

SIMETRIA BILATERAL: EL PERQUÈ DE DRETA I ESQUERRA

Iñaki Ruiz-Trillo*

EL REGNE ANIMAL ES DIVIDEIX EN DOS GRANS GRUPS, DEFINITS PEL TIPUS DE SIMETRIA I PEL NIVELL D'ORGANITZACIÓ. EL REGISTRE FÒSSIL MOSTRA QUE ELS PRIMERS ANIMALS POSSEÏEN UNA SIMETRIA RADIAL I UN PLA CORPORAL DIPLOBLÀSTIC. LA SOBTADA APARICIÓ DELS BILATERIA -ANIMALS TRI-PLOBLÀSTICS AMB SIMETRIA BILATERAL- EN EL REGISTRE FÒSSIL ÉS CONEGUDA COM L'EXPLOSIÓ CÀMBRICA. LA MANERA COM TINGUÉ LLOC AQUESTA TRANSICIÓ TAN CRUCIAL DES DE LA RADIALITAT FINS LA BILATERALITAT SIMÈTRICA DELS ANIMALS ÉS UN DELS MISTERIS MÉS IMPORTANTS DE LA HISTÒRIA NATURAL. PER A AQUEST PROCÉS HI HA DIVERSES EXPLICACIONS POSSIBLES EN DISCUSSIÓ.

*"...quan els animals van aparèixer el món canvià,
d'alguna manera, per sempre"*
SIMON CONWAY MORRIS
The Crucible of Creation, 1998

Els individus més simètrics resulten ser els més atractius als nostres ulls. El nostre cervell, igual com el de moltes espècies animals més, és capaç de detectar ràpidament i eficaçment, i d'una manera totalment inconscient, la més mínima asimetria en un altre individu. Per què? Doncs perquè, probablement, la simetria és indicatiu d'una millor qualitat genètica.

El diccionari defineix la simetria com la correspondència de dimensions, forma i posició dels diferents elements respecte a un pla o un punt. El que no explica, però, és que, curiosament, aquesta equivalència de formes és la característica principal a l'hora de jutjar el *sex-appeal* d'una persona de l'altre sexe. Els individus més simètrics resulten ser els més atractius als nostres ulls (vegeu MÈTODE, 30, estiu 2001). El nostre cervell, igual com el de moltes espècies animals més, és capaç de detectar ràpidament i eficaçment, i d'una manera total-



Foto: Iñaki Ruiz-Trillo

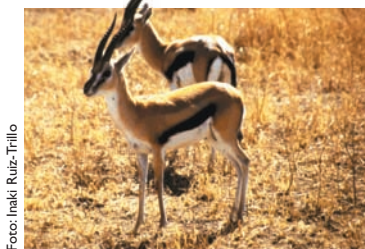


Foto: Inaki Ruiz-Trillo

L'adquisició de la simetria bilateral comportà una polarització del cos en anterior i posterior, i ventral i dorsal, i, posteriorment, una encefalització de la part anterior on es va localitzar el sistema sensitiu, que donaria lloc al cervell. Gazelles de Thompson i zebres representen un bon exemple de bilateralitat actual.



Foto: A. Masó

ment inconscient, la més mínima asimetria en un altre individu. Per què? Doncs perquè, probablement, la simetria és indicatiu d'una millor qualitat genètica. Les dissimetries del cos, com ara tenir una orel·la o un ull més gran que l'altre, semblen ser conseqüències de no haver superat massa bé les tensions patides a l'úter de la mare i durant els primers mesos de la infància. Així, els individus genèticament més forts aguanten millor aquestes tensions i creixen amb un cos de proporcions més simètriques. La qualitat genètica és, doncs, la raó per la qual la força de la selecció natural ens ha dotat d'aquesta ocultia, però fortament marcada, predilecció pels cossos més simètrics a l'hora d'escollir parella i, al mateix temps, dels més eficaços mitjans per detectar les asimetries més subtils. Fins i tot s'ha demostrat que el grau de simetria també es correlaciona amb el coeficient intel·lectual (CI); estadísticament les persones més simètriques tenen un CI més elevat. Tot i que el CI no deixa de ser una dada de valor força qüestionable, probablement ens trobem davant del mateix cas: els individus amb un CI més alt són aquells que varen aguantar millor les tensions patides a l'úter, i al principi de la infància, èpoques molt importants per a la consolidació del cervell i de la intel·ligència. En qualsevol cas, el fet que tinguem un tipus de simetria donat, en el nostre cas bilateral, no és un fet banal, ben al contrari: l'ajustament a aquesta simetria marca la nostra genètica i, de resultes, el nostre sempre desitjat èxit seductor. La seva importància va més enllà de qüestions tan mundanes i antropocèntriques: l'origen de la simetria bilateral al regne animal representa, com veurem a continuació, uns dels esdeveniments clau de la nostra història evolutiva.

■ SIMETRIES AL REGNE ANIMAL

Hi ha dos tipus de simetries al regne animal que, juntament amb el nombre de capes de teixit embri-

naris, caracteritzen els dos grans grups d'animals. D'una banda tenim els Radialia, de simetria radial i dues capes embrionàries, raó aquesta última per la qual també s'anomenen diblàstics. De l'altra, els Bilateria, de simetria bilateral i tres capes embrionàries, i per tant altrament coneguts com a triblàstics.

Els Radialia o diblàstics disposen tots d'infinitos plans de simetria, per on podries tallar l'animal i obtenir dues parts simètricament idèntiques –que és el que coneixem com a simetria radial–. Les capes de teixit embrionari són dues: una d'externa, l'ectoderm, que dona lloc a l'epidermis i a les cèl·lules nervioses; i una d'interna, l'endoderm, que forma el tub digestiu. Els Radialia es troben representats per tres fílums marins: les esponges, els cnidaris, com ara les meduses o les anèmones de mar, i els enigmàtics ctenòfors; entenent com a fílums la classe taxonòmica que agrupa totes aquelles espècies que comparteixen una sèrie de característiques comunes que defineixen un disseny corporal únic i diferent de la resta de fílums.

Els Bilateria tenen un únic pla de simetria que doni lloc a dues parts idèntiques –pensem que el nostre únic pla de simetria travessa la meitat del cos, deixant un ull, una orel·la, una cama i un braç en cada un dels costats, i que ni tan sols el nas no trenca aquesta simetria perquè es troba ben bé al bell mig. Això és el que es coneix com a simetria bilateral. A més a més, tots els triblàstics tenen una capa embrionària de més respecte als diblàstics, anomenada mesoderm, que es troba en una posició intermèdia entre les altres dues, l'endoderm i l'ectoderm, i que és la responsable de donar lloc a la musculatura i als diferents òrgans interns. Els Bilateria representen el gruix del regne animal. Hi ha aproximadament trenta fílums bilaterals, que inclouen, entre d'altres: artròpodes, com aranyes o insectes; mol·luscs, com musclos o cargols; anèl·lids, com els cucs de terra; plathelminths, que inclouen planàries i tènies; o els cordats, entre els quals ens trobem els vertebrats.

Les dues característiques definitòries dels Bilateria, la bilateralitat i la capa embrionària de més, van representar dues importants innovacions evolutives que marcaran els esdeveniments posteriors de la història de la vida i la raó que hi hagi deu vegades més fílums bilaterals que radials. Malgrat tot, primer van aparèixer els diblàstics, ara fa uns 600 milions d'anys. El registre fòssil ens mostra que formes de simetria radial semblants als actuals cnidaris ocupaven els mars de la Terra. Els triblàstics trigaren a arribar, però quan ho feren, aparegueren amb una força i un èxit tal que gairebé eliminaren els radials. Per començar, l'adquisició de la simetria bilateral comportà una polarització del cos en anterior i posterior, i ventral i dorsal, i, posteriorment, una encefalització de la part anterior on es va localitzar el sistema sensitiu, que donaria lloc al cervell. Així es va poder passar d'una locomoció no-direccional a una locomoció unidireccional, molt més efectiva, dirigida per aquesta part anterior sensitiva. D'aquesta manera s'incrementà la coordinació del cos, i la velocitat i precisió de la resposta als estímuls externs. D'una altra banda, el mesoderm, la tercera capa embrionària, va permetre no solament l'adquisició d'òrgans interns, sinó a més a més, la capacitat d'augmentar de grandària i de complexitat. Imagineu-vos l'aparició de les primeres formes animals amb un sistema sensitiu centralitzat, una locomoció més eficient, la capacitat de formar nous òrgans interns i la potencialitat d'augmentar en volum i complexitat. La vida es va trobar amb una excel·lent matèria primera capaç de crear diferents formes que ocupessin la infinitud de nínxols ecològics que mancaven per colonitzar. Aquesta radiació tan ràpida i impressionant s'anomena "explosió

càmbrica", ja que passà ara fa uns 540 milions d'anys, a principis de l'època càmbrica. De fet, en les roques d'entre aproximadament 540 i 520 milions d'anys trobem absolutament totes les estructures corporals que caracteritzen els diferents fílums bilaterals actuals. En només 20-25 milions d'anys, un breu instant a escala geològica, passem de trobar només formes diblàstiques a trobar tots els dissenys bilaterals possibles. Després d'aquesta etapa de gran excitació biològica, la creativitat va minvar, i mai més va tornar a aparèixer cap organització corporal nova. A partir de llavors, les noves espècies esdevindrien de modificacions de dissenys anteriors, emmarcats dintre de les característiques definitòries del fílum al qual pertanyen.

■ L'EXPLOSIÓ CÀMBRICA

L'explosió càmbrica apareix geològicament molt ben documentada, amb jaciments fòssils d'aquella època tan espectaculars com el de Burgess Shale, on no solament es troben fossilitzades les parts dures, com esquelets o closques, sinó, a més a més, les parts toves exquisidament preservades. La seva riquesa és de tal magnitud que és com tenir una finestra on mirar directament al passat, una autèntica joia per a la ciència. La característica principal d'aquella època és la increïble diversitat –molt més elevada que l'actual– de formes, algunes de les quals sobrepassen de molt la nostra imaginació. Moltes s'extingiren sense deixar cap descendent, només el record, en forma de fòssils, d'una època altament creativa. D'altres donarien lloc als diferents patrons corporals actuals.

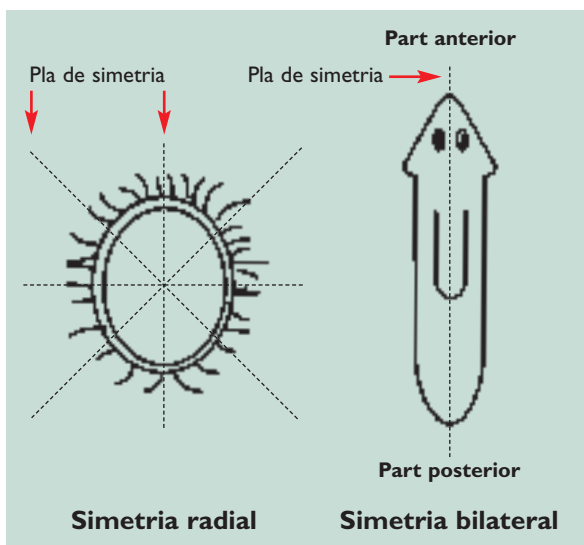


Figura 1: Esquema d'un animal radial, amb infinits plans de simetria, i un altre de bilateral amb un únic pla de simetria.

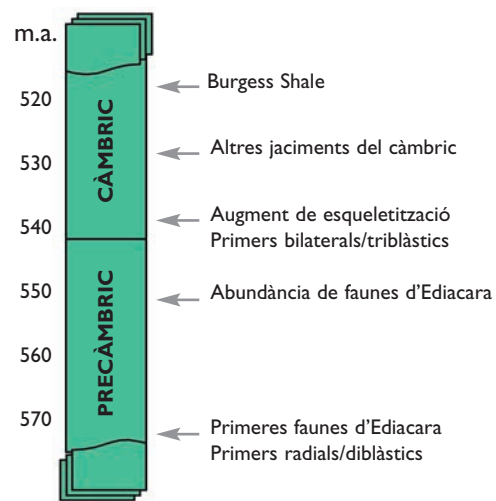


Figura 2: Esquema dels esdeveniments més importants que tingueren lloc a l'inici de la vida animal sobre la Terra.



Figures representant les faunes del càmbric. Extretes del llibre *The crucible of Creation* de Simon Conway Morris, Oxford University Press.



Dibuix d'un dels fòssils més curiosos de Burgess Shale, extret del llibre *La vida maravillosa* de Stephen Jay Gould. Editorial Crítica. Colección Drakontos.

Alguns autors dubten de la veracitat de l'explosió càmbrica. Argumenten que es podria tractar d'un artefacte geològic. És a dir, les formes bilaterals ja devien haver aparegut abans, però, per alguna raó, la possibilitat de fossilitzar s'incrementà, bé per l'augment de grandària, bé perquè començaren a tenir parts esquelètiques més fàcilment fossilitzables. Seria, doncs, una explosió de fòssils, però que en cap cas representaria una explosió biològica real. De fet, la biologia molecular, mitjançant l'anomenat "rellotge molecular", semblà donar-los la raó fa uns anys, quan datacions fetes amb aquest "rellotge", utilitzant diferents proteïnes, van indicar que la separació entre els diferents filums bilaterals es trobaria al voltant de 1.000 milions d'anys, uns 500 milions d'anys abans del càmbric. Sembla, però, estrany que, si fos així, no s'hagi trobat cap espècimen, ni cap rastre d'activitat biològica atribuïble a un bilateral a les roques precàmbriques analitzades. I de fet, són molts també els genetistes que desconfien de la precisió d'aquest "rellotge molecular", ja que és ben sabut que funciona a diferents velocitats depenent del llinatge estudiat i que hi ha hagut èpoques en què aquest rellotge ha patit acceleracions i desacceleracions considerables. Els minuciosos estudis de les roques del càmbric i del precàmbric i l'anàlisi exhaustiva dels gens dels radials, antecessors de l'explosió, semblen indicar el mateix: que potser els gens implicats en la transformació radial-bilateral ja existien, de forma latent, en els diblàstics, però la radiació morfològica no va ser efectiva fins a principis del càmbric. L'explosió seria, doncs, un fet real.

■ LA BILATERALITAT

Quines, però, podrien ser les causes d'aquesta explosió? Quin el seu estímul? Què va provocar aquesta profunda transformació, des d'un animal radial amb tan sols un eix corporal (l'eix oral-aboral) i amb dues




«Serien les “Nicoles Kidmans”, les “Penélopes” i els “Toms Cruises” dels nostres ancestres, els cucs més simètrics? Estava ja l’irresistible encís cap als cossos amb una elevada proporcionalitat de formes marcat per la genètica?» Fotografies –realitzades amb microscopi electrònic– d’un acel, possible bilateral més primitiu.

capas embrionàries a un de bilateral, amb dos eixos corporals (anteroposterior i dorsoventral) i tres capes embrionàries?

Hi ha tres tipus de causes possibles: físicoquímiques, ecològiques o genètiques. Els defensors de les primeres proposen canvis substancials en la química dels oceans a principis del càmbric, altament favorables per a la vida, com a impulsors de l’explosió. Un exemple seria l’augment en la quantitat d’oxigen. Sembla també que la Terra va patir una sèrie de successives glaciacions, i que la desglaciació anterior al càmbric, associada a l’increment d’oxigen, va obrir un nou món per colonitzar. Com a motius ecològics es troba el fet de l’aparició de predadors macroscòpics, motor d’una cruel i interminable guerra armamentística que donaria lloc a l’enorme diversitat morfològica. Fins llavors els animals no havien patit gaire depredació. L’entrada en joc d’aquests podria haver encetat una resposta diversificada contra el nou perill, mitjançant la incorporació d’estructures defensives i un augment de grandària. Un argument a favor seria la sobtada aparició i el ràpid augment en el registre fòssil de parts esquelètiques dures, de clara funció protectora contra aquests nous depredadors. Les causes genètiques englobarien canvis en la quantitat i regulació dels gens homeòtics, que controlen el desenvolupament, i que permetrien la profunda transformació de radials a bilaterals i l’imparable augment de complexitat i diversitat. Qui sap, potser el conjunt d’aquestes explicacions és cert. Canvis ambientals favorables que permeteren o impulsaren alteracions en gens clau, que es trobaven latents i que, de sobte, modificaren la seva funció i regulació. Mitjançant l’adquisició de funcions noves i regulacions més complexes van anar sorgint depredadors

més eficients que ocuparen els nous nínxols ecològics. Així s’inicià una guerra armamentística entre preses i depredadors que explicaria tant l’adquisició de carcasses defensives com la posterior radiació morfològica.

Sigui quina sigui la causa de l’origen i radiació bilateral, el fet és que aquesta simetria s’imposà sobre la radial i canvià la vida sobre la Terra. Els canvis genètics que van facilitar aquest important pas evolutiu continuen essent incerts. Una manera de poder arribar a comprendre’ls seria saber quin dels actuals fílums animals bilaterals és el més proper al primer organisme amb aquesta simetria. Conèixer-lo permetria estudiar-ne el desenvolupament embrionari i els gens per tal d’esbrinar com es va poder produir una transformació tan considerable. Estudis moleculars recents semblen apuntar cap a uns cucs marins de morfologia molt senzilla, els anomenats acels, com els triblàstics més antics, que ocuparen una posició privilegiada entre diblàstics i triblàstics. Probablement, doncs, l’ancestre de tots els fílums bilaterals existents devia tenir una morfologia semblant als actuals acels. El valor científic d’aquesta troballa és incalculable, ja que en el genoma d’aquests petits cucs pot estar la solució a moltes de les preguntes sobre un dels esdeveniments clau de la història de la vida. El que no sabem mai és si els primers triblàstics, de forma lleugerament vermiforme, consideraven ja atractiva aquesta –llavors innovadora i fascinant– simetria. Serien les “Nicoles Kidmans”, les “Penélopes” i els “Toms Cruises” dels nostres ancestres, els cucs més simètrics? Estava ja l’irresistible encís cap als cossos amb una elevada proporcionalitat de formes marcat per la genètica? 

*Departament de Genètica, Universitat de Barcelona