

PLUJA D'ESTIU

Escrit per:

Enrique Isla

Dept. de Geologia

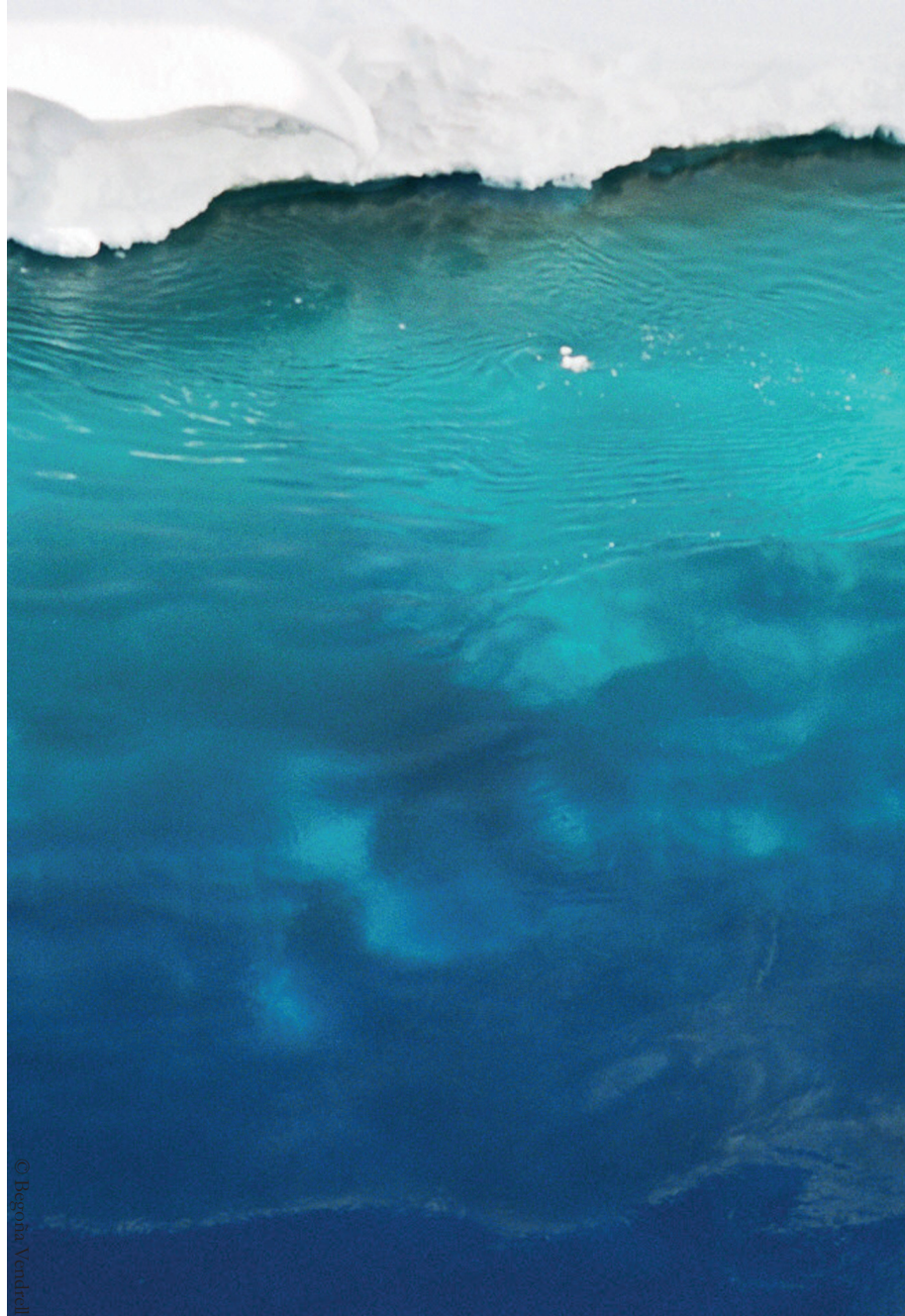
Institut de Ciències del Mar (CSIC)

Barcelona

El gel acumulat a l'Antàrtida (30 milions de km^3) és equivalent al 90% del gel terrestre i aproximadament al 68% de l'aigua dolça del planeta. En contrast, l'Antàrtida és el continent més sec de la Terra amb una precipitació mitjana de 145 mm l'any, que en alguns indrets només assoleix els 2 mm anuals (com passa al desert del Sàhara). Tanmateix, durant l'estiu austral es genera una de les pluges més intenses del planeta.

Després dels obscurs i freds mesos de tardor i hivern antàrtics, el gel marí que ha cobert uns 20 milions de km^2 -tant com l'extensió del continent que es d'aproximadament 18 milions de km^2 (Fig. 1)- es comença a desfer amb l'arribada de la primavera. En aquest procés s'alliberen a l'aigua de mar milions de microalgues fotosintètiques que aprofitant la llum i la gran quantitat de nutrients que hi ha a l'aigua es reproduiran intensament fins a finals d'estiu. Aquesta explosió de vida es coneix com a aflorament del fitoplàncton i té implicacions molt importants en el cicle del carboni i el transport de matèria orgànica cap al fons del mar.

Les microalgues s'agrupen formant llargues cadenes; així les partícules unicel·lulars es converteixen en unitats més grans i pesades que augmenten la velocitat d'enfonsament de les partícules originals fins a varis centenars de metres per dia. Paral·lelament, organismes més grans que s'alimenten de fitoplàncton alliberen paquets fecals plens de restes de matèria orgànica procedents de la ingesta de les microalgues durant i després del festí estiuenc (Fig. 2). Els paquets fecals també s'enfonsen ràpidament i arriben al fons



© Beatriz Vondra

del mar en poc temps. Aquesta pluja de partícules és una transferència d'aliment que permetrà menjar a una de les comunitats bentòniques més grans del planeta, fins i tot durant els mesos en que el gel i la absència de llum pràcticament detenen la producció de matèria orgànica a la superfície del mar. A més, és una forma de transportar carboni atmosfèric al sediment del sòl marí on una part hi quedarà preservada. D'aquesta manera es redueix la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera i queda un registre geològic de les condicions climàtiques actuals.

La zona costanera i el cicle del carboni

La producció primària anual en aigües antàrtiques pot assolir fins a 300 g C m^{-2} , que és una quantitat similar a la que es genera en zones d'afloriment, considerades les més productives del planeta (Fig. 3). Tanmateix, menys del 5% del carboni orgànic produït per fotosíntesi queda sepultat en el sediment del sòl marí antàrtic (Isla et al., 2004). L'activitat química (e.g., remineralització) i biològica (e.g., pastura de macrofitoplàncton i zooplàncton) al llarg dels primers 500 m de la columna d'aigua és molt

intensa i impedeix que gran part dels productes de la fotosíntesi i desfets de la activitat del fitoplàncton s'exportin cap al mar profund. Per això, el paper de la zona costanera en el cicle del carboni és molt important.

El flux de partícules a prop de la costa pot ser fins a 900 vegades més gran que aquell que arriba a mitja columna d'aigua, per sota dels 500 m de profunditat (Palanques et al., 2002). La poca profunditat en la zona costanera permet que el material orgànic arribi ràpidament al fons sense donar temps a que s'alteri químicament o al menys conservant altes qualitats nutritives, és a dir, alts continguts en proteïnes, lípids i carbohidrats. Una vegada en el sòl marí, les partícules sedimentades es resuspenen per l'acció dels corrents de fons i la força de la marea. La matèria resuspensa forma un núvol de sediment fi i carboni orgànic una part del qual alimenta al bentos, una altra torna a sedimentar i una altra inicia una llarga trajectòria cap a zones més profundes. El flux vertical de partícules a l'oceà obert en el Mar de Weddell és un dels més petits dels oceans de la Terra (Fischer et al., 1988) i la seva contribució a l'enfonsament de carboni és mínima mentre que la

quantitat de carboni transferida per transport lateral des de zones someres no només serveix per mantenir grans comunitats bentòniques sinó també per transferir un senyal de carboni al registre sedimentari i dotar de fins a un 2% de carboni al sediment superficial (Isla et al., 2002). En conseqüència, la transferència de carboni de la zona costanera al mar profund representa una efectiva "bomba de carboni".

Acoblament pelago-bentònic

L'exportació de carboni de la zona fòtica enllaça la biota que habita la zona il·luminada de l'oceà amb els organismes que viuen a sobre i dins del sediment marí. L'acoblament entre els dos ambients té lloc a través del flux de partícules i la migració de plàncton, com les salpes, que és una font d'energia de gran qualitat per al bentos antàrtic.

Les comunitats bentòniques antàrtiques entre 100 i 800 m de profunditat assoleixen biomasses de fins a 12 g de C m⁻². Aquesta xifra és més gran que la que arriben a tenir els esculls coral·lins i en general el bentos en ambients temperats i tropicals a profunditats similars (Brey and Gerdes, 1997). Aquesta gran biomassa

viu de la matèria orgànica que arriba des de la superfície marina (Fig. 4).

El flux anual de carboni mesurat a prop del fons varia entre 2 i 16 g C m⁻², encara que aquestes xifres corresponen a experiments puntuals així que el rang pot variar fàcilment. Aquestes xifres també depenen del lloc on s'hagin mesurat, per exemple, el sediment tendeix a acumular-se en depressions del sòl marí, per tant els fluxos que s'hi registren són majors que en altres indrets a la mateixa profunditat però sobre planícies marines. També existeix gran variació anual que depèn de moltes característiques que fan més o menys productiu un any respecte un altre. Els estudis del cicle del carboni encara són insuficients per explicar tots els ambients marins encara que el coneixement en aquest camp creix exponencialment. Allò que està clar és que sense importar la intensitat del flux de carboni, el bentos antàrtic incorpora eficientment l'aportació orgànica que rep lateral i verticalment. Tractant-se de l'Antàrtida es podria suposar que la temperatura jugaria un paper important en la disminució del ritme de degradació de la matèria orgànica per explicar la riquesa de carboni en les partícules transportades verticalment que, presumiblement,

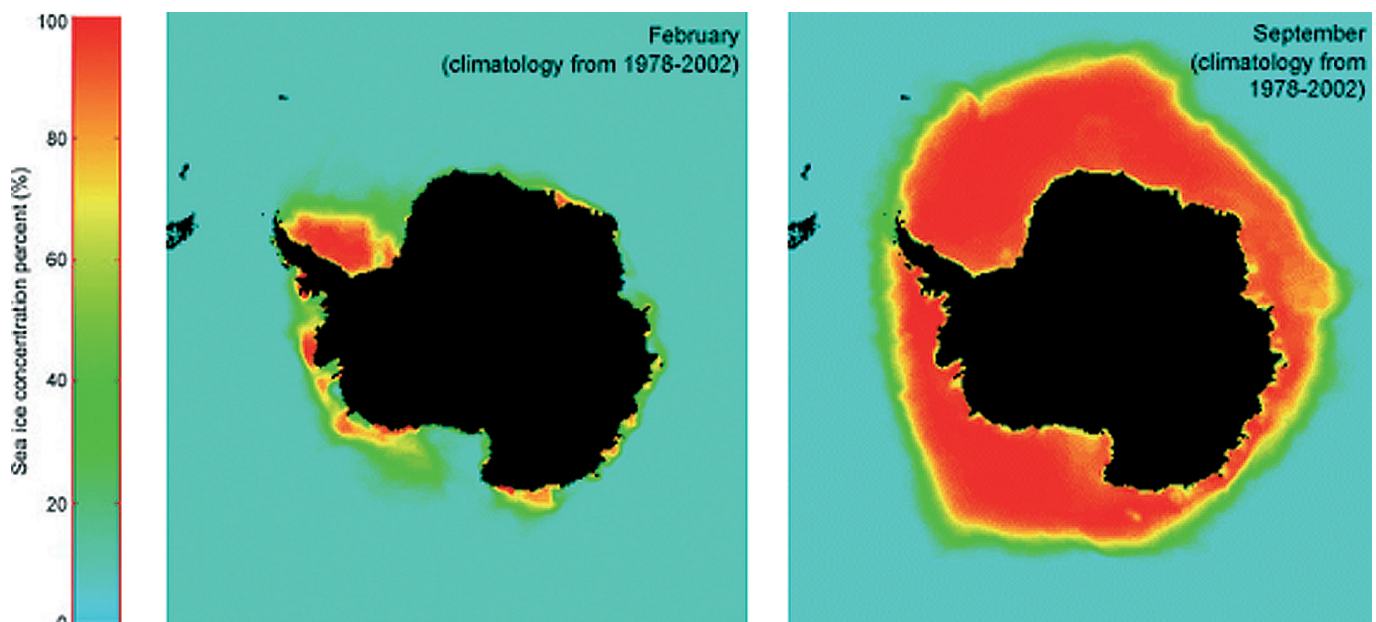


Figura 1. Mitjana de l'extensió de gel marí (1978-2002) al voltant del continent Antàrtic. Font: http://nsidc.org/sotc/sea_ice.html

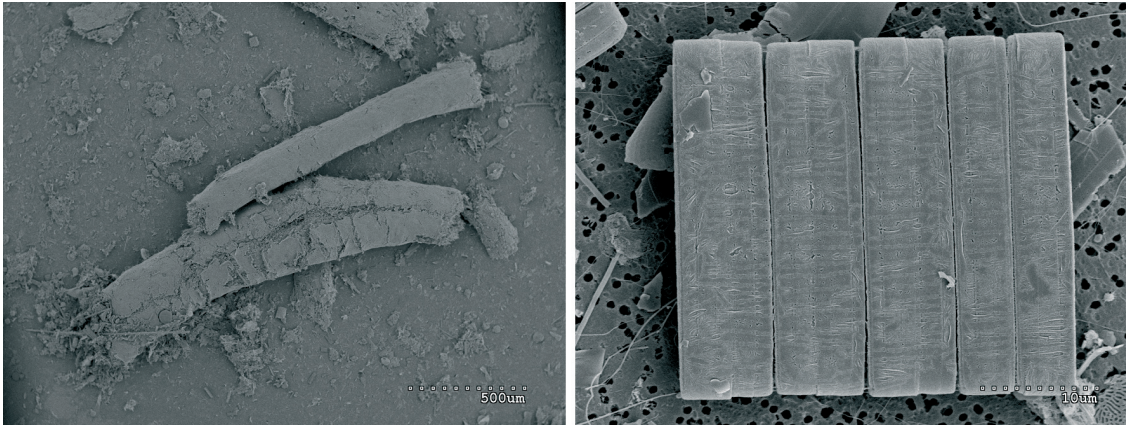


Figura 2. Paquets fecals (imatge esquerra) i cadena de diatomees *Fragilariopsis sp.* Fotos: E. Isla, J.M. Fortuño ICM-CSIC.

porten més temps en l'ambient marí que les que arriben al fons amb trajectòria vertical. Encara que les temperatures de l'aigua a prop del fons són properes a -2°C no és la baixa temperatura allò que retarda la descomposició de la matèria orgànica sinó la quantitat de biogènics que s'acumulen en el sediment (Nedwell et al., 1993). La intensitat de la pluja de matèria orgànica durant la primavera i l'estiu evita que el material que arriba al fons es pugui utilitzar completament. L'acumulació de biogènics que ocorre a l'Antàrtida permet que hi hagi material nutritiu disponible per als organismes del bentos després de la gran pluja de l'estiu, cosa que els permet mantenir la seva activitat tròfica durant tot l'any.

Fluxos de partícules i clima

L'Antàrtida actual és un ambient únic resultat de la migració del continent

antàrtic cap al Pol Sud fa 50 milions d'anys, quan s'inicià un procés de refredament i formació de grans plataformes de gel que han avançat i retrocedit erosionant la plataforma continental. Actualment, com a conseqüència d'aquests processos erosius i de la gran pressió que exerceix el gel sobre el continent, la plataforma continental antàrtica és la més profunda de l'oceà. Com a mitjana té una profunditat de 500 m i en alguns indrets arriba fins a 800 m, mentre que a la resta del planeta típicament és d'entre 100 i 200 m. La temperatura i la salinitat només canvien dècimes de punt al llarg de l'any; varien al voltant de -1.5°C i 34.30 PSU, respectivament. Una altra característica única de la plataforma continental antàrtica és que rep molt poc material del continent atesa la cobertura del gel i l'absència de rius. Tanmateix, la presència d'aquest poc material litogènic és molt important ja que les partícules orgàniques s'aglomeren amb les minerals i generen

el flux de material que transportarà carboni cap a les profunditats. Totes aquestes característiques formen un delicat equilibri i fan que les comunitats bentòniques de l'Antàrtida visquin dintre d'un ambient gairebé constant, principalment pertorbat pel pas dels icebergs que quan fan contacte amb el fons ho deixen tot devastat al seu pas. Aquestes comunitats, a més, tenen un grau molt alt d'endemisme degut a l'aïllament físic generat pel corrent circumpolar antàrtic i la profunditat.

La gran quantitat d'aigua que hi ha a l'Antàrtida fa que aquest continent sigui especialment sensible a l'escalfament de l'atmosfera terrestre. Recentment grans icebergs s'han després de les enormes plataformes de gel en els mars de Weddell i Ross. L'efecte d'aquests desprendiments encara no es coneix àmpliament però de moment se sap que disminueixen l'àrea disponible per als afloriments

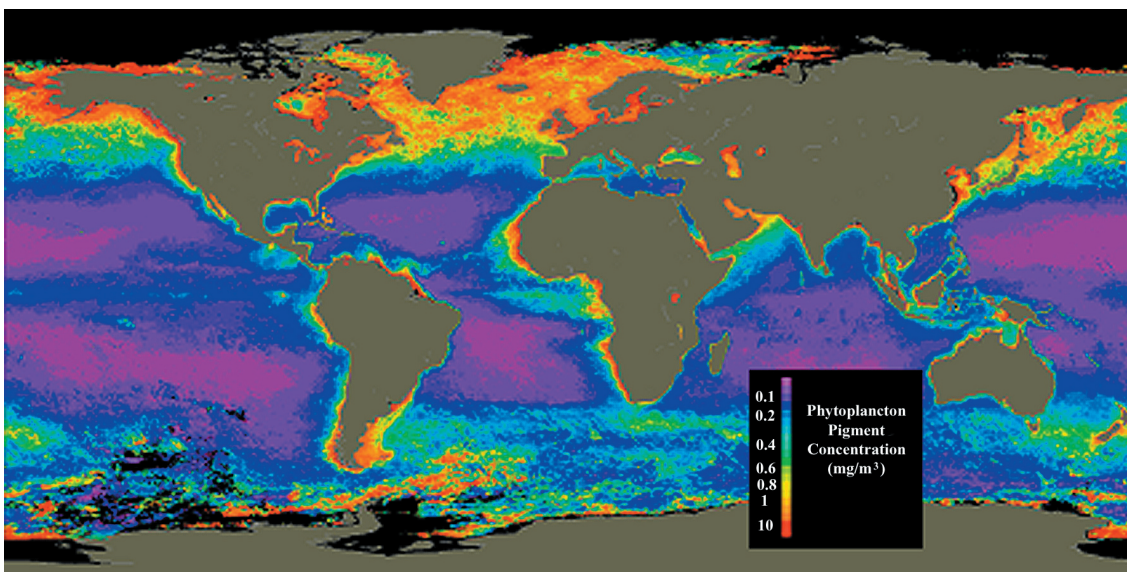


Figura 3. Concentració anual mitjana de fitoplàncton. Font: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>

de fitoplàncton i augmenten la freqüència de la pertorbació pels icebergs (Gutt & Starmans 2001; Arrigo et al. 2002) i poden augmentar l'aportació de sediment. Això provoca que el bentos rebí més sediment litogènic i menys matèria orgànica; a més la probabilitat de ser arrasat per un iceberg creix.

Aquests esdeveniments posen en seriós perill el bentos antàrtic que, habituat a condicions ambientals tan constants, ha desenvolupat cicles de vida molt llargs, potser massa llargs per recuperar-se d'un canvi accelerat per les oscil·lacions climàtiques actuals. Si les plataformes de gel segueixen desintegrant-se al ritme actual, la rica pluja d'estiu antàrtica arribarà a un sòl marí que haurà perdut la seva gran riquesa biològica encara sense descobrir.



Figura 4. Comunitats bentòniques de la plataforma continental del Mar de Weddell.

Referències:

Arrigo, K., van Dijken, G.L., Ainley, D.G., Fahnestock, M.A., Markus T., 2002. Ecological impact of a large Antarctic iceberg. *Geophysical Research Letters*, 29, 10.1029/2001GL014160.

Brey, T., Gerdes, D., 1997. Is Antarctic benthic biomass really higher than elsewhere? *Antarctic Science*, 9, 266-267.

Fischer, G., Fuetterer, D., Gersonde, R., Honjo, S., Ostermann, D., Wefer, G., 1988. Seasonal variability of particle flux in the Weddell Sea and its relation to ice cover. *Nature*, 335, 426-428.

Gutt, J., Starmans, A., 2001. Quantification of iceberg impact and benthic recolonisation patterns in the Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biology*, 24, 615-619.

Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Sánchez-Cabeza, J.A., Bruach, J.M., Guillén, J., Puig, P., 2002. Sediment accumulation rates and carbon burial in the bottom sediment in a high productivity area: Gerlache Strait (Antarctica). *Deep-Sea Research II*, 49, 3275-3287.

Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Guillén, J., Puig, P., and Sánchez-Cabeza, J.A., 2004. Sedimentation of biogenic constituents during the last century in western Bransfield and Gerlache Straits, Antarctica: a relation to currents, primary production, and sea floor relief. *Marine Geology* 209, 265-277.

Nedwell, D.B., Walker, T.R., Ellis-Evans, J.C., Clarke, A., 1993. Measurements of seasonal rates and annual budgets of organic carbon fluxes in an Antarctic coastal environment at Signy Island, South Orkney Islands, suggest a broad balance between production and decomposition. *Applied and Environmental Microbiology*, 59, 3989-3995.

Palanques, A., Isla, E., Puig, P., Sánchez-Cabeza, J.A., Masqué, P., 2002a. Annual evolution of downward particle fluxes in the Western Bransfield Strait (Antarctica) during the FRUELA project. *Deep-Sea Research II*, 49, 903-920.



L'Enrique Isla té un contracte Ramón y Cajal com a postdoctoral a l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona. Li agraden els fluxos de partícules, saber què hi ha al sediment antàrtic, i conèixer també el cicle del silici a l'Antàrtida. Al vaixell, el podíeu veure sovint al costat del CTD.