

Tecnologia per estudiar el mar

El món submarí sempre ha generat fasciació i curiositat en l'ésser humà, que l'ha intentat explorar i conquerir des de les albors de la humanitat. Els primers intents dels humans per aventurar-se sota les aigües es van produir en temps prehistòrics, quan es practicava la immersió a pulmó lliure, aguantant la respiració sota l'aigua (apnea), probablement amb la principal motivació de buscar aliment. Així, l'ésser humà ha intentat explorar el fons marí per si mateix, ficant-se sota l'aigua i desafiant un medi tan diferent com el medi marí per poder observar, amb els seus propis ulls, les profunditats marines.

Però des de llavors, i especialment des de les últimes dècades, els successius avanços tecnològics i la millora de l'instrumental oceanogràfic han permès fer grans passos cap a l'exploració dels fons marins. Per exemple, l'estudi i la determinació de la profunditat del fons oceànic van començar molt d'hora en la història de la navegació. El 1870, durant la famosa expedició del vaixell britànic *Challenger*, es va arribar a mesurar de forma aproximada la profunditat dels oceans emprant una espècie de sonda —un cable de 6 km amb un pes a l'extrem, que es va deixar anar des



Fig. 1. En aquest mapa es mostra el recorregut de l'expedició del *Challenger*; la fletxa vermella assenyalava la localització de l'abisme de Challenger, en un extrem de la fossa de les Marianes, descobert el 1875 durant l'expedició.

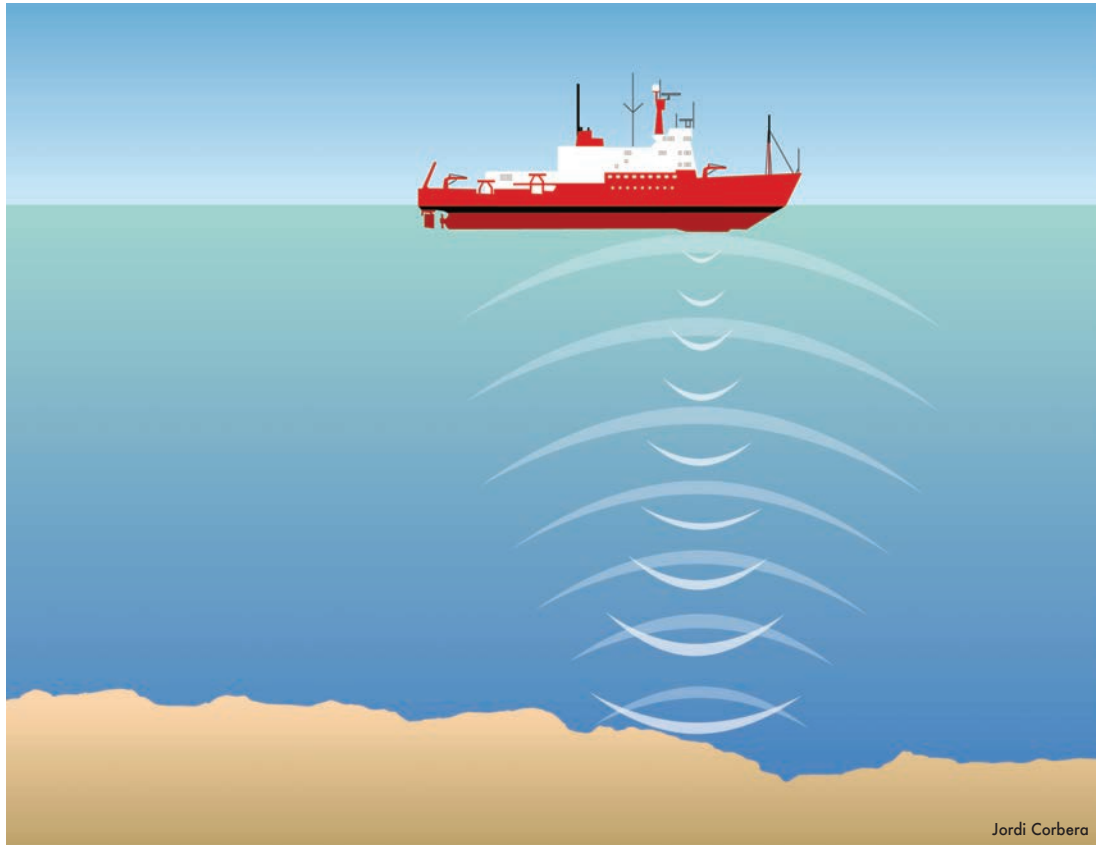
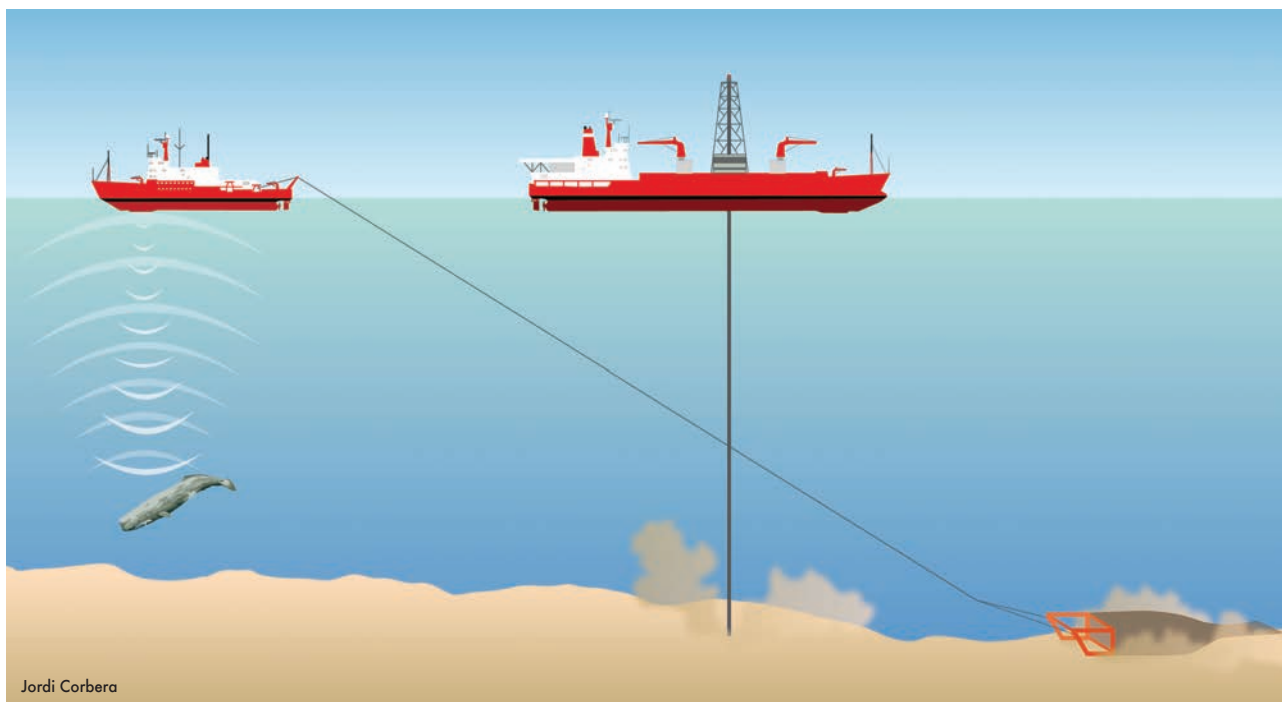


Fig. 2. L'ús del sonar des de vaixells va permetre fer una cartografia més exhaustiva del fons marí; en la il·lustració es mostra com el sonar emet ones que reboten en el fons marí i l'eco és recollit des del vaixell (la seva anàlisi permet després elaborar mapes topobatimètrics).

d'un vaixell fins a tocar el fons—, i es va demostrar que hi havia vida a 5000 m de profunditat. Però la veritable revolució en l'exploració del fons oceànic va tenir lloc el 1922, quan es va desenvolupar el mètode d'emissió d'ones sonores i recepció dels seus ressons, anomenat *sonar*; el sonar emet un so i calcula la distància al fons marí a partir del temps que triga el so a reflectir-se en el fons i tornar a la superfície.

Un altre mètode d'explorar el fons marí i les comunitats que hi viuen és el *dragat*, que consisteix a arrossegar sobre el fons un rastell unit a una xarxa, de manera que es poden obtenir mostres de roques i éssers vius. Així mateix, vaixells equipats amb instruments de perforació han obtingut un bon nombre de mostres que permeten estudiar l'estructura del fons marí.

No obstant això, tot i que aquests mètodes han resultat útils per a l'estudi del mar, són molt nocius per al medi marí: els sondeigs acústics causen importants danys en la fauna marina (s'han observat encallaments de cetacis després de prospeccions militars amb sonars), però, malgrat això, se segueixen utilitzant; i el dragat i la perforació del fons provoquen la destrucció de les zones mostrejades, que poden trigar anys a recuperar-se.



Jordi Corbera

Fig. 3. Els sondeigs acústics, la presa de mostres mitjançant xarxes d'arrossegament i les perforacions del fons marí permeten obtenir informació sobre l'ecosistema marí —ahora que poden ser utilitzades per motius militars o econòmics—, tot i que poden afectar negativament els ecosistemes marins.



ICM-CSIC IFM-GEOMAR

AWI

Fig. 4. (←) Fons marí afectat pel pas d'una xarxa d'arrossegament (en aquest cas, d'un vaixell pesquer); les fenedures del fons corresponen al forat excavat per les pesades peces metàl·liques que permeten que la xarxa es mantingui i es desplaci pel fons. Algunes xarxes d'arrossegament poden ser molt grosses (→).

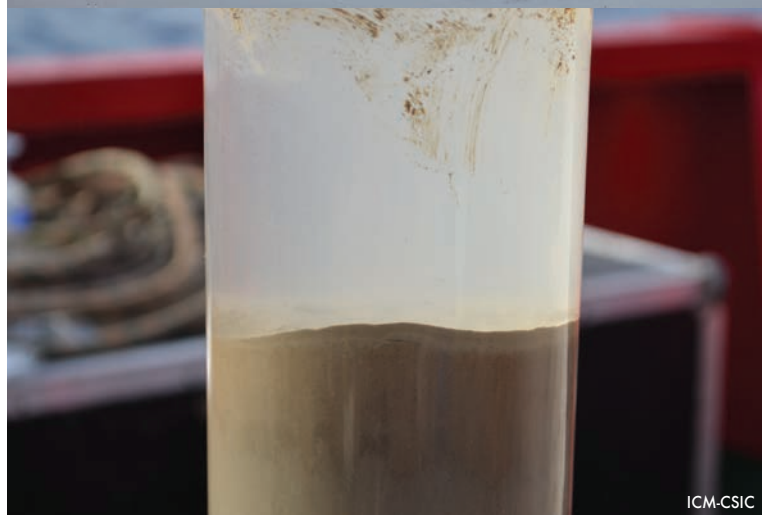
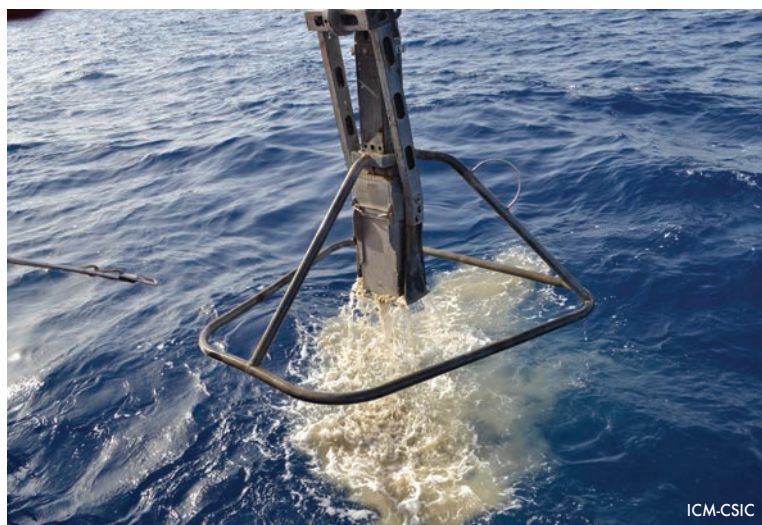
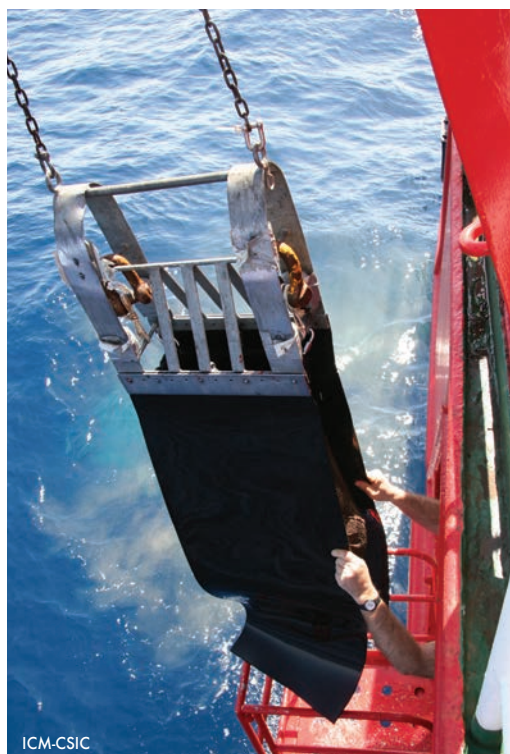


Fig. 5. (esq.) Els patins epibentònics (↑) i les xarxes com aquesta Agassiz (↓) encara s'utilitzen per a la recollida de mostres biològiques del fons marí. (dreta) Per prendre mostres de sediment hi ha diferents aparells que s'hi claven a fi d'extreure-les; alguns permeten també estudiar la interfase entre l'aigua i el sediment.

La invenció de l'escafandre autònom per part de Jacques Cousteau i Émile Gagnan el 1943 va permetre desenvolupar els equips de busseig actuals, que constitueixen una de les eines més significatives de què disposa actualment l'ésser humà per introduir-se fins a certes profunditats en les aigües oceàniques. Aquests escafandres solucionen el problema de proveir-se d'aire sota l'aigua, així com el d'afrontar les altes pressions i les baixes temperatures de les profunditats. D'aquesta manera es pot estudiar el fons marí mitjançant l'observació directa i la realització de transectes per a estudis mediambientals de conservació. Aquest mètode de realització de transectes consisteix a delimitar un espai concret (sigui una línia o un nombre determinat de quadrants de mesura coneguda) al voltant del qual es compten les espècies que hi ha, i serveix per fer estudis ecològics de poblacions i comunitats.



Fig. 6. L'ús de l'escafandre autònom ha permès el treball prolongat i a certes fondàries en les zones litorals. A les fotografies, científics fan transectes per estudiar les comunitats bentòniques, i instal·len aparells que els permeten fer experiments i prendre mides *in situ* en aquestes comunitats.

Però, atès que el submarinisme està limitat a profunditats de 50 m aproximadament, a causa del risc que suposa per al cos humà, que pateix els efectes dels canvis de pressió i de la toxicitat de certs gasos —com ara el nitrogen contingut en les ampolles dels bussejadors, que resulta tòxic a una certa pressió—, l'exploració i l'anàlisi de profunditats majors mitjançant aquests equips queda limitada. El desenvolupament de submergibles ha suposat una millora importantíssima en el camp de l'exploració submarina, ja que no només permet el descens a grans profunditats durant períodes llargs de temps, sinó que, a més, s'ha aconseguit minimitzar els danys i les perturbacions causats en el medi per l'obtenció de mostres.

Els primers submergibles van ser submarins que es van utilitzar, sobretot, amb finalitats militars, encara que més tard, en la dècada del 1960, es van començar a desenvolupar vehicles per fer treballs d'exploració científica i que van permetre revelar sorprenents vistes de les grans profunditats oceàniques. Els submergibles són vehicles subaquàtics tripulats, en els quals els tripulants queden protegits per un casc que resisteix millor les altes pressions de les profunditats, manté l'atmosfera de l'interior del vehicle a la pressió normal, i l'aire és respirable, per la qual cosa els tripulants es poden estar sota l'aigua durant llargs períodes. N'és un exemple el batiscaf, un petit vehicle subaquàtic especialment dissenyat per resistir grans pressions i destinat a explorar les profunditats marines.

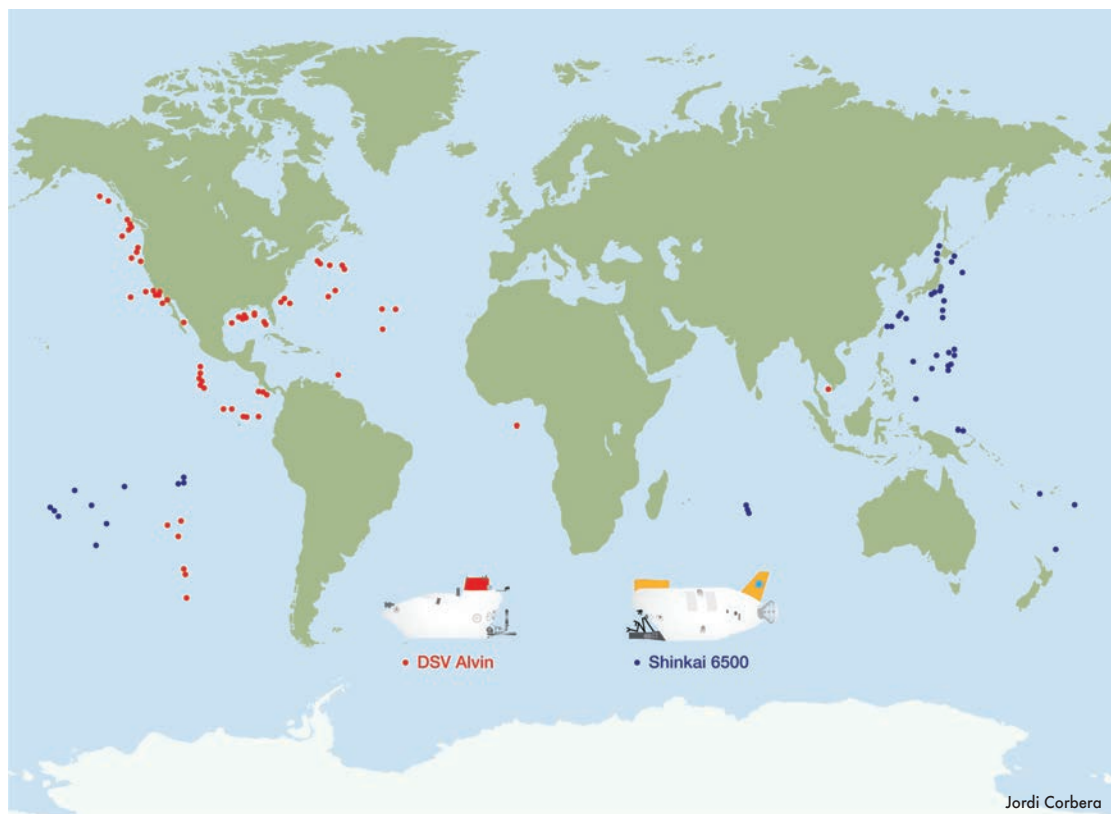


Fig. 7. Al mapa es mostren els punts on els submergibles tripulats *Alvin* i *Shinkai 6500* van fer les seves immersions.



Fig. 8. El submergible *JAGO* és emprat actualment en nombrosos estudis sobre el fons marí. A les imatges es pot observar la seqüència des que el submergible està sobre el vaixell oceanogràfic fins que es troba dins de l'aigua; està equipat amb un braç mecànic per prendre mostres puntuals.

Potser el submergible tripulat més famós és l'*Alvin*, de l'Institut Oceanogràfic Woods Hole. Construït el 1962, va fer la seva primera expedició l'any 1964. Pot romandre fins a 7 hores submergit a una profunditat mitjana de 2000 m i assolir una profunditat màxima de 4500 m. Ha permès fer importants descobriments, com ara l'albirament, per primera vegada, el 1979, de fonts hidrotermals submarines prop de la dorsal del Pacífic oriental. A més, l'*Alvin* està equipat amb braços mecànics que poden agafar mostres de les grans profunditats, que posteriorment són analitzades a bord d'un vaixell d'abastament —el vaixell de suport del submergible. Així com l'*Alvin* està vinculat a un vaixell d'abastament, l'any 1989 es va desenvolupar al Japó el *Shinkai 6500*, que no està vinculat a cap vaixell d'abastament i que va arribar als 6527 m de profunditat.

La tecnologia ha permès desenvolupar submergibles dirigits per control remot (anomenats *ROV*, sigla anglesa de *remotely operated vehicle*) que poden dur a terme tasques molt especialitzades. Aquests robots submarins no estan tripulats i estan connectats mitjançant un cable llarg a un vaixell que es troba a la superfície. El cable rep informacions a través d'un comandament a distància i transmet les dades de les càmeres fotogràfiques, les càmeres de vídeo, els sensors i els sonars que hi ha dins del robot al centre de control del vaixell de la superfície. El 2006 es van construir vehicles híbrids de control remot (anomenats *HROV*, sigla anglesa de *hybrid remotely operated vehicle*), dissenyats per operar a les zones més profundes del fons marí i capaços de maniobrar lliures o vinculats a un vaixell d'abastament amb braços mecànics per poder recollir mostres.

Les càmeres i equips de vídeo permeten prendre imatges dels fons marins, que després poden ser analitzades al laboratori. L'estudi del fons marí amb mètodes audiovisuals constitueix un material excel·lent que permet obtenir coneixement mitjançant tècniques no destructives, amb la qual cosa es fomenta la conservació del medi marí.

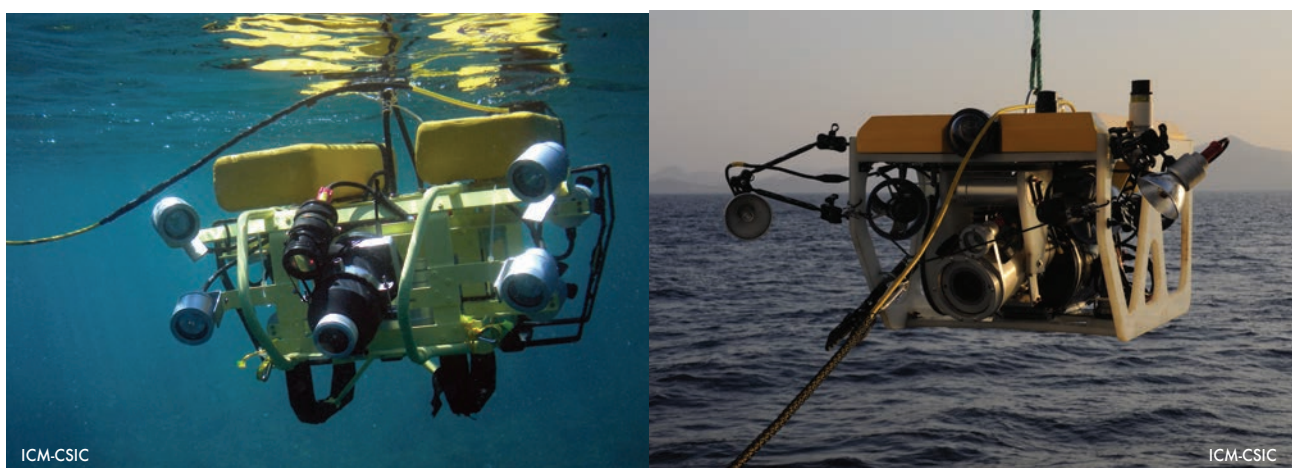


Fig. 9. Fotografies de dos ROV emprats per investigadors de l'ICM-CSIC al mar Mediterrani.

Alguns aparells acústics, com ara els hidròfons, permeten gravar sons sota l'aigua, com per exemple els emesos per alguns mamífers marins, que afavoreixen una millor comprensió del comportament d'algunes espècies. També hi ha sensors que permeten determinar les característiques físiques de l'aigua i els corrents marins.

Fig. 10. Aquest ROV s'utilitza per explorar els fons antàrtics, en aquest cas a bord del vaixell oceanogràfic alemany *Polarstern*, des d'on es controla i es manipula.

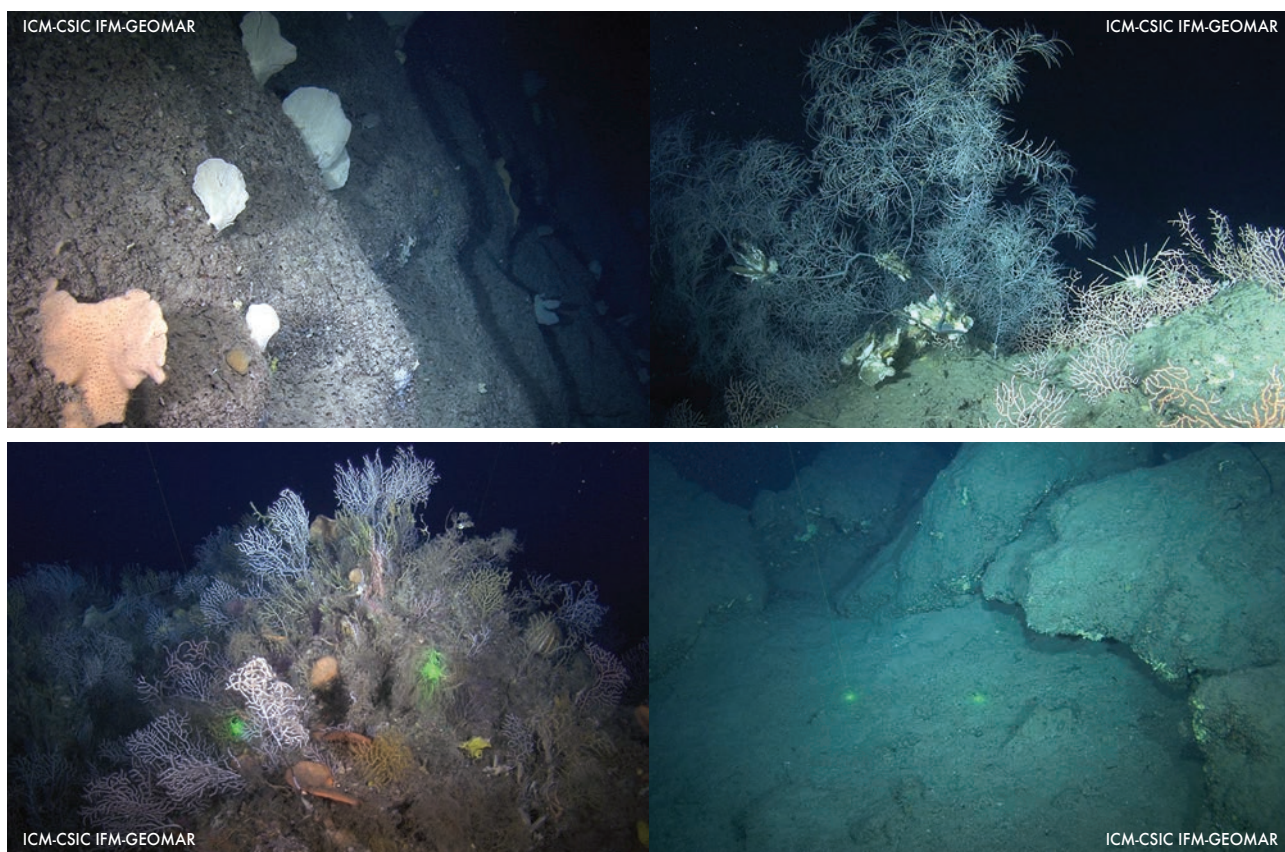
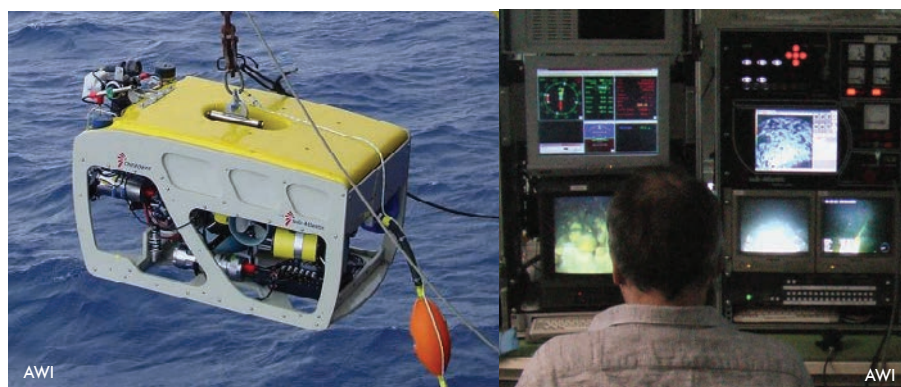


Fig. 11. (↑) Els vehicles submarins permeten explorar i estudiar zones de la plataforma distal i el talús continental, així com zones encara més profundes de l'oceà. (↓) Habitualment es fan transectes del fons marí, tant en zones amb comunitats abundants (esq.) com en fons menys rics (dreta), en els quals es pot estudiar, per exemple, l'abundància d'organismes i els seus patrons de distribució. Els làsers que emet el vehicle submarí permeten posteriorment prendre mesures i fer càlculs a partir dels registres audiovisuals dels transectes.

Però els oceans són massa grans per ser explorats solament des dels vaixells o submergint-se sota l'aigua, sigui bussejant o amb submergibles. L'arribada dels satèl·lits amb sensors remots en la dècada del 1960 va suposar una revolució al món de l'oceanografia. Els satèl·lits permeten prendre imatges completes dels oceans, a més de detectar huracans i tsunamis –amb l'ajuda de boies d'altamar automatitzades amb sensors de pressió del fons marí– i el patró global de vents oceànics, registrar trets físics i químics de la superfície de l'oceà i de l'atmosfera (la concentració de clorofil·la, la temperatura de la superfície marina o la coberta de núvols) i la cobertura de gel marí. Són, per tant, molt útils per a la previsió meteorològica, la pesca comercial, les prospeccions petrolíferes, les rutes de navegació i multitud d'estudis científics.

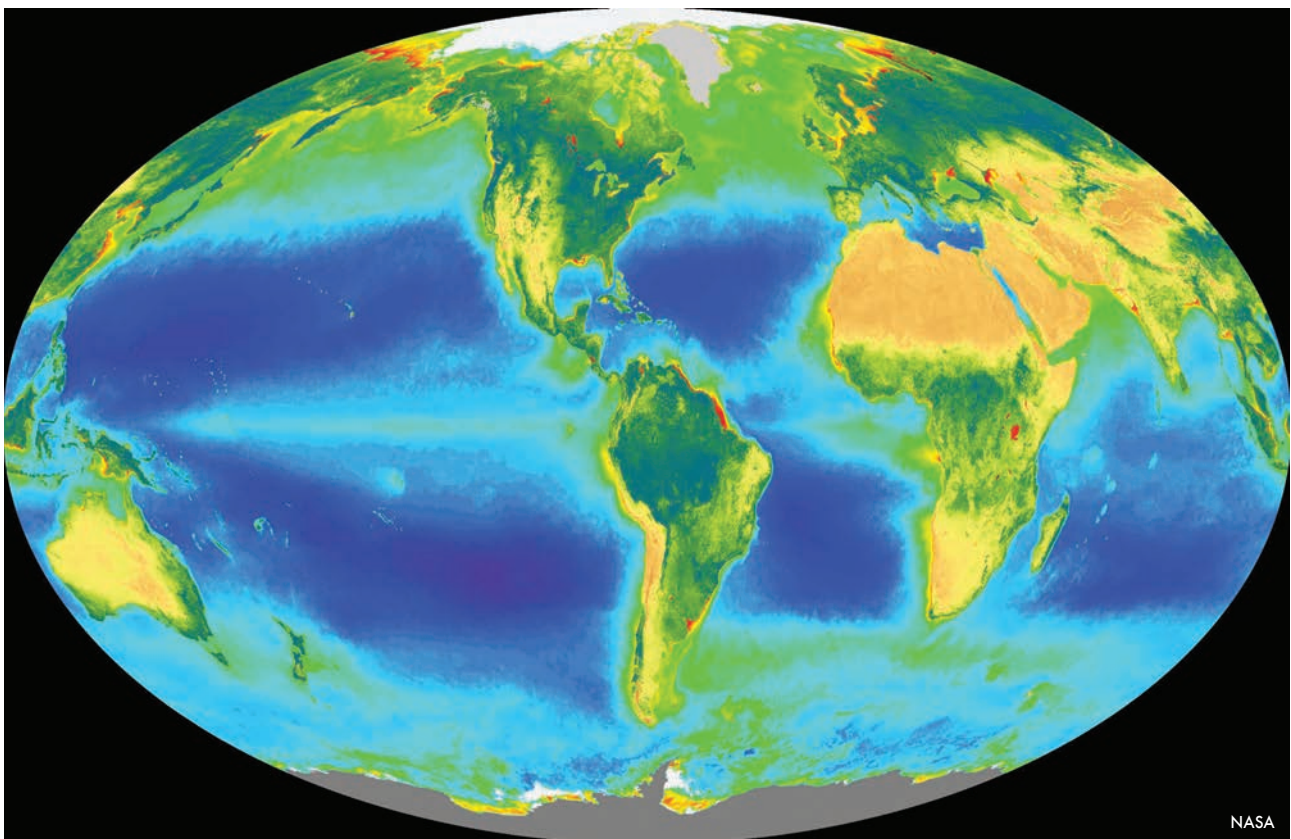


Fig. 12. Els satèl·lits permeten obtenir imatges globals de la superfície dels oceans, amb la qual cosa proporcionen diferents dades d'interès, per exemple, de la concentració de clorofil·la en aigües superficials.

El disseny d'instruments de recerca científica es perfecciona cada dia més, i els investigadors disposen d'una varietat d'aparells que en poc temps han anat vencent els reptes que suposa el medi marí, fet inimaginable fins fa pocs anys. Amb un bon ús de tota aquesta tecnologia, avançar en el coneixement de les profunditats abissals, encara repletes de misteris, és possible. Conèixer més a fons els oceans permetrà, a més, posar en marxa accions per millorar-ne la conservació dels recursos.

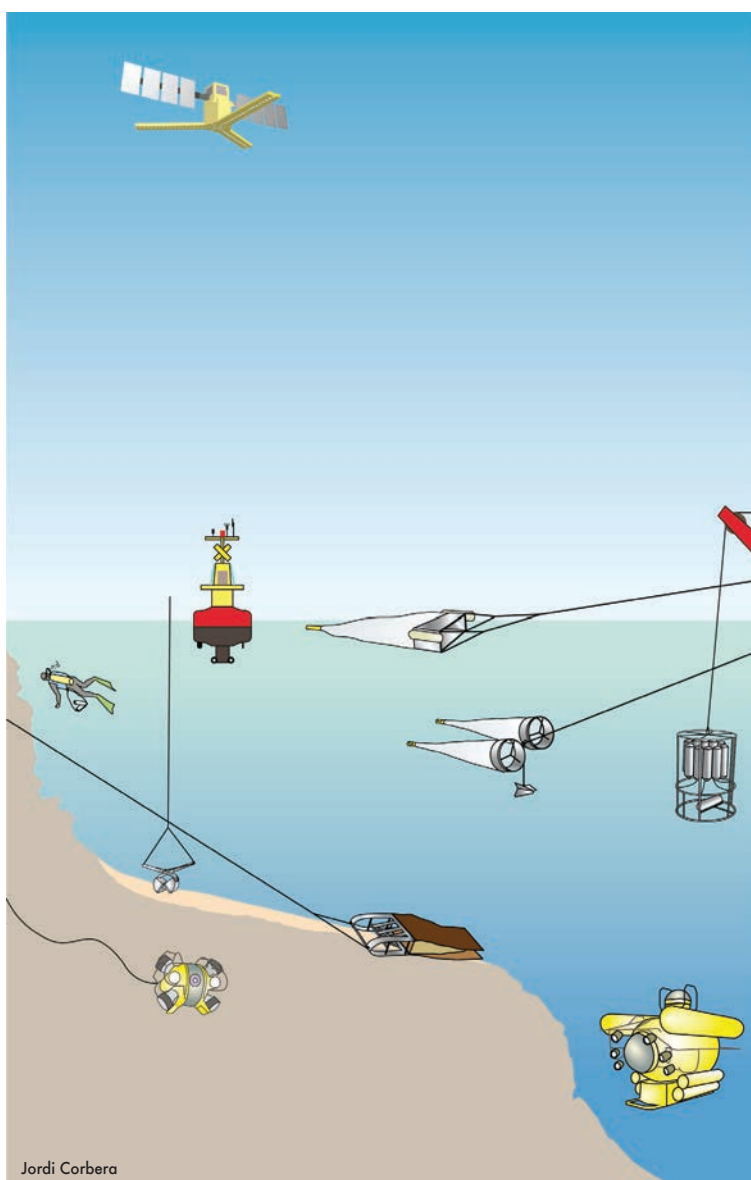


Fig. 13. La tecnologia i els seus avenços permeten una millor exploració dels oceans. A l'esquema s'observa un satèl·lit, un escafandrista, dragues per obtenir mostres del fons marí, xarxes pelàgiques i aparells per recollir aigua i dades oceanogràfiques, així com un ROV i un submergible tripulat.

