

Tecnología

¿Qué profundidad tiene el océano? ¿Cómo es el fondo del mar? ¿Qué organismos viven en él? ¿Cuáles son las variables que los afectan? ¿Qué importancia tienen las corrientes oceánicas en el planeta? El ser humano se ha hecho estas y otras muchas preguntas acerca del océano durante miles de años. El océano cubre aproximadamente el 75 % del planeta, y afecta, directa o indirectamente, a todos los seres vivos que lo habitan, incluido el ser humano. Por ello, tener un conocimiento científico del mar es importante no solo para entender su funcionamiento, sino para el desarrollo de múltiples actividades relacionadas con él (como la actividad pesquera, por ejemplo). Así, es de vital importancia conocer los procesos que lo degradan y promover la conservación del medio marino y los recursos que ofrece.

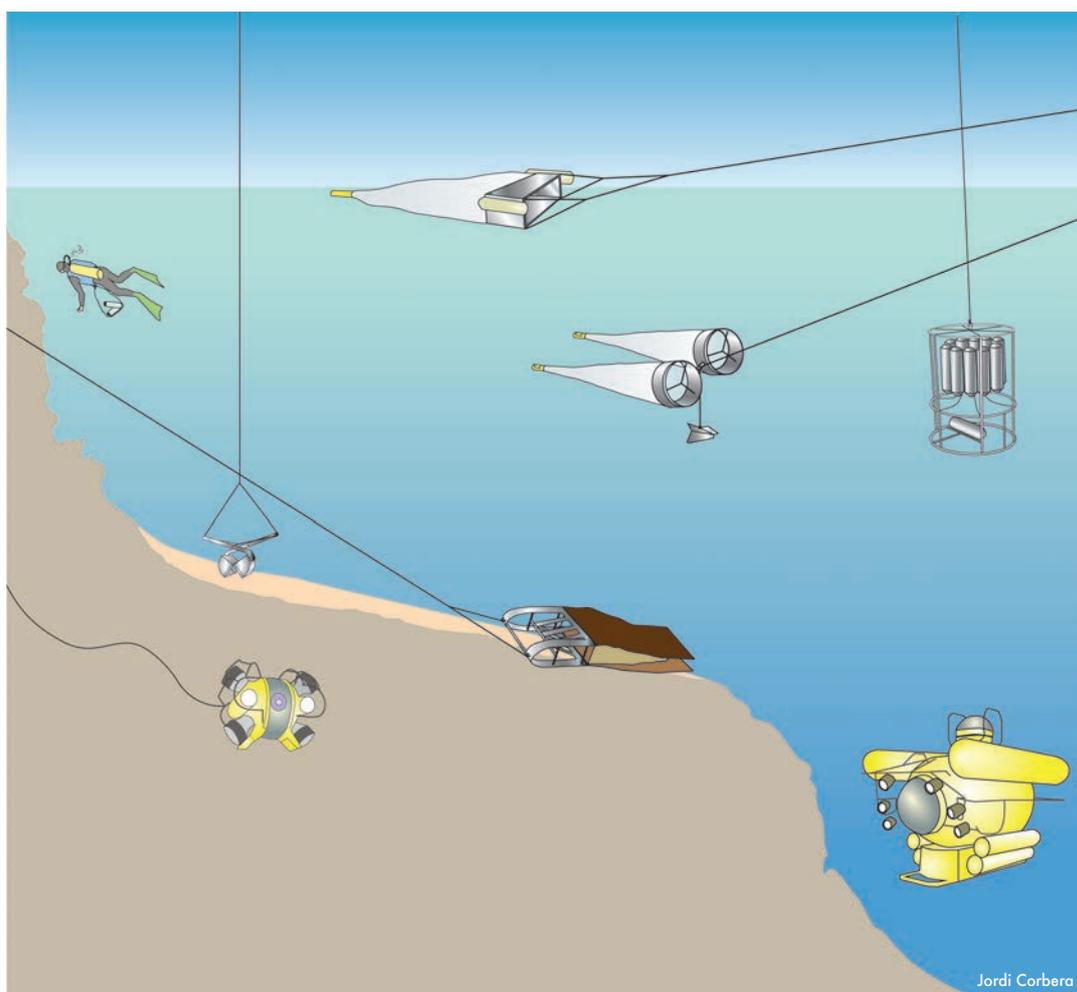


Fig. 1. El desarrollo tecnológico ha permitido un mejor estudio del medio marino. En este esquema se pueden observar diferentes instrumentos usados en la investigación oceanográfica, que seguidamente se describirán en el texto.

Al ser un medio muy dinámico, de gran profundidad y extensión, el estudio del océano entraña una serie de dificultades. Para ello se han ido desarrollando equipos instrumentales que permiten examinar los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en las masas de agua oceánicas. Muchos de estos instrumentos permiten recoger muestras, directamente y de una manera relativamente sencilla, desde un barco oceanográfico; de hecho, gran parte de ellos se inventaron cuando aún no existía la tecnología para poder sumergirse y obtener esa información. Uno de los aparatos más antiguos son las botellas oceanográficas, que permiten recoger muestras de agua marina a determinada profundidad. Una de las primeras botellas de este tipo fue la que desarrolló Fridjof Nansen, conocida como *botella Nansen*. Se trata de un cilindro metálico, con una tapa en cada extremo, que se hace descender mediante un cable por la columna de agua; cuando llega a la profundidad deseada, se suelta un peso metálico –denominado *mensajero*– que se desliza por el cable y, al llegar a la botella, provoca que esta se suelte del extremo superior del cable, se invierta y, con ello, se cierran las dos tapas; de este modo, la muestra de agua de esa profun-

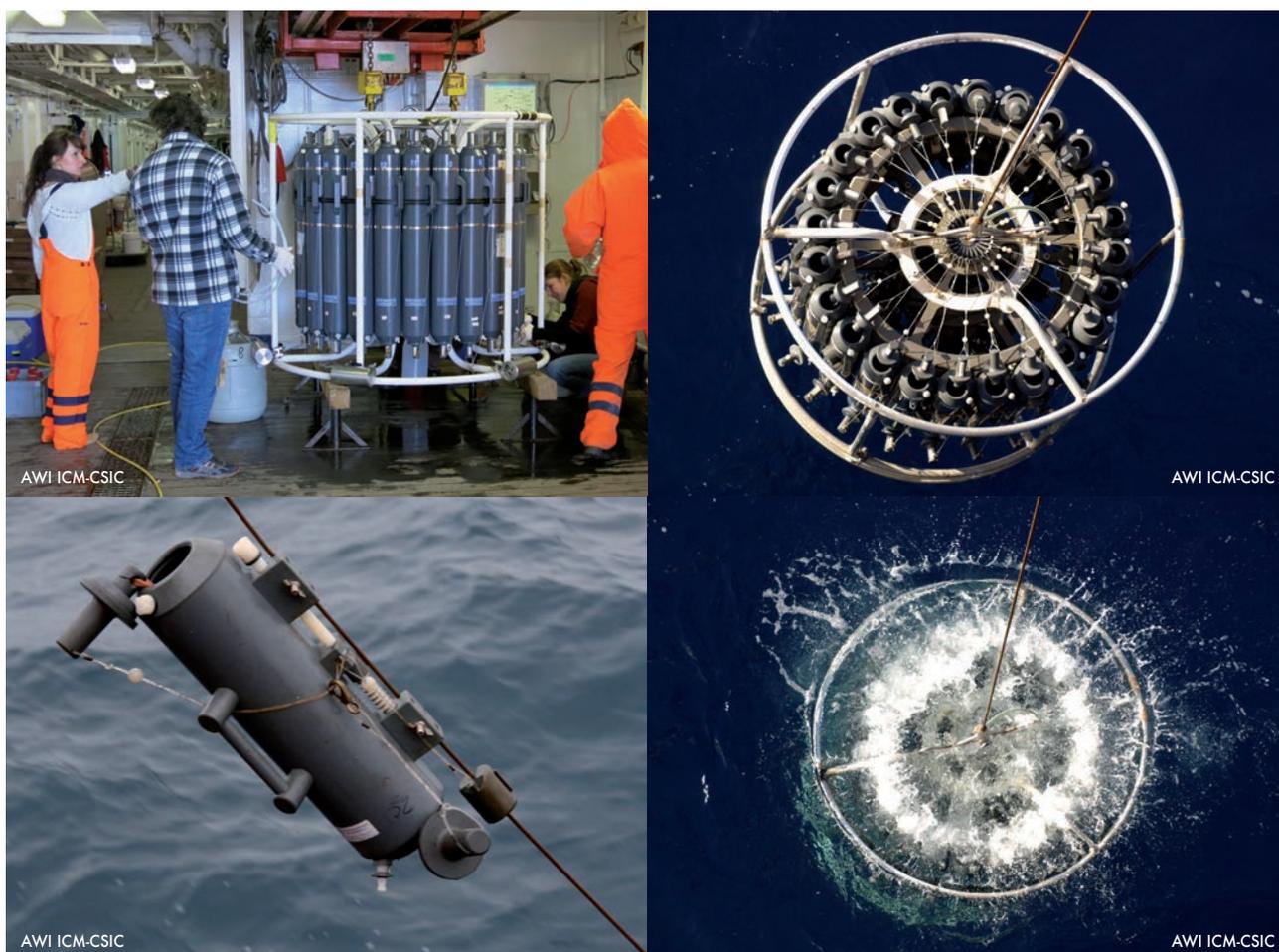


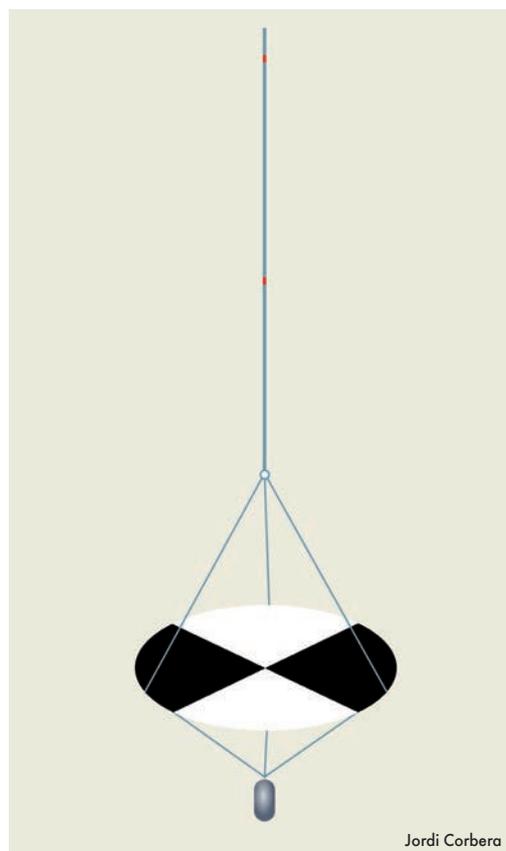
Fig. 2. (←) CTD con roseta, donde se aprecian las distintas botellas Niskin. Detalle de botella Niskin. (→) Poniendo el CTD-roseta dentro del agua, con las botellas Niskin abiertas.

didada queda atrapada. Esta botella está provista de un termómetro invertido que permite medir la temperatura. Las botellas Nansen se han sustituido por un modelo mejorado, las denominadas *botellas Niskin*, que son las que se usan actualmente en los estudios oceanográficos. Estas botellas incorporan dos mejoras: son de plástico, lo que evita la reacción química entre el metal y el agua de mar; y el mecanismo de cierre no requiere que se invierta la botella, sino que las tapas se mantienen abiertas mediante un cordón elástico, y se sueltan automáticamente al entrar en contacto con el mensajero.

En el océano, la temperatura varía sobre todo en las capas superficiales; para medir estas variaciones en puntos localizados cerca de la superficie, los científicos usaban un aparato denominado *batitermógrafo*, que registra la temperatura en función de la profundidad hasta los 300 m. Los batitermógrafos tienen forma de torpedo y presentan la ventaja de poder funcionar mientras el barco está navegando. Sin embargo, hoy en día, la aparición del CTD, un instrumento que permite medir la conductividad, la temperatura y la profundidad del agua (*CTD* es la sigla de *conductivity, temperature and depth*), permite realizar mediciones muy precisas a la profundidad deseada. El CTD suele usarse unido a un conjunto de botellas Niskin, y forman lo que se denomina *roseta* o *carrusel*.

Otro parámetro útil y que puede estudiarse de forma sencilla es la profundidad de la zona iluminada del mar, la llamada *zona fótica*. Esta medición se lleva a cabo mediante un *disco de Secchi*. Se trata de un disco de color blanco, de unos 30 cm de diámetro como mínimo, que está sujeto a un peso y a una cuerda graduada cada metro. El disco se introduce en el agua hasta donde ya no se pueda ver, y la marca de la cuerda indica la profundidad aproximada a la que desaparece el disco, es decir, la profundidad hasta la que penetran los rayos luminosos.

El estudio de las corrientes marinas es vital para entender el clima terrestre. Para estudiarlas, se ha desarrollado un instrumento, denominado *correntímetro*, que permite medir su velocidad y dirección de forma casi instantánea; actualmente, el más utilizado es el correntímetro electrónico. Hay numerosos aparatos que llevan incorporados correntímetros. Un *mooring* o anclaje, por ejemplo, consta de una serie de instrumentos conectados por un cable y anclados al fondo marino. Habitualmente, los instrumentos que lo forman son precisamente un sensor CTD, correntímetros (aparatos usados para medir la dirección y el flujo de las corrientes marinas),



Jordi Corbera

Fig. 3. Representación esquemática de un disco de Secchi.

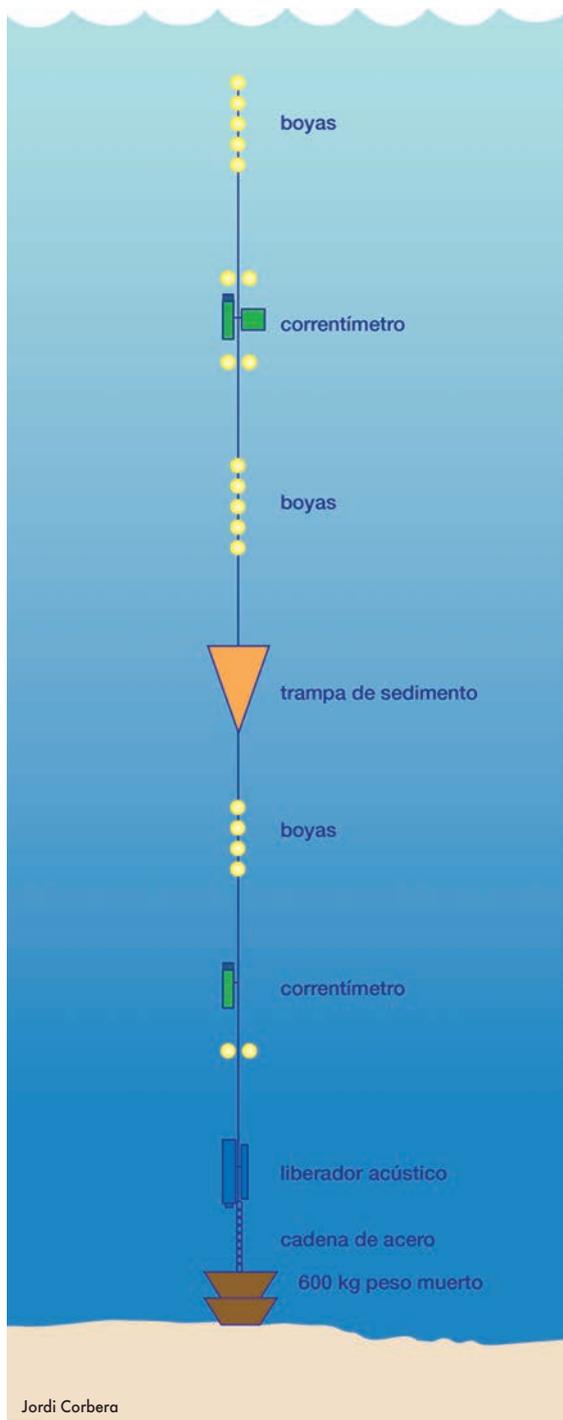


Fig. 4. (←) Esquema del despliegue de un anclaje dentro del agua. (→) Etapas de recuperación de un anclaje: primero se divisan las boyas, y posteriormente se van recogiendo los aparatos sobre el barco (trampa de sedimento, correntímetro). Puede verse un detalle del tambor para la recogida de distintas muestras del sedimento que van cayendo en la columna de agua.

trampas de sedimento (donde queda atrapado el material que sedimenta en la columna de agua, y que se puede analizar posteriormente), y un sistema de liberación acústica (se usa para desplegar el *mooring* dentro del agua y recuperar la instrumentación de manera remota, desde un barco), además de diversos flotadores o boyas que ayudan a que el sistema se quede verticalmente colocado dentro del agua, y de un peso que permite el anclaje al fondo. Algunos anclajes tienen acopladas bombas para filtrar el agua de mar directamente a la profundidad deseada, y cámaras de partículas que permiten realizar medidas ópticas de la abundancia, concentración y distribución de tallas de las partículas marinas.

Las trampas de sedimento que hay en los anclajes suelen tener distintos recipientes de recogida de muestras que van rotando de manera autónoma bajo una pantalla de recolección de apertura conocida, de modo que se puede recoger un buen número de muestras distintas en un periodo de tiempo que puede ser incluso de más de un año. Se usan para cuantificar los flujos de materia y energía entre las capas superficiales del océano y capas más profundas. Ello permite, entre otras cosas, cuantificar y determinar lo que llega al fondo marino y que puede servir de alimento potencial para muchos organismos bentónicos.

En cuanto a los estudios biológicos, la recolección de muestras, sobre todo de plancton, ha supuesto siempre cierta dificultad, debido a la diversidad de tamaños que presentan —los organismos pueden medir desde pocas micras hasta varios metros— y a su distribución. Para recolectar muestras que puedan ser luego observadas en el laboratorio, existen varios métodos. Para llevar a cabo un muestreo cuantitativo de organismos pequeños del plancton (básicamente de fitoplancton), la recolección puede hacerse de forma sencilla con un tomamuestras de agua —que permite recoger un volumen concreto de agua con el fitoplancton que vive en él—, con bombas de agua o con botellas oceanográficas. Para realizar un estudio cualitativo, en cambio, lo más común es usar redes de plancton. De forma general, las redes de plancton están formadas por un cono de tela, al final del cual se coloca un frasco colector, que está unido al cono mediante una anilla metálica; entre el frasco y la anilla se coloca una malla, cuyo tamaño varía en función de los organismos que se quieran recolectar. El muestreo puede hacerse horizontalmente, de manera que se suelta la red en el agua, con el barco en movimiento, y la red es arrastrada por el agua a la profundidad deseada: el agua entra por la boca del cono, lo atraviesa y se escapa por los laterales, mientras que los organismos quedan retenidos en la malla del colector. El muestreo a veces se realiza verticalmente, e incluso oblicuamente, para estudiar la distribución del plancton en la columna de agua.

La boca de las redes de plancton suele estar equipada con un aparato, denominado *medidor de flujo*, que consiste en una hélice que gira con el paso del agua, lo que permite conocer el volumen de agua filtrada. Una de las redes más utilizadas para estudiar plancton es la *red bongo*, que consta de dos redes unidas, con diferente luz de malla cada una, por lo que se pueden recolectar organismos de distintos tamaños y realizar estudios oblicuamente en la columna de agua. Una vez recolectadas las muestras, suelen fijarse con formol para evitar su deterioro y, de este modo, poder estudiarlas luego en el laboratorio.



Fig. 5. Redes de recogida de zooplancton. La de la derecha es la llamada *red bongo*.

A menudo, durante las campañas oceanográficas se extraen muestras del bentos y del sedimento del fondo, para estudios biológicos y geológicos. Los aparatos más comunes que suelen utilizarse para estos muestreos son las *dragas*; la mayoría constan de dos palas, que se sumergen abiertas hasta el fondo mediante un cable y que, al entrar en contacto con el fondo, se cierran, de forma que recogen una muestra del fondo marino. Una de las dragas más utilizadas, a pesar de que perturba el fondo de forma significativa, es la draga Van Veen. Otra forma de obtener muestras de sedimento es mediante un *box corer*, que consiste en una caja metálica que, al penetrar en el sedimento, permite obtener testigos cilíndricos del mismo; cuando se saca el aparato del interior del sedimento, una tapa cierra la caja por debajo para evitar que el sedimento recogido se pierda. El *box corer* permite mantener la estructura del sedimento y perturba menos el fondo que las dragas; ambos, *box corer* y dragas, pueden usarse para estudios del sedimento, tanto biológicos como geológicos.

Para el estudio del bentos se usan, a menudo, redes de arrastre. Una de estas redes es la llamada *red Agassiz*, un instrumento que consta de un patín de metal que se arrastra por el fondo, a cualquier profundidad, y en cuya parte trasera tiene sujeta una red que, a medida que avanza arrastrada por el barco, recolecta todo aquello que hay en el fondo. Aunque tiene la ventaja de poder usarse a profundidades de hasta 3000 m, es poco selectiva y bastante agresiva con el medio; además, a partir de las muestras que se obtienen con ella, es difícil definir los patrones de distribución precisos de los organismos recolectados. De forma similar, el trineo epibentónico está formado por un marco de acero, una red recolectora y una puerta de accionamiento mecánico. Este trineo se remolca por el fondo, y la puerta, al tocarlo, se abre; cuando se levanta el trineo, la puerta se cierra, de manera que las muestras no se escapan de la red. Al igual que la red Agassiz, puede dañar las muestras más delicadas y no permite hacer estudios cuantitativos.



Fig. 6. (↑) Los *corers* permiten obtener muestras de sedimento. En algunos, el aparato de muestreo tiene forma cilíndrica, y en otros, como el *box corer*, es un rectángulo metálico. (↓) Draga Van Veen en primer plano, sobre la cubierta de trabajo de un barco oceanográfico (también se puede observar la roseta al fondo); draga Van Veen a punto de ser recogida después de un muestreo del fondo marino.

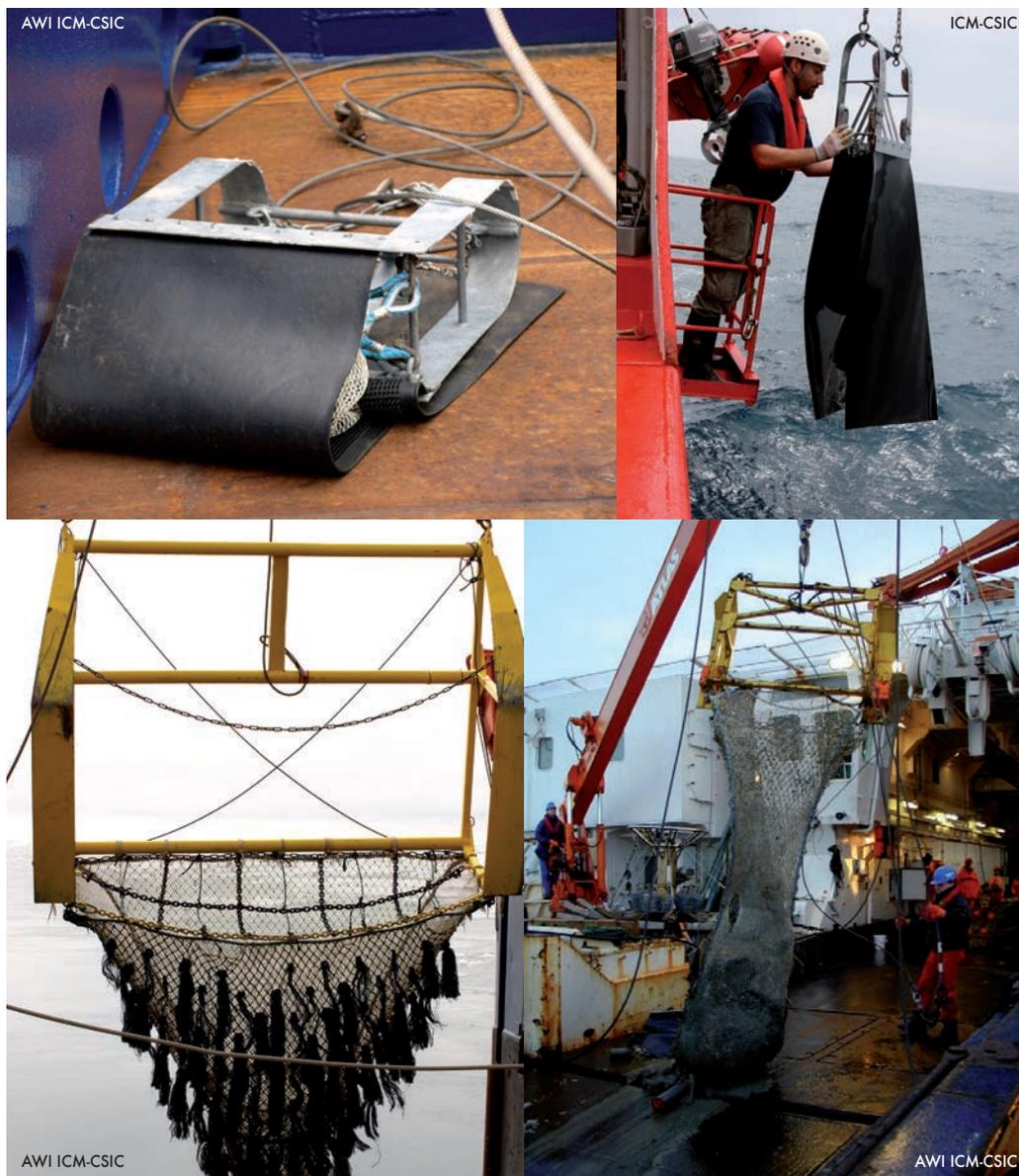


Fig. 7. (↑) Patín epibentónico sobre la cubierta de un barco oceanográfico, a punto de ser introducido dentro del agua; y (↓) red de arrastre Agassiz siendo izada para meterla dentro del agua con el objetivo de obtener muestras del bentos, y volviendo llena de muestras a cubierta.

En el mar es difícil establecer estaciones meteorológicas como las que se encuentran en tierra. Por ello se suelen usar instrumentos anclados a boyas oceanográficas, que toman datos automáticamente de algunos de los parámetros ambientales marinos.

En las campañas oceanográficas, a menudo se trabaja en equipos multidisciplinarios, tanto desde barcos oceanográficos como desde la costa o con equipos de buceo. Los avances tecnológicos han permitido desarrollar sumergibles que pueden descender a grandes profundidades y cuyo

impacto sobre el medio, al tomar las muestras, es mínimo: robots submarinos monitoreados desde el barco (ROV, sigla de *remotely operated vehicle*) o sofisticados submarinos tripulados. Van equipados con cámaras de vídeo y cámaras fotográficas, cuyas imágenes pueden ser analizadas en los centros de investigación y representan un material muy valioso. Los satélites con sensores remotos también han supuesto un gran avance en la exploración del medio marino, ya que permiten obtener datos globales del océano.

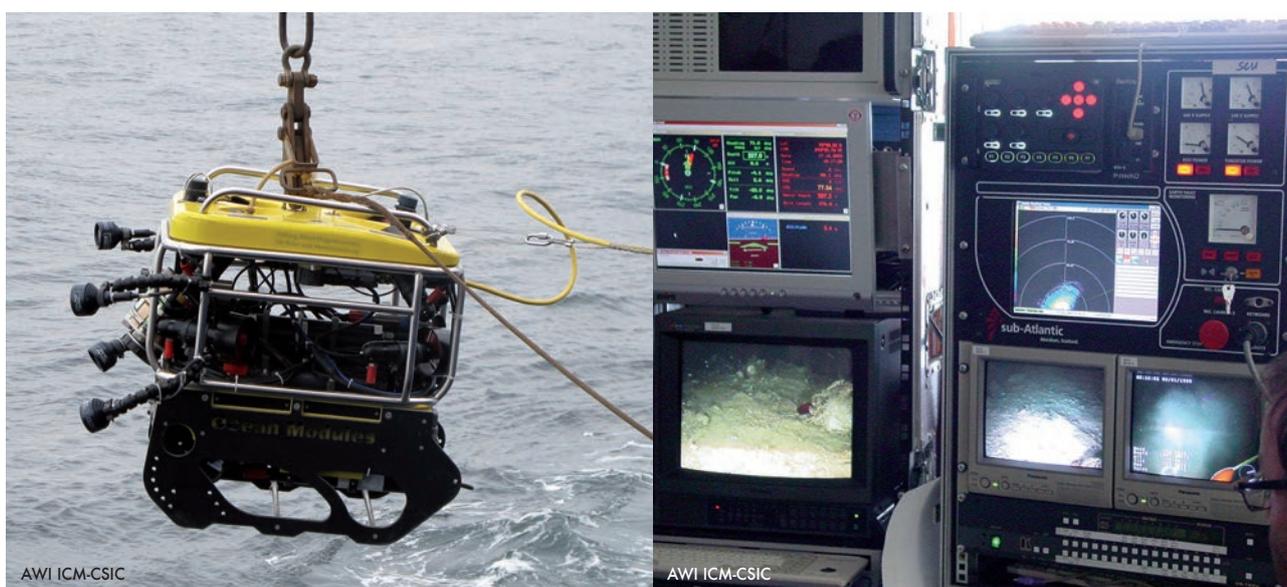
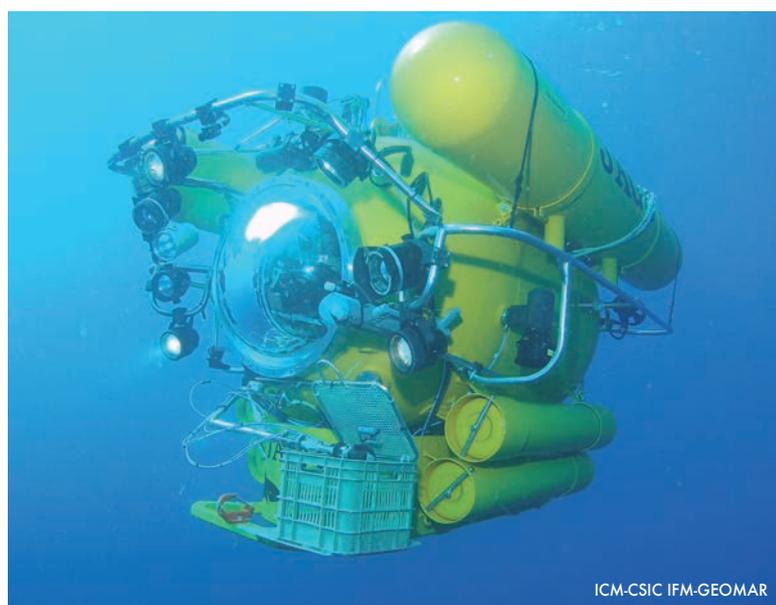


Fig. 8. (←) ROV (robot submarino monitorizado) dentro del agua. (→) Sala de un barco oceanográfico con monitores desde donde se controla un ROV.



El diseño de instrumentos de investigación científica se perfecciona cada día más, y los investigadores disponen de una variedad de aparatos que en poco tiempo han ido venciendo los retos que supone el medio marino, hecho inimaginable hasta hace muy pocos años.

Fig. 9. Sumergible JAGO, que permite llegar a mayores profundidades y está equipado tanto con cámaras de vídeo y de fotografía como con un brazo mecánico para la recogida de muestras.