

Tecnologia

Quina fondària té l'oceà? Com és el fons del mar? Quins organismes hi viuen? Quines són les variables que els afecten? Quina importància tenen els corrents oceànics al planeta? L'ésser humà s'ha fet aquestes preguntes i moltes altres entorn de l'oceà durant milers d'anys. L'oceà cobreix aproximadament el 75 % del planeta, i afecta, directament o indirectament, tots els éssers vius que l'habiten, inclòs l'ésser humà. Per això, tenir un coneixement científic del mar és important no només per entendre'n el funcionament, sinó també per al desenvolupament de múltiples activitats relacionades amb ell (com ara l'activitat pesquera). Així, és de vital importància conèixer els processos que el degraden i promoure la conservació del medi marí i dels recursos que ofereix.

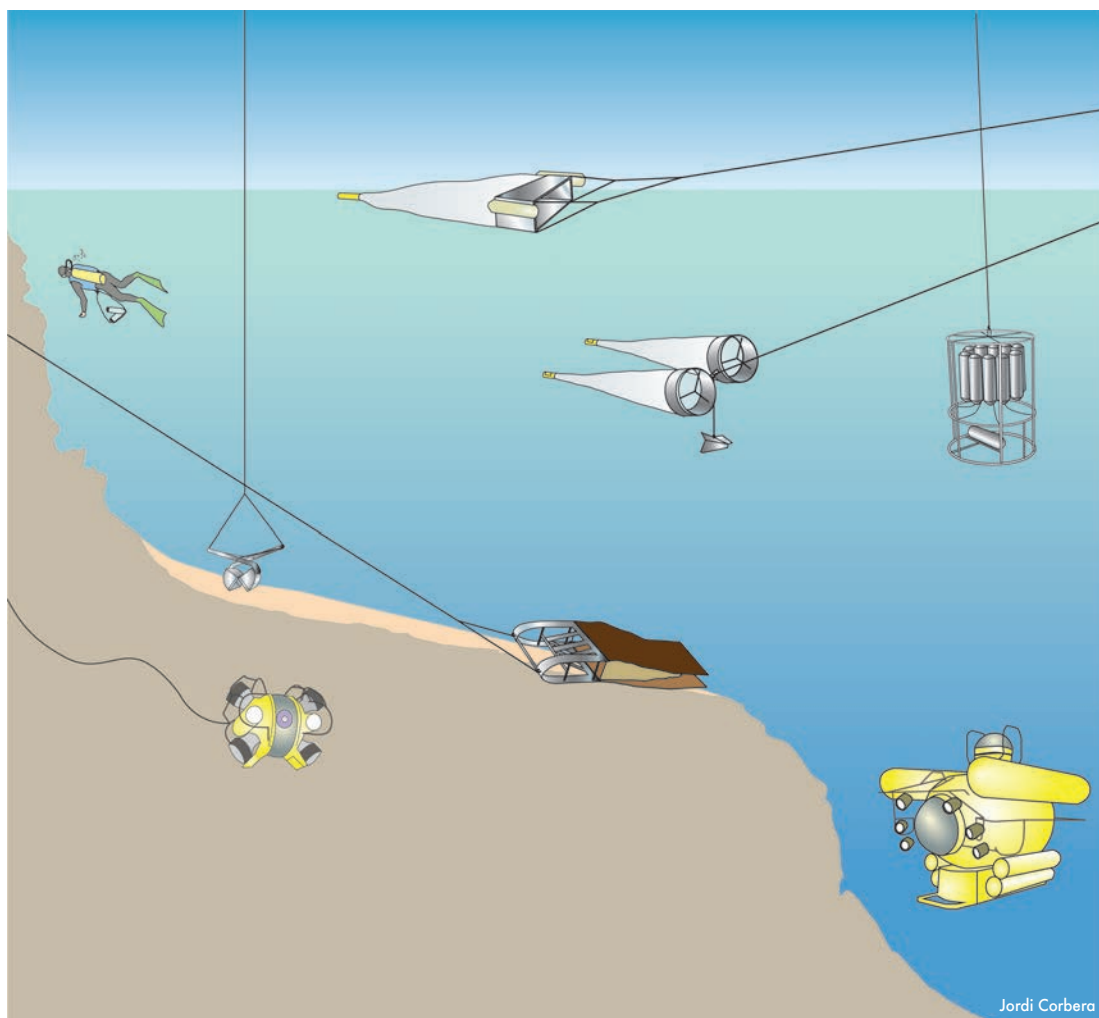


Fig. 1. El desenvolupament tecnològic ha permès un millor estudi del medi marí. En aquest esquema es poden observar diferents instruments emprats en la recerca oceanogràfica, que seguidament es descriuran en el text.

Com que és un medi molt dinàmic, de gran profunditat i extensió, l'estudi de l'oceà comporta una sèrie de dificultats. Per això s'han anat desenvolupant equips instrumentals que permeten examinar els processos físics, químics i biològics que tenen lloc a les masses d'aigua oceàniques. Molts d'aquests instruments permeten recollir mostres, directament i d'una manera relativament senzilla, des d'un vaixell oceanogràfic; de fet, molts es van inventar quan encara no existia la tecnologia per poder submergir-se i obtenir aquesta informació.

Un dels aparells més antics són les botelles oceanogràfiques, que permeten recollir mostres d'aigua marina a una determinada fondària. Una de les primeres botelles d'aquest tipus va ser la que va desenvolupar Fridtjof Nansen, coneguda com a *botella Nansen*. Es tracta d'un cilindre metàl·lic, amb una tapa a cada extrem, que es fa baixar mitjançant un cable per la columna d'aigua; quan arriba a la profunditat desitjada, es deixa anar un pes metàl·lic —anomenat *missatger*— que rellisca pel cable i, quan arriba a la botella, fa que aquesta es deixi anar de l'extrem superior del cable, s'inverteixi, amb això, es tanquin les dues tapes; d'aquesta manera, la mostra

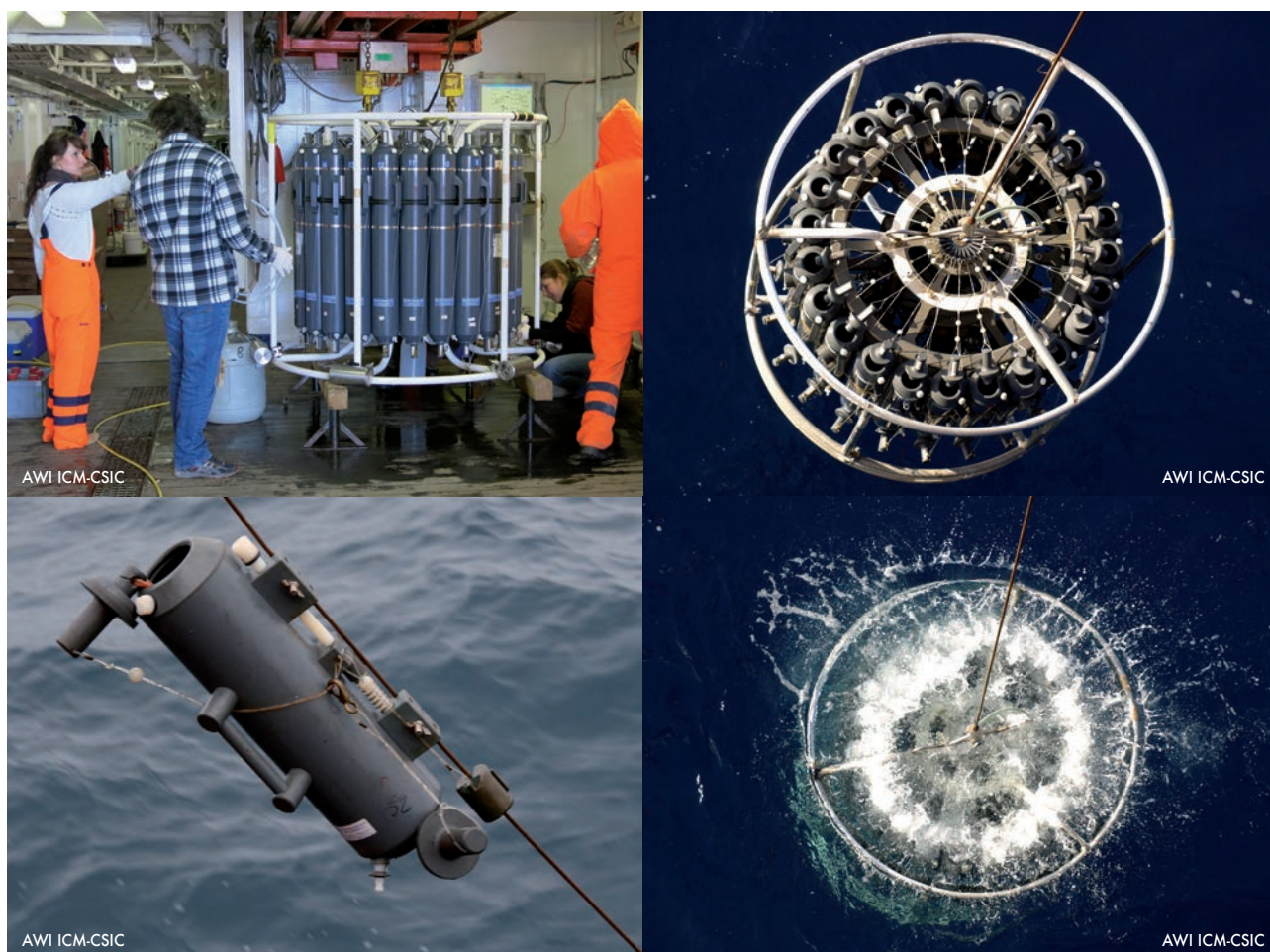


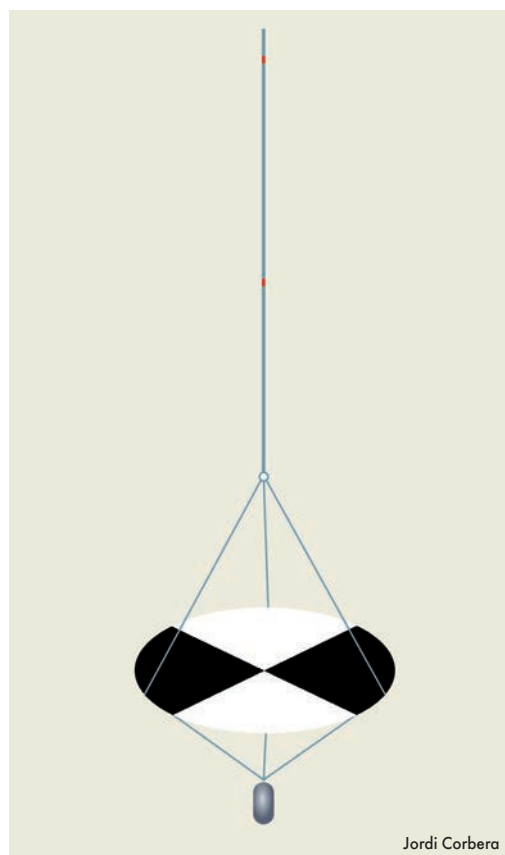
Fig. 2. (←) CTD amb roseta, on s'aprecien les diferents botelles Niskin. Detall de botella Niskin. (→) Posant el CTD-roseta dins l'aigua, amb les botelles Niskin obertes.

d'aigua d'aquella profunditat queda atrapada. Aquesta botella conté un termòmetre invertit que permet mesurar la temperatura. Les botelles Nansen s'han substituït per un model millorat, les anomenades *botelles Niskin*, que són les que s'empren actualment en els estudis oceanogràfics. Aquestes botelles incorporen dues millores: són de plàstic, fet que evita la reacció química entre el metall i l'aigua de mar; i el mecanisme de tancament no requereix que s'inverteixi la botella, sinó que les tapes es mantenen obertes mitjançant un cordó elàstic, i es deixen anar automàticament quan entren en contacte amb el missatger.

A l'oceà, la temperatura varia sobretot a les capes superficials; per mesurar aquestes variacions en punts localitzats a prop de la superfície, els científics utilitzaven un aparell anomenat *batitermògraf*, que registra la temperatura en funció de la profunditat fins als 300 m. Els batitermògrafs tenen forma de torpede i presenten l'avantatge de poder funcionar mentre el vaixell està navegant. Avui dia, però, amb l'aparició del CTD, un instrument que permet mesurar la conductivitat, la temperatura i la profunditat de l'aigua (CTD és la sigla de *conductivity, temperature and depth*), es poden fer mesuraments molt precisos a la profunditat desitjada. El CTD s'utilitza normalment unit a un conjunt de botelles Niskin, i formen el que s'anomena *roseta o carrusel*.

Un altre paràmetre útil i que es pot estudiar de forma senzilla és la profunditat de la zona il·luminada del mar, l'anomenada *zona fòtica*. Aquest mesurament es fa mitjançant un *disc de Secchi*. Es tracta d'un disc de color blanc, d'uns 30 cm de diàmetre com a mínim, que està subjecte a un pes i a una corda graduada cada metre. El disc s'introdueix a l'aigua fins on ja no es pugui veure, i la marca de la corda indica la profunditat aproximada a la qual desapareix el disc, és a dir, la profunditat fins la qual penetren els raigs lluminosos.

L'estudi dels corrents marins és vital per entendre el clima terrestre. Per estudiar-los, s'ha desenvolupat un instrument, anomenat *correntímetre*, que permet mesurar la seva velocitat i direcció de forma gairebé instantània; actualment, el més utilitzat és el correntímetre electrònic. Hi ha nombrosos aparells que duen incorporats correntímetres. Un *mooring* o ancoratge, per exemple, consta d'un seguit d'instruments connectats per un cable i ancorats al fons marí. Habitualment, els instruments de què consta són precisament un sensor CTD, correntímetres (aparells usats per mesurar la direcció i el flux dels corrents marins), trampes de sediment (on



Jordi Corbera

Fig. 3. Representació esquemàtica d'un disc de Secchi.

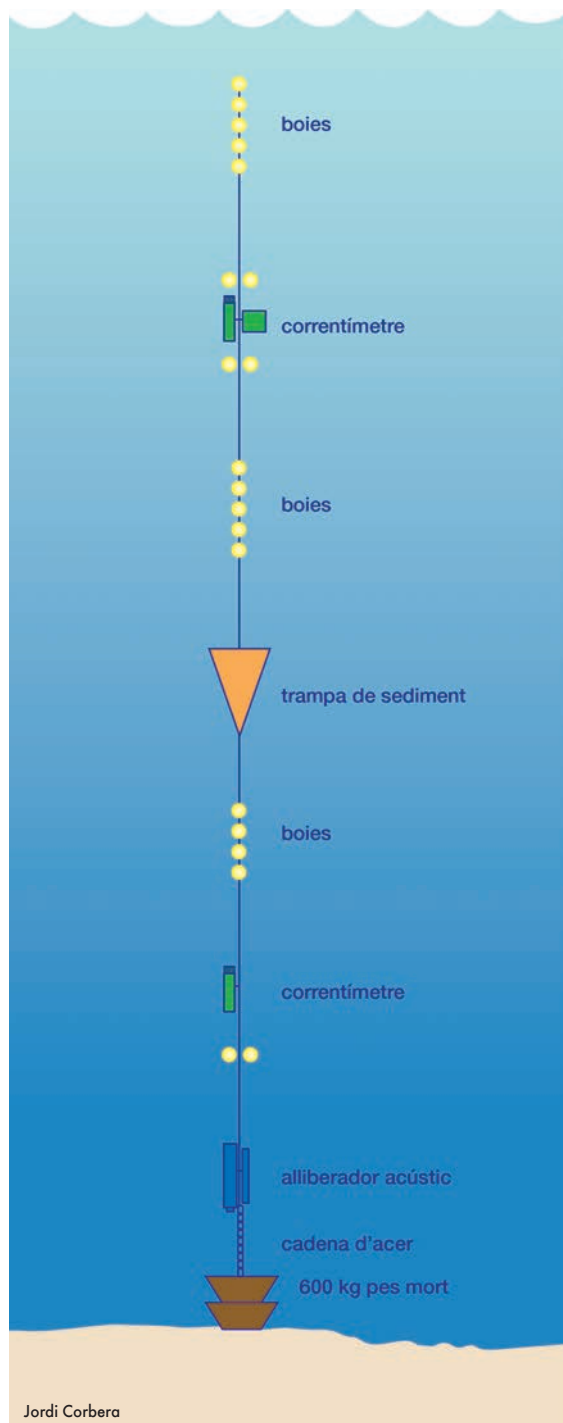


Fig. 4. (←) Esquema del desplegament d'un ancoratge dins l'aigua. (→) Etapes de recuperació d'un ancoratge: primer s'albiren les boies, i posteriorment es van recollint els aparells sobre el vaixell (trampa de sediment, correntímetre). Podeu veure un detall del tambor per a la recollida de diferents mostres del sediment que va caient en la columna d'aigua.

queda atrapat el material que sedimenta en la columna d'aigua, i que es pot analitzar posteriorment) i un sistema d'alliberament acústic (s'utilitza per desplegar instrumentació dins l'aigua i recuperar-la remotament, des d'un vaixell), a més de diversos flotadors que ajuden a fer que el sistema romangui estès verticalment dins l'aigua, i d'un pes que permet l'ancoratge al fons. Alguns ancoratges tenen acoblades bombes per filtrar l'aigua de mar directament a la fondària desitjada i càmeres de partícules que permeten fer mesuraments òptics de l'abundància, la concentració i la distribució de talles de les partícules marines.

Les trapes de sediment que hi ha als ancoratges solen tenir diferents recipients de recollida de mostres que van rotant de manera autònoma sota una pantalla de recol·lecció d'obertura coneguda, de manera que es pot recollir un bon nombre de mostres diferents en un període de temps que pot ser fins i tot de més d'un any. S'utilitzen per quantificar els fluxos de matèria i d'energia entre les capes superficials de l'oceà i capes més profundes. Això permet, entre d'altres coses, quantificar i determinar tot allò que arriba al fons marí i que pot servir d'aliment potencial per a molts organismes bentònics.

Quant als estudis biològics, la recol·lecció de mostres, sobretot de plàncton, ha comportat sempre una certa dificultat per la diversitat de mides que presenten —els organismes poden mesurar des de poques micres fins a uns quants metres— i a la seva distribució. Per recol·lectar mostres que puguin ser observades després al laboratori, hi ha diversos mètodes. Per dur a terme un mostreig quantitatiu d'organismes petits del plàncton (bàsicament de fitoplàncton), la recol·lecció es pot fer de forma senzilla amb un mostrejador d'aigua —que permet recollir un volum concret d'aigua amb el fitoplàncton que hi viu—, amb bombes d'aigua o amb botelles oceanogràfiques. Per fer un estudi qualitatiu, en canvi, el més comú és emprar xarxes de plàncton. De manera general, les xarxes de plàncton estan formades per un conus de tela, al final del qual es col·loca un flascó col·lector, que està unit al conus mitjançant una anella metàl·lica; entre el flascó i l'anella es col·loca una malla, la mida de la qual varia en funció dels organismes que es vulguin recol·lectar. El mostreig es pot fer horitzontalment, de manera que es deixa anar la xarxa a l'aigua, amb el vaixell en moviment, i la xarxa és arrossegada per l'aigua a la profunditat desitjada: l'aigua entra per la boca del conus, el travessa i s'escapa pels laterals, mentre que els organismes queden retinguts a la malla del col·lector. El mostreig es fa a vegades verticalment, i fins i tot obliquament, per estudiar la distribució del plàncton a la columna d'aigua.

La boca de les xarxes de plàncton està equipada normalment amb un aparell, anomenat *mesurador de flux*, que consisteix en una hèlix que gira amb el pas de l'aigua, amb la qual cosa es pot conèixer el volum d'aigua filtrada. Una de les xarxes més utilitzades per estudiar plàncton és la *xarxa bongo*, que consta de dues xarxes unides, amb diferent llum de malla cadascuna, cosa que permet recol·lectar organismes de diferents mides i fer estudis obliquament a la columna d'aigua. Un cop recol·lectades, les mostres acostumen a fixar-se amb formol per evitar-ne el deteriorament i, d'aquesta manera, poder estudiar-les després al laboratori.



Fig. 5. Xarxes de recollida de zooplàncton. La de la dreta és l'anomenada *xarxa bongo*.

Sovint, durant les campanyes oceanogràfiques s'extreuen mostres del bentos i del sediment del fons, per a estudis biològics i geològics. Els aparells més comuns que solen utilitzar-se per a aquests mostreigs són les *dragues*; la majoria consten de dues pales, que se submergeixen obertes fins al fons mitjançant un cable i que, quan entren en contacte amb el fons, es tanquen, de manera que recullen una mostra del fons marí. Una de les dragues més utilitzades, tot i que pertorba el fons de manera significativa, és la draga Van Veen. Una altra forma d'obtenir mostres del fons oceànic és mitjançant un *box corer*, que consisteix en una caixa metàl·lica que, quan penetra en el sediment, permet obtenir-ne testimonis cilíndrics; quan es treu l'aparell de l'interior del sediment, una tapa tanca la caixa per sota per evitar que el sediment recollit es perdi. El *box corer* permet mantenir l'estructura del sediment i pertorba menys el fons que les dragues; ambdós, *box corer* i dragues, es poden utilitzar per a estudis del sediment, tant biològics com geològics.

Per a l'estudi del bentos s'utilitzen, sovint, xarxes d'arrossegament. Una d'aquestes xarxes és l'anomenada *xarxa Agassiz*, un instrument que consta d'un patí de metall que s'arrossega pel fons, a qualsevol fondària, i que té subjectada a la part del darrere una xarxa que, a mesura que avança arrossegada pel vaixell, recol·lecta tot allò que hi ha al fons. Tot i que té l'avantatge de poder ser utilitzada a profunditats de fins a 3000 m, és poc selectiva i bastant agressiva amb el medi; a més, a partir de les mostres que s'obtenen amb ella, és difícil definir els patrons de distribució precisos dels organismes recol·lectats. De forma similar, el patí epibentònic està format per un marc d'acer, una xarxa col·lectora i una porta d'accionament mecànic. Aquest patí es remolca pel fons, i la porta, en tocar-lo, s'obre; quan s'aixeca el patí, la porta es tanca, de manera que les mostres no s'escapen de la xarxa. Igual que la xarxa Agassiz, pot malmetre les mostres més delicades i no permet fer estudis quantitius.



Fig. 6. (↑) Els *corers* permeten obtenir mostres de sediment. En alguns, l'aparell mostrejador té forma cilíndrica, i en d'altres, com el *box corer*, és un rectangle metàl·lic. (↓) Draga Van Veen en primer pla, sobre la coberta de treball d'un vaixell oceanogràfic (també es pot observar la roseta al fons); draga Van Veen a punt de ser recollida després d'un mostreig del fons marí.



Fig. 7. (↑) Patí epibentònic sobre la coberta d'un vaixell oceanogràfic, i (dreta) a punt de ser introduït dins l'aigua; i (↓) xarxa d'arrossegament Agassiz essent hissada per ficar-la dins l'aigua amb l'objectiu d'obtenir mostres del bentos, i tornant plena de mostres a coberta (dreta).

Al mar és difícil establir estacions meteorològiques com les que hi ha a terra ferma. Per això s'acostuma a emprar instruments ancorats a boies oceanogràfiques, que prenen dades automàticament d'alguns dels paràmetres ambientals marins.

En les campanyes oceanogràfiques, sovint s'hi treballa en equips multidisciplinaris, tant des de vaixells oceanogràfics com des de la costa o amb equips de busseig. Els avenços tecnològics han permès desenvolupar submergibles que poden baixar a grans profunditats i que tenen un impacte

sobre el medi, quan prenen les mostres, mínim: robots submarins monitorats des del vaixell (ROV, sigla de *remotely operated vehicle*) o sofisticats submarins tripulats. Van equipats amb càmeres de vídeo i càmeres fotogràfiques, amb unes imatges que poden ser analitzades als centres de recerca i que representen un material molt valuós. Els satèl·lits amb sensors remots també han suposat un gran avenç en l'exploració del medi marí, ja que permeten obtenir dades globals de l'oceà.

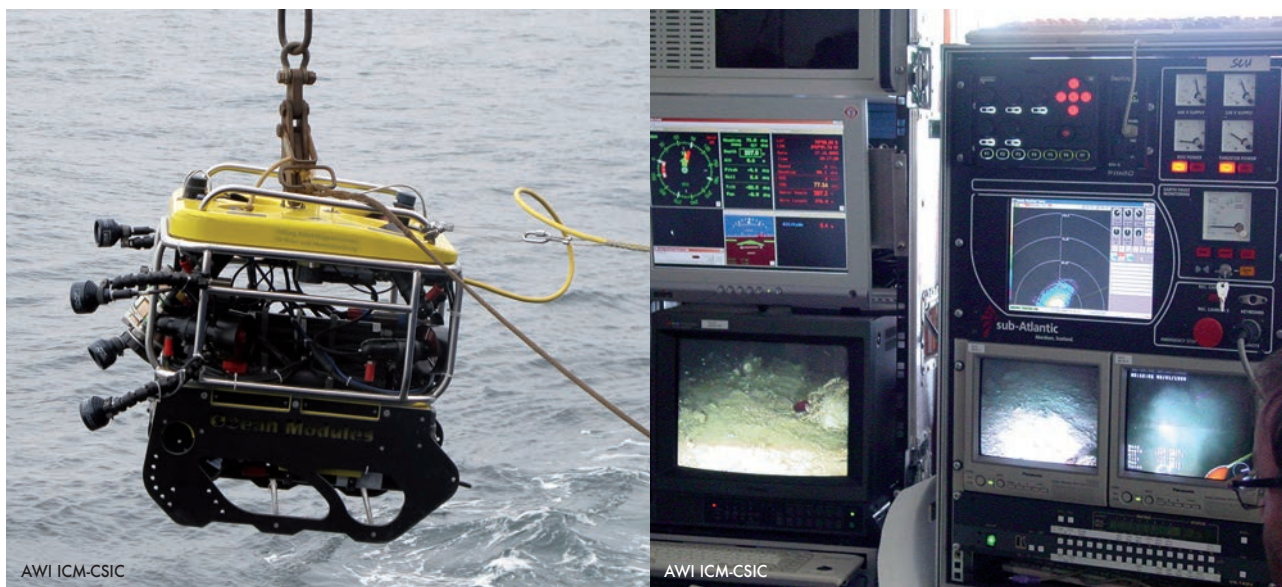
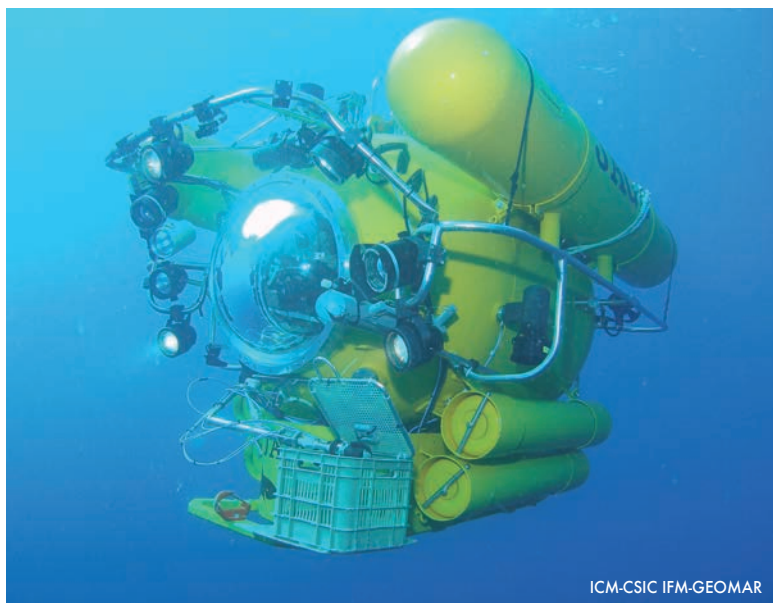


Fig. 8. (←) ROV (robot submarí monitorat) dins l'aigua. (→) Sala d'un vaixell oceanogràfic amb monitors des d'on es controla un ROV.



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 planteja el medi marí, fet inimaginable fins fa molt pocs anys.

Fig. 9. Submergible JAGO, que permet arribar a majors fondàries i que està equipat tant amb càmeres de vídeo i fotografia com amb un braç mecànic per a la recollida de mostres.