

Tecnología para estudiar el mar

El mundo submarino siempre ha generado fascinación y curiosidad en el ser humano, que ha intentado explorarlo y conquistarlo desde los albores de la humanidad. Los primeros intentos de los humanos por aventurarse bajo las aguas se produjeron en tiempos prehistóricos, cuando se practicaba la inmersión a pulmón libre, aguantando la respiración bajo el agua (apnea), probablemente con la principal motivación de buscar alimento. Así, el ser humano ha intentado explorar el fondo marino por sí solo, metiéndose bajo el agua y desafiando un medio tan distinto como el medio marino para poder observar con sus propios ojos las profundidades marinas.

Pero desde entonces y especialmente desde las últimas décadas, los sucesivos avances tecnológicos y la mejora del instrumental oceanográfico han permitido dar grandes pasos hacia la exploración de los fondos marinos. Por ejemplo, el estudio y la determinación de la profundidad del fondo oceánico comenzaron muy temprano en la historia de la navegación. En 1870, durante la famosa expedición del buque británico *Challenger*, se llegó a medir de forma aproximada la profundidad de los océanos empleando una especie de sonda —un cable de 6 km con un peso en el extre-



Fig. 1. En este mapa se muestra el recorrido de la expedición del *Challenger*; la flecha roja señala la localización del abismo de Challenger, en un extremo de la fosa de las Marianas, descubierto en 1875 durante la expedición.

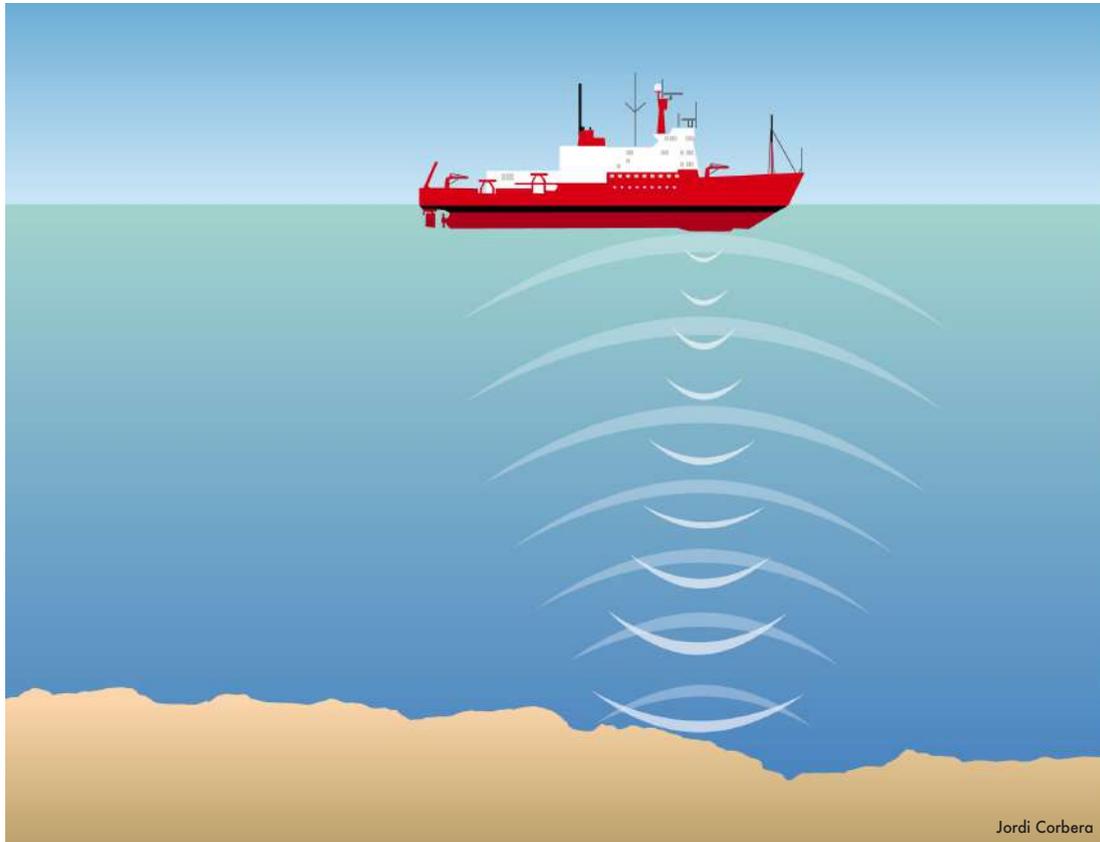
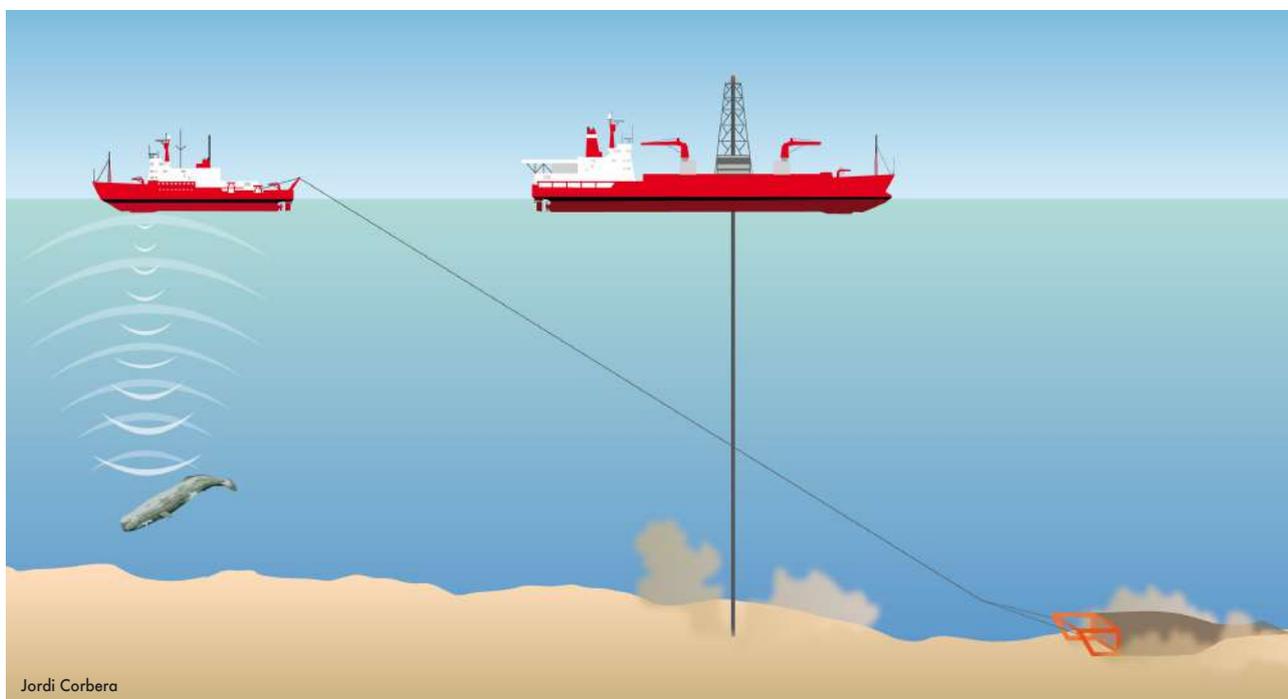


Fig. 2. El uso del sonar desde barcos permitió realizar una cartografía más exhaustiva del fondo marino; en la ilustración se muestra cómo el sonar emite ondas que rebotan en el fondo marino, y cuyo eco es recogido desde el barco (su análisis permite luego elaborar mapas topobatimétricos).

mo, que se arrió desde un barco hasta tocar el fondo—, y se demostró que había vida a 5000 m de profundidad. Pero la verdadera revolución en la exploración del fondo oceánico tuvo lugar en 1922, cuando se desarrolló el método de emisión de ondas sonoras y recepción de sus ecos, denominado *sonar*; el sonar emite un sonido y calcula la distancia al fondo marino a partir del tiempo que tarda el sonido en reflejarse en el fondo y volver a la superficie.

Otro método de explorar el fondo marino y las comunidades que en él viven es el *dragado*, que consiste en arrastrar sobre el fondo un rastrillo unido a una red, lo que permite obtener muestras de rocas y seres vivos. Asimismo barcos equipados con instrumentos de perforación han obtenido un buen número de muestras que permiten estudiar la estructura del fondo marino.

Sin embargo, aunque estos métodos han resultado útiles para el estudio del mar, son muy dañinos para el medio marino: los sondeos acústicos causan importantes daños en la fauna marina (se han observado varamientos de cetáceos después de prospecciones militares con sonares), pero, pese a ello, se siguen utilizando; y el dragado y la perforación del fondo provocan la destrucción de las zonas muestreadas, que pueden tardar años en recuperarse.



Jordi Corbera

Fig. 3. Los sondeos acústicos, la toma de muestras mediante redes de arrastre y las perforaciones del fondo marino permiten obtener información sobre el ecosistema marino —a la vez que pueden ser usadas por motivos militares o económicos—, aunque pueden afectar negativamente a los ecosistemas marinos.



Fig. 4. (←) Fondo marino afectado por el paso de una red de arrastre (en este caso, de un barco pesquero); las hendiduras en el fondo corresponden al agujero cavado por las pesadas piezas metálicas que permiten que la red se mantenga y se desplace por el fondo. Algunas redes de arrastre pueden ser muy grandes (→).



Fig. 5. (izq.) Los patines epibentónicos (\uparrow) y las redes como esta Agassiz (\downarrow) aún se usan para la recogida de muestras biológicas del fondo marino. (der.) Para tomar muestras de sedimento, existen distintos aparatos que se clavan en el mismo para extraer muestras; algunos permiten también estudiar la interfase entre el agua y el sedimento.

La invención de la escafandra autónoma por parte de Jacques Cousteau y Émile Gagnan en 1943 permitió desarrollar los equipos de buceo actuales, que constituyen una de las herramientas más significativas de las que dispone el ser humano en la actualidad para introducirse hasta ciertas profundidades de las aguas oceánicas. Estas escafandras solventan el problema de proveerse de aire bajo el agua, así como el de afrontar las altas presiones y las bajas temperaturas de las profundidades. De esta manera se puede estudiar el fondo marino mediante la observación directa y la realización de transectos para estudios medioambientales de conservación. Este método de realización de transectos consiste en delimitar un espacio concreto (ya sea una línea o un número determinado de cuadrantes de medida conocida) alrededor del cual se cuentan las especies que hay, y sirve para hacer estudios ecológicos de poblaciones y comunidades.



Fig. 6. El uso de la escafandra autónoma ha permitido el trabajo prolongado y a ciertas profundidades en las zonas litorales. En las fotografías, científicos realizan transectos para estudiar las comunidades bentónicas, e instalan aparatos que les permiten realizar experimentos y tomar medidas *in situ* en dichas comunidades.

Pero, dado que el submarinismo está limitado a profundidades de 50 m aproximadamente, debido al riesgo que supone para el cuerpo humano, que sufre los efectos de los cambios de presión y de la toxicidad de ciertos gases —como, por ejemplo, el nitrógeno contenido en las botellas de los buceadores, que resulta tóxico a cierta presión—, la exploración y el análisis de profundidades mayores mediante estos equipos queda limitada. El desarrollo de sumergibles ha supuesto una mejora importantísima en el campo de la exploración submarina, ya que no solamente permite el descenso a grandes profundidades durante periodos largos de tiempo, sino que, además, se ha conseguido minimizar los daños y perturbaciones causadas en el medio debido a la obtención de muestras.

Los primeros sumergibles fueron submarinos que se usaron, sobre todo, con fines militares, aunque más tarde, en la década de 1960, se empezaron a desarrollar vehículos para realizar trabajos de exploración científica y que permitieron revelar asombrosas vistas de las grandes profundidades oceánicas. Los sumergibles son vehículos subacuáticos tripulados, en los que los tripulantes quedan protegidos por un casco que resiste mejor las altas presiones de las profundidades, mantiene la atmósfera del interior del vehículo a la presión normal, y el aire es respirable, por lo que los tripulantes pueden permanecer largos periodos bajo el agua. Un ejemplo de esto es el batiscafo, un pequeño vehículo subacuático especialmente diseñado para resistir grandes presiones y destinado a explorar las profundidades marinas.

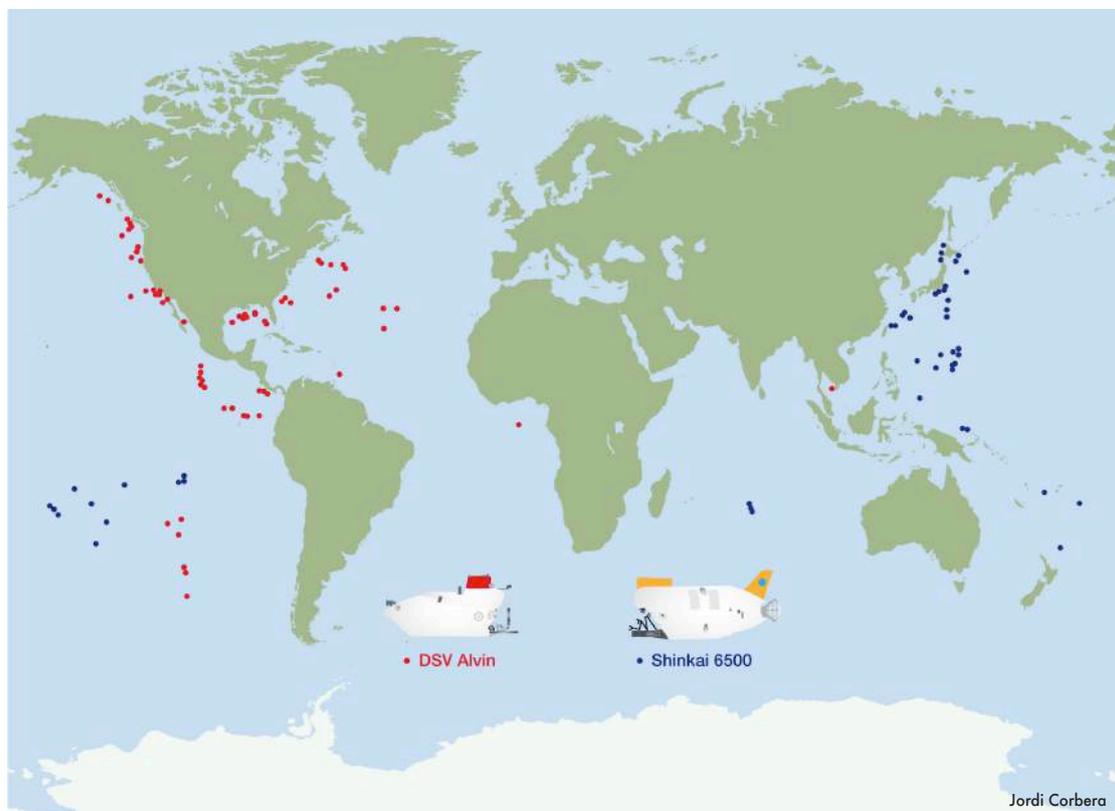


Fig. 7. En el mapa se muestran los puntos donde los sumergibles tripulados *Alvin* y *Shinkai 6500* realizaron sus inmersiones.



Fig. 8. El sumergible *JAGO* es usado actualmente en numerosos estudios sobre el fondo marino. En las imágenes se puede observar la secuencia desde que el sumergible está sobre el buque oceanográfico hasta que se encuentra dentro del agua; cuenta con un brazo mecánico para la toma de muestras puntuales.

Quizá el sumergible tripulado más famoso sea el *Alvin*, del Instituto Oceanográfico Woods Hole. Construido en 1962, realizó su primera expedición en 1964. Puede permanecer hasta 7 horas sumergido a una profundidad media de 2000 m y alcanzar una profundidad máxima de 4500 m. Ha permitido realizar importantes descubrimientos, como el avistamiento por primera vez, en 1979, de fuentes hidrotermales submarinas cerca de la dorsal del Pacífico oriental. Además, el *Alvin* está equipado con brazos mecánicos que pueden coger muestras de las grandes profundidades, que posteriormente son analizadas a bordo de un buque nodriza —el barco de apoyo del sumergible. Así como el *Alvin* está vinculado a un buque nodriza, en Japón se desarrolló en 1989 el *Shinkai 6500*, no vinculado a un buque nodriza, que alcanzó 6527 m de profundidad.

La tecnología ha permitido desarrollar sumergibles dirigidos por control remoto (denominados *ROV*, sigla inglesa de *remotely operated vehicle*) que pueden llevar a cabo tareas muy especializadas. Estos robots submarinos no están tripulados y están conectados mediante un cable largo a un barco que se encuentra en la superficie. El cable recibe informaciones a través de un mando a distancia y transmite los datos de las cámaras fotográficas, las cámaras de vídeo, los sensores y los sonares que hay dentro del robot al centro de control del barco de la superficie. En el 2006 se construyeron vehículos híbridos de control remoto (denominados *HROV*, sigla inglesa de *hybrid remotely operated vehicle*), diseñados para operar en las zonas más profundas del fondo marino y capaces de maniobrar libres o vinculados a un buque nodriza con brazos mecánicos para poder recoger muestras.

Las cámaras y equipos de vídeo permiten tomar imágenes de los fondos marinos, que luego pueden ser analizadas en el laboratorio. El estudio del fondo marino con métodos audiovisuales constituye un material excelente que permite obtener conocimiento mediante técnicas no destructivas, con lo cual se fomenta la conservación del medio marino.

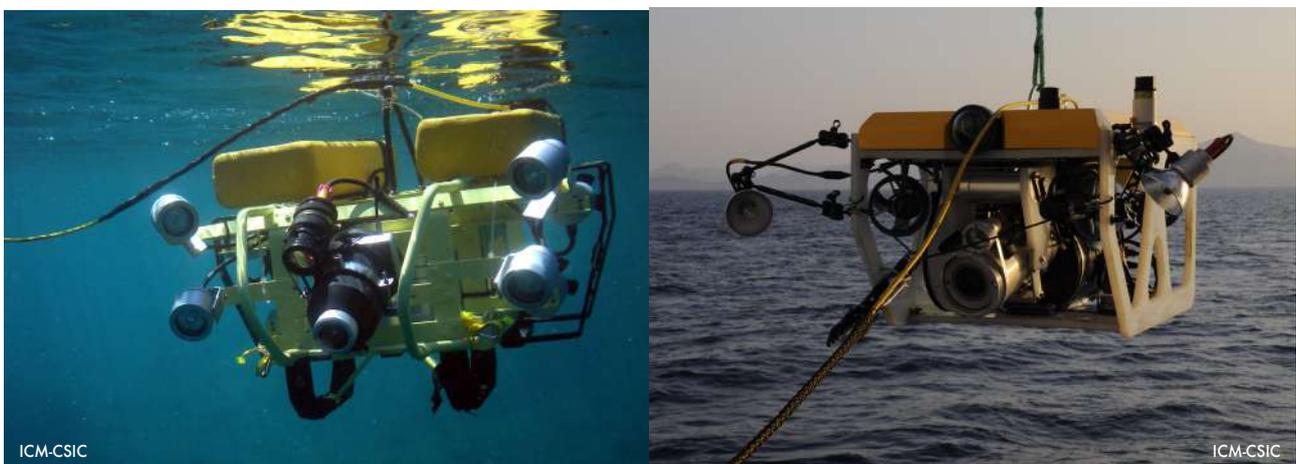


Fig. 9. Fotografías de dos ROV usados por investigadores del ICM-CSIC en el mar Mediterráneo.

Algunos aparatos acústicos, como los hidrófonos, permiten grabar sonidos bajo el agua, como, por ejemplo, los emitidos por algunos mamíferos marinos, que favorecen una mejor comprensión del comportamiento de algunas especies. Existen también sensores que permiten determinar las características físicas del agua y las corrientes marinas.

Fig. 10. Este ROV se utiliza para explorar los fondos antárticos, en este caso a bordo del buque oceanográfico alemán *Polarstern*, desde donde se controla y se manipula

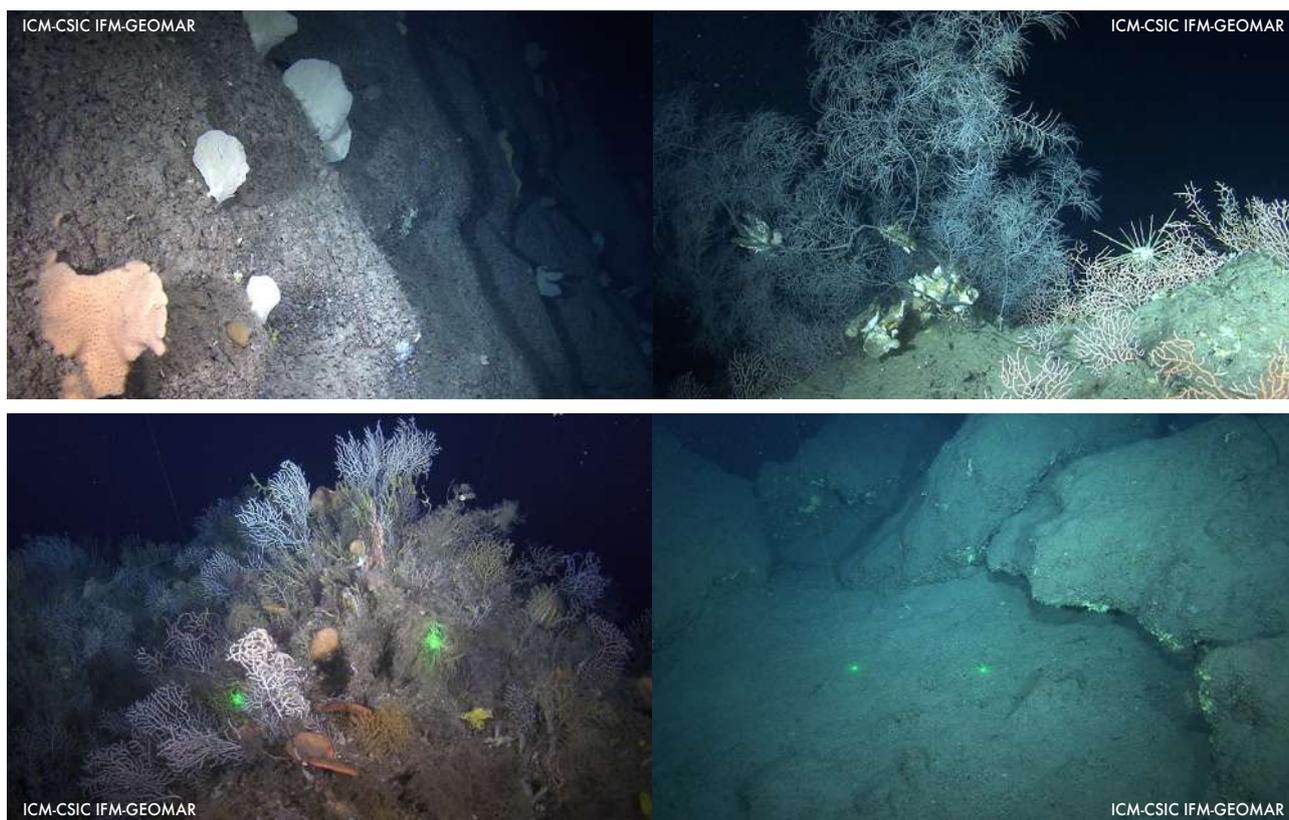
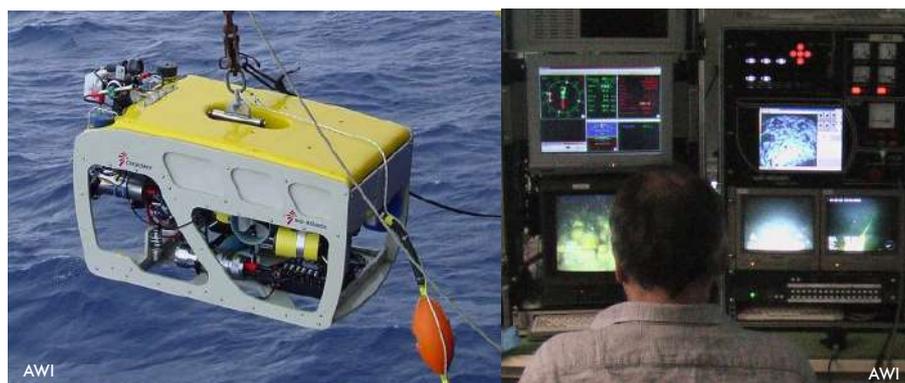


Fig. 11. (↑) Los vehículos submarinos permiten explorar y estudiar zonas de la plataforma distal y el talud continental, así como zonas todavía más profundas del océano. (↓) Habitualmente se realizan transectos del fondo marino, tanto en zonas con comunidades abundantes (izq.) como en fondos menos ricos (der.), en los que se puede estudiar, por ejemplo, la abundancia de organismos y sus patrones de distribución. Los láseres que emite el vehículo submarino permiten posteriormente tomar medidas y realizar cálculos a partir de los registros audiovisuales de los transectos.

Pero los océanos son demasiado grandes para ser explorados solo desde los barcos o sumergiéndose bajo el agua, ya sea buceando o con sumergibles. La llegada de los satélites con sensores remotos en la década de 1960 supuso una revolución en el mundo de la oceanografía. Los satélites permiten tomar imágenes completas de los océanos, además de detectar huracanes y tsunamis –con la ayuda de boyas de altamar automatizadas con sensores de presión del fondo marino– y el patrón global de vientos oceánicos, registrar rasgos físicos y químicos de la superficie del océano y de la atmósfera (la concentración de clorofila, la temperatura de la superficie marina o la cubierta de nubes) y la cobertura de hielo marino. Son, por tanto, muy útiles para la previsión meteorológica, la pesca comercial, las prospecciones petrolíferas, las rutas de navegación y multitud de estudios científicos.

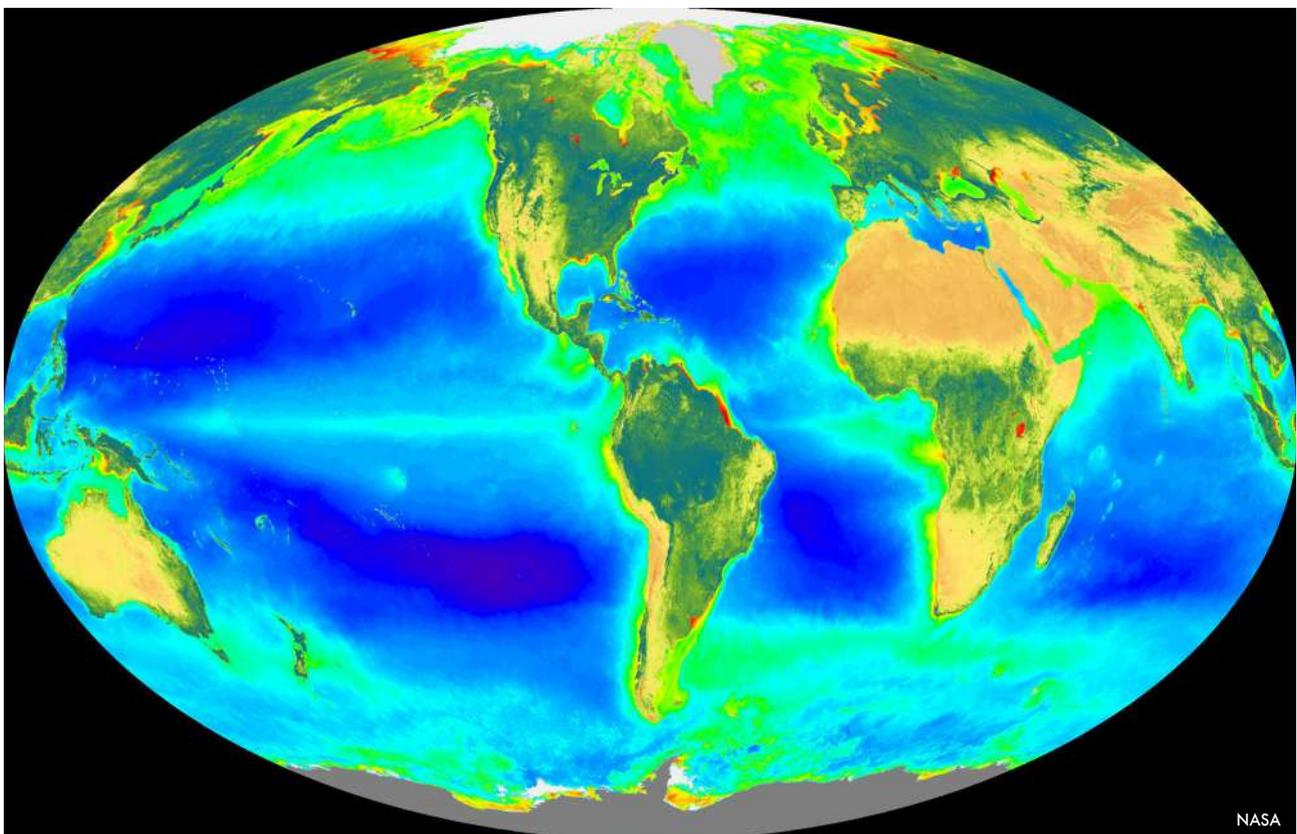


Fig. 12. Los satélites permiten tener imágenes globales de la superficie de los océanos, lo que proporciona distintos datos de interés, por ejemplo, de la concentración de clorofila en aguas superficiales.

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 pocos años. Con un buen uso de toda esta tecnología, avanzar en el conocimiento de las profundidades abisales, aún repletas de misterios, es posible. El mayor conocimiento de los océanos permitirá, además, emprender acciones para mejorar la conservación de sus recursos.

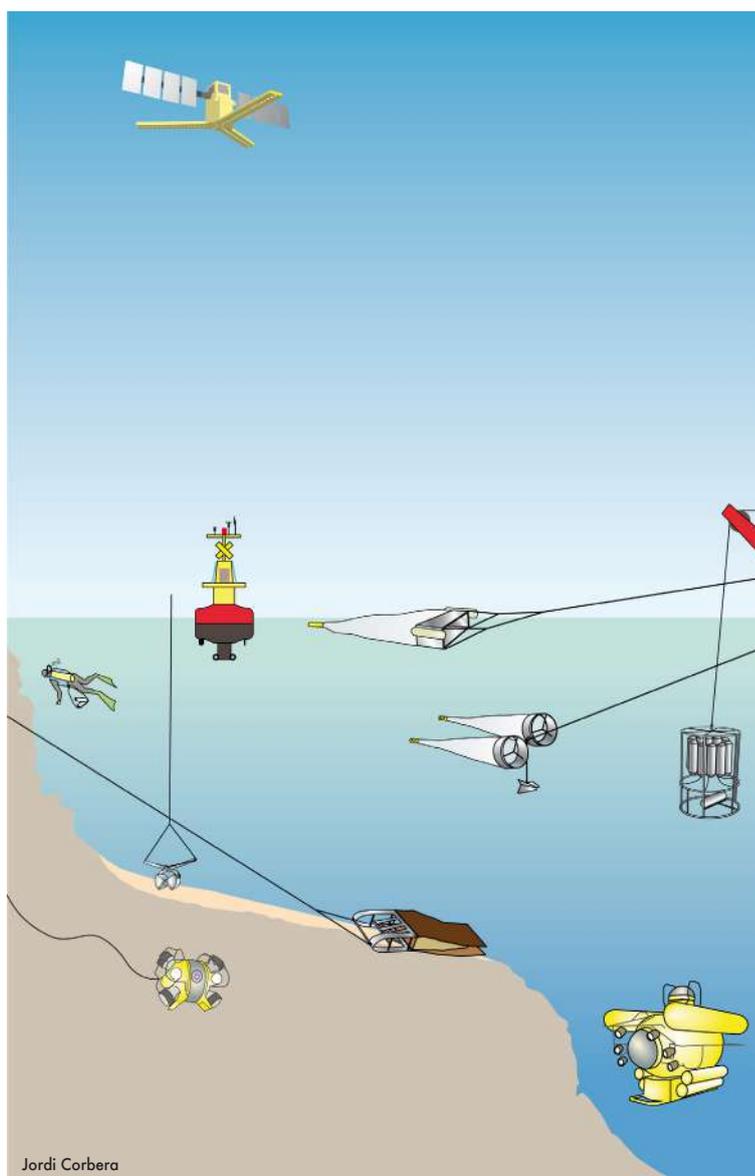


Fig. 13. La tecnología y sus avances permiten una mejor exploración de los océanos. En el esquema, se observa un satélite, un escafandrista, dragas para obtener muestras del fondo marino, redes pelágicas y aparatos para recoger agua y datos oceanográficos, así como un ROV y un sumergible tripulado.