

Oceanografia

L'oceanografia es la ciència que estudia els mars i els oceans. N'engloba molts aspectes diferents: els corrents marins, les marees, les onades i altres moviments de l'aigua, els organismes marins i els hàbitats on viuen, la tectònica de plaques i aspectes i processos geològics del fons marí, l'ecologia marina i la química tant de l'aigua de mar com dels intercanvis entre l'aigua i l'atmosfera o la litosfera, entre d'altres. Veiem, doncs, que l'oceanografia es combina amb disciplines tan variades com la química, la física (i la meteorologia, dins d'aquesta), la geologia i la biologia per tal d'obtenir un coneixement global de l'oceà i entendre millor els processos que hi ocorren.

La paraula *oceanografia* ve del grec Οκεανός , 'oceà', i γράφω , 'descriure', i en realitat fou emprada per primera vegada en francès (*oceanographie*) l'any 1584. Es podria dir, doncs, que l'oceanografia com a ciència és relativament jove, tot i que l'estudi dels oceans ha estat sempre molt lligat a la història de la humanitat: artistes, filòsofs, comerciants, aventurers i exploradors, així com els pobles que sempre han viscut vora el mar, han tingut relacions molt diverses amb l'oceà. Ja fa milers d'anys, els primers filòsofs i naturalistes, com Aristòtil, començaren a buscar un sentit a aquelles immenses masses d'aigua que s'observaven des d'una Terra que consideraven plana. Els primers velers van ser construïts al voltant del 4000 a. de C. pels antics egipcis, que volien explorar el Mediterrani. No va ser fins molts anys després, cap al 600 a. de C., que les primeres veritables rutes marítimes van ser ben establertes pels antics fenicis, que cercaven matèries primeres per al seu ús i comerç.



JM Gili (ICM-CSIC)

Fig. 1. La contemplació del mar ha fascinat la humanitat des de temps molt antics, i l'ha dut a fer-se preguntes sobre el món i a aventurar-se cap a allò desconegut en la cerca de respostes.

Grans expedicions oceanogràfiques

A través de la història, la humanitat sempre ha sentit fascinació pel mar. Aquesta curiositat l'ha impulsat a solcar mars i oceans des d'èpoques remotes i a dur a terme grans expedicions per tal d'estudiar-los. Al principi, el mar no era més que un mitjà per conquerir noves terres, per establir noves rutes marítimes que afavoreixin el comerç i l'obtenció de riqueses, així com de recursos diversos. Però fou, sobretot, a partir de mitjan segle XIX quan les expedicions van adquirir un caràcter més científic, en detriment de la voluntat de conquesta motivada per les rivalitats i ambicions de les grans potències.

Entre el 1768 i el 1780, el capità James Cook va liderar tres importants expedicions per l'oceà Pacífic, en les quals va recopilar gran part de les dades oceanogràfiques existents fins al moment; una de les més famoses fou a bord de l'HMS *Endeavour*, amb el qual va aconseguir cartografiar el Pacífic sud i documentar diverses noves espècies d'organismes. Això va despertar l'interès per un major coneixement científic de l'oceà i va motivar altres grans expedicions. Una de les primeres expedicions que va permetre estudiar la vida als oceans –tot i que no era aquest el seu principal objectiu–, i que més tard marcaria la història, començà l'any 1831, quan Charles Darwin salpà a bord de l'HMS *Beagle* –una embarcació de la Marina Real Britànica–. El viatge en el *Beagle* va permetre a Darwin fer observacions i recollir mostres que posteriorment van ser claus per establir la seva teoria de l'evolució basada en la selecció natural.

El naixement de l'oceanografia moderna s'estableix amb l'expedició Challenger, ja que va ser la primera organitzada específicament per recollir dades sobre alguns aspectes del medi marí, que incloïen la temperatura oceànica, la química de l'aigua, la geologia dels fons, els corrents i la vida marina. L'HMS *Challenger*, un antic vaixell de guerra britànic, tenia a bord els seus propis laboratoris i microscopis, així com un equip de sis científics, entre una tripulació total de 243 persones. L'expedició va durar quasi quatre anys (del 1872 al 1876) i va recórrer tots els oceans llançant xarxes i altres aparells per fer diferents mostreigs, per exemple, sondeigs de fondària. Entre les diferents troballes, la més important fou el descobriment de l'indret més profund de l'oceà: la fossa de les Marianes (també coneguda com a «fossa Challenger», pel nom de l'expedició que la va descobrir).

Tot i que l'Antàrtida ja havia estat visitada per nombrosos exploradors, entre els quals sir James Clark Ross el 1840, qui donaria nom a un dels mars i a una de les plataformes de gel antàrtiques, una de les expedicions oficials més recents fou l'expedició Discovery, duta a terme el 1901, de nou, pels britànics. El seu principal objectiu era fer exploracions científiques i geogràfiques, i en ella destaca la participació d'importants exploradors, com ara Robert Falcon Scott (líder de l'expedició) i Ernest Shackleton.

Una altra expedició important fou l'expedició Fram a l'oceà Àrtic entre el 1893 i el 1895, que va fer famós el científic Fridtjof Nansen. Va ser la primera expedició que va aconseguir creuar l'oceà Àrtic sense quedar atrapada al gel. Nansen va deixar el vaixell a la deriva cap al nord, i amb això va provar l'existència d'un corrent superficial a l'oceà Àrtic (el corrent Transpolar).

A partir del segle xx, el desenvolupament de nous i innovadors instruments de mesurament va permetre fer estudis més precisos de l'oceà. Gràcies al desenvolupament de l'ecosonda, per exemple, l'èpica expedició alemanya a bord del vaixell *Meteor*, el 1925, va poder fer el primer estudi hidrogràfic d'un oceà (l'Atlàntic sud), i va confirmar mitjançant sonar la presència de la dorsal mèdio-oceànica atlàntica i la seva extensió cap a l'oceà Índic.

Tot el que es coneix avui dia sobre l'oceà és, en part, gràcies als descobriments d'aquestes expedicions passades, que van permetre entendre'l una mica millor. Tot el material obtingut durant aquestes expedicions també va comportar la creació de diferents centres de recerca per a la seva anàlisi en diferents parts del món. Gràcies a això, les investigacions oceanogràfiques s'han intensificat i avui dia els vaixells oceanogràfics estan equipats amb nous instruments, que es perfeccionen cada dia més i que permeten obtenir un millor coneixement del medi marí. Però encara hi ha molt per fer: la major part de la superfície dels fons oceànics encara està inexplorada, l'inventari de la biodiversitat marina és lluny d'acabar-se i el paper que té l'oceà en el desenvolupament del clima global serà encara, per molt de temps, un tema d'estudi. L'oceanografia moderna no va arribar a tenir un gran desenvolupament fins a l'any 1941, durant la segona guerra mundial, quan els països involucrats van veure que era necessari aprendre més sobre els oceans amb la finalitat d'augmentar el seu poder en l'àmbit militar, especialment en el submarí.

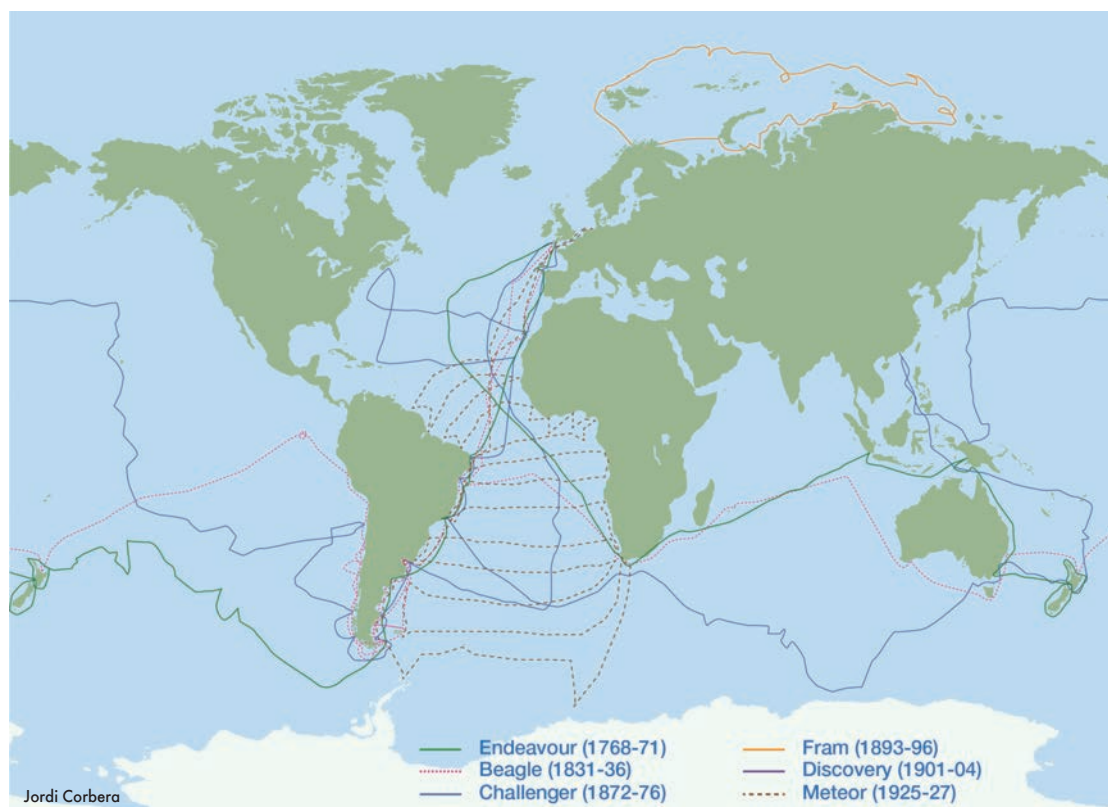
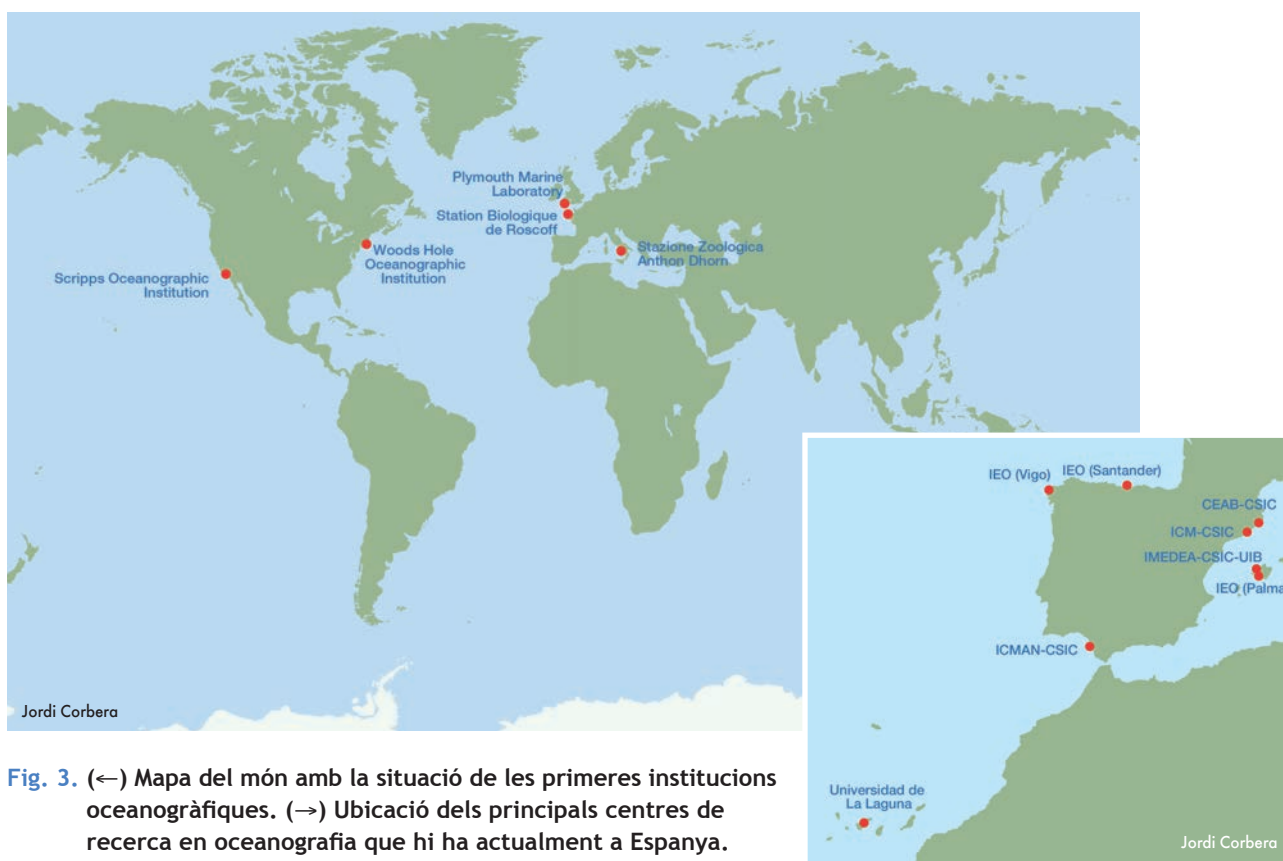


Fig. 2. Recorreguts d'algunes de les grans expedicions històriques per l'oceà.

A començament del segle xx, en diferents països, van néixer les primeres institucions dedicades als estudis oceanogràfics: la Institució d'Oceanografia Scripps i la Institució Oceanogràfica Woods Hole, als Estat Units; l' Observatori Oceanològic de Villefranche-sur-Mer, a França; el Laboratori Marí de Plymouth, de l'Associació de Biologia Marina del Regne Unit, a Anglaterra; i l'Estació Zoològica Anthon Dhorn, a Itàlia. Al voltant d'aquests centres de recerca oceanogràfica, que disposen de les principals biblioteques i del patrimoni provinent del coneixement dels oceans fins a l'actualitat, s'ha desenvolupat gran part de la recerca marina. A mitjan segle xx van començar a crear-se altres estacions i instituts de recerca a les zones costaneres de pràcticament tots els països.



Grans fites i descobriments oceanogràfics

Alguns grans descobriments oceanogràfics han revolucionat la història de la ciència. Molts d'aquests descobriments van tenir lloc durant les grans expedicions històriques anteriorment esmentades, com per exemple el descobriment de la fossa de les Marianes, a bord del vaixell HMS *Challenger*, el 1872.

Algunes personalitats també han postulat teories que han contribuït al desenvolupament de la ciència. Fa menys de cent anys, Alfred Wegener, un científic alemany, va fer importants descobriments que van revolucionar la història de l'oceanografia. Wegener observà la presència de roques i fòssils de plantes i animals idèntics en els costats oposats de l'oceà Atlàntic; a més, va adonar-se que el contorn d'Amèrica del Sud encaixava quasi perfectament amb el d'Àfrica. Aquestes evidències el van dur a pensar que els continents havien estat units alguna vegada en una gran massa continental, que en algun moment es va fragmentar. Així, el 1915, Wegener va proposar la teoria de la deriva continental. Com la majoria de les teories revolucionàries, les seves idees no van ser acceptades; anys més tard, i gràcies als avenços tecnològics d'exploració del fons del mar, un grup de científics va trobar evidències de l'expansió del fons marí, fet que va proporcionar un mecanisme per explicar la teoria de Wegener i va servir de base perquè, el 1965, el geofísic John Tuzo Wilson combinés la teoria de la deriva continental amb la de l'expansió del fons oceànic i proposés la teoria de la tectònica global.

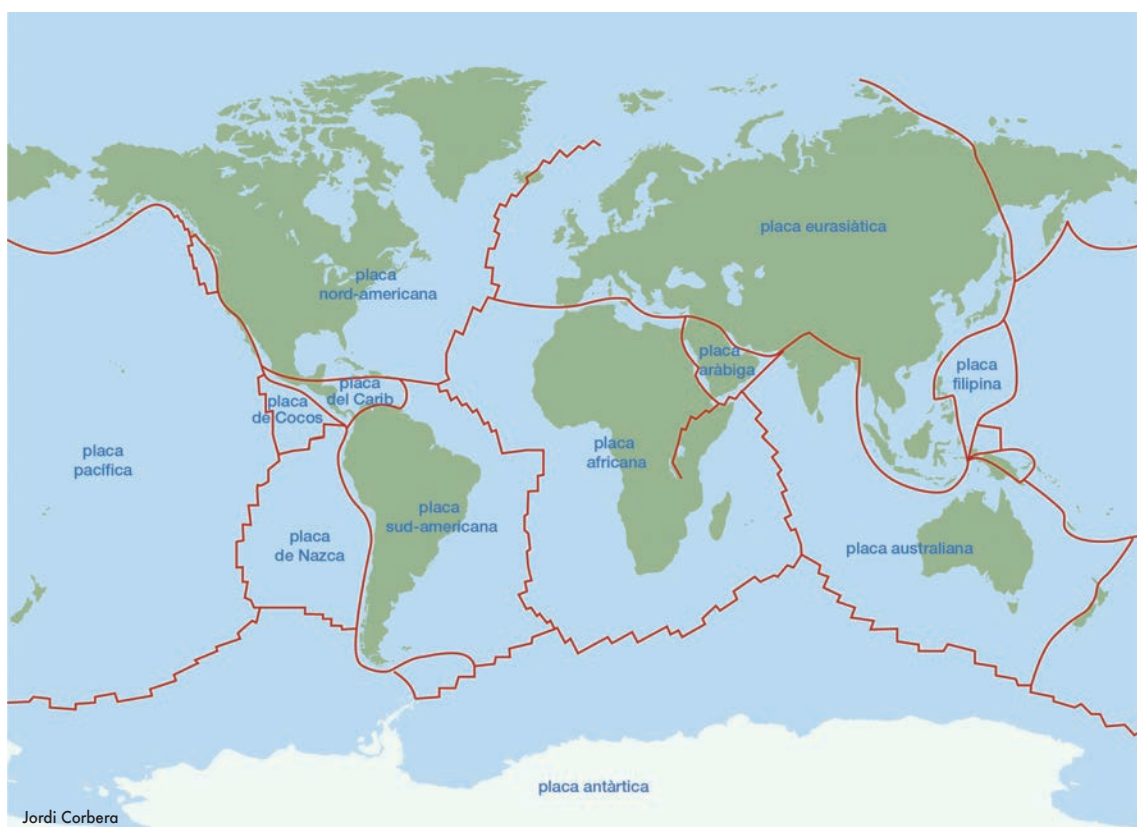


Fig. 4. Els estudis que van recollir evidències de l'expansió del fons del mar van ajudar a completar la teoria de la deriva continental d'Alfred Wegener i a formular la teoria de la tectònica global. Al mapa podeu veure les actuals plaques litosfèriques.

El desenvolupament de submergibles ha suposat una important millora en l'exploració del medi marí. Els primers submergibles van ser els submarins que es van usar, sobretot, amb finalitats militars. El 1931 el *Nautilus*, un submarí de l'Armada dels EUA, va ser el primer submarí que va creuar l'oceà Àrtic sota la capa de gel marí, des del mar de Beaufort fins al mar de Grenlàndia; aquest fet va demostrar definitivament que no hi ha masses de terra a l'oceà Àrtic. En la dècada de 1960 es van començar a desenvolupar vehicles per fer tasques d'exploració científica. El 1960 els científics Piccard i Walsh es van submergir en el batiscaf *Trieste* i, després de cinc hores de descens, van arribar als 10 911 metres de fondària. Així van aconseguir un rècord de fondària que encara no ha estat superat. Per reemplaçar els batiscafs i altres submergibles que eren difícils de manipular, va néixer el submergible tripulat *Alvin*, construït el 1962. Va ser a bord d'aquest submergible que, el 1977, es van descobrir les primeres xemeneies hidrotermals i les particulars comunitats biològiques que viuen al seu voltant, a prop de la dorsal de les illes Galápagos, a 2500 metres de fondària.

Arran del desastre del *Titanic*, el 1912, va començar el desenvolupament de tècniques de transmissió del so sota l'aigua per detectar objectes al mar. Més tard, durant la primera guerra mundial, la necessitat de detectar els submarins sota l'aigua va impulsar encara més aquestes investigacions per part des militars, les quals van permetre el desenvolupament d'una potent tècnica: el sonar. Per als oceanògrafs, el sonar va suposar un sistema més fàcil i precís de mesurar les fondàries oceàniques. Amb ell, els científics utilitzen la propagació del so per sota de l'aigua per mesurar la distància entre la superfície i el fons marí. Actualment, els bucs dels vaixells estan equipats amb aparells, anomenats *transductors*, que emeten i reben les ones de so. La recerca militar ha desenvolupat altres instruments que han resultat ser molt útils per a l'estudi de l'oceà, com ara el magnetòmetre, que serveix per mesurar els camps magnètics. Els militars l'usen per detectar els bucs dels submarins; els oceanògrafs, en canvi, per conèixer les propietats magnètiques de les roques del fons marí, l'estudi del qual també ha permès la constatació de l'expansió del fons oceànic.

Però no només les grans expedicions han fet grans descobriments, ni la recerca militar ha contribuït indirectament a l'avenç del coneixement científic: un vaixell de pesca local va ser el que va capturar, el 1939 i a 60 metres de fondària, el primer exemplar viu de celacant —un peix que es considerava extingit des de feia 65 milions d'anys—, a les costes del sud d'Àfrica; es considera que aquest peix primitiu és l'antecessor dels vertebrats terrestres.

El desenvolupament de satèl·lits amb sensors remots (en la dècada del 1960) ha representat un enorme avenç: els satèl·lits permeten prendre imatges completes dels oceans; detectar huracans i tsunamis —gràcies a boies situades a alta mar, automatitzades amb sensors de pressió del fons marí— i descriure el patró global de vents oceànics, així com registrar trets físics de la superfície de l'oceà i de l'atmosfera (concentració de clorofil·la, temperatura de la superfície marina o coberta de núvols) i la cobertura de gel marí i gel continental. Els satèl·lits 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.

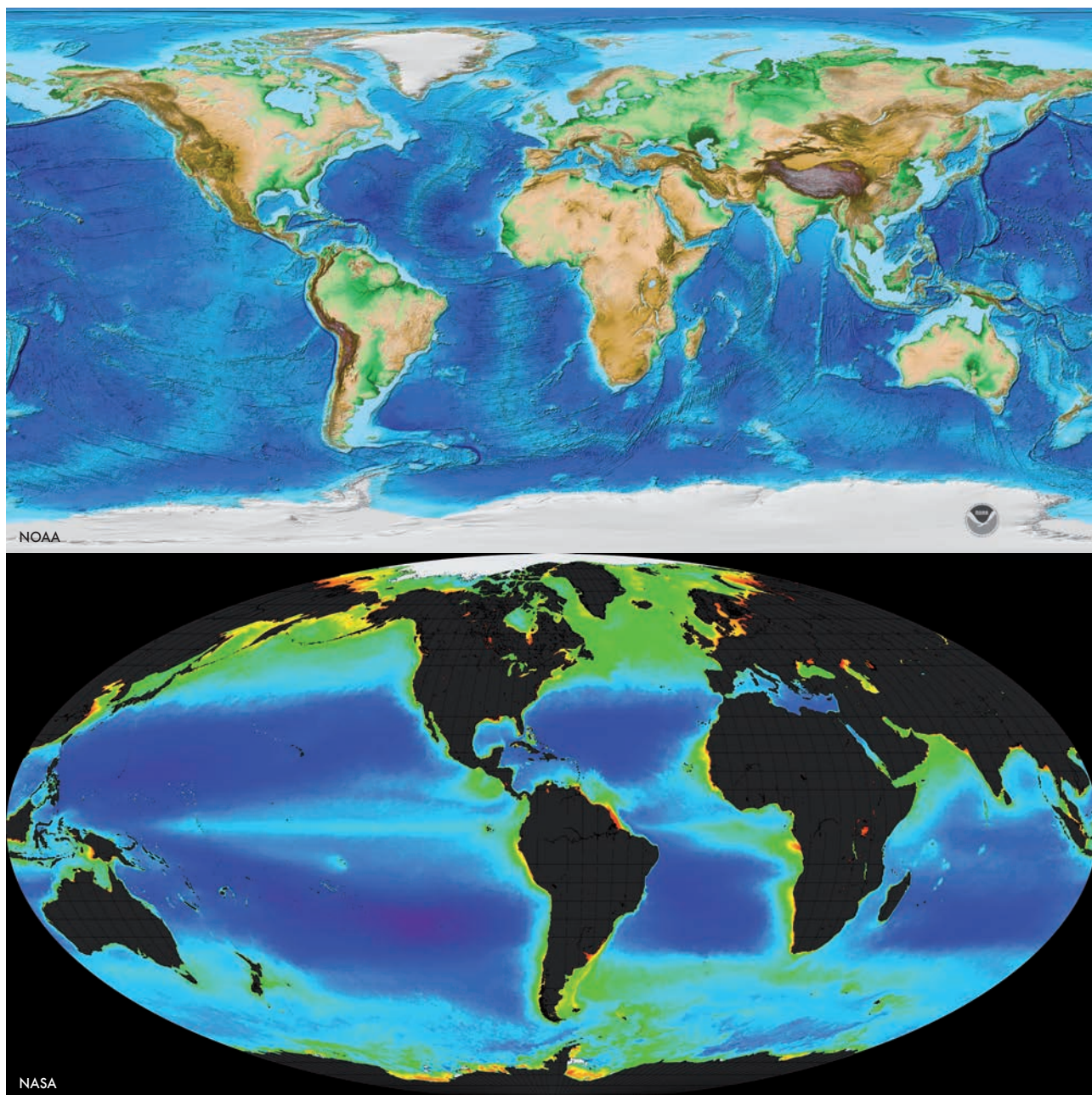


Fig. 5. La tecnologia ha permès (↑) conèixer la topografia del fons marí (gràcies als estudis fets amb ecosondes) i (↓) tenir imatges completes de paràmetres com la clorofil·la a la superfície dels oceans (gràcies a les dades proporcionades pels satèl·lits).

Un dels principals reptes que té l'exploració avui dia és el coneixement de la biodiversitat que els habita. Sabem que actualment hi ha unes 275 000 espècies d'organismes marins, i l'inventari segueix augmentant a un ritme d'unues 1600 espècies noves anuals. Els exemples d'identificacions recents són molt diversos, des de l'*Ostreococcus tauri* d'1-µm de llarg, l'eucariota més petita coneguda, fins al rorqual *Balaenoptera omurai* de 12 m, descobert el 2003. Aquests avenços en el millor coneixement de la biodiversitat marina s'han pogut aconseguir gràcies al desenvolupament tecnològic, que ha permès des d'accedir a zones del oceans que romanien inexplorades fins a descobrir els organismes més petits del planeta mitjançant l'ús de sofisticades tècniques moleculars. La majoria de les espècies són petites i rares, i la seva presència en un indret i temps concret és impredecible. Moltes espècies de les que es van descobrir són comensals o paràsites. Des de la primera classificació de la vida elaborada per Linné el 1758 i recopilada en l'obra *Systema naturae*, els descobriments de la fauna i flora marina han augmentat de manera exponencial, tot i que han passat per èpoques d'estancament a causa de la falta d'especialistes o d'avenços tecnològics.

Gràcies a la feina de nombroses personalitats i científics, alguns misteris de l'oceà han estat descoberts. Amb tot, i tenint en compte que es calcula que només coneixem un 10 % de l'oceà, aquesta tasca acaba de començar i encara queda molt per descobrir.

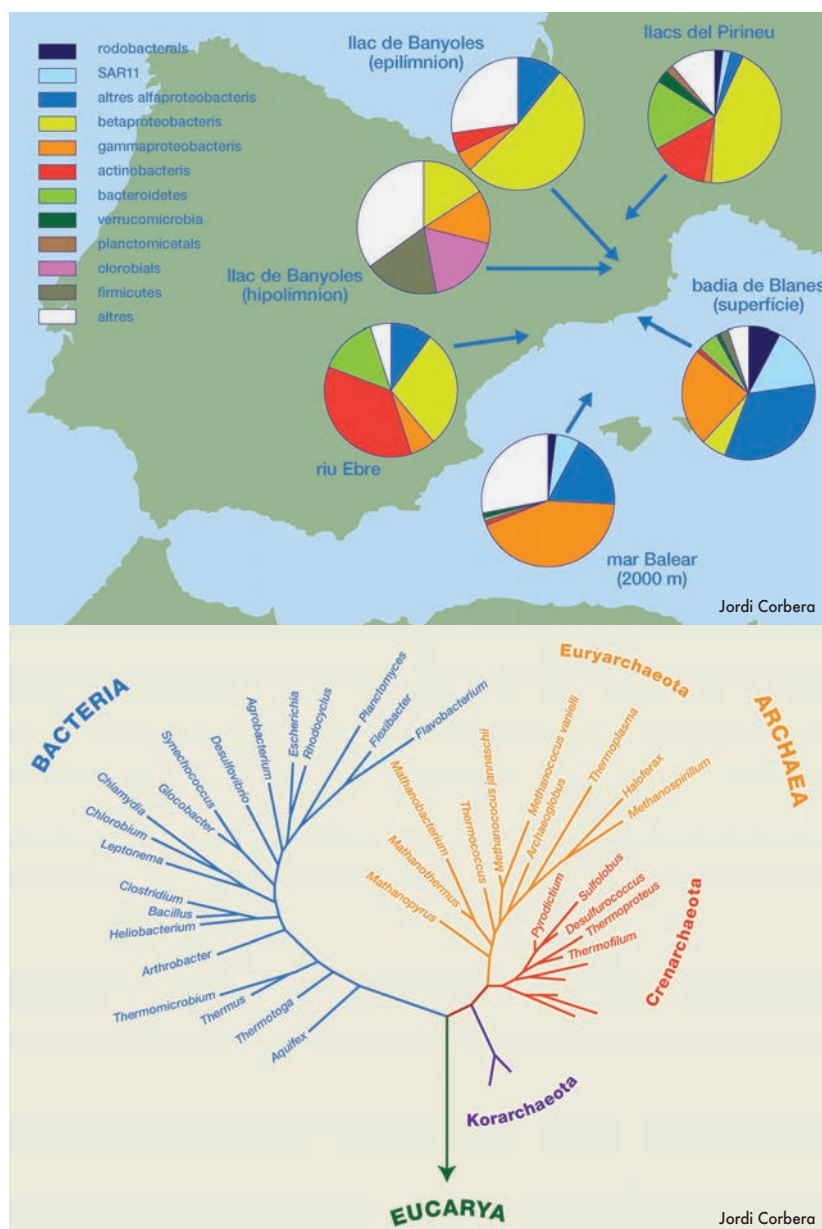


Fig. 6. Les noves tècniques moleculars han permès (↑) conèixer més detalladament la gran biodiversitat de la vida microscòpica tant en aigües marines com en aigües continentals i (↓) fer noves propostes sobre l'arbre de la vida.

Grans personatges de la història de l'oceanografia

Diferents personatges han tingut un paper clau en la història de l'oceanografia. Seguidament te'n presentem alguns:

- **Sèneca el Jove** (4 a. de C. -65 d. de C.). Es va preguntar per què el nivell del mar roman sempre estable tot i les aportacions d'aigua dels rius i la pluja. Amb això va proposar una primera versió del cicle hidrològic per explicar els mecanismes de retorn de l'aigua.
- **Benjamin Franklin** (1706-1790). Va dur a terme un dels primers estudis d'un corrent oceànic, i va publicar un mapa sobre el corrent del Golf.
- **James Cook** (1728-1779). Va fer diverses expedicions oceàniques, al llarg de les quals va recollir informació oceanogràfica important, com per exemple un mapa detallat del Pacífic sud, a bord de l'*Endeavour*.
- **Alexandre Marcet** (1770-1822). El 1819 va descobrir que els ions principals de l'aigua de mar (com ara sodi, clorur i magnesi), estan presents en les mateixes proporcions en tots els oceans del món.
- **Matthew Maury** (1806-1873). Considerat el pare de l'oceanografia, va demostrar que els vaixells podien usar els corrents i els vents per navegar més de pressa. El 1855 va publicar el primer text mundial sobre oceanografia.
- **Charles Darwin** (1809-1882). Va postular la seva revolucionària teoria de l'evolució en *L'origen de les espècies* (1859). Va dur a terme importants estudis sobre els coralls i els cirrípedes.
- **Fridjof Nansen** (1861-1930). Va fer una important expedició a l'Àrtic entre el 1893 i el 1895, en un vaixell de fusta anomenat *Fram*; va assolir, a peu, el rècord de latitud de l'època. Deixant el vaixell a la deriva va demostrar l'existència d'un corrent superficial a l'Àrtic (el corrent Transpolar).
- **Vagn Ekman** (1874-1954). Va exposar diverses teories per explicar la dinàmica dels corrents oceànics, i va inventar diversos instruments oceanogràfics útils.
- **William Beebe** (1877-1962). Va ser el primer científic a descendir a les fondàries abissals dins una batisfera; va ser el primer que va observar en persona la vida de les grans fondàries.
- **Alfred Wegener** (1880-1930). El 1915 va presentar la teoria de la deriva continental, que va ser descartada fins que el descobriment de l'expansió del fons oceànic la va confirmar.
- **Irving Langmuir** (1881-1957). Va ser un físic i químic conegut per les seves investigacions sobre la química de superfície; les cèl·lules de circulació de Langmuir (petits vòrtexs en la superfície de l'oceà, que es formen quan el vent bufa de manera constant sobre la superfície) duen el seu nom, ja que aquest científic les va descobrir mentre observava files de macroalgues al mar dels Sargassos.

- **Aleksandr Ivanovitx Oparin (1894-1980)**. El 1924 va teoritzar sobre l'origen marí de la vida, suggerint que les substàncies simples del mar primitiu van generar, emprant la llum solar, compostos orgànics més complexos i van evolucionar en cèl·lules vives.



Fig. 7. Nombrosos accidents geogràfics o cossos oceanogràfics reben el nom de persones (exploradors i científics, sobretot) que han tingut alguna cosa a veure amb l'oceà. Aquí en teniu alguns exemples.

- **Jacques-Yves Cousteau (1910-1997)**. Va ser el coinventor dels reguladors emprats encara actualment en el busseig autònom, sense cables ni subministrament d'aire des de la superfície. Va ser també el primer a popularitzar les pel·lícules submarines, que el van convertir en el més cèlebre divulgador del món submarí i en un dels primers que en van promoure i defensar la conservació.
- **Walter Munk (1917-)**. Va ser pioner en la utilització de les ones de so en oceanografia. Va demostrar que, estudiant la propagació del so sota l'aigua, es pot obtenir informació sobre l'estructura de les conques oceàniques.
- **Ramon Margalef (1919-2004)**. Limnòleg, oceanògraf i ecòleg català que va refundar l'ecologia com a disciplina a Espanya i va dedicar bona part dels seus estudis científics als mars i oceans, creant una escola que encara perdura.

- **Jacques Piccard** (1922-2008). Va inventar diversos vehicles subaquàtics per estudiar els corrents oceànics. Va ser un dels primers a baixar a la major fondària oceànica en companyia de Walsh, a la fossa de les Marianes, en el batiscaf *Trieste*.
- **Sylvia Earle** (1935-). Va registrar un rècord per la immersió més profunda sense cable de subjecció.
- **Robert Ballard** (1942-). Va descobrir les restes enfonsades del *Titanic*, així com les primers fonts hidrotermals amb el submergible *Alvin*.
- **Daniel Pauly** (1946-). Biòleg marí mundialment conegut pels seus estudis sobre l'impacte humà en les pesqueries globals.

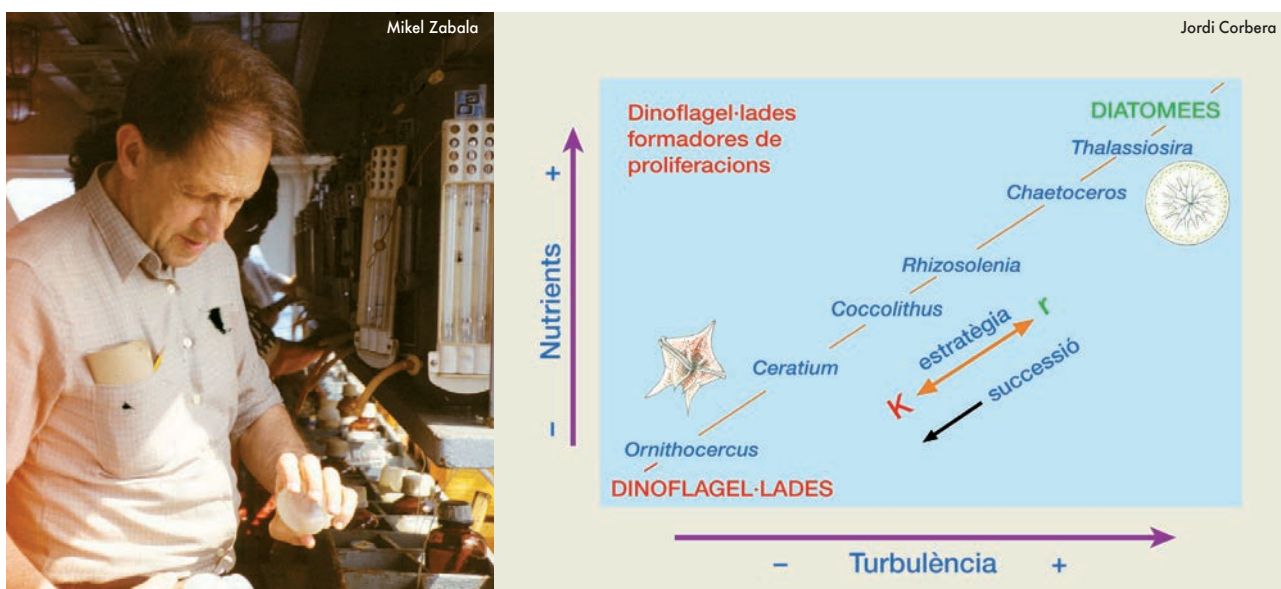


Fig. 8. Alguns dels estudis en ecologia marina de Ramon Margalef (←) el van dur a proposar el «mandala de Margalef», que relaciona l'aparició de determinats grups d'organismes del fitoplàncton segons les condicions de turbulència i de concentració de nutrients en l'aigua.