

Els esculls coral·lins ocults d'Europa

Els esculls coral·lins són un dels ecosistemes més espectaculars del nostre planeta i formen un ampli cinturó al voltant de la zona tropical-subtropical. Els esculls coral·lins prosperen en aigües tropicals, poc profundes i clares, on milers de coralls tous i durs de tots els colors ofereixen un hàbitat domèstic a multitud de peixos i invertebrats.

Durant la darrera dècada, els científics han utilitzat instruments altament sofisticats per explorar entorns de molta profunditat i han aconseguit explorar una gran diversitat d'ecosistemes coral·lins que prosperen en aigües profundes, fosques i fredes, que, en latituds altes, formen esculls semblants als de les zones tropicals.

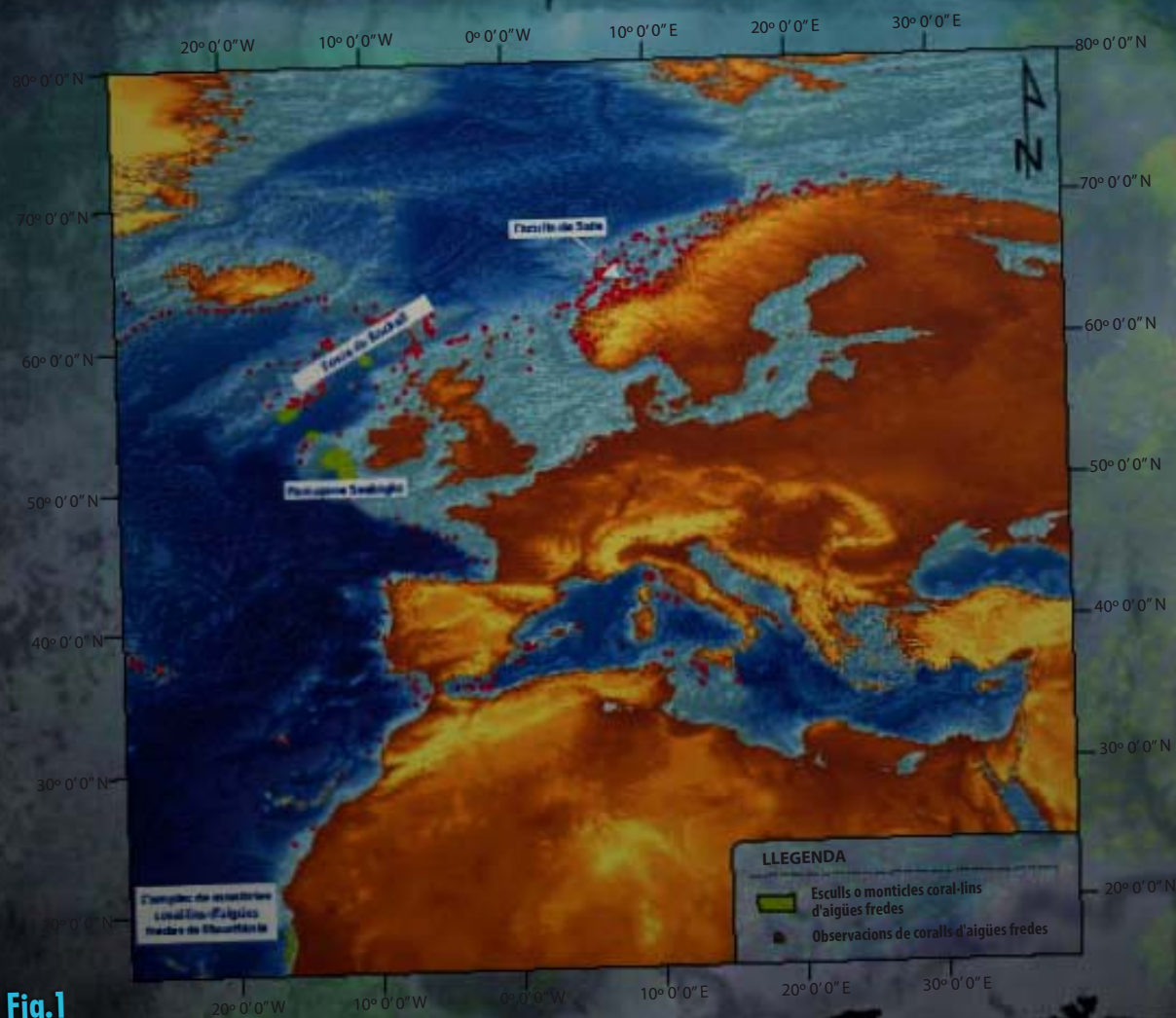


Fig.1

Escrit per
Ben De Mol

GRC Geociències Marines de la Universitat de Barcelona i del Parc Científic de Barcelona

Traduït de l'anglès per Linguacom SL

Coralls d'aigües fredes

Les estratègies vitals dels coralls escleractinians (coralls calcaris) i la seva adaptabilitat a les condicions ambientals, tenen molta relació amb la presència o l'absència de zooxantel·les simbiòtiques en el teixit dels pòlips coral·lins. Les zooxantel·les són algues unicel·lulars (dinoflagel·lades) que viuen en simbiosi a l'endoderma dels coralls. Les zooxantel·les proporcionen aliment als coralls en forma de productes fotosintètics que permeten que els coralls creixin i es reproduïxin amb prou rapidesa per crear esculls. A causa de la necessitat de llum, aquests coralls només viuen a la zona fòtica de l'oceà (< 100 m). Necessiten aigües per sobre dels 20 °C i no toleren la salinitat baixa ni la turbiditat alta (Veron, 1995). Això no obstant, en situacions de manca de llum (turbiditat, augment del nivell del mar) sembla que alguns coralls han desenvolupat una estratègia vital simbiòtica facultativa. Si es donen circumstàncies de poca llum o absència completa, s'alliberen de les zooxantel·les per adaptar-se i poder continuar creixent i reproduint-se.

Aproximadament la meitat de les espècies conegudes de coralls que no posseeixen zooxantel·les simbiòtiques viuen en profunditats oceàniques per sota de la zona fòtica. Els coralls d'aigües fredes es troben en un ampli espectre de profunditats batimètriques (0-6.200 m) i a temperatures d'entre 1 °C i 29 °C (Roberts *et al.*, 2006). En conseqüència, la seva distribució és més àmplia que la dels coralls tropicals. La majoria dels coralls d'aigües fredes no són constructors d'esculls. Els principals coralls d'aigües fredes que sí que construeixen esculls són el *Lophelia pertusa* i el *Madrepora oculata*.

Història dels estudis dels coralls d'aigües fredes

A mitjan segle XVIII, Pontoppidan, un bisbe de Bergen, Noruega, va resumir els coneixements sobre coralls d'aigües fredes en aigües noruegues. Els pescadors coneixien i recollien coralls i els utilitzaven com a aliment i com a «medicaments potents». Aquests medicaments s'ingerien gràcies a l'extracció d'olis i greixos i se'n justificava la utilització pel fet que els coralls són «absorbents, refrigerants, emol·lients, astringents i reforçants». A més, portar coralls al voltant del coll «ajudava a prevenir les apoplexies, la pesta i altres malalties contagioses». El reconegut taxonomista Carl von Linné va descriure formalment les espècies en la desena edició del seu *Systema naturae* (Linné, 1758). Els anomenats coralls calcaris d'aigües fredes van

rebre els noms científics al segle XVIII: *Lophelia*, *Madrepora*, *Desmophyllum* i *Dendrophyllia*, i des de la primera vegada que es van descriure en aigües noruegues, han estat objecte d'estudis biològics exhaustius. L'augment de l'activitat pesquera durant els segles XVIII i XIX va proporcionar molts més registres sobre la distribució de *Lophelia* des de Noruega a la península Ibèrica. El 1869 i el 1870, tres coneguts científics britànics, Wyville-Thomson, Carpenter i Gwyn Jeffreys, van embarcar-se en el *H. M. S. Porcupine*. Durant la travessia van desplegar unes dragues d'arrossegament des de l'oest d'Irlanda fins al golf de Biscaia. Amb aquestes dragues es va obtenir una gran quantitat de mostres no identificades de fauna submarina, entre les quals hi havia coralls d'aigües fredes. El 1948, Le Danois va oferir una descripció sinòptica superba del talús continental de davant de la costa nord-oest europea. Es van observar grans quantitats de coralls en diverses localitzacions, especialment en una zona batimètrica molt estreta compresa entre els 500 i els 1.000 m al llarg del talús continental i que formaven enormes cinturons de diversos centenars de metres d'alçària i diversos kilòmetres de llargària. Malgrat que alguns investigadors del segle XIX van suggerir l'existència d'esculls d'aigües fredes en aigües europees, aquesta sospita només es va confirmar els anys setanta a través dels estudis amb submergibles. Diversos estudis recents al llarg dels marges oceànics de l'Atlàntic amb submergibles tripulats i ROV (vehicles de control remot), n'han proporcionat molta informació sobre l'ecologia i la geobiologia i han ajudat a establir que els coralls d'aigües fredes poden construir autèntics esculls si es donen les condicions adequades, tal com demostra l'àmplia distribució de coralls a l'Oceà Atlàntic (Freiwald *et al.*, 2004).

Malgrat que els primers estudis s'enfocaven cap a la vessant biològica, Teichert (1958) va cridar l'atenció dels geòlegs en fer-los notar que les zones coral·lines creixen en latituds altes



Figura 2. Corall de *Madrepora oculata* a l'oceà Atlàntic, obtingut en un banc coral·lí.

Figura 1. Distribució de mapes dels coralls d'aigües fredes observats que tenen el potencial de formar esculls i monticles coral·lins d'aigües fredes. ◀

i en entorns de molta profunditat i va emfatitzar les similituds amb els esculls tropicals. També va destacar la importància geològica dels esculls de molta profunditat pel que fa a la interpretació d'estructures fòssils similars. Això no obstant, no va ser fins als anys noranta que va començar a aparèixer un interès geològic real.

Al principi dels noranta les estructures coral·lines d'aigües fredes de l'Atlàntic nord-oest van cridar l'atenció dels geòlegs. En part va ser una conseqüència indirecta dels extensos exàmens sísmics i prospectius que es feien per a les excavacions petrolieres, i que van donar lloc a la primera descripció sobre perfils sísmics bidimensionals d'estructures coral·lines en forma de cúpula al fons marí. Les mostres d'aquestes estructures van diferenciar clarament el corall d'aigües fredes *Lophelia pertusa* dels sediments fangosos.

Aquestes observacions van provocar un interès acadèmic renovat per estudiar la subsuperfície de la conca de Porcupine i els esculls coral·lins d'aigües fredes, i això va propiciar el descobriment d'enormes esculls coral·lins d'aigües fredes en aquella zona, així com ocurrencies coral·lines a la mar Mediterrània i a tot l'oceà Atlàntic (De Mol *et al.*, 2002; Mienis *et al.*, 2006; Weering *et*

al., 2003). Actualment encara s'estan portant a terme molts estudis i projectes tant a escala nacional com europea (<http://www.eu-hermes.net/>).

Bancs coral·lins d'aigües fredes

Els bancs coral·lins semblen restringits a agrupacions molt ben delimitades al llarg dels marges continentals europeus, en determinats intervals batimètrics. La morfologia varia entre els petits bancs coberts de corall (amb una capa d'uns quants centímetres) fins a estructures totalment coral·lines, com l'escull coral·lí de Sula (40 m d'estructura de corall) a Noruega, o els enormes bancs coral·lins al llarg de les costes de Mauritània, els de Porcupine Seabight o els de la fossa de Rockall (de fins a 400 m d'altura i diversos quilòmetres de llargada). Per aconseguir construir aquests esculls coral·lins d'aigües fredes cal un substrat dur, una font adequada d'aliment i una bona protecció contra enfonsaments.

Les concentracions de coralls de *Lophelia* es troben allà on els corrents eviten la deposició de sediments de gra fi i proporcionen una gran quantitat d'aliment. En aquestes zones favorables, els coralls mancats de zooxantel·les formen franges o bancs, especialment al cim d'elevacions topogràfiques, per exemple sobre les crestes morèniques —on s'adhereixen a les roques despreses—, sobre les muntanyes submarines, sobre roques formades per carbonats, sobre zones de filtració d'hidrocarburs (Hovland, 1990), sobre roques sorgides per aflorament (com en els canons del golf de Lleó i el cap de Creus) i fins i tot sobre gasoductes i plataformes petrolieres (Roberts, 2000). En condicions ambientals favorables, els coralls poden fabricar estructures enormes que atrapen els sediments i proporcionen nínxols per a altres tipus de vida bentònica (esponges, peïsos, etc.). Paradoxalment, malgrat que la sedimentació és un dels inhibidors de creixement del corall, sembla que existeix una espècie de retroalimentació positiva entre l'acumulació de sediments, fins a un cert punt, i el creixement del banc coral·lí. L'estructura coral·lina atrapa els sediments en suspensió i l'alta concentració de microfauna i macrofauna (especialment, les esponges) en els bancs coral·lins ajuda a estabilitzar-ne l'acumulació. D'altra banda, la matriu fangosa evita que l'estructura es col·lapsi sobre la zona morta del corall. El fet que els sediments s'acumulin al mateix ritme amb què creix el corall és un factor que propicia la creació de vastes elevacions topogràfiques al fons marí. Això no obstant, continuem sense saber com s'inicia el procés.

Figura 3. Els coralls d'aigües fredes també es troben a la mar Mediterrània, tot i que la major part de coralls vius actualment són coralls solitaris i colònies de *Madrepora oculata*. Malgrat que sembla que aquest tipus de coralls han estat en aquesta zona des del Pliocè (entre 1,8 i 5 milions d'anys enrere), no han arribat mai a formar autèntics bancs o esculls com a l'oceà Atlàntic. Els coralls solen aparèixer als marges de muntanyes i canons submarins. **a)** Corall de *Desmophyllum* sp fòssilitzat davant de les costes de Rodes. **b)** Coralls d'aigües fredes del mar d'Alborán, en un turó submarí. Els coralls s'havien assentat sobre ostres gegants.



Fig. 3a

La gènesi d'un escull

L'entorn local necessari perquè es formi un gran escull pot ser de dos tipus: geològic (endogènic) o oceanogràfic (exogènic).

Hovland i Risk (2003) suggereixen que els bancs coral·lins d'aigües fredes es formen a conseqüència de les fertilitzacions locals que resulten de determinades filtracions d'hidrocarburs que concentren energia per al creixement biològic com a font endogènica. El paper potencial del metà en l'origen del creixement coral·lí, també l'han descrit Henriët *et al.* (1998) en un model que van desenvolupar per descobrir possibles relacions causals entre la migració del metà, la desestabilització dels talussos i el creixement dels esculls. Aquest model també implica una possible fase d'acumulació d'hidrats (gas metà capturat en cristalls de gel) i de descomposició, en un entorn que ha experimentat variacions extremes de les temperatures del fons marí en les seqüències més recents entre períodes glacials i interglacials. Això no obstant, no s'ha observat cap relació entre la inestabilitat dels talussos i els coralls, ni entre els coralls i les ocurrències d'hidrats gasosos, i la majoria de coralls es troben en zones fora de la influència de les filtracions d'hidrocarburs (De Mol *et al.*, 2008).

Una segona hipòtesi sobre la formació d'esculls té relació amb les condicions oceanogràfiques favorables. Aquest model descriu entorns amb taxes de sedimentació baixes i de concentracions de nutrients altes, ambdós processos deguts als forts corrents. La majoria d'aquests esculls es troben sobre d'anomalies del fons marí com ara les zones d'arrossegament d'icebergs a Noruega, confluències de grans dunes submarines o precipicis en què el moviment de grans masses d'aigua crea una certa turbulència que escombra els sediments i atrapa els nutrients. Quan l'escull coral·lí comença a formar-se, crea la pròpia turbulència o protecció. A més, aquestes anomalies submarines solen trobar-se en règims de forts corrents que, a causa de l'erosió i de determinats processos químics, creen un substrat dur molt adequat, perquè l'escull s'hi fixi. És important observar que aquests esculls solen aparèixer en zones entre dues masses d'aigua intermèdies. La interacció entre aquestes dues masses crea unes condicions oceanogràfiques complexes, com ara marees i onades (similars a les que es creen a la superfície, entre aigua i aire). En aquest model, el desenvolupament de l'escull és semblant al dels esculls tropicals.

Esculls d'aigües profundes i esculls d'aigües somes

La distinció entre esculls d'aigües profundes i d'aigües somes no és tan evident com la diferència entre els coralls zooxantel·lats de la zona fòtica i els coralls no zooxantel·lats de la zona afòtica oceànica. Tampoc no és senzill fer la distinció basant-se simplement en la divisió entre tropical i boreal (latitud), en la profunditat (profund i superficial) o en el règim termal (fred i càlid). Òbviament, les taxes de creixement i diversitat dels coralls tropicals i les taxes d'acreció dels esculls, cauen bruscament quan hi ha un descens de la temperatura i un augment de la profunditat i la turbiditat a la zona fòtica. Però aquesta norma no és aplicable als coralls d'aigües profundes ni a les estructures que construeixen, ja que la distribució i abundància d'aquests es veuen afectades per factors que no pateixen els efectes de la profunditat, com ara la taxa de sedimentació i els règims dels corrents.

Els coralls d'aigües fredes que construeixen esculls, a diferència dels coralls que viuen de manera simbiòtica, són heteròtrofs que depenen de l'aparició de determinades partícules de matèria orgànica en suspensió. Solen ser formes colonials ramificades i arbòries d'una gran delicadesa, formades per pòlips de grans dimensions.

En les comunitats d'aigües somes es combinen grups funcionals de constructors molt ben diferenciats (emmarcadors, cementadors i emplenadors) per crear estructures tridimensionals, desviar els corrents, generar i atrapar sediments i unir la matriu per crear una estructura



Fig. 3b

© Ben De Mol

físicament robusta. En els coralls d'aigües somes, aquestes funcions les desenvolupen una gran diversitat d'organismes calcificadors, mentre que en els coralls d'aigües profundes, el procés el duen a terme un grup inferior d'organismes d'una manera més lenta i menys exhaustiva. El resultat és que els esculls coral·lins d'aigües fredes no assoleixen ni la mida ni la permanència en el registre estratigràfic que les seves contrapartides més superficials. A més, els coralls d'aigües fredes generen construccions més verticals que horitzontals i ho fan durant períodes de temps més llargs (al voltant de 2,5 milions d'anys) en comparació amb els esculls tropicals, que es veuen constantment delimitats pel nivell del mar.

Una gran part de la diversitat biòtica i de la densitat de la biomassa dels esculls coral·lins es podria atribuir al relleu topogràfic i a la complexitat estructural de l'hàbitat físic que creen els esculls. Els esculls coral·lins tenen el potencial de proporcionar un hàbitat crític tant als organismes mòbils com als acoblats, i els agreguen a si mateixos en densitats molt altes, per facilitar les interaccions biològiques com ara l'alimentació i la reproducció. En els esculls d'aigües profundes es poden observar densitats coral·lines similars a les dels esculls més superficials, però amb una diversitat de formes estructurals i unes taxes de creixement molt inferiors. El règim hídric exerceix un control molt fort sobre les estructures i funcions comunitàries en els esculls coral·lins d'aigües somes a causa dels efectes combinats sobre els fluxos trofodinàmics, les perturbacions

i el transport de productes reproductius. Moltes de les variacions que s'observen en la morfologia completa (en la zonació), en l'oscil·lació de nutrients, i en la recol·lecció d'organismes en els esculls es poden explicar amb relació als moviments de les aigües. En els esculls coral·lins d'aigües fredes s'hi observen zonacions similars, tot i que no hi ha variacions en les funcionalitats. La concentració de biomassa fotosintètica en les aigües somes tropicals, juntament amb l'advecció ràpida dels nutrients dissolts i el reciclatge intens, han convertit els esculls coral·lins de les zones fòtiques en les comunitats més productives de l'oceà. Això no obstant, només una fracció d'aquesta producció bruta de matèria orgànica s'acaba exportant fora de l'ecosistema; la resta es recicla de manera que la producció neta que s'exporta no és gaire diferent de la que exporten les comunitats de plàncton de les aigües dels voltants. No hi ha gaires més elements de comparació pel que fa al metabolisme comunitari dels esculls d'aigües profundes, però la manca de productors primaris i les taxes baixes d'aportacions de matèria orgànica dels fons marins impliquen que els coralls d'aigües profundes tenen una productivitat neta negativa.

Un element molt significatiu és la magnitud de l'aportació orgànica necessària per tal que la comunitat pugui respirar i la importància relativa del reciclatge i l'acumulació. Els esculls coral·lins d'aigües somes tenen la biodiversitat més alta de totes, gràcies a la llarga evolució, a la complexitat del seu hàbitat i als règims de

Figura 4. Escull coral·lí de *Lophelia pertusa* davant les costes de Noruega.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

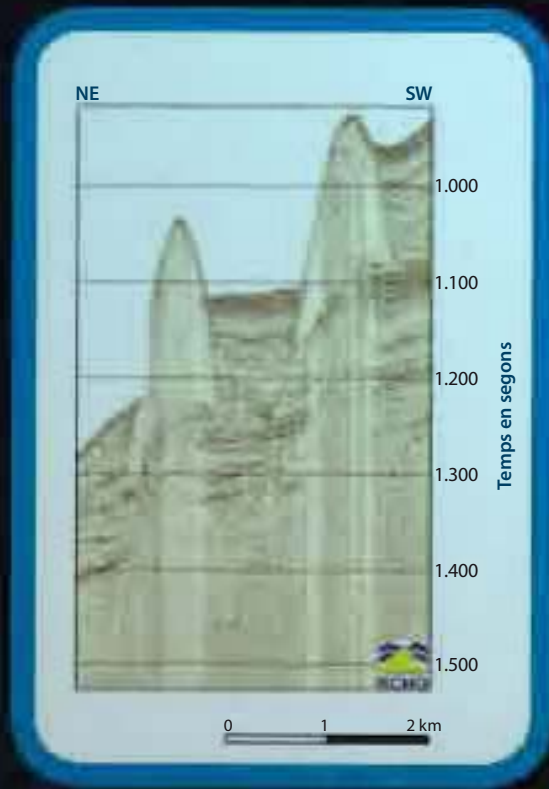


Figura 5. Perfil sísmic d'un banc coral·lí d'aigües fredes a Porcupine Seabight a l'oceà Atlàntic. Els bancs coral·lins que s'observen en aquesta àrea arriben als 160 m d'altura i 2 km de llargada. La província forma una agrupació de seixanta-sis monticles individuals que han arrelat en una base reflectora i s'han construït únicament amb sediments de fang i esculls de *Lophelia pertusa* i *Madrepora oculata*. ◀

Conservació

Els esculls coral·lins d'aigües fredes són sinònims de biodiversitat en aigües molt profundes. Les estructures complexes poden albergar moltes espècies, fins i tot algunes de peixos comercials. La competència al sector pesquer i la sobreexplotació de les aigües poc profundes han portat a la indústria pesquera a buscar nous objectius en les profunditats. Malauradament algunes naus utilitzen maquinària de pesca d'arrossegament molt pesada que pot arribar a danyar el fons marí i a destrossar els esculls i les comunitats animals que hi vivien. Alguns científics auguren que els danys que estem provocant trigaran milers d'anys a sanar-se.

Al mateix temps, les empreses petroleres reben autorització per fer prospeccions per buscar petroli i gas en aigües cada vegada més profundes. A moltes parts del món les empreses petroleres i els països que emeten les llicències de prospecció segueixen uns procediments rigorosament marcats per limitar-ne l'impacte mediambiental. En termes generals l'impacte en el fons marí es limita a una àrea molt reduïda. Això no obstant, si aquestes prospeccions no es regulen adequadament i es permeten treballs d'enginyeria massa a prop dels esculls coral·lins, podríem acabar sufocant, estressant o danyant físicament els coralls i els seus habitants.

Per això, la majoria d'esculls coral·lins europeus d'aigües profundes estan protegits per lleis nacionals i per legislació comunitària sobre les activitats d'explotació. Malgrat que els esculls europeus no es van descobrir fins a mitjan segle XVIII, per a la majoria de persones continuen amagats sota centenars de metres d'aigua. Això no obstant, aquest hàbitat tan únic es podria veure afectat per les activitats humanes abans que aconseguim estudiar-lo. I

pertorbació. La biodiversitat no solament s'expressa quant a espècies, sinó també quant a grups funcionals, d'acoblament, de comunitat i d'hàbitat biogen. Un aspecte molt important d'aquesta biodiversitat és el grau considerable de redundància del procés biològic de captació, creixement, alimentació i reproducció necessaris per mantenir la funcionalitat de l'escull. Es creu que la redundància proporciona una resiliència demostrable als esculls a través dels canvis ambientals massius al llarg dels temps geològics, com ara les edats de gel, etc. Una comparació senzilla de les comunitats dels esculls d'aigües profundes amb aquest model indica que la seva diversitat funcional i taxonòmica és certament molt inferior, però no prou baixa perquè l'estabilitat funcional es vegi compromesa.

Ben De Mol

(Lokeren, Bèlgica, 1973)

Graduat a la Universitat de Gent (Bèlgica) en geologia marina el 1996, va continuar els estudis a la Universitat de Kiel (Alemanya).

El 2002 va obtenir el doctorat en el desenvolupament dels bancs coral·lins d'aigües fredes a l'Atlàntic nord-est per la Universitat de Gent. Els seus estudis de postdoctorat van incloure investigacions geofísiques a l'Imperial College de Londres (Regne Unit) i a la Universitat de Barcelona. Actualment és investigador del programa Ramón y Cajal al GRC de Geociències Marines i del Parc Científic de Barcelona, i les seves investigacions se centren en el desenvolupament dels bancs coral·lins d'aigües fredes a l'Atlàntic i al Mediterrani.

Referències bibliogràfiques

- DE MOL, B.; HUUVENNE, V.; CANALS, M. (2008). «Cold-water coral banks and submarine landslides: A review». *International Journal of Earth Sciences*. DOI: 10.1007/s00531-008-0372-6.
- DE MOL, B. [et al.] (2002). «Large deep-water coral banks in the Porcupine Basin, southwest of Ireland». *Marine Geology*, núm. 188 (1-2), p. 193-231. FREIWALD, A. [et al.] (2004). *Cold-water Coral Reefs*. Cambridge: UNEP-WCMC, p. 84.
- HENRIET, J.-P. [et al.] (1998). «Gas hydrate crystals may help build reefs». *Nature*, núm. 391, p. 648-649.
- HOVLAND, M. (1990). «Do Carbonate Reefs form due to Fluid Seepage?». *Terra Nova*, núm. 2, p. 8-18.
- HOVLAND, M.; RISK, M. (2003). «Do Norwegian deep-water coral reefs rely on seeping fluids?». *Marine Geology*, núm. 198, p. 83-96.
- LE DANOIS, E. (1948). *Les profondeurs de la mer*. París: Payot.
- MIENIS, F. [et al.] (2006). «Carbonate mound development at the SW Rockall Trough margin based on high resolution TOBI and seismic recording». *Marine Geology*, núm. 233 (1-4), p. 1.
- ROBERTS, J. M. (2000). «Coral colonies make a home on North Sea oil rigs». *Reef Encounter*, núm. 27, p. 17-18.
- ROBERTS, J. M.; WHEELER, A. J.; FREIWALD, A. (2006). «Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems». *Science*, núm. 312, p. 543-547.
- TEICHERT, C. (1958). «Cold- and deep-water coral banks». *Butlletí de l'Associació Americana de Geòlegs del Petroli*, núm. 42 (5), p. 1064-1082.
- VERON, J. E. N. (1995). *Corals in Space and Time*. Sydney: UNSW Press.
- WEERING, T. C. E. VAN [et al.] (2003). «Structure and development of giant carbonate mounds at the SW and SE Rockall Trough margins, NE Atlantic Ocean». *Marine Geology*, núm. 198, p. 67-81.