

El CEAB de Blanes revela que les esponges van transformar el silici tòxic dels oceans primitius en un "motor" evolutiu

El treball explica com l'abundància de silici dissolt va impulsar l'aparició dels esquelets d'aquests animals

Un estudi realitzat per investigadors del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC) revela com les primeres esponges de mar van convertir un repte ambiental dels oceans primitius en una "oportunitat evolutiva". El treball, publicat a la revista *Molecular Biology and Evolution* i destacat entre els articles recents més rellevants, explica com l'abundància de silici dissolt als oceans ancestrals va impulsar, fa més de 500 milions d'anys, l'aparició dels singulars esquelets de cristall d'aquests animals. Els investigadors que han participat en l'estudi assenyalen que el nou coneixement obre la porta a vies de col·laboració amb la indústria del silici. Les esponges (Porifera) constitueixen el grup d'animals més antic del planeta i els únics capaços de construir esquelets de sílice, el mateix material que constitueix el vidre que utilitzem els humans. Per fer-ho, capten silici dissolt de l'aigua de mar i el transformen en milers de petites peces sòlides que conformen el seu esquelet. Aquest procés, anomenat biosilicificació, es desenvolupa en dues etapes: en primer lloc, el silici dissolt a l'aigua de mar és transportat a l'interior de les esponges mitjançant unes proteïnes transportadores. Posteriorment, altres proteïnes, anomenades silificants, el precipiten en forma de sílice sòlida (vidre), formant les singulars peces esquelètiques d'aquests animals. "Els nostres resultats reconstrueixen la història evolutiva de les proteïnes transportadores mitjançant l'anàlisi de múltiples genomes d'esponges, així com centenars de seqüències genètiques d'altres nombrosos organismes, des de microbis fins a humans", expliquen els investigadors del CEAB-CSIC, Manuel Maldonado i Laia Lería. En aquest sentit, remarquen que el coneixement previ sobre l'evolució dels transportadors de silici en esponges consistia en poca informació inconnexa. "Sospitàvem que era només la punta d'un enorme iceberg i, finalment, s'ha demostrat que els transportadors de silici han estat elements centrals en la història evolutiva i la diversificació d'aquests animals", afegixen. Els genomes indiquen que la capacitat de precipitar silici per formar sílice esquelètica va sorgir de manera independent en almenys quatre subgrups diferents d'esponges. Cada subgrup no només va desenvolupar les seves pròpies proteïnes silificants, sinó que, en cada grup, les proteïnes transportadores de silici van seguir trajectòries evolutives ben diferents. Un dels casos més destacats és el del subgrup d'esponges heteroscleromorfes, que engloba unes tres quartes parts de totes les esponges conegudes actualment i totes elles presenten esquelet silici. L'estudi revela que aquestes esponges van adquirir, mitjançant transferència gènica procedent d'un bacteri simbiònt, un nou tipus de proteïna transportadora de silici que es va afegir a les que ja posseïen. Aquesta adquisició, juntament amb la mutació d'un enzim digestiu en una proteïna silificant, hauria contribuït en una innovació decisiva que hauria propiciat "l'extraordinària radiació evolutiva i l'elevat nivell d'esqueletització" d'aquest gran subgrup d'esponges. Per contra, els subgrups d'esponges que no van adquirir proteïnes silificants van acabar perdent també el sistema de transport de silici, i aquests grups han persistit fins a l'actualitat sense elaborar esquelets silícics. Entre aquestes esponges no silícies es troben les esponges de bany, i en general són subgrups que han persistit amb una diversificació limitada, és a dir, formats per només unes desenes o pocs centenars d'espècies, enfront de les més de 7.000 espècies que conformen el grup de les esponges heteroscleromorfes. Descobrir que les esponges que no van desenvolupar proteïnes silificants van acabar perdent les seves proteïnes transportadores va ser una "revelació crucial", ja que va permetre deduir la causa que va propiciar el desenvolupament de la biosilicificació. Als oceans antics, extremadament rics en silici, aquest element molt probablement penetrava de forma accidental a les cèl·lules de les esponges a través de proteïnes transportadores inicialment dissenyades per captar substàncies essencials com aigua, sucres o alcohols, però no silici. De fet, aquestes esponges ancestrals encara no tenien esquelets silícics i, en realitat, el

silici ambiental que penetrava a les seves cèl·lules els resultava tòxic. Així doncs, les cèl·lules havien d'expulsar-lo a l'exterior consumint molta energia, perquè la concentració de silici a l'exterior era molt elevada i aquest tornava a penetrar. Però en algun moment, fa uns 520 milions d'anys, mutacions aleatòries van fer que algunes proteïnes d'algunes esponges canviessin la seva funció i comencessin a precipitar el silici dissolt en forma de sílice sòlida. Això no només detoxificava el silici d'una manera més eficient, sinó que generava un nou material biomineral a l'esponja. Aquest nou material, probablement, va facilitar l'èxit ecològic de les espècies, perquè no només permetia estalviar energia en la gestió del silici tòxic, sinó que també proporcionava un suport estructural (esquelètic) que permetia augmentar la mida corporal, protegir-se dels depredadors i desenvolupar altres funcions positives que afavoririen una posterior diversificació d'aquests subgrups d'esponges. D'aquesta manera, les esponges van transformar una amenaça ambiental en un motor d'innovació biològica. Les esponges que no van aconseguir desenvolupar proteïnes silicíficants van perdre els transportadors de membrana per impedir l'entrada d'un silici que no podien detoxificar per precipitació. Segons els investigadors, es tracta d'un exemple "extraordinari" de com l'atzar de les mutacions i altres processos que generen variabilitat genètica (com la incorporació de gens bacterians), juntament amb la necessitat de sobreviure en un entorn hostil, van impulsar innovacions evolutives i adaptacions ecològiques excepcionals. En relació a això, els investigadors creuen que el nou coneixement pot obrir la via de col·laboració amb la indústria del silici. "Una comprensió més profunda del funcionament d'aquests transportadors de silici podria contribuir al desenvolupament de futures aplicacions biotecnològiques orientades a la producció de silici per a semiconductors", afirmen. El treball dona continuïtat a una llarga línia de recerca del mateix equip, en la que recentment es van descobrir noves proteïnes silicíficants i es va demostrar que la capacitat de produir sílice va emergir de manera independent en diversos llinatges animals (Nature Communications, 2024). Si aquell estudi se centrava en la maquinària proteica responsable de la polimerització de la sílice, el nou treball aporta ara una altra peça clau d'aquest trencaclosques evolutiu: com les esponges van aprendre a gestionar la toxicitat del silici a l'interior de les seves cèl·lules i com aquest procés va influir en el seu posterior èxit evolutiu.

Font del document:

<https://www.diaridegirona.cat/selva/2026/03/19/ceab-blanes-revela-les-esponges-128164031.html>