poden identificar les siluetes de Mallorca i Menorca.⁴

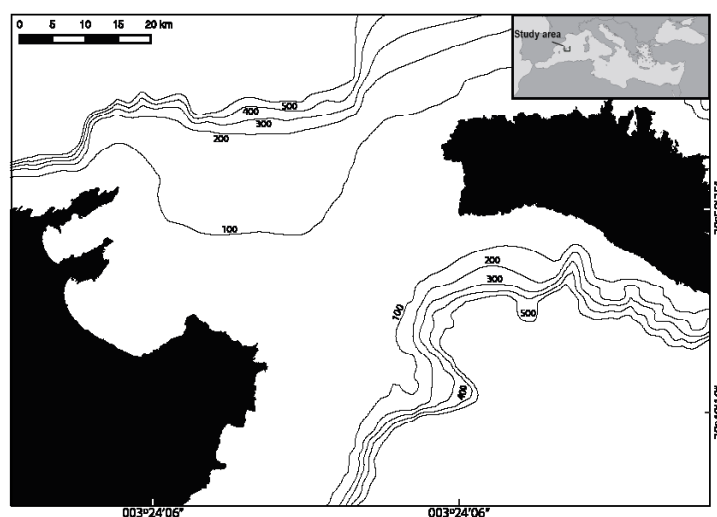


Figura 5. Mapa del canal de Menorca, on es poden identificar les siluetes de Mallorca i Menorca i la batimetria dels fons marins.⁵

^{4,5} Mapes obtinguts a partir del programa QGIS.

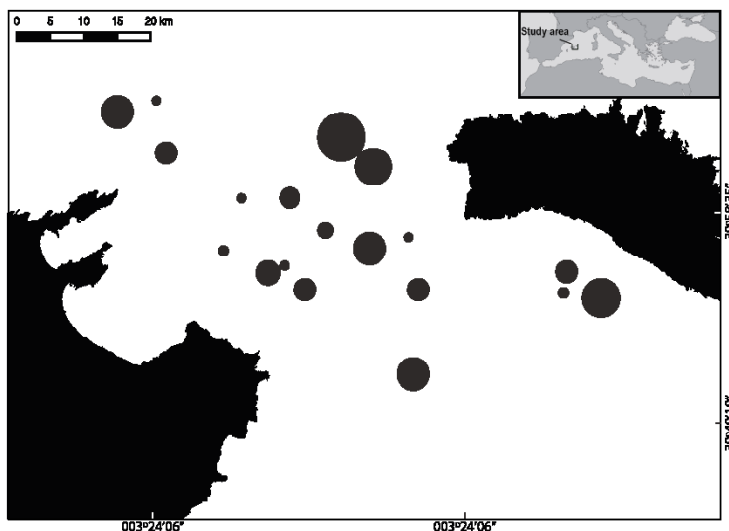


Figura 6. Mapa del canal de Menorca, on es poden identificar les siluetes de Mallorca i Menorca i uns quants punts on es va trobar una determinada espècie en una campanya oceanogràfica.⁶

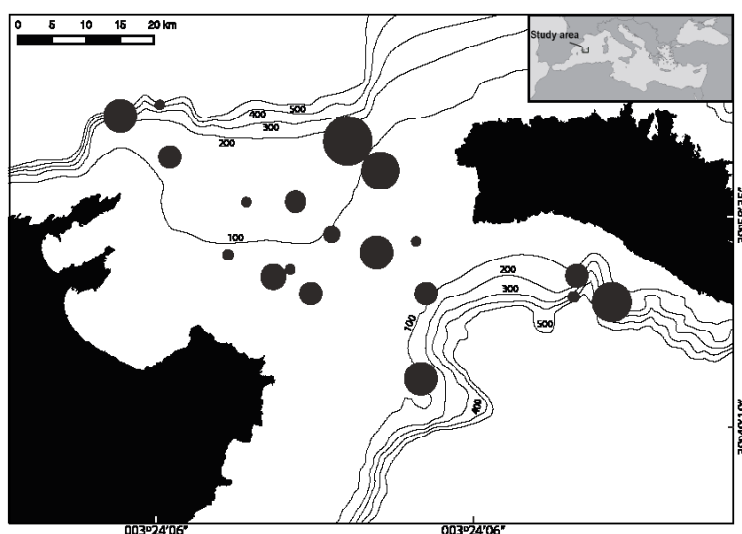


Figura 7. Mapa del canal de Menorca, on es poden identificar les siluetes de Mallorca i Menorca, la batimetria dels fons marins i els punts on es va trobar una determinada espècie en una campanya oceanogràfica.⁷

^{6,7} Mapes obtinguts a partir del programa QGIS.

Per als oceanògrafs, la invenció del sonar i tot el que això va comportar, com ara la seva possible integració als sistemes SIG, va representar una manera més fàcil i precisa de conèixer els fons marins i elaborar-ne els mapes batimètrics. Però com s'ho feien, aleshores, abans que s'inventés el sonar, per conèixer com era el fons marí?

L'EXPLORACIÓ SUBMARINA AL SEGLE XIX I A L'ACTUALITAT

Fins que no es va inventar el sonar, els científics utilitzaven un pes unit a una corda quilomètrica, que baixaven fins al fons del mar; mesuraven la llargada que quedava submergida i el tornaven a hissar a la superfície. Per saber la distància, o bé mesuraven la llargada submergida en brases ja fora de l'aigua, o bé utilitzaven una corda marcada prèviament amb senyals equidistants. Era un procés que podia durar hores, per fer una sola mesura; de fet, el 1870, durant la famosa expedició del vaixell britànic Challenger, es va arribar a mesurar de manera aproximada la profunditat dels oceans d'aquesta manera: emprant un cable de 6 km amb un pes a l'extrem, que es va deixar anar des d'un vaixell fins a tocar el fons. En aquesta mateixa expedició, on es van agafar mostres biològiques a 5000 m de profunditat, es va demostrar per primera vegada que hi havia vida a aquestes grans fondàries. Tot i que, al seu moment, aquesta tècnica va ser molt important, al voltant del 1960 es va veure reemplaçada per les noves tècniques de sonar, molt més precises i efectives.

Amb les darreres tècniques d'exploració dels fons oceànics s'ha pogut cartografiar el relleu dels fons marins de bona part del món, tot i que encara queda molt a fer per poder tenir mapes batimètrics tan detallats i complets com els altimètrics. No obstant això, actualment es pot tenir informació dels límits de la plataforma continental i del talús (la zona de pendent que comença al límit de la plataforma continental i arriba fins a la plana abissal, a grans fondàries) de tots els mars i oceans del món. És molt important tenir informació de la plataforma continental i del talús, perquè és un lloc on es localitza una gran quantitat d'estructures oceanogràfiques importants, com ara els canyons submarins, on tenen lloc esdeveniments de gran importància oceanogràfica i es donen formes de vida particulars.

TALLER 1

TÍTOL: Elaboració d'un mapa batimètric

OBJECTIUS DE L'ACTIVITAT

- Entendre el principi en què es basen els mapes batimètrics per representar un paisatge de tres dimensions en dues dimensions.
- Reconèixer, en un mapa batimètric, estructures característiques del relleu submarí.

MATERIAL

- Mapa batimètric del cap de Creus (vegeu al material adjunt: «mapabatimetriccapdecreus.pdf»).
- Llapis de diferents tons de blau (de més clar a més fosc; caldria aconseguir onze tons de blau, que es pot fer apretant més o menys fort els llapis).
- Llapis i goma.

PROCEDIMENT

Els mapes batimètrics són mapes que serveixen per representar el relleu submarí d'una àrea d'estudi concreta. Resulten de gran utilitat per identificar estructures característiques del relleu marí com ara el límit de la plataforma continental, les muntanyes submarines (seamounts) o els canyons submarins. Sabent les profunditats de diversos punts d'una determinada àrea i unint aquells punts que representen profunditats corresponents a un mateix valor determinat (isòbates), es pot obtenir un mapa del relleu submarí.

Amb les dades de profunditat d'una zona submarina situada al nord del litoral català, a l'àrea del cap de Creus (vegeu al material adjunt: «mapabatimetriccapdecreus.pdf»), s'haurà de fer un mapa batimètric del relleu del fons marí d'aquesta zona fent servir llapis de diferents tons de blau, llapis i goma. Es suggereix delimitar les següents fondàries: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 i 900.

Abans de començar l'activitat, convindria respondre a les següents qüestions:

1. Què es pretèn mostrar amb aquest gràfic? Com es farà?
2. Què significarà una distància gran entre dues corbes? I una distància petita?
3. Per traçar aquest mapa es decideix utilitzar les següents isòbates: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850 i 900. Per què creus que s'utilitzen aquestes fondàries i no només fondàries que siguin múltiples de 100?

Un cop acabat el mapa, caldrà intentar donar una explicació coherent de les diferents corbes obtingudes i intentar identificar algun accident geogràfic submarí.

1) El relleu del fons marí a l'àrea d'estudi. S'han de traçar amb llapis les línies unint les fondàries que es vulguin representar. Per traçar, per exemple, la isòbata dels 50 m de fondària s'han de deixar a una banda de la línia els valors inferiors a 50 i a l'altra banda de la línia els valors superiors a 50 i inferiors a 100, i així successivament fins a arribar als 900 m de fondària (aquests valors són orientatius; es pot decidir, per exemple, canviar el valor de les isòbates per veure quins accidents geogràfics passarien desapercibuts amb valors d'isòbates molt llunyans entre si, o obtenir un mapa amb més resolució utilitzant valors d'isòbates més propers entre si).

Un cop traçades les línies, s'ha d'acolorir cadascuna de les franges de fondària emprant el blau més clar per a les fondàries inferiors a 50 m (o del valor més petit que es decideixi) i progressivament utilitzar colors més foscos a mesura que augmenta la fondària, fins a arribar al color més fosc per a la fondària de valor superior.

2) Un canvi de pendent poc acusat.

Un canvi de pendent més acusat.

3) Utilitzar isòbates de 100 en 100 m ens permet reconèixer canvis importants en el pendent submarí a gran fondària. A poca profunditat, per contra, el canvi de fondària és molt més lent i intermitent; utilitzar isòbates de 100 m resulta poc informatiu, per la qual cosa és interessant utilitzar isòbates de 50 i 150 m. Si es prescindís d'aquestes isòbates intermèdies, es perdria informació important del relleu.

El relleu submarí de la zona propera a cap de Creus es caracteritza per un canvi de desnivell molt acusat, corresponent al canyó del cap de Creus. El pendent que hi ha a la zona del golf de Roses resulta molt més gradual que el de la zona del cap de Creus, on el desnivell és molt més acusat, a causa sobretot de la diferència d'hidrodinamisme d'una zona i l'altra, i de l'aportació de sediments dels rius.

Després de fer l'activitat, s'esperaria obtenir un mapa similar al mapa del material adjunt (veure «mapacapdecreussolucio.pdf»).

Per entendre millor la topografia del relleu submarí del cap de Creus, es pot consultar el model 3D del material adjunt, on apareix acolorit el canyó del cap de Creus (veure «mapacapdecreus3D.pdf»).

TALLER 2

TÍTOL: Mapa batimètric a l'antiga

OBJECTIU DE L'ACTIVITAT

- Entendre la metodologia emprada antigament, abans de l'aparició del sonar, per a elaborar mapes del fons marí.

MATERIAL:

- 3 capses de plàstic.
- Gomaespuma o porexpan (en aquest darrer cas és necessari utilitzar també cola).
- Tisores, cúter o una altra eina que sigui adequada per tallar la gomaespuma o el porexpan.
- Aigua de l'aixeta.
- Colorant fosc.
- Fil de pescar.
- Una femella.
- Una malla quadriculada de filferro o plàstic.
- Retolador permanent.
- Paper mil·limetrat.
- Llapis i goma.
- Regle.

PROCEDIMENT

1) S'elaboren tres perfils diferents de relleu distint, que es disposaran al fons de cadascuna de les tres capses. Per fer aquests relleus, es pot fer servir gomaespuma, porexpan o qualsevol altre material que sigui resistent a l'aigua i fàcil de tallar.

NOTA: Aquests relleus es poden fer de diverses maneres, depenent dels materials que es tinguin a l'abast. S'ha de tenir en compte que aniran coberts d'aigua, per la qual cosa s'haurien d'elaborar amb un material que no es faci malbé en contacte amb aquesta, com per exemple poliestirè o porexpan. També es podria fer servir plastilina.

- 2) Es disposen els diferents relleus dins de cada capsa i s'encaixen al fons. En cas d'utilitzar porexpan o un altre material que no es pugui encaixar bé al fons de la capsa, caldrà enganxar-lo al fons amb cola per evitar que suri.
- 3) S'afegeix aigua fins a cobrir cadascun dels relleus dels fons, i s'afegeixen unes gotes de colorant fins que no es distingeixi el perfil del fons. Es disposa la malla quadriculada al damunt del recipient.
- 4) Es lliga la femella al final del fil de pescar.
- 5) Es marca el fil de pescar amb retolador permanent fent una marca a cada centímetre, amb l'ajuda del regle. Cal tenir en compte que s'ha de començar a mesurar des del final de la femella cap a dalt. D'aquesta manera s'haurà fabricat una eina pròpia de mesura, per simular com es mesurava la fondària antigament.
- 6) Fent servir el fil de pescar amb la femella al fons, ara cal mesurar cadascuna de les profunditats introduint el fil de pescar amb la femella dins de cada forat de la malla i mesurant la distància des del fons marí simulat fins a la superfície, seguint una línia recta.
- 7) S'apunten totes les profunditats i, amb els resultats obtinguts, s'elabora un gràfic emprant el paper mil·límetrat.
- 8) Es buida la capsa i es comprova si s'ha fet bé el perfil. Convé que es raoni sobre els resultats obtinguts: els resultats són fidels a la realitat?

TAMBÉ ES RECOMANA: per tal d'anar totalment «a cegues» al mostreig del fons de la capsa i copsar millor les limitacions que suposa aquesta tècnica del pes i la corda, es pot demanar a una segona persona que faci els perfils verticals i que ompli el recipient amb aigua acolorida. D'aquesta manera, l'experiment serà més fidel a la realitat, com quan els primers oceanògrafs mostrejaven el fons marí sense més ajuda que un pes i una corda i sense saber a priori com seria el fons.