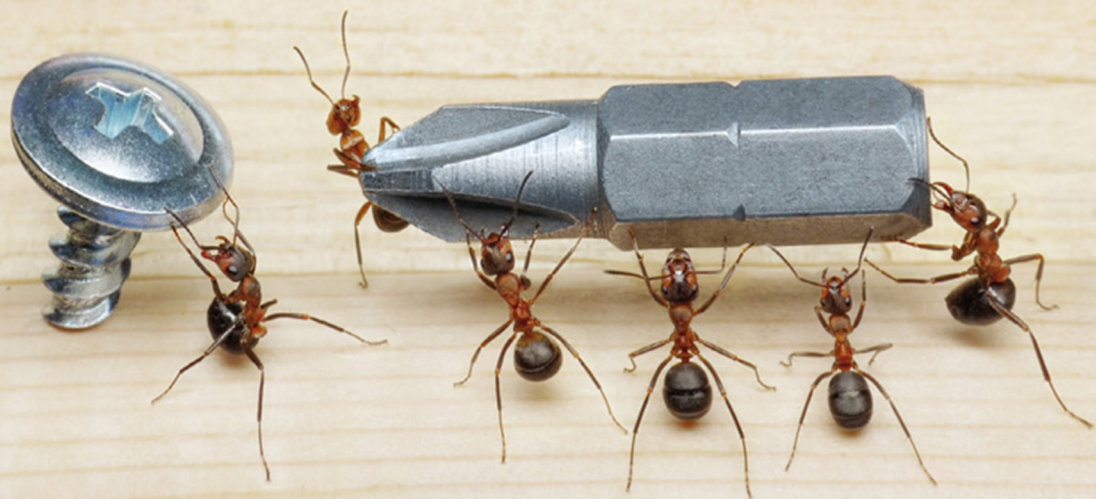


Jordi Bascompte /
Bartolo Luque

sensefronteres

Evolució i complexitat



1
LA GENERACIÓ DE COMPLEXITAT

El monestir de Sant Pere de Rodes, situat a l'Alt Empordà, a prop de la frontera d'Espanya amb França, és un dels tresors arquitectònics més valuosos, i alhora desconeguts, del romànic. La seua importància, tant històrica com arquitectònica, és indiscutible per als erudits. Com que l'origen es perd en la nit dels temps, el cenobi sempre ha estat rodejat de llegendes, com la que assegura que va ser fundat pels monjos que custodiaven les despulles de sant Pere. Els primers documents històrics que l'esmenten daten de finals del segle IX. Per aquell temps, Sant Pere només era una petita cel·la monàstica que depenia



Figura 7. Monestir de Sant Pere de Rodes.

del monestir de Banyoles. L'any 974, se'n va independitzar i va experimentar un creixement espectacular en molt poc de temps. Després, va sofrir diversos episodis d'expansió i recessió. Va passar de ser un focus d'espiritualitat i centre de peregrinació, comparable a Compostel·la, a la decadència, per culpa dels nombrosos saquejos dels pirates i fins i tot per haver sofert la pesta negra. I acaba, finalment, ben entrat el segle XVIII, com un modest monestir.

Com en el cas de moltes construccions antigues, l'arquitectura de Sant Pere de Rodes no pot deslligar-se de la seua història. El monestir és fruit d'un procés complicat al llarg del temps i no es pot concebre com un tot que ha estat construït al mateix temps. Per això, per als arqueòlegs i els historiadors de l'art, es tracta d'un complicat trencaclosques, difícil de datar i de contextualitzar. A tall d'exemple: al monestir podem trobar diversos murs amb motius com ara l'*opus spicatum*, pedres col·locades de forma inclinada que van desaparèixer de l'arquitectura religiosa de l'Empordà a principis del segle XI, barrejats amb motius de construcció més tardana, com ara les pedres col·locades horitzontalment. Què significa això? Indica un principi de construcció: Sant Pere de Rodes s'ha format a base de reutilitzar parts que ja existien, a les quals s'hi va donar una nova funció. Ha anat construint-se sobre estructures prèvies, des dels seus inicis romans. Això vol dir que porta escrita la història de la seua evolució, dels canvis soferts al llarg dels segles. No podem comprendre l'arquitectura actual de Sant Pere de Rodes sense els detalls de la seua història: una bona analogia de com l'evolució biològica va configurant els éssers orgànics, de com se'n construeix i s'hi esculpeix la complexitat, el tema del nostre primer capítol.

Relotgers cecs

La complexitat és com la pornografia: difícil de definir però fàcil de reconèixer. De manera que, abans d'atrevir-nos a intentar una definició, donarem per sabut que tots en tenim una intuïció. Una intuïció que ens permet estar d'acord en el fet que un rellotge és més complex que una pedra. Així que hem arribat a aquest acord, podem abordar el tema de la complexitat biològica des de dues perspectives ben diferents: la primera emfasitza la relació entre complexitat i perfecció; la segona, ben al contrari, es fonamenta en el binomi complexitat-imperfecció.



Figura 8. William Paley (1743-1805) emprava la complexitat que exhibeix la natura com una prova de l'existència i la implicació de Déu en la creació dels éssers vius.

El millor representant de la primera línia va ser, sens dubte, William Paley, teòleg del segle XVIII. Paley va ser autor d'un tractat titulat *Teologia natural o Proves de l'existència i atributs de la divinitat recollides a partir dels aspectes de la*

natura, publicat l'any 1802. Un llibre llegit per tots els estudiants anglesos del segle XIX, entre els quals hi havia el mateix Darwin. L'argument que enfilava Paley i que, de fet, havia estat plantejat prèviament per autors com John Ray i fins i tot Isaac Newton, deia, succintament: imaginem que passegem pel camp i hi trobem una pedra. Ningú no s'estranyaria per aquesta troballa. Però suposem que, en compte d'una roca, es tractara d'un rellotge en bon estat. Inevitablement, inferiríem l'existència d'una ment intel·ligent, del seu creador. En paraules de Paley: «En inspeccionar un rellotge, percebem que els diversos components s'hi han unit i encaixat amb un propòsit. La inferència que fem és automàtica: que el rellotge necessàriament ha tingut un fabricant. De la mateixa forma, l'univers ha tingut necessàriament un dissenyador. Aquest dissenyador necessàriament havia de ser una persona. Aquesta persona va ser Déu».

N'inferiríem, per tant, l'existència d'un rellotger amb un pla de construcció ben definit *a priori*. Darrere d'un disseny hi ha d'haver un dissenyador i així, afirmava Paley, quan trobem un ésser viu, de la seua magnífica adaptació al medi i de la complexitat de la seua estructura orgànica se'n desprén la necessitat d'un creador diví. Aquest argument, conegut com l'analogia del rellotger, ha estat desmuntat una i mil voltes des de la primera vegada que es va exposar, ja al segle XII, per la ploma de sant Tomàs d'Aquino, que el va incloure com una de les seues proves de l'existència de Déu. Tot i així, continua sent, en el fons, la base del suposadament nou moviment antievolucionista, el *disseny intel·ligent*. Si el lector vol llegir un magnífic contraargument, li recomanem *El gen egoista*, un llibre del biòleg evolutiu i excel·lent divulgador Richard Dawkins.

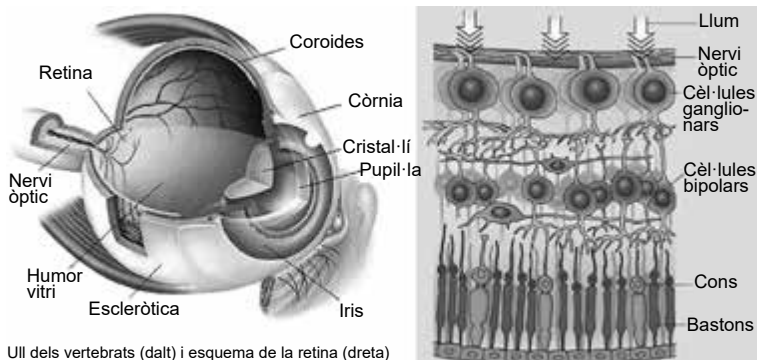
Però, és realment intel·ligent aquest disseny? Si ho mirem detingudament, podem descobrir que les solucions que ens presenta la natura, en molts casos, són barroques o amb detalls inoportuns i poc satisfactoris des del punt de vista de l'enginyeria racional. I són precisament aquestes imperfeccions menudes les que més pistes ens aporten sobre l'origen vertader dels éssers vius. Darwin ja ens parla, en *L'origen de les espècies*, dels òrgans vestigials, relíquies del passat que ja no compleixen cap funció. En són exemples la cintura pel·viana de la balena, a pesar que ja no té potes de darrere; o les ales diminutes dels kiwis, inútils per al vol. En el nostre cas, tenim el còccix, un vestigi de la cua; i l'apèndix, que probablement va ajudar els nostres avantpassats a pair els vegetals. Tot i que, en aquest últim cas, estudis recents apunten al fet que, potser, l'apèndix té un paper en l'esquema del nostre sistema immunitari.

Els organismes no s'han construït de colp, a partir d'un pla i d'una sola vegada per sempre, com pensava Paley, sinó que són fruit d'un procés històric contingent, no previsible. Com si en la construcció dels éssers vius no hi haguera un sol dissenyador amb un pla únic, sinó nombrosos dissenyadors que han anat buscant solucions parcials al llarg del temps i han suportat amb resignació la falta de previsió dels seus antecessors. La morfologia dels éssers vius, com la del monestir de Sant Pere de Rodes, porta escrita la petjada d'un procés històric i no la podem interpretar fora d'aquest context. La teoria de l'evolució de Darwin ens ha explicat com la complexitat pot sorgir d'un procés cec, sense cap objectiu ni cap pla previ. Ens ha explicat com la natura pot emular un creador intel·ligent.

Analitzem més detalladament dos exemples. El primer s'ha convertit en la imatge paradigmàtica de l'òrgan complex. Es tracta de l'ull d'un vertebrat, una estructura realment complexa com cap altra. Paley ja l'utilitzava com un argument persuasiu: «Si no existira cap altre exemple, llevat de l'ull, n'hi hauria prou per a sostenir la conclusió a què hem arribat, a propòsit de la necessitat d'un Creador intel·ligent». Però entrem en detalls.

L'ull, un magnífic... empastre

Sobre l'evolució de l'ull, John Rennie ha escrit: «Generacions de creacionistes han intentat contradir Darwin esmentant l'exemple de l'ull com una estructura que no podria haver evolucionat. L'habilitat de l'ull per aportar visió depèn de l'arranjament perfecte de les seues parts, diuen els crítics. La selecció natural mai no podria haver afavorit les formes de transició necessàries durant l'evolució de l'ull. Com d'útil podria resultar mig ull? Avançant-se a aquesta crítica, Darwin va suggerir que fins i tot un ull "incomplet" podria donar beneficis (com ara ajudar les criatures a orientar-se en direcció a la llum) i així podrien sobreviure i permetrien futurs refinaments evolutius. La biologia ha reivindicat Darwin: els investigadors han identificat ulls primitius i òrgans sensibles a la llum en tot el regne animal i han ajudat a traçar la història evolutiva de l'ull gràcies a comparacions genètiques. (Ara sembla que, en diverses famílies d'organismes, els ulls han evolucionat de forma independent)».



Ull dels vertebrats (dalt) i esquema de la retina (dreta)

Figura 9. Esquema d'un ull humà i tall transversal de la retina. © Yesyd Rodríguez, 2008.

Sens dubte, l'ull és un prodigi de l'enginyeria, com podem veure en l'esquema: és exquisit el disseny del diafragma de l'iris, que s'obre o es tanca en funció de la quantitat de llum que hi incideix; del cristal·lí, capaç d'enfocar diferents camps visuals gràcies a la deformació que experimenta com a conseqüència de la contracció d'un feix de fibres musculars; de la retina, on els fotons de llum són captats per unes cèl·lules receptores especials, els cons i els bastons, que s'encarreguen de transmetre al cervell els senyals nerviosos que, després d'haver estat processats, constituïran la nostra imatge del món extern. Una autèntica obra d'enginyeria, superba, perfecta... O no?

Observem l'estructura de l'ull amb més atenció. És coneguda popularment l'existència d'un punt cec, deguda al punt de contacte del nervi òptic amb la retina. Tots els mamífers tenen aquest problema. Per descomptat, cap enginyer no hauria comés aquest error de disseny. De fet, fins i tot la mateixa naturalesa ha aconseguit evitar-ho en uns altres casos, com ara en l'ull del calamar, per exemple.

No som conscients de l'existència dels punts cecs dels nostres ulls perquè combinem la informació d'ambdós ulls o bé, quan només en fem servir un, perquè el nostre cervell reompli, per interpolació, el buit. Però podem fer un experiment senzill per comprovar que sí que existeixen: tanque l'ull dret i pose els dos punts negres de més avall a uns vint centímetres. Fixe la vista en el punt gros de la dreta i acoste molt a poc a poc el paper. En un moment determinat, observarà com desapareix l'altre punt en entrar a l'àrea sense sensibilitat òptica del punt cec de la retina.



És menys coneguda la inesperada disposició de les cèl·lules fotoreceptores que conformen la retina. Resulta que, en compte d'estar directament enfrontades a la llum, tenen per davant una capa de cèl·lules nervioses; i, encara més, les mateixes cèl·lules fotoreceptores presenten el nucli, després el cos cel·lular i, posteriorment, la part que és realment capaç de captar la llum incident. D'aquesta forma, una part de la llum incident es perd pel camí. Encara que aquest percentatge siga mínim, es tracta d'una disposició que, una altra vegada, mai no dissenyaria un enginyer. En unes altres paraules, es tracta d'un bon empastre. Com va dir el premi Nobel François Jacob: «La selecció natural no treballa com un enginyer sinó com un maldestre, un maldestre que encara no sap què vol produir però que recupera tot allò que cau en les seues mans, els objectes més heterogenis... Un maldestre que aprofita tot allò que troba al seu voltant per a obtenir algun objecte que siga útil». L'obra de la natura no posa en evidència la figura d'un rellotger o d'un artífex diví, sinó la d'un magnífic maldestre. Per això els biòlegs evolutius parlen de

disseny estúpid, en divertida contraposició al *disseny intel·ligent* que esgrimeixen els nous creacionistes.

Avui, gràcies a les simulacions per ordinador, s'ha demostrat que l'ull ha pogut evolucionar a passes menudes. També sabem que les fases intermèdies d'aquesta evolució proporcionen avantatges evolutius i que aquestes fases continuen presents ara en diversos organismes. De manera que els nous creacionistes ja no fan servir l'ull, que tan bons serveis els havia fet, com a argument a favor del disseny. Ara utilitzen nous exemples de *complexitat irreductible*, com els proposats pel bioquímic Michael Behe. Els flagels dels bacteris, la coagulació de la sang o el sistema immunitari són, ara, els seus cavalls de batalla. Segons Behe, l'evolució no pot explicar aquests sistemes tan irreductibles perquè no poden haver aparegut pas a pas, ja que la falta d'un sol element fa que no funcionen. En fi, temps al temps.

Aquestes són només algunes de les proves que l'ull, com el coneixem en l'actualitat, no ha estat creat en un sol pas, sinó que és el producte d'un enrevesat i llarg camí evolutiu que l'obliga a aprofitar estructures prèvies. Els biòlegs diuen que aquestes solucions poc elegants són el resultat de restriccions històriques.

La llei de Dollo

De fet, una solució anterior pot ser, en les condicions actuals, millor que la que ja existia, però tornar a aquest estat anterior és molt improbable. La natura és esclava dels seus èxits. Aquest caràcter irreversible del procés evolutiu està tan documentat que es coneix, en l'actualitat, com la llei de la irreversibilitat evolutiva o llei de Dollo, en honor al paleontòleg Louis

Antoine Marie Joseph Dollo (1857-1931), que la va enunciar per primera vegada en 1890. En síntesi, diu que una estructura o un òrgan perdut en l'evolució d'una espècie no reapareixerà en la línia descendent. Com que en realitat es tracta d'una improbabilitat estadística, se'n coneixen excepcions. Per exemple, fa poc de temps, Michael F. Whiting ha demostrat que descendents de certs insectes que havien perdut les ales, les haurien recuperades cent cinquanta milions d'anys després.

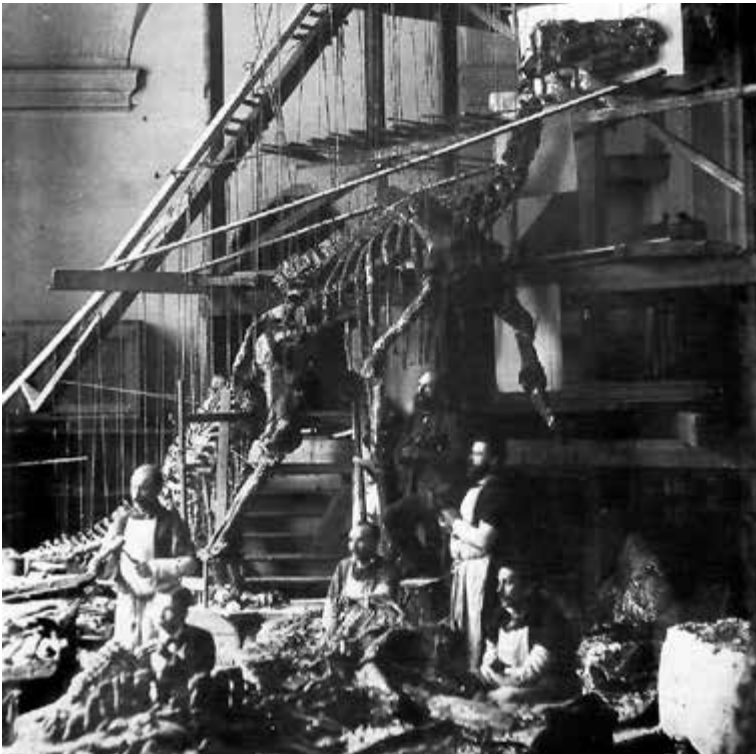


Figura 10. Louis Antoine Marie Joseph Dollo és recordat, sobretot, pels seus treballs amb el dinosaure iguanodont (literalment, 'dent d'iguana'). Va arribar a muntar diversos esquelets complets d'iguanodonts, com el que podem veure en aquesta fotografia de 1880, a la capella de Saint Georges. Encara avui, una desena de les seues reconstruccions són la principal atracció del Museu de Ciències Naturals de Bèlgica.

Tot i que la llei de Dollo no és infal·lible, també és cert que exhibeix una generalitat que va més enllà de l'evolució orgànica, com assenyala Harold J. Morowitz. Per exemple, en enginyeria del programari: «La longitud dels programes i les seues peculiaritats creen estructures que no poden revertir-se sense que el programa quede destruït i calga començar de zero». Pensem en el sistema operatiu MS-DOS, el pare de Windows. En les primeres versions de Windows, s'hi arrossegaven una sèrie de problemes per tal de manipular la memòria de l'ordinador, que eren un resultat de la seua herència. En certa forma, el sistema operatiu MS-DOS hi romania com una *capa oculta* del sistema operatiu Windows. La inoperància va arribar a uns nivells tan alts de surrealisme amb les versions successives que, finalment, va caldre dissenyar des de zero el sistema operatiu Windows per tal de fer-lo operatiu.

Els estudiosos de la història de la tecnologia també troben, en l'evolució de la tecnologia, tendències anàlogues a la llei de Dollo. Per exemple, tornaran els marcadors giratoris per als telèfons? Tot fa entendre que la tecnologia torna molt poques vegades arrere.

De manera que les proves indiquen que les principals passes evolutives, així que s'han fet, rarament es rectifiquen i són les restriccions històriques les que expliquen el manteniment dels òrgans, estructures i disposicions que actualment són poc efectives o fins i tot no tenen cap explicació en termes d'una adaptació immediata. Si encara desitgem mantenir la figura del rellotger de Paley, ha de ser el rellotger cec i oportunista de la selecció natural. Cec perquè no planifica i oportunista perquè no hi veu més enllà de la utilitat immediata.

Hi ha molts exemples d'imperfecció i complexitat. Dos que ens afecten especialment són els dolorosos problemes que ens causa la columna vertebral, eficaç per a quadrúpedes però gens adequada per a caminar dret; o la limitació de l'eixamplament de la pelvis femenina, que comporta problemes seriosos a l'hora de nàixer. Però ens centrarem, ara, amb més detall en la disposició de l'orella mitjana en els mamífers.

Com és ben sabut, els mamífers tenim una cadena formada per tres ossets –el martell, l'enclusa i l'estrep, els ossos més menuts del cos humà; menors que un gra d'arròs–, que transmet i amplifica les vibracions externes que arriben a la membrana del timpà. A través d'aquesta cadena, l'ona de pressió arriba a la membrana oval. A partir d'ací, el so passa a transmetre's per un medi líquid, a l'interior del caragol, on hi ha receptors, cèl·lules ciliades que, en ser estimulades, generaran un senyal nerviós que serà conduït cap al nervi auditiu, com podem veure en la imatge.

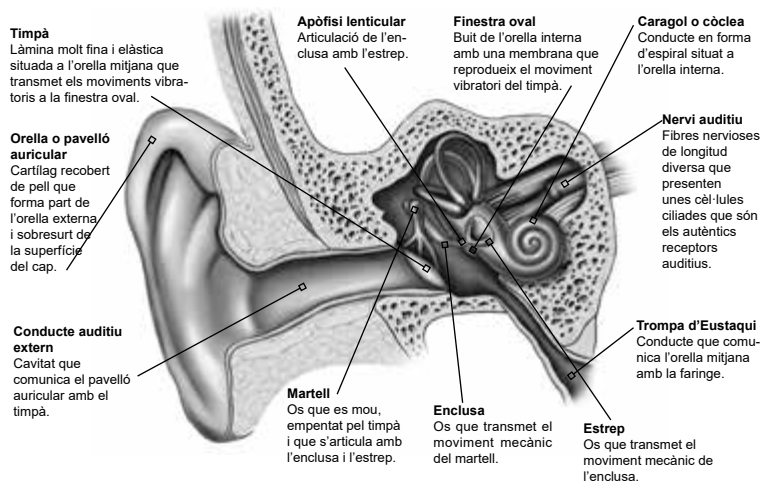


Figura 11. Esquema de l'orella humana.