

# MICROALGUES TÒXIQUES I CANVI GLOBAL

## Per què se n'han incrementat les proliferacions al litoral mediterrani?

MAGDA VILA, JORDI CAMP I ELISA BERDALET

L'oceà i el continent conflueixen en una línia molt estreta però d'una gran rellevància per a la salut, el lleure i l'economia de la nostra societat. La costa mediterrània ha experimentat un gran canvi durant els darrers cinquanta anys que es posa de manifest en una alteració en les espècies de microalgues que hi viuen. Ara les proliferacions de dinoflagel·lades són un component habitual de les comunitats d'organismes microscòpics d'aquest ecosistema modificat pels éssers humans i pel canvi climàtic. L'increment en la freqüència de detecció de proliferacions de microalgues tòxiques ha estat clau per agafar consciència d'aquest canvi.

Paraules clau: fitoplàncton, fitobentos, microalgues, toxines marines, *Ostreopsis*.

### ■ MICROALGUES MARINES I MOBILITAT EN UN MÓN GLOBALITZAT

En un planeta globalitzat i altament comunicat com és aquest en què vivim, el desplaçament humà des d'una punta del món a l'altra es realitza en poques hores. Les mercaderies, tot i que solen tardar una mica més, en qüestió de dies, setmanes o mesos acaben en indrets ben allunyats d'on van ser embarcades. En aquest vaivé de persones i mercaderies, sovint transportem, de manera accidental i involuntària, alguns organismes vius, tant els que podem veure a ull nu com els microscòpics (Hallegraeff, 1998). En aquest article ens centrarem a mostrar com microorganismes marins, concretament les microalgues, estan modificant la seva distribució geogràfica, sovint expandint-se cap a latituds més altes, i la relació que això té amb l'escalfament global i amb les activitats humanes. El problema es fa més aparent quan algunes d'aquestes espècies produeixen toxines que poden afectar la salut humana o l'ecosistema marí. En l'ecosistema terrestre, la pandèmia de COVID-19 que vivim actualment és un bon exemple de dispersió ràpida d'un patògen a partir d'un focus allunyat dels molts indrets que ha arribat a afectar. Aquesta redistribució d'organismes és un fet habitual en un planeta globalitzat. No obstant això, la problemàtica tan sols es posa de manifest quan s'expandeixen espècies que tenen repercussions negatives en la salut de les persones, l'ecosistema o l'economia.

Retornant a l'ecosistema aquàtic, les microalgues són els principals productors primaris de l'oceà. Les

més conegudes formen part del fitoplàncton, que, com el seu nom indica,<sup>1</sup> són el conjunt d'organismes fotosintètics que no tenen la capacitat de moviment suficient per superar l'energia física del mar i, per tant, són arrossegats pels corrents marins i les onades. Entapissant el fons marí, o més globalment, proper, entre o sobre els grans de sorra, hi trobem el fitobentos.<sup>2</sup> Les microalgues marines, siguin planctòniques o bentòniques, estan experimentant en les darreres dècades una redistribució geogràfica de les seves espècies. Ens centrarem en el cas de la Mediterrània, aquesta mar semitancada envoltada per terres densament poblades, globalment considerada oligotròfica i amb un escàs forçament de marea.

### ■ PRESSIONS HUMANES SOBRE LA COSTA I PROLIFERACIONS DE DINOFLAGEL·LADES

La dinàmica estacional del fitoplàncton en les latituds temperades presenta un període òptim, a finals d'hivern i principis de primavera, en què les microalgues proliferen i assoleixen abundàncies elevades. Amb l'agitació hivernal de la columna d'aigua ascendeixen nutrients de les aigües profundes a les capes superficials i, coincidint amb l'increment de llum i temperatura, es produeix un creixement de les comunitats de microalgues, principalment diatomees. Durant la primavera, les diferents comunitats planctòniques es van succeint tot consumint

<sup>1</sup> *Plàncton* ve del grec πλανητός i vol dir «errant».

<sup>2</sup> *Bentos*, βένθος, vol dir «profunditat del mar».

els nutrients de les capes superficials fins a gairebé exhaurir-los. El sol escalfa la superfície del mar i es forma la termoclina, una estructura de densitat que separa les capes superficials de les més profundes. Aquesta barrera física no permet l'arribada de més nutrients del fons. Per això, durant l'estiu, trobem una baixa abundància de microalgues planctòniques en les aigües mediterrànies superficials, fet que les fa clares i transparents. A la tardor es produeix un altre pic de producció, més moderat, quan torna a coincidir un nivell elevat d'irradiància amb un increment de nutrients originat pel trencament de la termoclina i la barreja de la columna d'aigua.

La pressió que exercim els humans sobre la costa és rellevant. I en una mar semitancada i tan poblada com la Mediterrània, l'efecte humà és encara més notable. El turisme fa que, durant els mesos d'estiu, algunes poblacions costaneres multipliquin la seva població entre deu i cent vegades. L'impacte humà es tradueix en increments en la quantitat i qualitat de nutrients abocats als rius i al mar que no sempre poden ser del tot eliminats pels sistemes de sanejament. D'aquesta manera, les aigües costaneres esdevenen més riques en nutrients per efecte de la pressió humana del continent sobre la franja litoral. Els organismes fotosintètics (productors primaris) utilitzen aquests nutrients d'origen antròpic i creixen.

La urbanització de la zona costanera ha portat a una impermeabilització del sòl (Figura 1A). Les zones d'aiguamolls han estat pràcticament esborrades de l'ecosistema litoral, han estat pavimentades, i allò que en dècades passades actuava com un filtre natural de les aigües riques en nutrients que aporta el continent, ara són carrers i rieres pavimentades que no filtren, sinó que aboquen al mar costaner tot el que els arriba (Camp et al., 1998). Són meres canalitzacions d'aigua enriquida que fan que l'aigua del mar, a primera línia de costa, esdevingui més rica en nutrients. Els productors primaris utilitzen aquests nutrients i creixen.

La cimentació o rigidesa de la costa també té un efecte important al mar. D'una banda, la construcció d'embassaments en les lleres fluvials ha reduït molt significativament l'aportació contínua de sediments a la zona costanera, sediments que, anys enrere, eren transportats per corrents costaners i distribuïts al llarg de la costa de manera que abastien de sorra les platges. En les platges urbanes també s'ha trencat el ritme de la natura, ja que els sistemes de dunes i llacunes costaneres han estat substituïts per passejos marítims i edificis a tocar de

platja. Els temporals d'hivern que s'emporten la sorra de les platges deixen una platja erosionada, que no pot ser restablerta amb la sorra del sistema dunar perquè aquest no existeix, ni pels sediments que transporten els rius perquè s'han vist molt reduïts. Part de la sorra que s'ha emportat el mar queda acumulada en els espigons, que, construïts perpendicularment a la línia de costa, tallen la circulació costanera.

Així doncs, cal fer grans moviments de sorres per recuperar unes platges que d'altra manera es recuperarien soles. Així, any rere any, els governs destinen una part dels pressupostos per dur a terme diversos projectes de regeneració de platges. Es tracta d'actuacions costoses tant des del punt de vista econòmic com de l'ecològic, que resulten efímeres, fins l'arribada del proper temporal. La previsió en un escenari de canvi climàtic és que aquests siguin més freqüents i intensos, tal com ens va fer recordar a començament de 2020 el temporal Glòria.

Els ports i espigons (Figura 1B), però, tenen un altre paper. En confinar les aigües per donar recer a les embarcacions, creen masses d'aigua amb elevats temps de residència que permeten el creixement i acumulació de microalgues. Aigües tranquil·les, poc profundes, riques en nutrients i amb un temps de residència elevat són

### «L'impacte humà es tradueix en increments en la quantitat i qualitat de nutrients abocats als rius i al mar»



A

Jordi Camp

Jordi Camp



Figura 1. Exemples de transformacions del litoral producte de l'acció humana: **A)** Urbanització d'Empuriabrava (Castelló d'Empúries, Girona), construïda a primera línia de mar en una zona d'aiguamolls. Les zones humides costaneres han estat pràcticament esborrades de l'ecosistema litoral mediterrani. **B)** Port i platges de Cambrils, a Tarragona. La construcció de ports i espigons incrementa el volum d'aigües confinades, que són un hàbitat idoni per a les proliferacions de dinoflagel·lades.

**«En confinar les aigües marines costaneres en ports, hem creat unes condicions òptimes per al creixement de microalgues formadores de “marees roges”»**

condicions idònies per al creixement de les dinoflagel·lades, un grup d'organismes del fitoplàncton que produeix proliferacions i discoloracions de l'aigua, conegudes popularment com a *marees roges* i científicament anomenades *proliferacions d'algues nocives*. D'altra banda, les dinoflagel·lades són el grup d'organismes del fitoplàncton que tenen més representants d'espècies nocives o tòxiques.

Segons el mandala de l'ecòleg Ramon Margalef (Margalef, 1978; Margalef, Estrada i Blasco, 1979; Figura 2), les dinoflagel·lades formadores de marees roges proliferen quan coincideixen elevats nutrients i baixa agitació de l'aigua. Tal com hem explicat més amunt, les entrades de nutrients solen estar relacionades amb l'agitació de la columna d'aigua que fa aflorar els nutrients del fons; per tant, és poc habitual trobar nutrients elevats en aigües tranquil·les. Aquestes circumstàncies es donen, de manera natural, en badies o prop de desembocadures de rius. Però els humans, confinant les aigües marines costaneres en ports, hem creat unes condicions òptimes per al creixement d'aquestes microalgues formadores de marees roges. El fet és que, quan es van implementar els



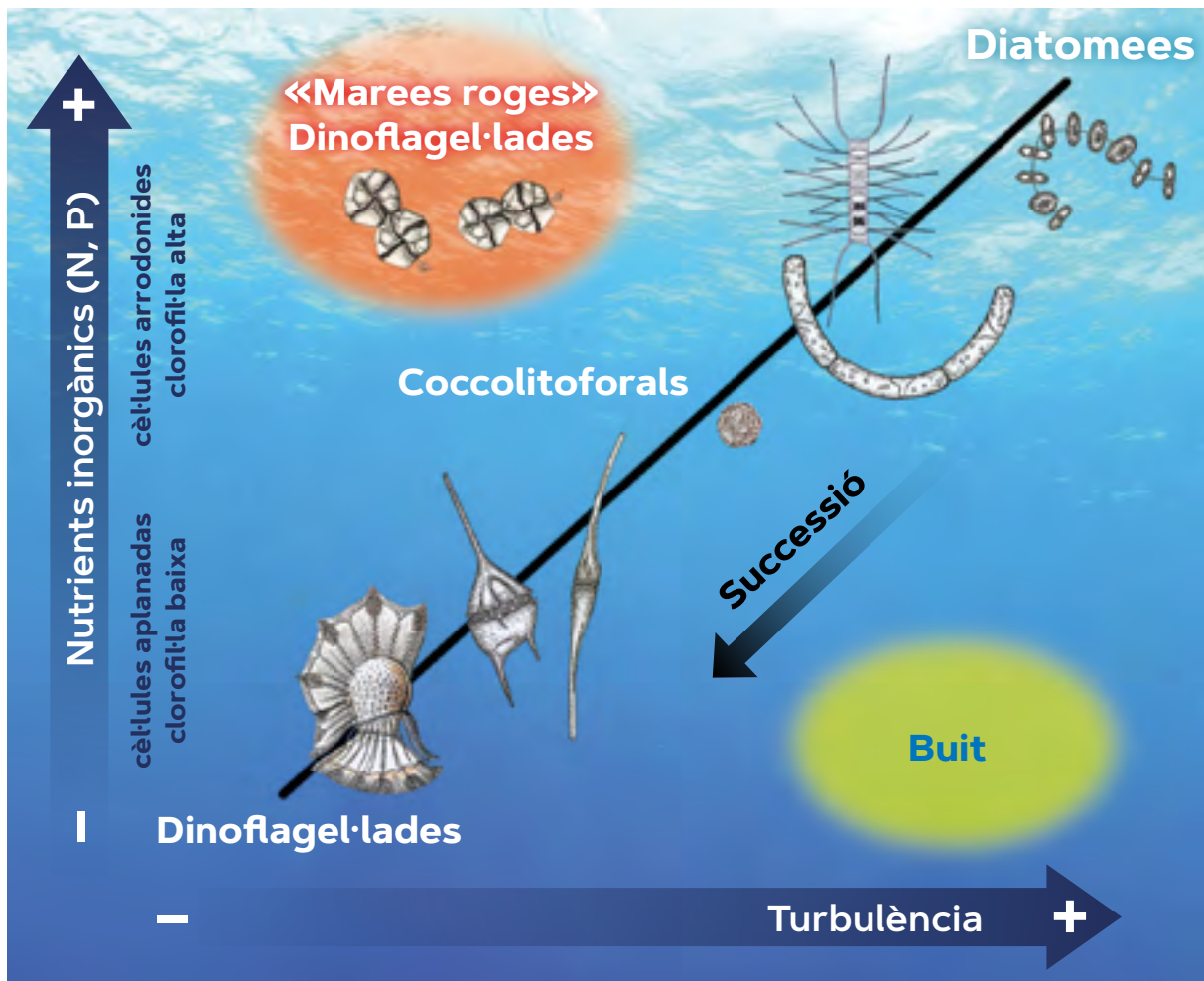


Figura 2. El mandala de Ramon Margalef és una representació esquemàtica que exposa com la successió estacional dels principals grups de fitoplàncton depèn de la concentració de nutrients i la turbulència o agitació de l'aigua.

FONT: Adaptació visual del mandala de Margalef (1978)

programes de monitoratge d'espècies tòxiques a la Mediterrània en els anys noranta, ens vam trobar que les dinoflagel·lades formadores de proliferacions hi estaven molt ben representades. Això no va deixar de sorprendre'ns perquè, segons Margalef, la Mediterrània no tenia les característiques apropiades perquè hi poguessin tenir lloc les marees roges. La nostra hipòtesi (Vila, Garcés, Masó i Camp, 2001) fou que l'ús recreatiu de la costa afavoreix les proliferacions de dinoflagel·lades; la construcció de ports –actualment n'hi ha uns cinquanta al llarg de la costa catalana, és a dir, trobem un port cada 8-10 km lineal de costa– genera cossos d'aigua semitancats amb notables concentracions de nutrients, temps de residència de l'aigua elevats (uns vint dies), baixa turbulència i baixa advecció en comparació amb aigües no confinades que afavoreixen aquestes proliferacions.

Les dinoflagel·lades tenen estratègies de comportament (natació, migració vertical activa i agregació)

i produeixen compostos tòxics, ambdós aspectes implicats a reduir la depredació per part del zooplàncton (vegeu Selander et al., 2015; Smayda, 1997). Addicionalment, les concentracions de nutrients inorgànics i les seves relacions estequiomètriques indiquen que les zones caracteritzades per una elevada densitat humana tenen nivells més elevats d'amoni i fosfats i més limitació de silicats. Per tant, afavoreixen el creixement de les dinoflagel·lades, en relació amb les diatomees, que necessiten el silicat per a construir les seves cobertes (frústuls) cel·lulars.

Finalment, els ports són entorns ideals on els organismes que tenen formes de resistència (quists o llavors) poden romandre confinats en el sediment fins que les condicions mediambientals els indueixin a germinar (Anderson i Wall, 1978). La taxa de creixement activa d'una petita part de la població que germina es veu amplificada pel comportament de natació i agregació, per



la reducció de la depredació per part del zooplàncton i pels factors físics favorables indicats anteriorment que propicien les proliferacions de dinoflagel·lades en els ports. Per tant, una costa amb molts ports facilita la colonització i l'establiment de les noves espècies, al·lòctones, que hi arriben. Aquest és el cas, concretament, de les espècies del gènere *Alexandrium* (Vila et al., 2001), algunes de les quals són productores de toxines (saxitoxines) que produeixen simptomatologies paralitzants en persones que han ingerit mol·luscs bivalves contaminats amb aquests organismes (Berdalet et al., 2016).

### ■ PLATGES ENTAPISSADES PER MICROALGUES

Fa uns 20 o 25 anys es van començar a detectar proliferacions d'unes dinoflagel·lades bentòniques del gènere *Ostreopsis* en diferents platges mediterrànies durant els mesos d'estiu. En aquell moment, aquest gènere era conegut en àrees tropicals per formar part del grup de microorganismes (microbiota) acompanyant d'una dinoflagel·lada tòxica del gènere *Gambierdiscus*, causant d'una intoxicació alimentària tropical coneguda com a *ciguatera* (Friedman et al., 2017). L'increment de temperatura de l'aigua del mar sembla ser el factor desencadenant de l'establiment de diverses espècies tropicals a la Mediterrània, que en determinats casos substitueixen les comunitats natives. És el que es coneix com a tropicalització de la Mediterrània (Bianchi, Caroli, Guidetti i Morri, 2018).

*Ostreopsis* secreta una substància mucosa i enganxosa que la manté ancorada, de forma laxa, a les macroalgues (Figura 3). Aquesta habilitat li permet mantenir-se a la platja, prop de la superfície i proliferar de manera relativament ràpida, fent un dens entapissat de microalgues i mucíl·lag que recobreix el fons marí. A causa de l'agitació de l'onatge o d'altres factors, *Ostreopsis* es desprèn de la macroalga i es troba nedant per la columna d'aigua o surant en superfície, i d'aquesta manera es forma el que els francesos anomenen *fleurs d'aigua*. Aquestes proliferacions s'han relacionat amb mortalitats massives de fauna marina amb poca o nul·la mobilitat (eriçons, musclos), potser degudes a la limitació d'oxigen associada a la gran capa mucilaginosa que pot arribar a recobrir el llit marí, o bé a la producció de certes substàncies tòxiques (Giussani et al., 2016; Shears i Ross, 2009). Efectivament, *Ostreopsis* produeix ovatoxines que són anàlegs de la palitoxina. La palitoxina s'ha relacionat amb casos letals d'intoxicació ali-

mentària a l'oceà Índic en persones que havien consumit aliments marins contaminats amb aquests compostos. Aquestes toxines entren a la xarxa tròfica quan la fauna s'alimenta de macroalgues recobertes per *Ostreopsis*, i es transmeten fins a nivells tròfics superiors, incloent-hi els éssers humans (Berdalet et al., 2017). A la Mediterrània, determinades toxines associades a *Ostreopsis* s'han detectat en fauna marina diversa; no obstant això, no sembla que la intoxicació alimentària sigui, fins a aquest moment, un problema a la Mediterrània. En canvi, les proliferacions massives d'*Ostreopsis* en aquesta àrea s'han associat amb irritacions respiratòries lleus (rinorrea, febre, malestar general, irritació dels ulls i del nas, etc.) en banyistes i persones exposades a l'aerosol marí en diverses platges d'Algèria, Espanya, França, Itàlia i Grècia (Vila, Abós-Herràndiz, Isern-Fontanet, Àlvarez i Berdalet, 2016).

Un mecanisme similar, l'exposició a aerosols, s'ha confirmat com a causa de símptomes d'irritació respiratòria durant la proliferació de *Karenia brevis* al golf de Mèxic (Fleming et al., 2011). En aquest cas, l'enorme

inversió científica feta durant dècades d'estudis entre diverses institucions ha proporcionat un coneixement sòlid que ja s'ha materialitzat en l'adequada gestió dels riscos ecològics i per a la salut al golf de Mèxic. Tanmateix, a la Mediterrània, si bé aquests símptomes s'han intentat relacionar amb la presència de toxines en l'aerosol, els esforços

encaminats a fer-ne la demostració empírica han donat escasses evidències (Ciminiello et al., 2014). S'ha plantejat la hipòtesi que la irritació no fos causada per les mateixes toxines sinó per algun altre component o fragment de la cèl·lula que desencadenés algun tipus de reacció, o inclús s'ha especulat que pogués estar produït per algun dels microorganismes (bacteris o virus) associats a *Ostreopsis* (Bellés-Garulera et al., 2016; Casabianca et al., 2013). Per altra banda, els banyistes que tenen ferides a la pell han sofert també irritacions cutànies que s'han resolt amb l'aplicació d'antibiòtics tòpics. Tot plegat fa pensar que hi ha més d'un factor que contribueix en els diferents efectes indesitjables de les proliferacions d'*Ostreopsis*.

### ■ REFLEXIONS FINALS

És evident que la costa mediterrània ha canviat molt en els darrers cinquanta anys. Un hàbitat natural de platges i espadats s'ha vist substituït per un hàbitat artificial de ports i espigons, que han confinat no només embarca-

**«Fa trenta anys, *Ostreopsis* era un gènere rar a la Mediterrània, detectat molt esporàdicament i en escasses abundàncies»**

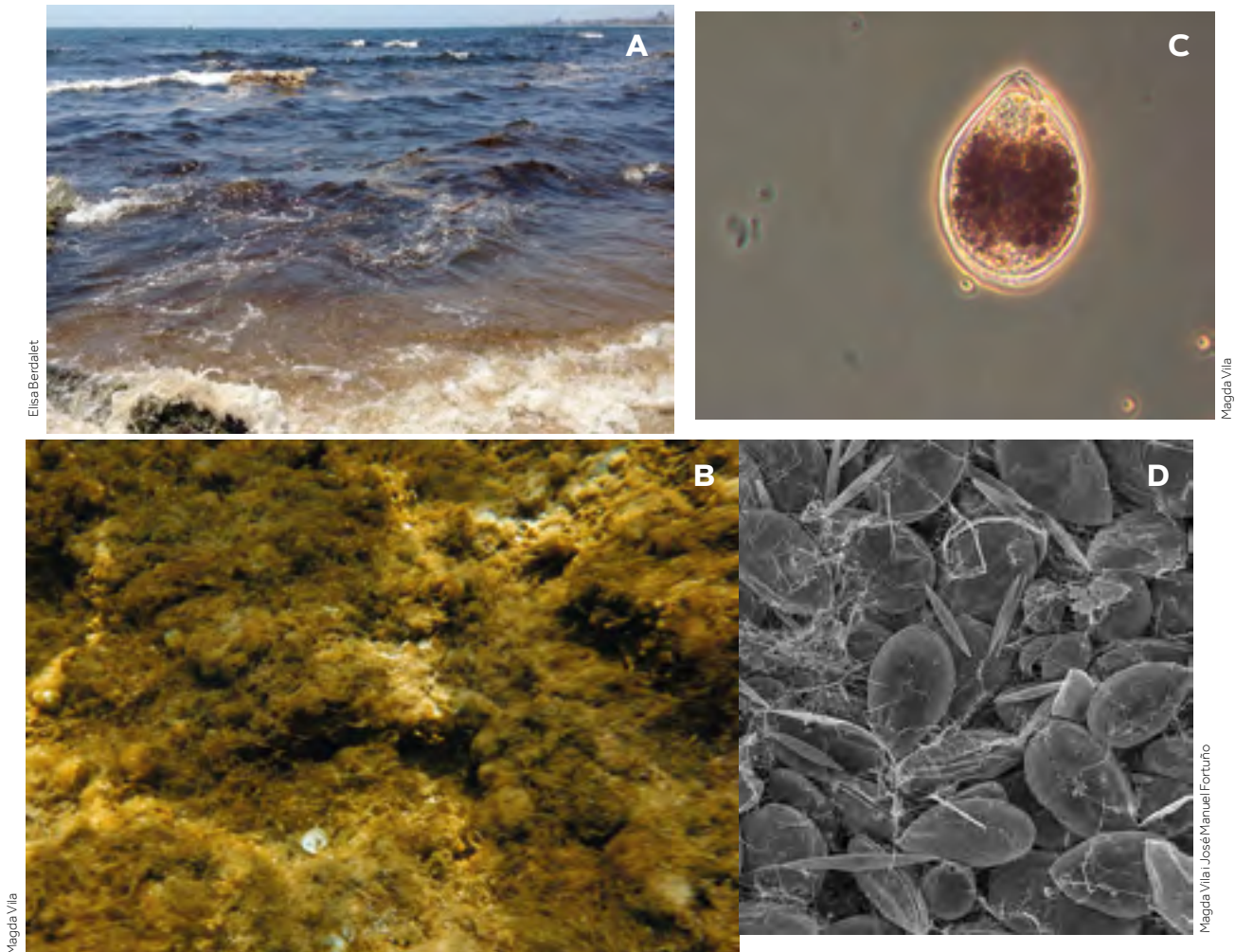


Figura 3. Fins fa uns anys, no era habitual trobar dinoflagel·lades bentòniques del gènere *Ostreopsis*, més pròpies de zones tropicals, a les aigües de la Mediterrània. L'augment de la temperatura del mar sembla ser el factor desencadenant perquè aquestes espècies s'hi estiguin establint. En les imatges: **A)** Coloració de l'aigua durant una proliferació de la dinoflagel·lada bentònica *Ostreopsis*. **B)** Aspecte del llit d'una platja poc fonda entapissat per una proliferació d'*Ostreopsis*. **C)** Cèl·lula d'*Ostreopsis* al microscopi òptic. **D)** Aspecte d'una proliferació bentònica dominada per *Ostreopsis* al microscopi electrònic de rastreig. S'observa la xarxa de filaments que les cèl·lules secreten.

cions, sinó també aigües i microalgues. I un canvi d'hàbitat representa un canvi d'espècies. Els aiguamolls han estat reduïts a la mínima expressió i s'han multiplicat les urbanitzacions a primera línia de costa, la qual cosa ha modificat en gran manera els fluxos de sediments i nutrients al mar. Finalment, amb l'escalfament global, s'ha incrementat la temperatura del mar, i hi han arribat i s'hi han establert algunes espècies invasores. Per tant, les comunitats d'espècies de microalgues que hi havia fa cinquanta anys s'han vist modificades o bé s'han «enriquit», en algun cas, per proliferacions de dinoflagel·lades tòxiques.

Actualment, les proliferacions planctòniques del gènere *Alexandrium* són recurrents a la Mediterrània i, des dels anys noranta, es controlen setmanalment amb programes de monitoratge que garanteixen la seguretat alimentària dels productes que arriben a les llotges

i a les peixateries. Pel que fa al bentos, l'evolució ha estat més lenta pel gran desconeixement que hi havia sobre *Ostreopsis* anys enrere. Fa trenta anys, aquest organisme era un gènere rar a la Mediterrània, detectat molt esporàdicament i en escasses abundàncies. Ara ha esdevingut un problema de salut pública i ambiental, que cada any mobilitza científics i administracions i que preocupa els veïns de les platges afectades per aquestes proliferacions massives. Si ens centrem en els països de què es disposa de més informació (Mangialajo et al., 2011), el que va començar sent una proliferació massiva en alguna platja concreta durant els primers anys, ha acabat sent una expansió amb múltiples focus que afecta moltes platges, primer d'Itàlia i França i, des de fa cinc anys, de Catalunya. Queden moltes llacunes quant a la nostra comprensió sobre la toxicitat d'*Ostreopsis*. No obstant això, el coneixement de la dinàmica de





les seves proliferacions i la coordinació entre científics i gestors mediambientals i de la salut ha permès gestionar de manera adequada el fenomen i minimitzar els riscos ecològics i per a la salut.

Durant el darrer mig segle hem transformat el litoral amb accions directes sobre la costa com són la construcció de ports i espigons, però també terra endins, amb la construcció de passejos marítims i urbanitzacions a primera línia de costa, canalitzacions de les lleres dels rius, i la construcció d'embassaments. De resultes de l'activitat humana també s'ha incrementat el CO<sub>2</sub> atmosfèric i la temperatura global del planeta. Aquestes accions humanes, directes o indirectes, són una resposta plausible al perquè en les darreres dècades s'han incrementat les proliferacions de microalgues a les costes mediterrànies.

L'oceà i el continent conflueixen en una línia molt estreta però d'una gran rellevància per a la salut, el lleure i l'economia de la nostra societat. Mantenir un litoral en un bon estat ecològic només es podrà aconseguir si l'activitat que es realitza en el continent també manté els estàndards de sostenibilitat. Per tenir un litoral en bon estat, cal pensar el món on volem viure i actuar en conseqüència. ☺

**«L'oceà i el continent  
conflueixen en una línia molt  
estreta però d'una gran  
rellevància per a la salut,  
el lleure i l'economia de la  
nostra societat»**

#### REFERÈNCIES

- Anderson, D. M., & Wall, D. (1978). Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. *Journal of Phycology*, 14(2), 224–234. doi: [10.1111/j.1529-8817.1978.tb02452.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1978.tb02452.x)
- Bellés-Garulera, J., Vila, M., Borrull, E., Riobó, P., Franco, J. M., & Sala, M. M. (2016). Variability of planktonic and epiphytic vibrios in a coastal environment affected by *Ostreopsis* blooms. *Scientia Marina*, 80(S1), 97–106. doi: [10.3989/scimar.04405.01A](https://doi.org/10.3989/scimar.04405.01A)
- Berdalet, E., Fleming, L. E., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L. C., ... Enevoldsen, H. (2016). Marine harmful algal blooms, human health and well-being: Challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(1), 61–91. doi: [10.1017/S0025315415001733](https://doi.org/10.1017/S0025315415001733)
- Berdalet, E., Tester, P. A., Chinain, M., Fraga, S., Lemée, R., Litaker, W., ... Zingone, A. (2017). Harmful algal blooms in benthic systems: Recent progresses and future research. *GEOHAB Oceanography* (special issue), 30(1), 36–45. doi: [10.5670/oceanog.2017.108](https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.108)
- Bianchi, C. N., Caroli, F., Guidetti, P., & Morri, C. (2018). Seawater warming at the northern reach for southern species: Gulf of Genoa, NW Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(1), 1–12. doi: [10.1017/S0025315417000819](https://doi.org/10.1017/S0025315417000819)
- Camp, J., Masó, M., Vila, M., Delgado, M., Garcés, E., & Torres, M. (1998). Características ambientales del litoral Mediterráneo Noroccidental; situación actual e implicaciones: El caso de Cataluña. En *Actas de la V Reunión Ibérica de Fitoplancton Tóxico*. Vígo: ANFACO-CECOPECA.
- Casabianca, S., Casabianca, A., Riobó, P., Franco, J. M., Vila, M., & Penna, A. (2013). Quantification of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis* spp. by qPCR assay in marine aerosol. *Environmental Science & Technology*, 47(8), 3788–3795. doi: [10.1021/es305018s](https://doi.org/10.1021/es305018s)
- Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Dello Iacovo, E., Fattorusso, E., Forino, M., Tartaglione, L., ... Penna, A. (2014). First finding of *Ostreopsis* cf. *ovata* toxins in marine aerosols. *Environmental Science & Technology*, 48(6), 3532–3540. doi: [10.1021/es405617d](https://doi.org/10.1021/es405617d)
- Fleming, L. E., Kirkpatrick, B., Backer, L. C., Walsh, C. J., Nierenberg, K., Clark, J., ... Baden, D. G. (2011). Review of Florida red tide and human health effects. *Harmful Algae*, 10(2), 224–233. doi: [10.1016/j.hal.2010.08.006](https://doi.org/10.1016/j.hal.2010.08.006)
- Friedman, M. A., Fernandez, M., Backer, L. C., Dickey, R., Bernstein, J., Schrank, K., ... Fleming, L. E. (2017). An updated review of ciguatera fish poisoning: Clinical, epidemiological, environmental, and public health management. *Marine Drugs*, 15(3), 72. doi: [10.3390/md15030072](https://doi.org/10.3390/md15030072)
- Giussani, V., Costa, E., Pecorino, D., Berdalet, E., De Giampaulis, G., Gentile, M., ... Faimali, M. (2016). Effects of the harmful dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* on different life cycle stages of the common moon jellyfish *Aurelia* sp. *Harmful Algae*, 57, 49–58. doi: [10.1016/j.hal.2016.05.005](https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.05.005)
- Hallegraeff, G. M. (1998). Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 297–309. doi: [10.3354/MEPS168297](https://doi.org/10.3354/MEPS168297)
- Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., ... Lemée, R. (2011). Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. *Toxicol*, 57(3), 408–420. doi: [10.1016/j.toxicol.2010.11.019](https://doi.org/10.1016/j.toxicol.2010.11.019)
- Margalef, R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1(4), 493–509.
- Margalef, R., Estrada, M., & Blasco, D. (1979). Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. En D. L. Taylor, & H. H. Seliger (Eds.), *Toxic dinoflagellate blooms* (p. 89–94). Amsterdam: Elsevier.
- Selander, E., Kubanek, J., Hamberg, M., Andersson, M. X., Cervin, G., & Pavia, H. (2015). Predator lipids induce paralytic shellfish toxins in bloom-forming algae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(20), 6395–6400. doi: [10.1073/pnas.1420154112](https://doi.org/10.1073/pnas.1420154112)
- Shears, N. T., & Ross, P. M. (2009). Blooms of benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*: An increasing and ecologically important phenomenon on temperate reefs in New Zealand and worldwide. *Harmful Algae*, 8(6), 916–925. doi: [10.1016/j.hal.2009.05.003](https://doi.org/10.1016/j.hal.2009.05.003)
- Smayda, T. J. (1997). Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography*, 42(5, Part 2), 1137–1153. doi: [10.4319/lo.1997.42.5\\_part\\_2.1137](https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.5_part_2.1137)
- Vila, M., Abós-Herrándiz, R., Isern-Fontanet, J., Àlvarez, J., & Berdalet, E. (2016). Establishing the link between *Ostreopsis* cf. *ovata* blooms and human health impacts using ecology and epidemiology. *Scientia Marina*, 80(S1), 107–115. doi: [10.3989/scimar.04395.08A](https://doi.org/10.3989/scimar.04395.08A)
- Vila, M., Garcés, E., Masó, M., & Camp, J. (2001). Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along the NW Mediterranean coast? *Marine Ecology Progress Series*, 222, 73–83. doi: [10.3354/meps222073](https://doi.org/10.3354/meps222073)

**MAGDA VILA.** Doctora en Biologia i investigadora associada del Departament de Biologia Marina i Oceanografia de l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) de Barcelona (Espanya). Està especialitzada en ecologia de microalgues marines, proliferacions algals nocives, directives ambientals i en les relacions entre ciència i societat i en la divulgació científica. Li interessa especialment entendre com les activitats humanes afecten la natura i com la natura afecta les activitats humanes. ✉ [magda@icm.csic.es](mailto:magda@icm.csic.es)

**JORDI CAMP.** Doctor en Biologia i investigador *ad honorem* del Departament de Biologia Marina i Oceanografia de l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) de Barcelona (Espanya). Està especialitzat en ecologia bentònica, interacció costa-ocèa, dinàmica d'estuaris, proliferacions algals nocives i en legislació i directives ambientals. Els seus interessos se centren en la relació entre la societat i el medi ambient.

**ELISA BERDALET.** Doctora en Biologia i investigadora del Departament de Biologia Marina i Oceanografia de l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) de Barcelona (Espanya). Està especialitzada en ecologia de fitoplancton. Des de 2008 coordina la investigació internacional de les proliferacions algals nocives en el mar dels programes GEOHAB i GlobalHAB ([www.globalhab.info](http://www.globalhab.info)).