

## Oceanografía

La oceanografía es la ciencia que estudia los mares y océanos. Abarca multitud de diferentes aspectos de estos: las corrientes marinas, las mareas, las olas y otros movimientos del agua; los organismos marinos y los hábitats donde viven; la tectónica de placas y aspectos y procesos geológicos del fondo marino; la ecología marina y la química, tanto del agua de mar como de los intercambios entre el agua y la atmósfera o la litosfera, entre otros. Vemos, por tanto, cómo la oceanografía se combina con disciplinas tan variadas como la química, la física (y, dentro de esta, la meteorología), la geología y la biología, con el fin de tener un conocimiento global del océano y entender mejor los procesos que en él ocurren.

La palabra *oceanografía* viene del griego *Ωκεανός*, <océano>, y *γράφω*, <describir>, y en realidad fue usada por primera vez en francés (*oceanographie*) en el año 1584. Se podría decir, pues, que la oceanografía como ciencia es relativamente joven, aunque el estudio de los océanos ha estado siempre muy ligado a la historia de la humanidad: artistas, filósofos, comerciantes, aventureros, exploradores, así como los pueblos que siempre han vivido a orillas del mar han tenido relaciones muy diversas con el océano. Hace ya miles de años, los primeros filósofos y naturalistas, como Aristóteles, comenzaron a buscar un sentido a aquellas inmensas masas de agua que se observaban desde una Tierra que consideraban plana. Los primeros veleros fueron construidos hacia el 4000 a. de C. por los antiguos egipcios, que querían explorar el Mediterráneo. No fue hasta muchos años después, hacia el 600 a. de C., que las primeras verdaderas rutas marítimas fueron establecidas por los antiguos fenicios, quienes buscaban materias primas para su uso y comercio.



JM Gili (ICM-CSIC)

**Fig. 1.** La contemplación del mar ha fascinado a la humanidad desde tiempos muy antiguos, y la ha llevado a hacerse preguntas sobre el mundo y aventurarse hacia lo desconocido en la búsqueda de respuestas.

### Grandes expediciones oceanográficas

A través de la historia, la humanidad siempre ha sentido fascinación por el mar. Esta curiosidad la ha impulsado a surcar los mares y océanos desde épocas remotas y a llevar a cabo grandes expediciones para estudiarlos. En un principio, el mar no era más que un medio para conquistar nuevas tierras, para establecer nuevas rutas marítimas que favorezcan el comercio y la obtención de riquezas, así como de recursos diversos. Pero fue, sobre todo, a partir de mediados del siglo XIX cuando las expediciones adquirieron un mayor carácter científico, en detrimento del afán de conquista motivado por las rivalidades y ambiciones de las grandes potencias.

Entre 1768 y 1780, el capitán James Cook lideró tres importantes expediciones por el océano Pacífico, en las que recopiló gran parte de los datos oceanográficos existentes hasta el momento; una de las más famosas fue a bordo del HMS *Endeavour*, con el que logró cartografiar el Pacífico sur y documentar nuevas especies. Sin duda, esto despertó el interés por un mayor conocimiento científico del océano y motivó otras grandes expediciones. Una de las primeras expediciones que permitió estudiar la vida en los océanos —aunque no era este su principal objetivo—, y que más tarde marcaría la historia, comenzó en 1831, cuando Charles Darwin zarpó a bordo del HMS *Beagle* —una embarcación de la Marina Real Británica—. El viaje en el *Beagle* permitió a Darwin realizar observaciones y recoger muestras que posteriormente fueron clave para establecer su teoría de la evolución basada en la selección natural. El nacimiento de la oceanografía moderna se establece con la expedición Challenger, ya que fue la primera organizada específicamente para recoger datos sobre algunos aspectos del medio marino, que incluían la temperatura oceánica, la química del agua, la geología de los fondos, las corrientes y la vida marina. El HMS *Challenger*, un antiguo buque de guerra británico, tenía a bordo sus propios laboratorios y microscopios, así como un equipo de seis científicos, entre una tripulación total de 243 personas. La expedición duró casi cuatro años (de 1872 a 1876) y recorrió todos los océanos lanzando redes y otros aparejos para realizar distintos muestreos, por ejemplo, sondeos de profundidad. Entre los diferentes hallazgos, el más importante fue el descubrimiento del lugar más profundo del océano: la fosa de las Marianas (también conocida como «fosa Challenger», por el nombre de la expedición que la descubrió).

Aunque la Antártida ya había sido objeto de estudio de numerosos exploradores, como sir James Clark Ross en 1840, quien daría nombre a uno de los mares y a una de las plataformas de hielo antárticas, una de las expediciones oficiales más recientes fue la expedición Discovery, llevada a cabo en 1901, de nuevo, por los británicos. Su objetivo principal era realizar exploraciones científicas y geográficas, y en ella destaca la participación de importantes exploradores, como Robert Falcon Scott (líder de la expedición) y Ernest Shackleton.

Otra expedición importante fue la expedición Fram al océano Ártico entre 1893 y 1895, que hizo famoso al científico Fridtjof Nansen. Fue la primera expedición que consiguió cruzar el océano Ártico sin quedar atrapada en el hielo. Nansen dejó el barco a la deriva hacia el norte, y con ello probó la existencia de una corriente superficial en el océano Ártico (la corriente Transpolar).

A partir del siglo xx, el desarrollo de nuevos y novedosos instrumentos de medida permitió realizar estudios más precisos del océano. Gracias al desarrollo de la ecosonda, por ejemplo, la épica expedición alemana a bordo del buque *Meteor*, en 1925, pudo realizar el primer estudio hidrográfico de un océano (el Atlántico sur), y confirmó mediante sónar la presencia de la dorsal medio-oceánica atlántica y su extensión hacia el océano Índico.

Lo que se conoce hoy en día sobre el océano es, en parte, gracias a los descubrimientos de estas expediciones pasadas, que permitieron entenderlo un poco mejor. Todo el material obtenido durante estas expediciones también llevó a la creación de varios centros de investigación para su análisis en distintas partes del mundo. Gracias a ello, las investigaciones oceanográficas se han intensificado y hoy en día los barcos oceanográficos están equipados con nuevos instrumentos, que se perfeccionan cada día más y que permiten obtener un mejor conocimiento del medio marino. Pero aún queda mucho por hacer: la mayor parte de la superficie de los fondos oceánicos aún está inexplorada, el inventario de la biodiversidad marina está lejos de acabarse y el papel que juega el océano en el desarrollo del clima global será aún, por mucho tiempo, un tema de estudio. La oceanografía moderna no llegó a tener un gran desarrollo hasta el año 1941, durante la segunda guerra mundial, cuando los países involucrados se vieron con la necesidad de aprender más sobre los océanos con el fin de aumentar su poder en el ámbito militar, especialmente en el submarino.

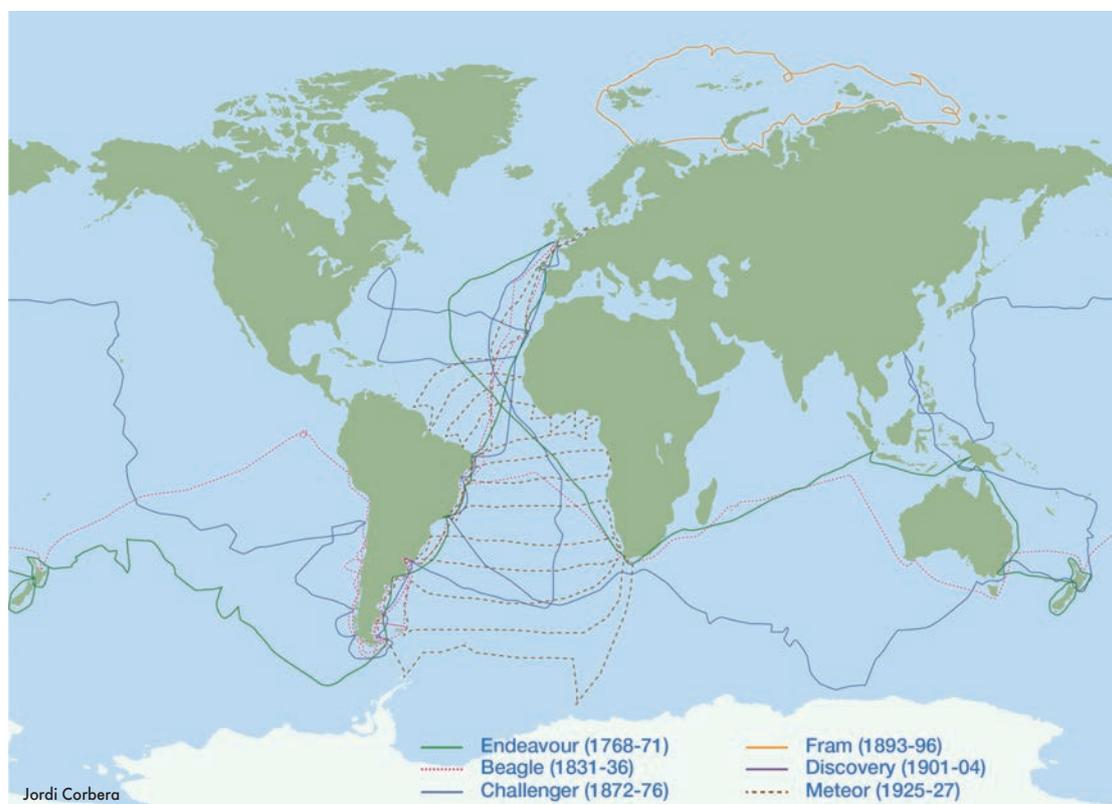


Fig. 2. Recorridos de algunas de las grandes expediciones históricas por el océano.

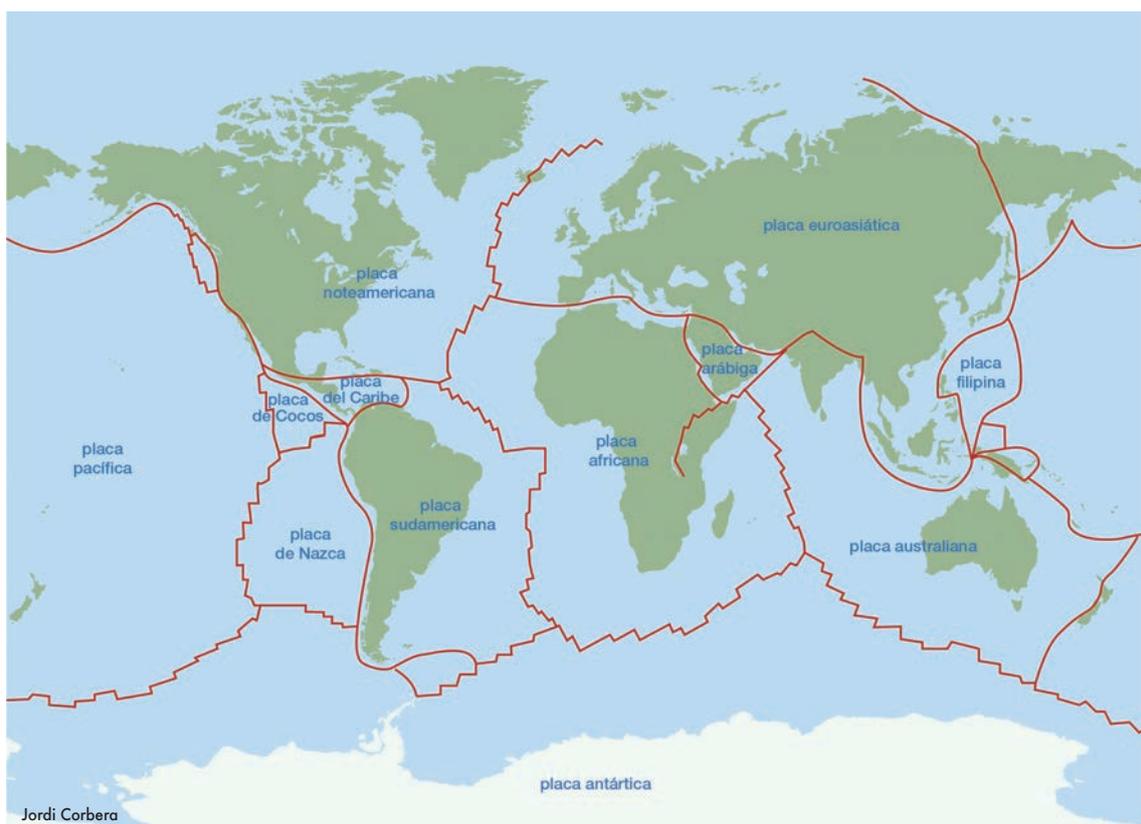
A comienzos del siglo xx, en distintos países, nacieron las primeras instituciones dedicadas a los estudios oceanográficos: la Institución de Oceanografía Scripps y la Institución Oceanográfica Woods Hole, en Estados Unidos; el Observatorio Oceanológico de Villefranche-sur-Mer, en Francia; el Laboratorio Marino de Plymouth, de la Asociación de Biología Marina del Reino Unido, en Inglaterra; y la Estación Zoológica Anthon Dhorn, en Italia. Alrededor de estos centros de investigación oceanográfica, que disponen de las mayores bibliotecas y del patrimonio proveniente del conocimiento de los océanos hasta la actualidad, se ha desarrollado gran parte de la investigación marina. A mediados del siglo xx empezaron a crearse otras estaciones e institutos de investigación en las zonas costeras de prácticamente todos los países.



## Grandes hitos y descubrimientos oceanográficos

Algunos grandes descubrimientos oceanográficos han revolucionado la historia de la ciencia. Muchos de estos descubrimientos tuvieron lugar durante las grandes expediciones históricas anteriormente mencionadas, como, por ejemplo, el descubrimiento de la fosa de las Marianas, a bordo del buque HMS *Challenger*, en 1872.

Algunas personalidades también han postulado teorías que han contribuido al desarrollo de la ciencia. Hace menos de cien años, Alfred Wegener, un científico alemán, hizo importantes descubrimientos que revolucionaron la historia de la oceanografía. Wegener observó la presencia de rocas y fósiles de plantas y animales idénticos en los lados opuestos del océano Atlántico; además, se dio cuenta de que el contorno de América del Sur encajaba casi perfectamente con el de África. Estas evidencias lo llevaron a pensar que los continentes habían estado unidos alguna vez en una gran masa continental, que en algún momento se fragmentó. Así, en 1915, Wegener propuso la teoría de la deriva continental. Como la mayoría de las teorías revolucionarias, sus ideas no fueron aceptadas; años más tarde y gracias a los avances tecnológicos de exploración del fondo del mar, un grupo de científicos encontró evidencias de la expansión del fondo marino, lo que proporcionó un mecanismo para explicar la teoría de Wegener y sirvió de base para que, en 1965, el geofísico John Tuzo Wilson combinara la teoría de la deriva continental con la de la expansión del fondo oceánico y propusiera la teoría de la tectónica global.



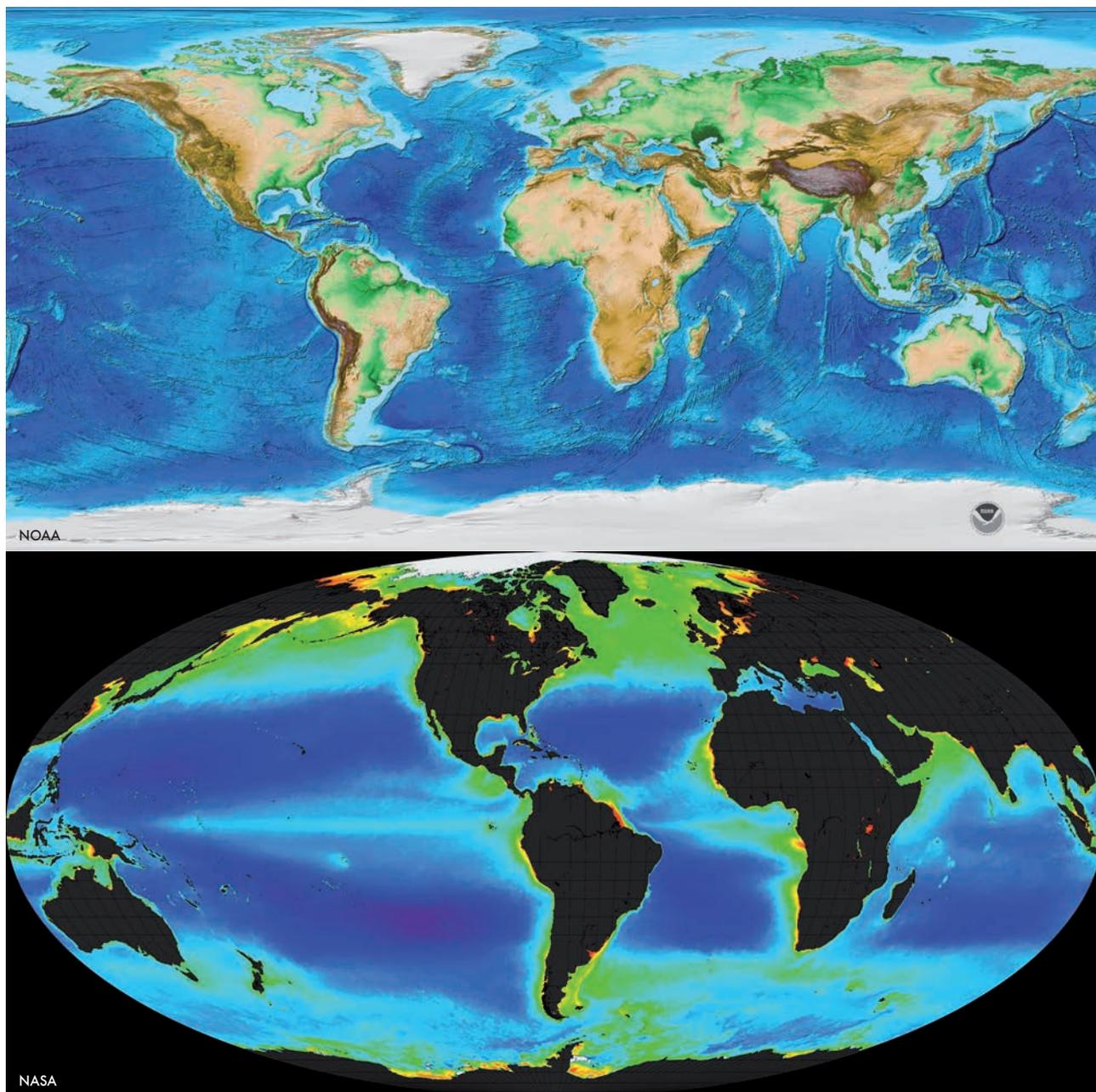
**Fig. 4.** Los estudios que recogieron evidencias de la expansión del fondo del mar ayudaron a completar la teoría de la deriva continental de Alfred Wegener y a formular la teoría de la tectónica global. En el mapa pueden verse las actuales placas litosféricas.

El desarrollo de sumergibles ha supuesto una importante mejora en la exploración del medio marino. Los primeros sumergibles fueron los submarinos que se usaron, sobre todo, con fines militares. En 1931 el *Nautilus*, un submarino de la Armada estadounidense, fue el primer submarino que cruzó el océano Ártico bajo la capa de hielo marino, desde el mar de Beaufort hasta el mar de Groenlandia; este hecho demostró definitivamente que no existen masas de tierra en el océano Ártico. En la década de 1960 se empezaron a desarrollar vehículos para realizar tareas de exploración científica. En 1960 los científicos Piccard y Walsh se sumergieron en el batiscafo *Trieste* y, tras cinco horas de descenso, alcanzaron los 10 911 metros de profundidad. Así lograron un récord de profundidad que todavía no ha sido superado. Para reemplazar a los batiscafos y otros sumergibles que eran difíciles de manipular, nació el sumergible tripulado *Alvin*, construido en 1962. Fue a bordo de este sumergible que, en 1977, se descubrieron las primeras chimeneas hidrotermales y las particulares comunidades biológicas que viven a su alrededor, cerca de la dorsal de las islas Galápagos, a 2500 metros de profundidad.

A raíz del desastre del *Titanic*, en 1912, empezó el desarrollo de técnicas que usaran la transmisión del sonido bajo el agua para detectar objetos en el mar. Más tarde, durante la primera guerra mundial, la necesidad de detectar los submarinos bajo el agua impulsó aún más estas investigaciones por parte de los militares, las cuales permitieron el desarrollo de una potente técnica: el sónar. Para los oceanógrafos, el sónar supuso un sistema más fácil y preciso de medir las profundidades oceánicas. Con él, los científicos usan la propagación del sonido bajo el agua para medir la distancia entre la superficie y el fondo marino. Actualmente, los cascos de los barcos están equipados con aparatos, llamados *transductores*, que emiten y reciben las ondas de sonido. La investigación militar ha desarrollado otros instrumentos que han resultado ser muy útiles para el estudio del océano, como el magnetómetro, que sirve para medir los campos magnéticos. Los militares lo usan para detectar los cascos de los submarinos; los oceanógrafos, en cambio, para conocer las propiedades magnéticas de las rocas del fondo marino, cuyo estudio también ha permitido la constatación de la expansión del fondo oceánico.

Pero no solo las grandes expediciones han hecho grandes descubrimientos, ni la investigación militar ha contribuido indirectamente al avance del conocimiento científico: un barco de pesca local fue el que capturó, en 1938 y a 60 metros de profundidad, el primer ejemplar vivo de celacanto —un pez que se consideraba extinguido desde hacía 65 millones de años—, en las costas del sur de África; se considera que este pez primitivo es el antecesor de los vertebrados terrestres.

El desarrollo de satélites con sensores remotos (en la década de 1960) ha representado un enorme avance: los satélites permiten tomar imágenes completas de los océanos; detectar huracanes y tsunamis —gracias a boyas situadas en altamar, automatizadas con sensores de presión del fondo marino— y describir el patrón global de vientos oceánicos; así como registrar rasgos físicos de la superficie del océano y de la atmósfera (concentración de clorofila, temperatura de la superficie marina o cubierta de nubes) y la cobertura de hielo marino y hielo continental. Los satélites



**Fig. 5.** La tecnología ha permitido conocer tanto (↑) la topografía del fondo marino (gracias a los estudios realizados con ecosondas) como (↓) tener imágenes completas de parámetros como la clorofila en la superficie de los océanos (gracias a los datos proporcionados por satélites)..

son, por tanto, muy útiles para la previsión meteorológica, la pesca comercial, las prospecciones petrolíferas, las rutas de navegación y multitud de estudios científicos.

Uno de los mayores retos que tiene la exploración en la actualidad es el conocimiento de la biodiversidad que los habita. Sabemos que actualmente existen unas 275 000 especies de organis-

mos marinos, y el inventario sigue aumentando a un ritmo de unas 1600 especies nuevas anuales. Los ejemplos de identificaciones recientes son muy diversos, desde la *Ostreococcus tauri* de 1- $\mu\text{m}$  de largo, la eucariota más pequeña conocida, hasta el rorcual *Balaenoptera omurai* de 12 m, descubierto en el 2003. Estos avances en el mejor conocimiento de la biodiversidad marina se han podido alcanzar gracias al desarrollo tecnológico, que ha permitido desde acceder a zonas de los

océanos que permanecían inexploradas hasta descubrir los organismos más pequeños del planeta mediante el uso de sofisticadas técnicas moleculares. La mayoría de las especies son pequeñas y raras, y su presencia en un lugar y tiempo concretos es impredecible. Muchas especies de las que se van descubriendo son comensales o parásitas. Desde la primera clasificación de la vida elaborada por Linneo en 1758 y recopilada en la obra *Systema naturae*, los descubrimientos de la fauna y flora marina han crecido de manera exponencial, aunque han pasado por épocas de estancamiento debido a la falta de especialistas o de avances tecnológicos.

Gracias al trabajo de muchos personajes y científicos, algunos misterios del océano han sido descubiertos. Sin embargo, y teniendo en cuenta que se calcula que solo conocemos un 10 % del océano, esta tarea acaba de empezar y todavía queda mucho por descubrir.

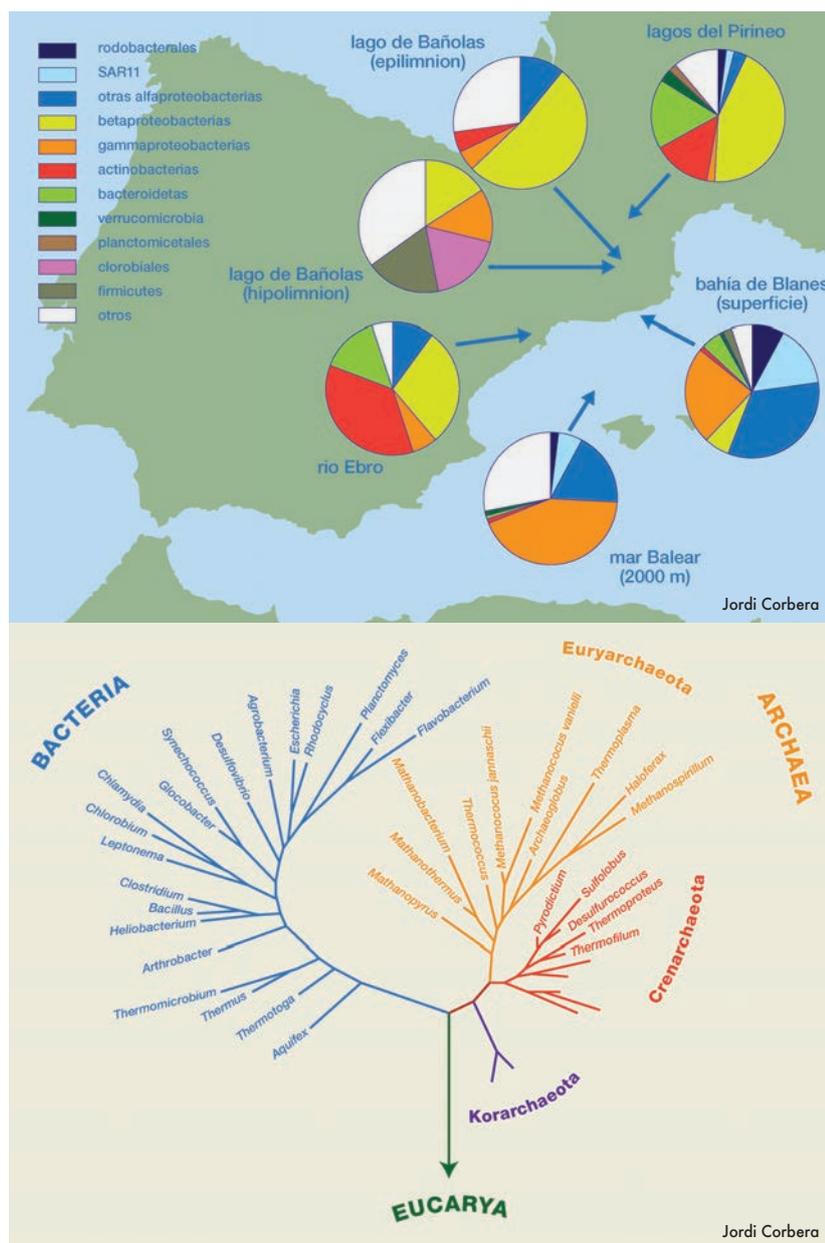


Fig. 6. Las nuevas técnicas moleculares han permitido (↑) conocer más detalladamente la gran biodiversidad de la vida microscópica tanto en aguas marinas como continentales, y (↓) hacer nuevas propuestas sobre el árbol de la vida.

### Grandes personajes de la historia de la oceanografía

Distintos personajes han tenido un papel clave en la historia de la oceanografía. Seguidamente presentamos a algunos de ellos:

- **Séneca el Joven** (4 a. de C.-65 d. de C.). Se preguntó por qué el nivel del mar permanece siempre estable a pesar del aporte de agua por los ríos y la lluvia. Con ello, propuso una primera versión del ciclo hidrológico para explicar los mecanismos de retorno del agua.
- **Benjamin Franklin** (1706-1790). Llevó a cabo uno de los primeros estudios de una corriente oceánica y publicó un mapa sobre la corriente del Golfo.
- **James Cook** (1728-1779). Realizó varias expediciones oceánicas, a lo largo de las cuales recogió información oceanográfica importante, como, por ejemplo, un mapa detallado del Pacífico sur, a bordo del *Endeavour*.
- **Alexandre Marcet** (1770-1822). En 1819 descubrió que los iones principales del agua de mar (como sodio, cloruro y magnesio) están presentes en las mismas proporciones en todos los océanos del mundo.
- **Matthew Maury** (1806-1873). Considerado el padre de la oceanografía, demostró que los barcos podían usar las corrientes y los vientos para navegar más deprisa. En 1855 publicó el primer texto mundial sobre oceanografía.
- **Charles Darwin** (1809-1882). Postuló su revolucionaria teoría de la evolución en *El origen de las especies* (1859). Llevó a cabo importantes estudios sobre los corales y los cirrípedos.
- **Fridjof Nansen** (1861-1930). Realizó una importante expedición al Ártico entre 1893 y 1895, en un buque de madera llamado *Fram*; alcanzó, a pie, el récord de latitud de la época. Al dejar el buque a la deriva, demostró la existencia de una corriente superficial en el Ártico (la corriente Transpolar).
- **Vagn Ekman** (1874-1954). Expuso varias teorías para explicar la dinámica de las corrientes oceánicas, e inventó varios instrumentos oceanográficos útiles.
- **William Beebe** (1877-1962). Fue el primer científico en descender a las profundidades abisales dentro de una batisfera; fue el primero que observó en persona la vida de las grandes profundidades.
- **Alfred Wegener** (1880-1930). Presentó en 1915 la teoría de la deriva continental, que fue desechada hasta que el descubrimiento de la expansión del fondo oceánico la confirmó.

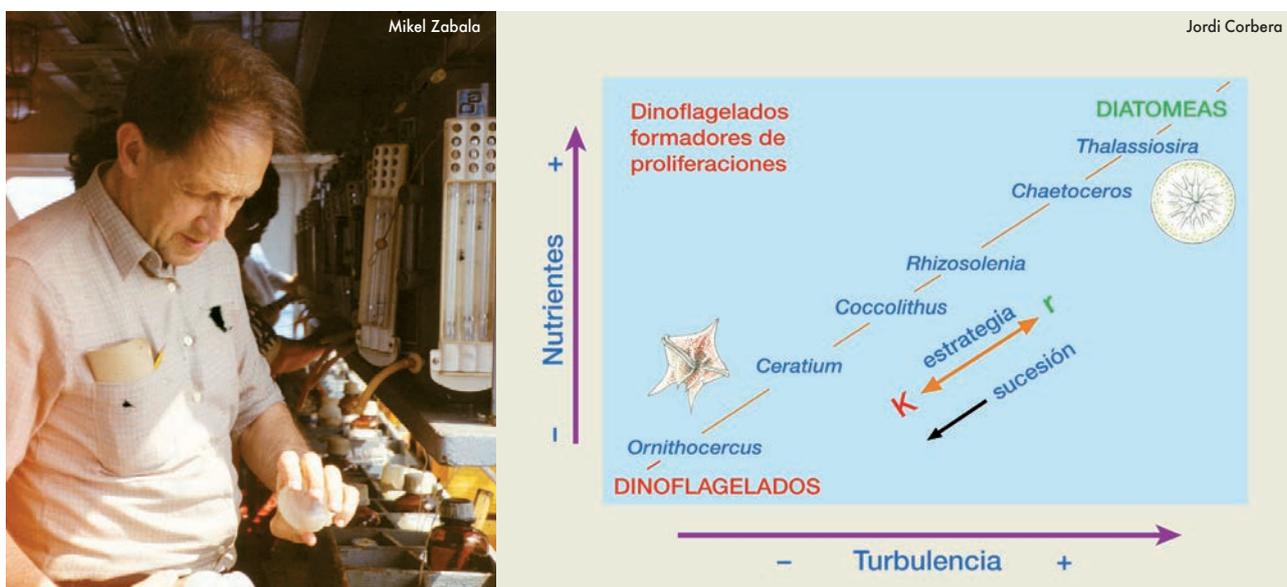
- **Irving Langmuir (1881-1957)**. Fue un físico y químico conocido por sus investigaciones sobre la química de superficie; las células de circulación de Langmuir (pequeños vórtices en la superficie del océano, que se forman cuando el viento sopla de manera constante sobre la superficie) llevan su nombre, pues este científico la descubrió mientras observaba filas de macroalgas en el mar de los Sargazos.
- **Alexander Ivánovich Oparin (1894-1980)**. En 1924 teorizó sobre el origen marino de la vida, sugiriendo que las sustancias simples del mar primitivo generaron, usando la luz solar, compuestos orgánicos más complejos y evolucionaron en células vivas.



**Fig. 7.** Numerosos accidentes geográficos o cuerpos oceanográficos reciben el nombre de personas (exploradores y científicos, sobre todo) que han tenido algo que ver con el océano. Aquí tenéis algunos ejemplos.

- **Jacques-Yves Cousteau (1910-1997)**. Fue el coinventor de los reguladores utilizados todavía actualmente en el buceo autónomo, sin cables ni suministro de aire desde la superficie. Asimismo, el primero en popularizar las películas submarinas, que lo convirtieron en el más célebre divulgador del mundo submarino y uno de los primeros en promulgar y defender su conservación.

- **Walter Munk (1917-)**. Fue pionero en utilizar las ondas de sonido en oceanografía. Demostró que, estudiando la propagación del sonido bajo el agua, se puede obtener información sobre la estructura de las cuencas oceánicas.
- **Ramon Margalef (1919-2004)**. Limnólogo, oceanógrafo y ecólogo catalán que refundó la ecología como disciplina en España y dedicó buena parte de sus estudios científicos a los mares y océanos, creando una escuela que aún perdura.
- **Jacques Piccard (1922-2008)**. Inventó varios vehículos subacuáticos para estudiar las corrientes oceánicas. Fue uno de los primeros en bajar a la mayor profundidad oceánica en compañía de Walsh, a la fosa de las Marianas, en el batiscafo *Trieste*.
- **Sylvia Earle (1935-)**. Registró un récord por la inmersión más profunda sin cable de sujeción.
- **Robert Ballard (1942-)**. Descubrió los restos hundidos del *Titanic*, así como las primeras fuentes hidrotermales con el sumergible *Alvin*.
- **Daniel Pauly (1946-)**. Biólogo marino mundialmente conocido por sus estudios sobre el impacto humano en las pesquerías globales.



**Fig. 8.** Algunos de los estudios realizados por Ramon Margalef (←) sobre ecología marina lo llevaron a proponer el «mandala de Margalef», que relaciona la aparición de determinados grupos de organismos del fitoplancton según las condiciones de turbulencia y de concentración de nutrientes del agua.