

PATRONS DE LES COMUNITATS BENTÒNIQUES D'ALTES LATITUDS A L'ANTÀRTIDA

Escrit per:

Núria Teixidó

Institut de Ciències del Mar
CSIC

1. Introducció

Pot dir-se que la recerca sobre l'ecosistema antàrtic va començar amb l'expedició del *HMS Challenger*, a finals del segle XIX (1874). Les primeres expedicions es van dedicar principalment en fer exploracions geogràfiques, observacions físiques (meteorologia, geomagnetisme) i en documentar i descriure noves espècies. En els darrers trenta anys, coincidint amb l'establiment de bases científiques litorals i amb la utilització de vaixells trenc gel capaços de treballar durant l'hivern, les investigacions han permès un millor coneixement del funcionament d'aquest ecosistema.

El continent Antàrtic cobreix el 9.2% de la superfície terrestre, emmagatzema més del 80% de l'aigua dolça en forma de gel, i està envoltat per un oceà productiu que representa el 9.6% del total oceànic. Històricament se l'ha concebut com un continent insular, aïllat de la resta del món per la distància, els corrents oceànics i l'oceà profund. Si bé aquesta imatge pot ser geogràficament certa, també cal tenir present que l'Antàrtida constitueix uns dels principals reguladors tèrmics del planeta (sobre tot en l'àmbit de la circulació marina) i es veu afectada pels mateixos processos globals que afecten tota la Terra.

És habitual presentar a l'Antàrtida, situada al Pol Sud des de fa uns 120 milions d'anys, com un paisatge de condicions extremes: és el continent més fred, més sec i més ventós de la Terra. Les seves aigües també són les més fredes i tenen el fotoperíode estacional més extrem que cap altre oceà. Però aquest hàbitat hostil per a l'ésser humà, no ho és pels éssers vius adaptats a viure en aquestes condicions i proporciona un laboratori natural i únic per al seu estudi; tan a escala d'individus com a escala de les comunitats i els ecosistemes que els integren. Un d'aquests hàbitats el constitueixen les comunitats bentòniques, definides com el conjunt d'éssers vius que habiten en el fons marí. A les latituds altes antàrtiques, aquestes comunitats són diverses i complexes i estan constituïdes per suspensívors bentònics

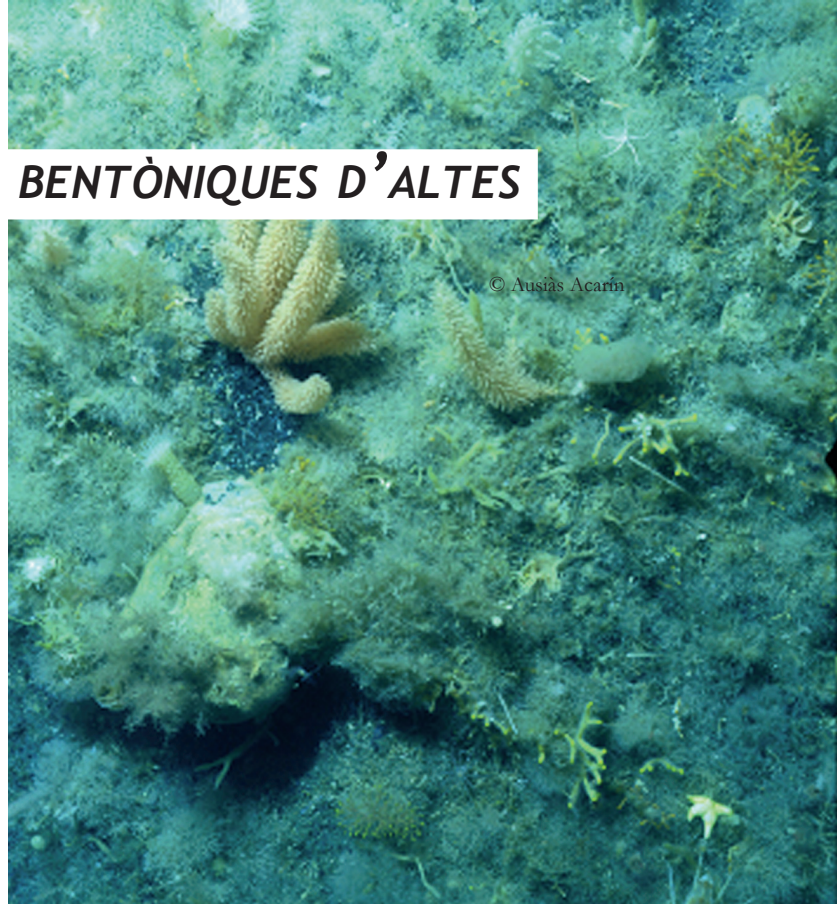


Figura 1. Comunitat bentònica de la plataforma continental del Mar de Weddell (200 m de fondària). En aquesta fotografia hi podem observar diferents espècies de gorgònies del gènere *Thouarella*, l'anemone *Hormathia armata*, diverses espècies de briozous de formes flexibles (*Cellaria*) i rígides (*Cellarinella*) que cobreixen en fons marí. Fotografia: Julian Gutt i Núria Teixidó (AWI).

com ara sponges, cnidaris, briozous i ascidis (Figura 1). El seu hàbitat s'estén des de les zones someres litorals (a pocs metres de fondària) fins a les plataformes continentals, com ara les dels mars de Ross i de Weddell (amb una mitjana de 600 m de fondària).

2. L'ambient de les comunitats bentòniques

L'oceà Antàrtic té una àrea total de 34.8 milions de km² i comprèn les aigües situades al sud del Front Polar. Aquest oceà està cobert per una capa de glaç (banquisa antàrtica) que assoleix uns 21 milions de km² (màxim) durant l'hivern i només uns 7 milions de km² (mínim) durant l'estiu. Al continent poden diferenciar-se dues grans unitats: una unitat occidental de serralades i fosses alpines constituïda per arxipèlags i per la Península Antàrtida, i una meitat oriental formada per un sòcol rocós que es troba lleugerament per sota el nivell del mar degut al pes que li causa la immensa massa de gel (*inlandsis*). Aquestes dues unitats estan separades per una línia imaginària que uneix les dues grans fosses del Mar de Weddell (sector de l'oceà Atlàntic) i del Mar de Ross (sector de l'oceà Pacífic) (Figura 2). A les vessants costeres d'aquests dos mars es localitzen les plataformes de gel més grans del continent amb un gruix entre 180 i 1220 metres. Degut a l'erosió i al pes d'aquestes enormes plaques de gel, la plataforma continental antàrtica submergida és relativament ample (entre

els 60 i 200 km) i profunda (entre els 200 i els 800 m) comparada amb les plataformes continentals dels altres oceans (entorn els 75 km d'amplada i entre els 100 i els 200 m de fondària).

L'ambient de les comunitats bentòniques es caracteritza: i) per unes temperatures baixes i constants (entre -2.0 i -1.3 °C, a 300 m de fondària al Mar de Weddell); ii) per una salinitat moderada (34.6 -34.9 ‰), excepte zones poc profundes i litorals on es desglança el gel; iii) per un import mínim de sediments terrestres i; iv) per una marcada estacionalitat de llum i d'aliment concentrada durant el curt període de primavera – estiu. A grans trets, es pot dir que existeix una certa *constància* en termes de petites variacions dels paràmetres físics a prop del fons marí i d'una *previsió* dels canvis periòdics (com per exemple la disponibilitat d'aliment). Les comunitats bentòniques depenen de la producció primària que es genera a la capa il·luminada de la columna d'aigua; ja que el flux de matèria que s'exporta des d'aquesta zona alimenta els organismes del fons marí i influeix, per tant, la seva abundància i ecologia.

Un dels principals factors que influeix la distribució del bentos antàrtic és el gel. Tant de forma directa (erosió del fons i destrucció dels organismes bentònics), com de forma indirecta (temperatura de l'aigua, nivell de transmissió de la llum, corrents i salinitat). En les zones litorals, la zonació dels organismes bentònics es troba intensament marcada per la pertorbació del gel que pot afectar fins a uns 30 m de fondària. Els icebergs es claven i s'arrosseguen al llarg del fons marí, erosionant el substrat i eliminant la fauna bentònica (Figura 3). Els fons de la plataforma continental també són pertorbats per l'acció de grans icebergs tubulars que poden arribar fins a 500 m de fondària; els quals s'originen com a resultat del trencament de la plataforma de gel continental (fenomen anomenat *calving*). Per exemple, durant el març de l'any 2002 es va despendre un iceberg "gegant" (anomenat B-15) de la plataforma de gel de la badia Ross que tenia una àrea d'uns 10.000 km² (quasi tres vegades la superfície de Mallorca). L'efecte d'aquest iceberg no només va repercutir en les comunitats bentòniques sinó que també va reduir en un 40% la producció primària degut a la gran extensió de la cobertura del gel.

3. La fauna bentònica actual

Una de les principals línies d'investigació dins l'ecologia és la comprensió dels processos que incideixen en la distribució, l'abundància i les interaccions de les espècies. En aquest context, val a dir que les comunitats bentòniques de l'Antàrtida es troben influenciades per factors biòtics (predació, competició, reclutament) i abiòtics (substrat, fondària, sedimentació, aportació d'aliment, pertorbacions causades pel gel).

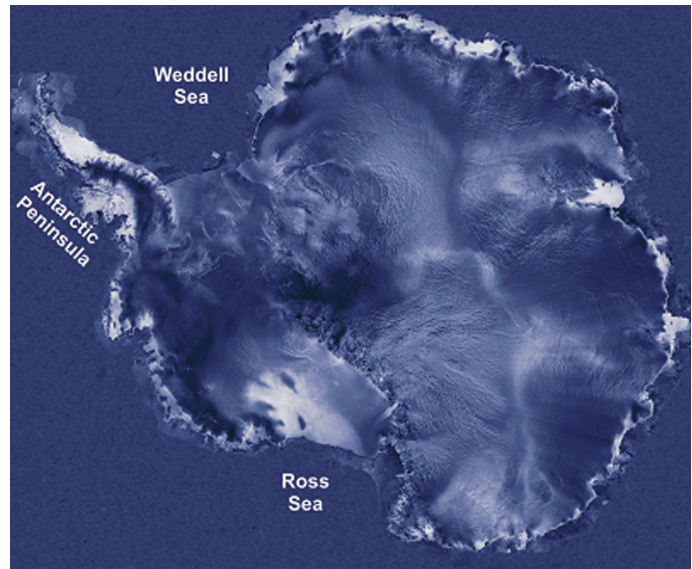


Figura 2. En aquesta imatge de satèl·lit s'observa les grans plataformes de gel del Mar de Weddell i de Ross.

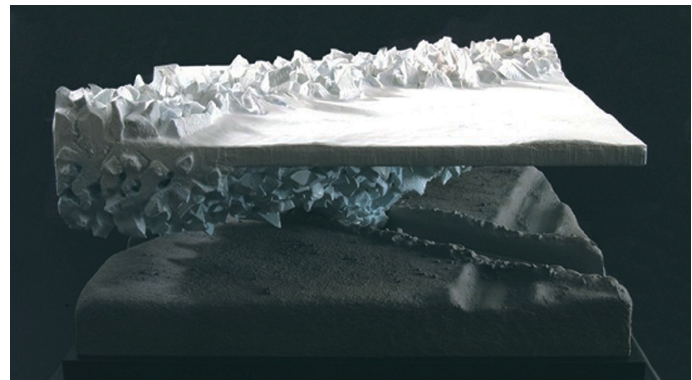


Figura 3. Esquema de l'efecte dels icebergs sobre els fons bentònics. Pot veure's com la part basal de l'iceberg es clava al fons marí formant depressions de fins a 2.5 m on, posteriorment, als marges s'hi van acumulant sediments. L'efecte dels impactes depèn de la mida, la forma i l'estabilitat de cada iceberg; i també de les característiques del substrat rocós. (Imatge cedida pel Geological Survey of Canada).

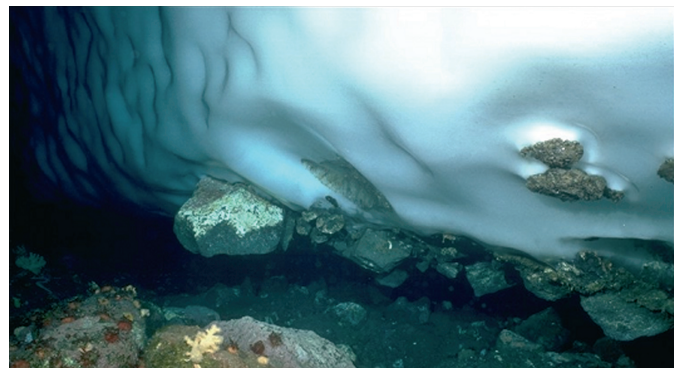


Figura 4. El glaç de fons engloba i arranca les roques de fons litoral en la zona de McMurdo (Mar de Ross). En aquesta fotografia es pot apreciar un alcioniari (al centre), estrelles (*Odontaster validus*) i eriçons de mar (*Sterechinus neumayeri*). Fotografia: Kathleen Conlan, Canadian Museum of Nature).



Figura 5. Durant l'estiu antàrtic del 1982 va instal·lar-se una sèrie de plaques d'alumini a 30 m de fondària a l'illa d' Sputnik (Illa del Rei Jordi, Península Antàrtica). Després de tres anys les plaques estaven completament recobertes d'organismes bentònics: esponges, briozous, ascidis (*Cnemidocarpa verrucosa* –centre i part basal-, *Ascidia challengerii* –part superior) i eriçons (*Sterechinus neumayeri*). L'any 1984, en el fons litorals de la zona de McMurdo (Mar de Ross) també hi va haver un fort reclutament (entrada de nou individus en una població a través de processos reproductius o d'immigració), sobretot de l'esponja *Homaxinella balfourensis*. Aquest ràpid reclutament i creixement de la fauna bentònica en les dues localitats antàrtiques va produir-se durant el cicle del Niño 1982-84 que va ser particularment molt dur. A la fotografia de la dreta pot observar-se l'esponja (*Homaxinella balfourensis*), diversos hidrozous, la gorgònia filiforme (*Arntzia gracialis*) i l'eriçó (*S. neumayeri*) (Mar de Weddell, a 80 m de fondària). Fotografies: Martin Rauschert i Núria Teixidó (AWI).

A nivell global, els patrons de distribució i d'abundància de la majoria de comunitats biològiques duen les reminiscències dels processos històrics viscuts. Així, l'evolució actual de la fauna antàrtica (i en particular del bentos) està influenciada pels fenòmens passats; com són els moviments tectònics i els canvis climàtics, la dispersió i la migració i l'extinció i l'especialització de les espècies.

S'ha fet ja esment de que el patró de distribució dels organismes bentònics sobre els fons marins està influenciat per les perturbacions del gel. Aquestes perturbacions han permès diferenciar, al litoral de la base científica de McMurdo (Mar de Ross), tres nivells de fondària en

funció de la seva afecció. La zona menys profunda (Zona I, entre els 5-15 m) està coberta pel gel durant la major part de l'any i presenta pocs organismes; malgrat que als mesos d'estiu (lliures de gel) hi hagi un creixement considerable de diatomees que atrau a poblacions d'estrelles de mar (*Odontaster validus*) i eriçons (*Sterechinus neumayeri*). La zona intermèdia (Zona II; entre els 15-30 m de fondària) és un sector exposat regularment a les perturbacions d'icebergs i, sobretot, al glaç de fons (*anchor ice*) que envolta els organismes i els arranca del substrat (Figura 4). Aquesta zona es caracteritza per la presència de cnidaris com ara estolonífers (*Clavularia frankliniana*), alcionaris

(*Acyonium antarcticum*, *Gersemia antarctica*), actínies (*Hormatia lacunifera*, *Utricinopsis antarctica*) i espècies d'hidrozous (*Monocaulus parvula*, *Tubularia bodysoni*). També hi habiten diferents ascidis (Figura 5) com ara *Cnemidocarpa verrucosa*, espècies d'esponges (*Homaxinella balfourensis*), fauna mòbil com els equinoderms *Odontaster* i *Sterechinus*, pignogònids i peixos de gel (*Pagothenia bernachii*).

En aquesta zona costanera, la pertorbació dels icebergs i del glaç de fons és poc freqüent a partir dels 33 m de fondària (Zona III, entre els 30 m i fins més de 180 m). En aquestes profunditats hi dominen les esponges de la classe Hexactinellida que es caracteritzen per assolir grans dimensions (s'ha observat colònies d' 1.8 m d'alçada i 1.3 m de diàmetre), per tenir un creixement molt lent i un cicle de vida molt llarg (hom estima que els espècimens adults poden tenir més de 500 anys). Entre aquestes esponges (que a vegades cobreixen fins a un 55% de la superfície d'aquesta zona) també hi habiten hidrozous, gorgònies, alcionaris, anemones, briozous, pterobranquis i ascidis. Aquests grups d'organismes sèssils contribueixen a l'estructura vertical de la comunitat, proporcionen refugis a les espècies mòbils (poliquets, mol·luscos, pignogònids, peixos) i serveixen de substrat per altres espècies sèssils. La distribució i l'abundància d'aquestes esponges hexactinèlides es veu regulada per l'efecte de predació de les estrelles de mar (*Acodontaster conspicuus*) i dels nudibranquis (*Austrodoris mcmurdensis*); al mateix temps que disminueixen progressivament a partir dels 50 m de fondària. En canvi, a la plataforma continental del Mar de Weddell, s'ha detectat una alta abundància d'aquestes esponges hexactinèlides entre els 200-400 m de fondària (Figura 6).

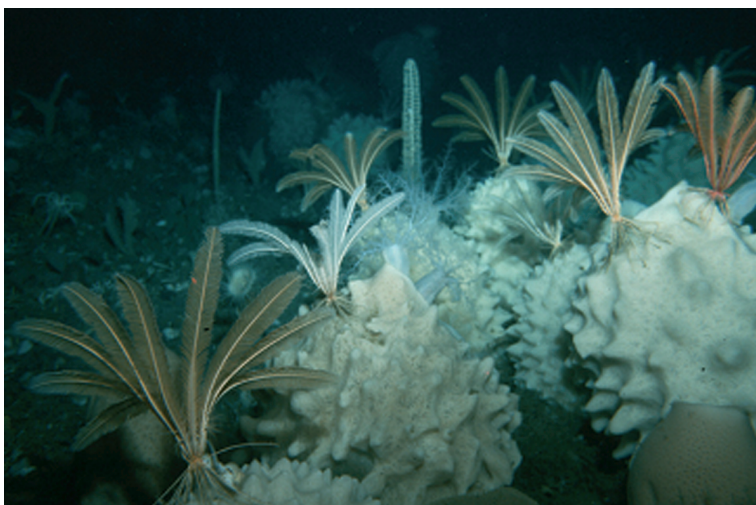


Figura 6. Les esponges hexactinèlides poden ser molt abundants en la plataforma del Mar de Weddell. Aquestes esponges estableixen relacions epi-bentòniques amb altres organismes com ara les holotúries (*Ekmanocuumis turqueti*) o crinoideus (*Promachocrinus kerguelensis*). Fotografia: Julian Gutt (AWI)

La regió sud-est del Mar de Weddell es distingeix de les altres regions antàrtiques per l'absència de zones litorals. Només hi han dos sectors poc profunds on la plataforma es situa per sobre dels 100 m. En

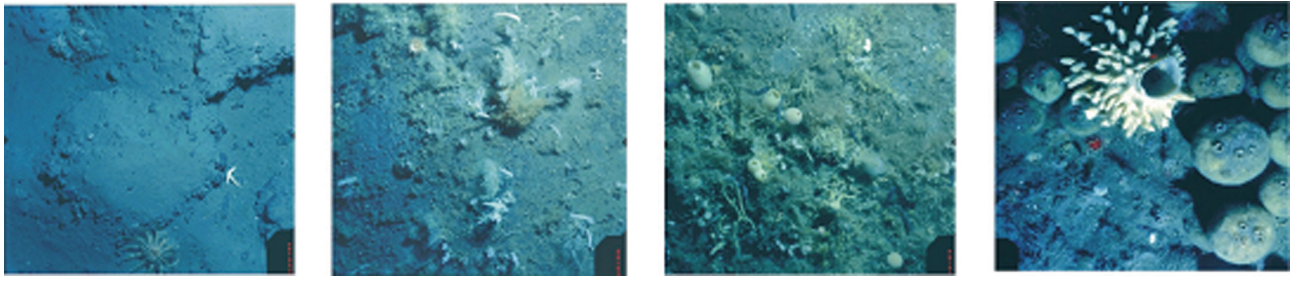


Figura 7. En aquestes fotografies s'observen canvis en l'ocupació de l'espai dels organismes bentònics al llarg dels estadis de successió. Es pot apreciar l'impacte mecànic dels icebergs en la fotografia de l'esquerra. Els estadis inicials es caracteritzen per la poca cobertura del substrat mentre que els estadis finals mostren valors intermedis i alts de cobertura bentònica, amb una alta abundància d'esponges, briozous i ascidis. Fotografies: Julian Gutt i Núria Teixidó (AWI)

aquesta regió, entre els 200-400 m de fondària, abunden les comunitats bentòniques de fons tous que es caracteritzen per la seva alta diversitat, biomassa i complexitat estructural. Una de les peculiaritats d'aquestes comunitats són les relacions epibentòniques (Figura 6) que estableixen els organismes (epibionts) amb la fauna sèssil. Aquesta estratègia d'epibiosi permet tenir un major accés a la columna d'aigua per tal d'alimentar-se, evitar la competència pel domini de l'espai i augmentar la diversitat local. Aquestes comunitats bentòniques són un exemple més de comunitats tridimensionals complexes formades per suspensívors bentònics. Els llargs cicles de vida i els lents ritmes de reproducció i creixement d'aquests invertebrats antàrtics els ha permès crear comunitats altament estructurades i madures, de forma que la fauna actual és el resultat d'una llarga i complexa història evolutiva que ha sobreviscut a períodes glacials. Aquestes característiques poden tenir un efecte molt marcat en tots els aspectes de les històries de vida de les espècies i pot condicionar el temps necessari en el que una espècie o una comunitat respon a una pertorbació. La complexitat estructural i l'alta diversitat dels fons antàrtics de la plataforma continental han estat comparats amb els ecosistemes d'esculls coral·lins i selves tropicals.

Les pertorbacions dels icebergs sobre les comunitats bentòniques afecta grans distàncies (diversos kilòmetres) i, en el fons marí, l'erosió provocada crea un hàbitat complex format

per un mosaic de zones pertorbades i no pertorbades (Figura 7). L'impacte produït marca l'inici del procés de successió (seqüència d'espècies d'una comunitat al llarg del temps després d'una pertorbació). Quan es considera una escala espacial i temporal gran, la coexistència de diferents estadis de successió provoca un augment de la diversitat. Aquests estadis es diferencien en funció de la composició d'espècies i de la seva abundància. Els estadis inicials es caracteritzen per una baixa abundància i diversitat, i per un poc recobriment del substrat; malgrat que localment pugui trobar-se un gran nombre d'individus d'una mateixa espècie pionera. Els primers colonitzadors tenen, majoritàriament, un creixement ràpid i una complexitat estructural baixa, mentre que els estadis finals presenten un número elevat de riquesa d'espècies i una biomassa excepcionalment alta. Es considera que els estadis inicials són els precursors de l'estadi format per les esponges hexactinèl·lides; assumint que es necessiten dècades o centenars

d'anys per retornar a una comunitat tant longeva i madura. En general, la informació disponible de la successió de les comunitats bentòniques antàrtiques coincideix amb les generalitzacions relacionades amb la direcció dels canvis dins de la trajectòria de successió (per exemple, increment d'estructures complexes en els organismes, increment del nombre de les espècies i, a vegades de la diversitat). Aquestes generalitzacions s'han interpretat com a resultat de processos d'autoorganització del sistema.

4. La fauna de l'oceà Antàrtic i el canvi climàtic

El fet diferencial de l'Antàrtida és la influència de la glaciació sobre la diversitat marina ja que el desenvolupament de la gran extensió de glaç continental va eliminar la major part de les riques comunitats someres que es troben en altres hàbitats litorals. Els estudis geològics i geofísics indiquen que en el passat els grans blocs

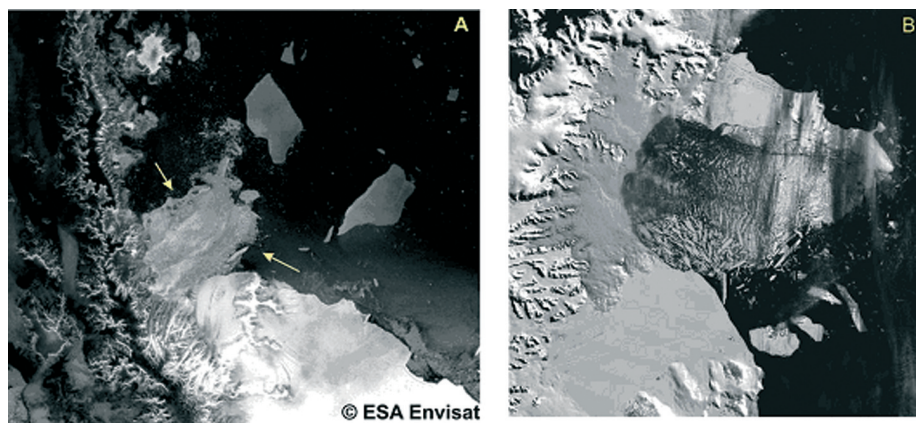


Figura 8. Imatges de satèl·lit de: (a) l'àrea de la Península Antàrtica (18 de març del 2002) i (b) la plataforma de gel de Larsen (3 de maig del 2002). Les fletxes indiquen la zona de desintegració massiva. S'ha estimat que en només els 35 dies compresos entre febrer i març del 2002 la plataforma de gel de Larsen va perdre uns 3000 km²; en comparació als 7000 km² de pèrdua de totes les plataformes de gel de la zona durant els últims 50 anys. Fotografies: ESA (Envisat) i NASA, Ted Scambos, Universitat de Colorado.



© J. M. Gili

de gel es van estendre fins al marge de la plataforma continental. Els estudis dels rangs batimètrics d'organismes marins antàrtics mostren com durant els períodes de glaciació molts d'ells van estar forçats a descendre cap a "refugis", situats en la vessant continental més profunda.

Existeixen evidències de que aquests cicles d'avanç i retrocés del gel continental s'han anat succeint durant els últims 2 milions d'anys i han pogut ser la força ambiental per a desenvolupar la capacitat de tolerància a un ampli rang de fondàries (euribatria) que presenten els invertebrats bentònics antàrtics. Per altra part, l'actual règim tèrmic de l'Oceà Antàrtic és molt constant comparat amb l'escala del cycle de vida d'un organisme marí antàrtic; sobre tot a les zones pròximes al continent. Aquest fet es relaciona amb els alts nivells de tolerància a un estret marge de temperatures (estenotèrmia) que presenta la fauna; la qual cosa fa que qualsevol escalfament del mar li pugui produir greus conseqüències.

Un altre aspecte clau roman en la capacitat de dispersió dels invertebrats marins antàrtics; on moltes espècies es reproduïxen mitjançant larves lecitotròfiques de curta vida o d'ous incubats que posteriorment desenvoluparan petits juvenils. Aquestes formes majoritàries (però no úniques) de reproducció redueixen la capacitat de dispersió i de colonització de nous hàbitats. També és d'esperar que un escalfament global de l'Oceà Antàrtic faciliti la invasió d'espècies alienes temperades cap a latituds més baixes. - Tot sembla indicar que l'efecte d'aquest procés pot resultar més lent del que hom podria pensar degut a l'existència de l'Oceà profund i del Front Polar, que actua com una forta barrera, però no absoluta, en la distribució de molts organismes -.

Si bé les pertorbacions naturals es consideren processos inherents en la dinàmica i en l'organització dels ecosistemes terrestres i marins, un augment de la seva intensitat i freqüència pot produir canvis extraordinaris i irreversibles en la diversitat, l'estructura i el funcionament dels ecosistemes.

El canvi climàtic està relacionat amb l'increment del desprendiment d'icebergs del marge continental, que es tradueix en un augment de la freqüència de les pertorbacions sobre les comunitats bentòniques de la plataforma continental. Aquest escalfament és palès en la regió de la Península Antàrtica on actualment, a la plataforma de Larsen, es produeix una desintegració massiva del gel continental en forma de milers d'icebergs que són dispersats per tempestes, vent i onades (Figura 8). En aquesta zona, hi ha estudis que evidencien un increment lineal de temperatura de 2.5 °C des del 1940; increment cinc vegades superior a l'augment mitjà global del planeta.

Malgrat que el bentos antàrtic s'ha adaptat a les pertorbacions de gel durant un llarg període evolutiu, cal un temps necessari perquè una comunitat es recuperi després d'una pertorbació (resiliència). Si l'escalfament global continua, es produirà un increment d'icebergs i les comunitats bentòniques antàrtiques estaran exposades a una freqüència més elevada de pertorbacions per les quals no estan adaptades. Amb aquest increment de freqüència/intensitat de pertorbacions, el bentos antàrtic probablement no es recuperarà i no retornarà a aquestes comunitats longeves i madures. Qualsevol canvi dels règims de pertorbació suposa una alteració de la resiliència d'aquest ecosistema particularment sensible al canvi climàtic global i, per tant, un gran repte per a la seva conservació.



La Núria Teixidó és una "post-doc" que fins fa poc estava a Alemanya, a l'AWI, on va fer la seva tesi doctoral. Durant la campanya li va tocar treballar amb el ROV i les imatges submarines a altes hores de la nit... Però les fotografies que va prendre pagaven la pena! La Núria ha estudiat el fenomen de successió en les comunitats bentòniques antàrtiques, tot aplicant mètodes de "landscape ecology".