

Els cafès científics a la Casa Orlandai

7



Cristina Junyent



Aquest recull està dedicat a en Marcel Oliveres Künzi (1982-2011), sense el qual potser no haurien existit mai els Cafès Científics a la Casa Orlandai.

Textos: Cristina Junyent <www.cristinajunyent.net>

Redacció editorial: Olatz Mompeó i Cristina Junyent

Coberta: Gerard Sardà <www.gerardsarda.com>

Serveis editorials: Be-Libris <www.be-libris.com>

Distribuït per Ciència en Societat, Fundació Privada



casaorlandai

Primera edició: 2014

© copyright. Tots els drets reservats

ISBN: 978-84-942255-5-0

Avis: El contingut són cròniques dels cafès científics; si hi ha qualsevol error no s'ha d'atribuir al ponent, sinó a l'autora.

Contingut

Què són els cafès científics a la Casa Orlandai?	7
Hivern: Els orígens	9
El nostre cervell en la societat tecnològica (24/1/2009)	10
Viatge a l'Antàrtida (18/2/2009)	12
Els gens que compartim amb les mosques (24/3/2009)	17
Primavera: Xarxes	23
Xarxes d'informació cel·lular. La defensa immunitària (24/4/2009)	24
Història de les poblacions humanes (20/5/2009)	27
Quina és la diversitat del genoma?	28
L'aparença morfològica	30
Quina història ens explica el DNA?	31
Quina és la història genètica de les poblacions?	32
I a Europa?	34
<i>Cradle to cradle</i> i iniciatives de transició (18/06/2009)	37
Què vol dir tot això?	38
Anant a la pràctica	39
1. Energia	39
2. Minvar el canvi climàtic	41
3. Aigua	41
4. Sobirania alimentària	42
5. Residus	42
6. Reduir l'escala de les economies	43
7. Usos del sòl	44
8. Transport	44
I això què comporta?	44
Més informació	45
Comentaris	45
Tardor: Any Darwin	47
Lleialtats i destreses (18/9/2009)	50
Darwin i els primats	50
Ús d'instruments	50
Llenguatge	51
Comunicació	52
Grups socials	54

Poder i justícia	55
Territori i hàbitat	56
Observadores de primats en la natura	58
Cervell humà, cervell de simi	58
Una darrera curiositat i coincidència	60
Àvies sàvies (20/10/2009).....	61
Quant a les àvies sàvies.....	61
On s'han conegut les àvies sàvies?.....	63
Com s'explica evolutivament	
el paper de la menstruació femenina?.....	64
La detecció de la fertilitat	65
L'elecció de la parella.....	66
D'on vénen els canvis?.....	67
L'Eva mitocondrial i l'Adam cromosòmic.....	68
Cronoespècies: espècies successives	70
Sentit evolutiu de les malures amb l'edat.....	71
Ballant al ritme que ens marquen (19/11/2009).....	73
L'evolució més antiga	73
Salts evolutius per incorporació.....	74
El ritme que ens marquen	75
La desaparició d'espècies	77
Per què és diferent Europa de l'Amazònia?	78
Idees sobre demografia humana	78
El canvi climàtic	80
Però, té remei?	80
Idees esparses sobre energia.....	81
Idees esparses sobre economia.....	82
Recuperem l'evolució	83
Més informació	84
La papallona i la tempesta (28/12/2009)	85
Què és un sistema complex?.....	85
L'evolució com a sistema complex	86
El genoma com a sistema complex	86
L'existència de la biodiversitat	87
El llenguatge	88
El mecanisme de la transmissió d'informació	88
Índex terminològic.....	91

Tens a les mans el recull de cròniques del primer any dels Cafès Científics a la Casa Orlandai, el que correspon a l'any 2009. Tot va començar la tardor de 2008, quan les que formàvem el Cor d'Adèlia anàvem a assajar a la Casa Orlandai. Un dia vaig abordar en Marcel Oliveres: «Com és que feu tantes activitats d'art i cap de ciència?». En Marcel em va donar la resposta bumerang: «Per què no proposes alguna activitat?». I, des d'aleshores.

Vam decidir de comunicar ciència en un format diferent al de les conferències. Volíem que els participants estiguessin a prop del ponent, que li poguessin preguntar allò que els despertava curiositat. I vam fer néixer el *model sarrianenc de cafè científic*.

Per triar els primers cafès vaig recórrer a científics amics i del barri, perquè són persones que realitzen recerques que m'interessen i que pensava que podien interessar a altres, i perquè sabia que s'explicaven bé, que eren gent propera.

Pel que fa a l'elecció dels temes –que al principi fèiem conjuntament amb en Marcel–, vam buscar un fil conductor que unís les tres intervencions trimestrals, i durant el darrer trimestre hem volgut commemorar l'Any Darwin.

Vaig començar a fer resums dels cafès, bàsicament per recollir allò que hi aprenia i, amb l'ajut de les xarxes, posar-

ho a disposició de les persones que hi havien assistit i volien ampliar coneixements. Per això, el que trobeu és un recull de posts.

Així que vull agrair a en Marcel Oliveres Künzi (1982-2011) l'oportunitat que em va donar, i per això li dedico el llibre.

També vull donar les gràcies a l'equip de la Casa Orlandai, la Carla Fontanella, la Maria Bascompte, la Natàlia Oliete, la Sílvia Martínez Bergua i el seu equip de voluntaris; a en Daniel Arrando i a la junta, que han confiat en el meu criteri; i, sobretot, als ponents, que han vingut i tan generosament s'han entregat al seu públic. Sense ells, no hauria estat possible. Per acabar, vull donar les gràcies a les persones que han participat dels cafès per confiar en el meu criteri d'elecció dels ponents.

Cristina Junyent
Barcelona, agost de 2013

Què són els cafès científics a la Casa Orlandai?

El cafè científic és un format diferent d'una conferència. Es tracta d'una conversa entre un científic i un públic participant. L'objectiu és que entre els participants i l'investigador es creï una proximitat que moltes vegades la conferència no permet. El públic ha de «palpar» que la ciència li és pròxima, que un investigador li és proper.

Per això, se suggereix que el científic faci una exposició de la seva matèria, o bé un índex relatat en 5 minuts sobre la seva especialitat, o que exposi el camp de la seva recerca durant uns 20 minuts, sabent que en qualsevol moment pot ser interromput per preguntes, i tenint en compte que es troba entre un públic no especialista. En cap cas es tracta de resumir cap curs de doctorat, més aviat cal situar-se davant dels alumnes de primer el primer dia de classe. És a dir, que cal seleccionar el que es diu i com es diu. I buscar metàfores, si es pot. Després de la presentació, les preguntes gotegen.

El científic no duu cap suport tecnològic, especialment *pobre-point* (que diuen alguns amics). Algun ponent ha dut algunes fotografies o mapes en paper, que circulen per les taules. Ha de mirar que els participants incloguin en el seu coneixement previ les idees noves que sentiran. Si el registre del col·loqui no és l'adequat, el mateix públic que té

al davant li donarà la mesura del seu nivell; és l'avantatge de les presentacions *in vivo*.

En el cafè científic hi ha una moderadora que tindrà un paper discret. Ara bé, si parla, sobretot al principi, cal pensar que és perquè considera que el nivell potser no és l'apropiat o que el tema s'escapa i ocupa el camp d'un altre participant (els cicles dels cafès es pensen com un tot durant un trimestre).

Per tancar el cafè, sol ser molt agradable que el científic expliqui què el va fer dedicar al camp que es dedica i que recomani algun llibre de divulgació per a qui vulgui ampliar coneixements. En resum, es tracta d'una mena de conversa de sobretaula amb els alumnes de primer el seu primer dia, un exercici divertit també per al científic.

(Un apunt: quan parlo de *científic* també em refereixo, és clar, a *científica*.)

Gràcies per participar!

Hivern: Els orígens

Per començar els cafès científics de la Casa Orlandai, vam trobar científics veïns que ens venien a explicar la seva recerca, situada entorn de la biologia, sota diversos punts de vista.

Dimecres, 21 de gener: *Com evoluciona el cervell en la nostra societat tecnològica?* Lourdes Fañanás, professora titular de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

Dimecres, 18 de febrer: *Viatge a l'Antàrtida.* Josep Maria Gili, investigador de l'Institut de Ciències del Mar del CSIC.

Dimecres 18 de març: *El genoma compartit: l'exemple dels cucs, de les mosques i de l'ésser humà.* Emili Saló, professor del Departament de Genètica de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

El nostre cervell en la societat tecnològica (24/1/2009)

Fa un temps, amb en Marcel de la Casa Orlandai, vam proposar una sèrie de cafès científics. Per començar, vam plantejar tres cafès científics per al següent trimestre. Científics del barri que, a les 19 h del tercer dimecres de mes, parlin de ciència amb gent del barri i amb un cafè a la mà.

Al gener va parlar Lourdes Fañanás, de *Com evoluciona el cervell* en la nostra societat tecnològica; al febrer parlarà Josep Maria Gili d'un *Viatge a l'Antàrtida*; i al març, Emili Saló sobre *El genoma compartit*.

Dels tres models de cafè científic (francès, britànic i danès) vam triar el britànic: un ponent exposa un tema durant vint minuts sense suport audiovisual i inicia el diàleg amb el públic. I l'hem modificat per crear un model sarriànc. Com tots, es basa en una relació estreta entre el ponent i els participants. I, com en els altres, hem eliminat el PowerPoint (*pobre-point*, que diu la Dolors Udina, una bona amiga). No ho fem al bar, sinó que pugem a una sala més tranquil·la, i interrompem la ponent sempre que tenim un dubte.

Al primer cafè científic, *Com evoluciona el cervell en la nostra societat tecnològica*, ens van explicar que el nostre cervell es va formar al paleolític, quan érem caçadors i

recol·lectors que vivien en grups d'unes 30 persones. Hi havia diversificació de feines: els homes caçaven, havien de fer grups; i les dones recol·lectaven, cuidaven els nens, atendien els avis...; multitasca. Una vida així potser permetia que, si plovia molt, no calgués moure's del niu o de la cova urgentment. Un grup reduït protegia les persones que tenien algun comportament no esperat. Als nostres dies no és ben bé així.

Érem una mica més d'una dotzena de persones. Tant la capacitat de la Lourdes d'entregar-se i de fer que tothom parlés, com el fet que alguns membres del públic no es tallessin gens fent preguntes o comentaris ben encertats, va facilitar que, dues hores més tard, encara volguéssim seguir.

Personalment, que tenia una certa inquietud per veure com sortiria, em vaig sentir més que satisfeta amb el resultat. Gràcies, Lourdes i participants del primer cafè científic a la Casa Orlandai.

Viatge a l'Antàrtida (18/2/2009)

Avui, 18 de febrer, el tercer dimecres del mes, hi ha hagut el segon cafè científic a la Casa Orlandai. Josep Maria Gili, de l'Institut de Ciències del Mar, ens ha parlat sobre la diversitat marina de l'Antàrtida.

Ha arribat carregat amb una gran caixa de porexpan i una maleta amb rodetes. En arribar a la sala, ha començat a treure de la maleta pots, un microscopi i sis o set llibres. La caixa l'ha deixada tancada.

Mentre acabava de preparar una gota de gel antàrtic per mirar pel microscopi, ha anat entrant la poqueta gent que ha participat i suaument ha començat a explicar. Ens ha deixat bocabadats.

El mar que envolta l'Antàrtida, aquest ecosistema tan inhòspit, té una de les taxes de diversitat més elevades del planeta: a l'Indopacífic hi ha entorn de 6.400 espècies descrites; a la Mediterrània, entorn de 5.500; a l'Antàrtida fins ara se n'han descrit 4.500 i s'estima que se'n podran descriure fins a 9.000 . Com s'explica, això?

L'Antàrtida és un continent gelat que amaga una selva sota el glaç. Això vol dir que fa milions d'anys era situat en una regió més càlida que no pas ara. En desplaçar-se al pol, el bosc tropical va anar desapareixent com a bosc i es va fossilitzar. Tot plegat es va cobrir de glaç.

Tot i la baixa pluviositat, com la del Sàhara, aquest glaç reté més d'un 70% de l'aigua dolça del planeta. Com que pot arribar a fer uns 4.000 metres de gruix, el pes fa que l'Antàrtida s'hagi subsidit: la terra antàrtica en realitat està submergida. I la placa continental és més fonda que la d'altres mars.

Aquest continent, que no és en absolut silenciós atès que hi bufen vents que arriben als 350 km/h, està envoltat per l'oceà Antàrtic. Aquest oceà es defineix perquè la distribució dels continents ho permet: la terra més propera és l'extrem meridional de l'Amèrica del Sud, separada de la península Antàrtica per l'estret de Drake.

Quan la península antàrtica es va separar de l'Amèrica del Sud, ara fa uns 30 milions d'anys, es va formar el corrent circumantàrtic, que aïlla parcialment l'oceà Antàrtic de la resta dels oceans. Aquest corrent, que arriba fins als 400 m de fondària, és una barrera d'aigua moltes vegades superior a la del riu Amazones. I afavoreix que la temperatura oscil·li poc: entre 0 i -1 °C. L'estabilitat i l'aïllament durant 30 milions d'anys són raons que expliquen la gran quantitat i la gran diversitat de vida del fons marí de l'oceà Antàrtic.

La diversitat antàrtica es veu representada en nombrosos endemismes: de les 200 espècies de peixos antàrtics, el 90% són endèmiques. I ateny a moltes espècies i molts grups faunístics: gairebé n'hi ha de tots, excepte rèptils i amfibis. I a més els individus són molt grans, tant de

mesura com d'edat. És com si, des de fa 25 anys, l'oceà Antàrtic ens anés revelant una rica selva d'animals molt grans i molt vells. Per què tanta diversitat? Per què animals tan grans? Per què tan vells?

Com que a l'Antàrtida no hi ha rius, a l'oceà Antàrtic no es va donar la darrera gran extinció de fa 30 milions d'anys. Aleshores es van estendre les fanerògames, les plantes amb flors, i amb elles grans quantitats de sediments van ser arrossegats cap al mar. I aquests sediments van col·lapsar els animals filtradors, que van morir massivament. Però no els de l'Antàrtida, que es van poder seguir desenvolupant i diversificant. Per què tan grans? Perquè poden viure molts anys; algunes esponges viuen un segle. Tot i que tenen un metabolisme lent, no han de sofrir els efectes dels depredadors i poden arribar a edats i dimensions molt superiors als d'espècies parentes que viuen en altres mars.

Aleshores en Gili ha començat a obrir carmanyoles. Han aparegut una aranya de mar gran com el seu palmell, i una esponja com una pilota de futbol. Curiosament, les esponges i els eriçons antàrtics són silícics, pràcticament no hi ha animals calcaris. I què permet que es mantingui aquesta selva animal en un món de foscor?

El gel. És el gel marí allò que permet, amb dos mesos de producció, la vida durant tot l'any. A l'hivern austral, una part de l'oceà es glaça: es forma una placa de gel de 1.000 km de longitud i d'uns 2,5 m de gruix. A l'estiu, es

desglaça. En el moment màxim, aquesta superfície blanca és el 25% del planeta (si es mira la Terra des del sud, es veu un planeta blanc). Per aquests canvis en la quantitat de gel es diu que l'Antàrtida és el continent polsant.

Aquest gel, per sota, sembla una pasta de xocolata, una gespa animal. És un gel amb porus, dins dels quals hi creixen microalgues que, mentre són apressades, no es reproduïxen, sinó que acumulen greixos (omega 3) que els serveixen per protegir-se del fred.

Quan el gel es fon, a l'estiu, les microalgues són alliberades, cauen al fons i fan una catifa verda que, com que la temperatura roman al voltant del punt de congelació, es conserven tot l'any fins i tot i sense llum.

Així, aquesta enorme producció de les microalgues que només dura dos mesos dona per mantenir la rica vida del continent antàrtic tot l'any. S'alimenten d'ella els crustacis del krill (*Euphausia superba*), que assoleixen una densitat mitjana de 10.000 individus per metre cúbic (cada femella posa entre 8.000 i 10.000 ous) i que al seu torn alimenten les prop de 120.000 balenes que van a engreixar-se a l'Antàrtida; cada una d'elles menja unes quatre tones de krill diàries.

I, en aquest moment, en Gili ha obert la caixa de porexpan i ens ha ensenyat glaç antàrtic: efectivament, de color brunenc, tot i que fa uns cinc anys que va ser extret. I hem vist al microscopi les microalgues amb vesícules de greix.

Com a última joguina ens ha ensenyat unes píndoles de color rosa intens riques en àcids omega 3, fetes a Noruega a partir de krill.

Aquesta és l'explicació de per què en aquest ecosistema tan inhòspit i d'una producció abundosa però senzilla es pot donar un dels sistemes vius més espectaculars.

Els gens que compartim amb les mosques (24/3/2009)

El propassat dimecres va tenir lloc el darrer cafè científic del trimestre a la Casa Orlandai. Era *Els gens que compartim amb les mosques*, i el científic que va parlar fou l'Emili Saló, que va ser cap del Departament de Genètica de la Universitat de Barcelona. Només va treure de la motxilla uns papers en blanc i negre: diverses diapositives atapeïdes en folis. Per a un científic que treballa amb la imatge, tota una exposició personal. Menys imatge però molta més proximitat.

Va començar a poc a poc, com comencen tots els cafès científics que hem fet, responent les preguntes d'una senyora del públic. La primera imatge en què va voler que ens fixéssim va ser la de com un vano (un científic diria un arc de circumferència de 90°). En el vèrtex, assenyalant cap avall, hi situava l'origen de la vida, un suposat primer organisme (o la primera població d'organismes vius). D'ell s'anirien diversificant tota la resta d'organismes. Aquest esquema no només mostra l'origen comú de les espècies, sinó que també explicaria la gran similitud genètica.

La diversitat vindria donada per canvis ambientals que permetrien conquerir nous espais explorant noves estratègies d'explotar l'entorn. Mutació espontània dels organismes i selecció per les condicions ambientals. I en els

primers estatges vitals quedaria conformada la major part de la nostra informació genètica.

«Posem-hi dates», va dir. L'origen del nostre planeta s'estima en uns 4.600 milions d'anys enrere. L'origen de la vida en ell, en 3.500 o 3.600 milions d'anys des d'ara. Els primers éssers vius devien ser microorganismes. Alguns d'ells, que expel·lien oxigen com a producte secundari del seu metabolisme, van tenir la capacitat de canviar l'atmosfera de reductora a oxidant. I aquest oxigen acumulat a l'atmosfera va provocar segurament la primera gran extinció massiva, perquè aleshores l'oxigen era un element tòxic. Així doncs, l'atmosfera en què vivim i l'aire que respirem és fruit de la vida.

Seguim. Fa uns 1.000 milions d'anys van aparèixer els primers organismes pluricel·lulars amb simetria radial, com ara les meduses. I fa 560 milions d'anys hi va haver l'explosió cambriana, quan van aparèixer moltes formes d'organismes. Per què, de sobte, d'un mutisme paleontològic tenim un ric registre fòssil?

Hi ha diverses hipòtesis. Una és que, secundàriament a la transformació de l'atmosfera rica en oxigen, es devia acabar acumulant ozó en l'estratosfera. Aquesta capa protectora enfront els perillosos rajos de l'espectre ultraviolat permetia que els animals sortissin de l'aigua (on havia aparegut la vida) i conquerissin nous hàbitats; tot un territori per explorar que generaria molta diversitat biològica. Una

conseqüència de viure fora de l'aigua va ser haver de suportar un efecte gravitatori més elevat. I, per a contrarestar-lo, els animals van desenvolupar esquelets externs, que també fossilitzaven millor.

Una altra hipòtesi que explica l'explosió cambriana és que van aparèixer els gens homeobox, gens que regulen la diversificació morfològica dels individus durant el seu desenvolupament. Aquests gens marquen què s'ha de desenvolupar en un embrió, quan i on: un ull, una extremitat, l'abdomen..., i des d'aleshores els compartim la major part dels animals. També activen altres gens, diguem-ne els escultors, que duen la informació més fina, que genera la morfologia final; de manera que una mosca desenvoluparà un ull de mosca i un ratolí, de ratolí. Així doncs, aleshores ja va quedar decidida una gran part dels nostres trets principals, segons la regulació de gens jeràrquics.

D'una altra banda, aquests animals ja tenien una simetria bilateral, el que els biòlegs del desenvolupament anomenen un eix anteroposterior –és a dir, cap i cua– i un eix dorsoventral –és a dir, panxa i llom.

Un altre guany de l'evolució i que va dur a l'enorme diversitat actual va ser la iteració, és a dir, l'establiment de línies frontera entre cèl·lules del mateix embrió, que els permet seguir camins de desenvolupament totalment diferents, tot i formar part del mateix organisme; d'aquesta

manera es determinen les potes i les ales de les mosques, o les costelles, els braços i les cames dels vertebrats. Arribat en aquest punt, Emili ens compara la iteració amb el concepte d'habitatge en arquitectura: per més complex que sigui un habitatge hi ha un requisit mínim que es repeteix.

I aquest patró és el que repeteixen els organismes: peixos, ratolins, pollets i granotes. I, per descomptat, humans. A partir del primer moment en què es comença a dividir l'ou (o el zigot, tant li fa), hi ha molts patrons de desenvolupament comuns; tan comuns que hi ha un moment en què tots els embrions s'assemblen molt i tenen una mesura similar. Els científics en diuen estadi filotípic.

De vegades, els elements genètics que diversifiquen aquesta iteració es poden desbocar un xic i es pot donar alguna anomalia. És el cas dels mutants homeòtics (mutació dels gens anomenats Hox). En el cas de les drosòfiles poden aparèixer mosques amb quatre ales; o, en els humans, la polidactília. Són canvis petits en els gens homeobox que diversifiquen les extremitats segons l'eix anteroposterior (cap i cua). També és un error genètic la sindactília, quan no hi ha separació dels dits després de la formació de la mà com un tot.

Però Emili no estudia organismes complexos, sinó organismes als quals l'evolució ha dut a simplificar-se. Estudia planàries. Una de les simplificacions d'aquests organismes que tenen simetria bilateral és que han perdut

l'anus. Tenen una mena de boca en forma de trompa, com la faringe, que segueix un intestí cec. Mengem capturant el contingut, digerint-lo, i el tornem a expulsar del mateix budell per la boca, a través de la faringe.

Una altra de les característiques de les planàries és la seva plasticitat morfològica. No tenen una mida fixa: n'hi ha que són deu vegades més grans que altres, depenent del grau d'ingesta d'aliment. Les planàries més grans es poden mantenir mesos en dejú. Òbviament, van reduint la seva mida, tant que poden arribar a ser més petites que quan van néixer. En tornar-les a alimentar es pot dir que rejuveneixen, ja que hi ha estructures noves, prèviament perdudes.

L'interès de les planàries rau en el fet que són dels organismes que tenen més capacitat de regeneració. Una planària es pot tallar en cent o dos-cents fragments i cada planària torna a regenerar-se al cap dues setmanes. Això és perquè d'un 20% a un 30% de les cèl·lules del seu organisme són pluripotencials, és a dir, cèl·lules mare.

L'equip de Saló ha aconseguit trobar i interferir un gen que determina l'eix anteroposterior (recordem, aquell que determina el cap i la cua), amb la qual cosa han aconseguit una mena de mutant de simetria radial, com una medusa, en el qual tota la vora circular s'ha transformat en un gran cap ple d'ulls (*Development*, 2008 135:1215-1221).

Va explicar i aclarir més coses: per què les granotes regeneren la seva mandíbula i els humans no? Què sabem sobre la diferenciació de cèl·lules mare? De què diuen que va morir Dolly? Per què alguns animals ens serveixen molt bé com a model? Quines son les característiques de la drosòfila? Però tot no ho puc explicar. Us animo a venir al proper cafè científic per sentir la recerca que fan els nostres convidats.

Primavera: Xarxes

Hi ha estructures que tenen més sentit en relació a altres, per les seves interaccions. A elles hem volgut donar veu durant un trimestre.

Dimecres, 22 d'abril: *Xarxes d'informació cel·lular: la defensa immunitària. Com va començar?* A càrrec de Lluís Tort, professor del Departament de Biologia Cel·lular, Fisiologia i Immunologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Si feu clic aquí trobareu més informació.

Dimecres, 20 de maig: *Els humans en xarxa: El projecte «Genographic».* Història de les poblacions humanes, com llengües, gens i pobles ens expliquen el poblament del planeta. De quina xarxa venim? A càrrec de David Comas, professor al Departament de Ciències Experimentals i de la Salut, Universitat Pompeu Fabra.

Dimecres, 17 de juny: *Iniciatives de transició: «Cradle to cradle»: una proposta d'esperança.* A càrrec d'Ignasi Cubiñá, biòleg i director d'Eco Intelligent Growth.

Xarxes d'informació cel·lular. La defensa immunitària (24/4/2009)

El dimecres 22 d'abril ens vam trobar a la Casa Orlandai alguns amics i espontanis (sempre benvinguts!) al primer cafè científic del trimestre. Lluís Tort, del Departament de Biologia Cel·lular, Fisiologia i Immunologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, va venir a parlar-nos de la seva recerca sobre l'evolució del sistema immunitari.

El sistema immunitari és un dels sistemes d'integració dels organismes, juntament amb el nerviós i l'endocrí. Les tres xarxes integren la informació tant interna com externa per a regular els organismes. El sistema nerviós ens proporciona la informació de l'entorn on vivim i controla les funcions orgàniques. L'endocrí regula bàsicament les funcions químiques i la diferenciació sexual. I el sistema immunitari protegeix els animals de les possibles infeccions.

Els animals viuen en diferents entorns: en terra i en aigua, dolça o salada, de superfície o fondària... Tots aquests factors fan que les condicions de temperatura, llum, pressió, recursos... siguin ben diverses. Els animals, durant la seva vida, a més de nodrir-se i reproduir-se, s'han de defensar de les agressions dels possibles patògens.

Per a defensar-se dels patògens, els organismes han de saber detectar tot el que no és propi (*self and not self*). Ara

bé, diuen que dins nostre tenim deu vegades més cèl·lules estranyes que no pas pròpies. S'inclouen en el recompte els patògens o sapròfits que tenim a la boca, per exemple, i que no ens infecten perquè el nostre sistema immunitari els manté a ratlla. I també els microorganismes que tots els organismes duem dins nostre i no som nosaltres, com ara la flora oral, intestinal o, en les senyores, vaginal.

Una vaca, deixaria de ser-ho si no tingués la flora intestinal que li permet de fer la digestió? Almenys, deixaria d'estar viva. Per tant, les cèl·lules d'aquest darrer grup, responsables d'algunes de les nostres funcions més bàsiques, lògicament, són reconegudes pel sistema immunitari.

Des de ben aviat en l'evolució hi va haver resposta immunitària. Les meduses, per exemple, tenen un sistema immunitari bàsicament molecular. Així, si detecten que els ha entrat un microorganisme, unes molècules especials van a trencar físicament la paret cel·lular de l'intrús i provoquen que rebenti.

Els humans, per contra, tenim un sistema immunitari que es basa més en la funció de les cèl·lules, tot i que també tenim una elaborada defensa molecular. Per la nostra sang i la nostra limfa circulen glòbuls blancs. Però n'hi ha de molts tipus. Entre els limfòcits, n'hi ha que fabriquen les proteïnes de defensa i n'hi ha que detecten els organismes aliens. I tant als vasos com als nostres teixits hi ha macròfags, cèl·lules que mengen –fagociten– les substàncies alienes.

Els peixos, per contra, tenen un sistema immunitari menys específic. El grup de recerca d'en Lluís van trobar que els limfòcits d'alguns peixos també fagocitaven. I això què vol dir? Doncs que les tasques no són ben definides i els glòbuls blancs dels peixos poden complir diverses funcions. I això per què? Doncs, segurament, perquè en un mitjà com l'aigua, tan procliu perquè hi creixin organismes, als peixos els resulta avantatjós aquest tipus de sistema immunitari per a defensar-se de les agressions patògenes. Aquesta troballa va ser publicada a *Nature Immunology* l'octubre de 2006, aquí en trobareu un resum.

Hi ha algun animal que tingui més èxit? Els taurons viuen als oceans de la Terra des de fa uns 450 milions d'anys. Molts dels organismes coetanis seus fa temps que són extingits. Per què ells sobreviuen com a grup? En primer lloc, no tenen a penes depredadors, i alhora són molt eficaços caçant: una línia lateral sensitiva els permet de percebre molt bé, no només els moviments de la massa d'aigua on són, sinó també des de descàrregues elèctriques fins als intercanvis iònics dels músculs de les preses. A més, no tenen bufeta natatòria, regulen la fondària en què neden gràcies a un fetge molt gran i de densitat baixa, però regulable; d'aquesta manera, quan volen pujar el fan menys dens, i, si volen baixar a grans fondàries, tenen força muscular per arribar-hi. D'una altra banda, solen tenir la mateixa salinitat que l'aigua on viuen, de manera que no han d'emprar energia per a mantenir-la diferent. I, a més, no tenen

càncers; així, atès que alguns limfòcits detecten les cèl·lules canceroses com alienes i, per tant, les destrueixen, són objecte d'estudi de molts immunòlegs.

I, entre moltes altres preguntes, en Lluís també ens va respondre a quina relació hi ha entre els sistemes nerviós (i, òbviament, el nostre cervell), endocrí i immunitari. És evident que els sistemes endocrí i nerviós es relacionen bàsicament a l'hipotàlem, que és una regió nuclear del cervell que dona instruccions a la hipòfisi, una glàndula endocrina centre que regula les altres glàndules endocrines. Entre les hormones, el cortisol està relacionat amb l'estrès, la defensa immunitària i la depressió. Que hi hagi relació vol dir que hi ha competència. És a dir: davant l'estrès o la depressió hi pot haver una menor resposta immunitària. Ara bé, no està clara la relació entre els sistemes nerviós i immunitari, ni, per descomptat, que amb la voluntat que deriva del nostre cervell hi puguem influir.

Per acabar, només unes indicacions lèxiques. Hi ha molta confusió entre immunitari, immunològic i immune. El *Què cal saber?* ens ho aclareix. Gràcies a tots i fins al proper cafè científic, el 20 de maig a les set de la tarda.

Història de les poblacions humanes (20/5/2009)

Això del cafè científic m'agrada. Cada cop vénen més persones. Funciona el boca-orella?

Al d'avui, en David Comas ens ha explicat com treballa una altra eina que revela el passat més enllà de les cròniques (ja que l'escriptura té uns 5.000 anys) o l'arqueologia (que es pot remuntar fins a 15.000 anys), i diferentment de la paleoantropologia (ja que ni tot s'ha fossilitzat, ni hem trobat tot el que s'ha fossilitzat). Aquesta eina que ens explica una altra història és la biologia evolutiva i es basa en la diversitat del genoma.

Quina és la diversitat del genoma?

Recordem. Dins de cada cèl·lula hi tenim un nucli; dins de cada nucli, el genoma, que duu la informació genètica i s'empaqueta en cromosomes. Els humans heretem la meitat del nostre material genètic provinent del pare i la meitat de la mare. I el tenim empaquetat en 46 cromosomes, 23 parelles gairebé iguals.

Hi ha un cas en què una parella és diferent: els homes – mascles de l'espècie humana – tenen 22 parelles de cromosomes homòlegs més la parella XY, que són els cromosomes que determinen el sexe. Les dones tenim 23 parelles de cromosomes homòlegs; els sexuals formen la

parella XX. Així, que la major diferència entre humans, la cromosòmica, depèn de tenir un cromosoma X o un Y.

Els cromosomes estan formats per DNA, una macromolècula un pèl avorrida, perquè la formen només quatre unitats, que en diem bases i que representem amb les lletres A, C, G i T. És com si tinguéssim un llarg collaret amb granes de només quatre colors. Petites parts d'aquestes granes duen la informació per fer un individu: els gens. La major part del DNA no conté informació o no coneixem quina funció té. En podríem dir que és el material intergènic, el que es troba entre els gens.

Fins ara hem parlat de lletres. Però, i les xifres? De quines quantitats parlem? Cada un de nosaltres té al voltant de 3.000 milions de bases. I quina probabilitat tenim dos individus qualssevol que la nostra genètica coincideixi? Doncs, de mitjana, la diferència seria un 0,1% del genoma. És poc? És com dir que tenim tres milions de bases diferents. És molt?

Si anem a l'espècie més propera, que són els ximpanzés, i busquem la diferència mitjana entre dos individus a l'atzar, trobem que és prop de cinc vegades superior a la nostra. Això com s'interpreta? Doncs que els ximpanzés fa més temps que existeixen com a espècie, mentre que els humans som una espècie molt jove. Atès que coneixem el ritme de variació, podem afirmar que no tenim més de 200.000 anys de recorregut.

I si en comptes de mirar individus mirem poblacions, veurem que la similitud del conjunt genètic es troba entorn al 90%. És a dir, que les poblacions es diferencien genèticament només en un 10%. Si imaginem que uns extraterrestres segresten una població humana, cal entendre que s'enduran el 90% del conjunt de tot el material genètic humà. És a dir, que som molt semblants.

L'aparença morfològica

Però aquest exemple ens fa trontollar un pèl, perquè quan anem pel carrer ens veiem capaços de distingir la procedència dels individus amb els quals ens creuem. N'atribuïm la procedència d'una població.

Ara bé, una cosa no es contradiu amb l'altra, ja que l'aspecte extern ve regulat per pocs gens, i aquests gens han estat triats per l'entorn en què s'ha desenvolupat la població. Ha estat l'adaptació a diferents entorns, amb climes, aliments i patògens distints, la que ens ha fet ser diferents d'aspecte.

Aquestes adaptacions són fruit de petites variacions en el genoma i se'n diuen mutacions. Aquí veiem que les mutacions no sempre són dolentes. Un canvi pot afavorir una millora. Quan les poblacions de pell fosca van arribar a terres septentrionals, aquells individus que dins la variació normal de la població tenien la pell més clara van ser els que van poder tenir més fills, ja que la manca de vitamina D (que requereix llum solar per acabar la seva síntesi) provoca

raquitisme. Així doncs, els individus més clars van passar els seus gens als fills i ens vam tornar blancs.

Altres variacions, sobretot les que tenen a veure amb funcions bàsiques –com ara l’empaquetament dels cromosomes o la respiració–, permeten poques variacions: és molt poc probable que un canvi comporti un millor funcionament, de manera que no se seleccionarà. S’aplica la màxima quixotesca de «*vale más non meneallo*».

Ara bé, com la gran part del material genètic no duu informació, la major part de les mutacions són neutres, és a dir, no tenen efecte. I justament per això ens permeten de seguir els rastres i reconstruir la història genètica de les poblacions humanes.

Quina història ens explica el DNA?

Si estudiem el material genètic sencer, podrem establir relacions, determinar barreges, aïllaments, expansions i colls d’ampolla. Però, atès que se’ns barreja el material genètic del pare amb el de la mare, difícilment podrem diferenciar llinatges.

Ara bé, hem dit que els homes tenen un cromosoma Y, que forçosament han heretat de son pare. Així que podem establir un llinatge masculí. Però, també podem deduir un llinatge femení?

Dins cada una de les nostres cèl·lules tenim els mitocondris, uns orgànuls que ens proporcionen l’energia i que tenen una

petita molècula de DNA. Els mitocondris els heretem tots de l'òvul que la nostra mare ha aportat perquè, amb l'espermatozou patern –que només aporta el material genètic–, es formés la cèl·lula que ens va iniciar. Amb el DNA mitocondrial, doncs, podem traçar el llinatge femení. Però el fet que la diversitat de les poblacions actuals ens dirigeixi cap a un origen comú no vol dir que tots nosaltres vinguem d'una única Eva o d'un únic Adam. Tots dos conviuen amb molts altres homes i dones, només que molts llinatges s'han perdut perquè o no han tingut descendència, o bé hi ha hagut homes que només han tingut filles o dones que només han tingut fills. L'Eva mitocondrial va ser una creació periodística.

Quina és la història genètica de les poblacions?

Fa 200.000 anys la nostra espècie ocupava només l'Àfrica. S'estima que alguns grups van emigrar; van arribar a Austràlia ara fa uns 50.000; a Europa, ara fa uns 40.000 anys, i a Amèrica, uns 15.000 anys.

El projecte *Genographic*, impulsat per National Geographic i IBM i iniciat el 2005, és un gran experiment que, en cinc o sis anys, vol traçar la història de la humanitat. Amb aquest objectiu es va dissenyar una distribució geogràfica del món en deu regions, i es van determinar quins marcadors genètics s'estudiarien i amb quina metodologia, per així poder comparar-los i obtenir-ne una visió global. El grup de

Biologia Evolutiva de la UPF s'hi va incorporar el 2006 per coordinar la recerca a Europa.

Aquest gran experiment proporcionarà una visió global dels grans moviments demogràfics de la història. Bé, bàsicament de la prehistòria, que és quan els moviments tenien significació genètica.

Certament s'havien fet estudis anteriors, tant amb DNA mitocondrial com amb cromosoma Y, però no sempre s'havien estudiat les mateixes regions, amb la qual cosa molts dels resultats no es poden comparar per a extreure'n conclusions.

Però el projecte *Genographic* és més que aquest estudi poblacional. També es pot estudiar el llinatge de les persones. Tothom pot demanar estris per prendre una mostra de la mucosa bucal. Al cap de sis setmanes tindrà el resultat de l'anàlisi de el DNA i n'establiran l'estirp. Els diners d'aquests estudis individuals serveixen per finançar l'estudi de les poblacions i la fundació que vol preservar el bagatge cultural de les poblacions vulnerables.

Com la història és única, les diverses disciplines (genètica, paleoantropologia, arqueologia) i les cròniques (si n'hi ha) han de coincidir. Per il·lustrar-nos amb un exemple, en David ens explica què van poder saber quan va estudiar la població actual de Cuba. La hipòtesi de partida era que els taïns i els ciboneis, els antics pobladors de l'illa, havien estat reemplaçats per la població hispànica i l'esclava. Com a

resultats dels llinatges paterns van obtenir un 80% d'europèus i un 20% d'africans. Però com a resultat dels llinatges materns van trobar un 25% d'origen europeu, un 50% africà i un 35% de nadius americans prehistòrics (cosa que van poder comparar amb DNA recuperat d'ossos). I aquestes dades, com s'han d'interpretar?

En primer lloc es va desprendre que els homes taïns i ciboneis van morir tots o gairebé tots, atès que els seus llinatges es van extingir. Per contra, de dones indígenes en van restar moltes més. I, d'una altra banda, podíem sospitar que els europeus podien tenir descendència amb qualsevol grup, però els homes africans no.

I a Europa?

Ja hem dit que a Europa els humans moderns van arribar fa uns 40.000 anys, durant el paleolític superior. Per què no van venir abans? Potser perquè eren rebutjats pel clima, potser perquè era una zona ja habitada per uns altres pobladors: els neandertals.

És molt probable que els neandertals fossin originaris del Pròxim Orient i que s'haguessin desplaçat cap a l'oest. Aquest mateix camí el farien temps més tard els humans moderns, empenyent-los amb una tecnologia més eficient. Per aquesta trajectòria, els darrers neandertals es troben a la península Ibèrica.

Una tecnologia superior vol dir que els humans moderns van exterminar els neandertals? Segurament no; grups reduïts i vulnerables es devien extingir per competència en els recursos. Es van conèixer els dos grups? Segurament sí, perquè hi ha jaciments gairebé contemporanis i veïns. Es van barrejar les dues espècies? Segurament no, la diferència genètica entre ambdues se situa en 500.000 anys i no hi ha traces de creuaments.

Però pel que fa als humans moderns, la genètica europea és molt avorrida, molt monòtona. Segurament els moviments de població dins el continent no han permès una distribució en mosaic. Com a màxim (i amb diferències minses comparades amb les que hi ha entre les poblacions africanes), podem destacar els samis (abans lapons), els islandesos i els sards.

Entenem l'aïllament d'aquests grups europeus. Però, per què no destaquen els corsos? Doncs perquè Còrsega, a diferència de Sardenya, no devia tenir una població estable i suficient per resistir grans catàstrofes i la illa probablement ha tingut poblaments successius.

I el cas dels bascos, que tant es va sentir a la premsa durant una temporada? Doncs, a banda dels interessos polítics, si per comptes de ser diferents proporcionalment en l'Rh ho fossin en el marcador MNG235JX, posem per cas, ningú no n'hauria fet gaire cas.

I els gitanos? Aquest grup d'origen indi sí que s'ha mantingut aïllat de les poblacions del voltant. Un projecte integrador com aquest pot permetre de comprendre també si l'origen d'aquest grup és únic, o hi va haver diverses migracions; i pot permetre també establir-ne un origen més fi.

I quan aquest projecte *Genographic* acabi, encara mancaran moltes coses per saber de la nostra historia, sobretot, perquè els humans som molt més que gens. Així que la feina que encara resta per fer és molta.

***Cradle to cradle* i iniciatives de transició (18/6/2009)**

Al cafè científic d'ahir a la Casa Orlandai, Ignasi Cubiñà, biòleg i director d'Eco Intelligent Growth, ens va fer reflexionar prou amb la xerrada *Iniciatives de transició i «cradle to cradle»: una proposta d'esperança*. La introducció, que va preparar en Joan Cabrera, un col·laborador seu, deia:

«La crisi actual i el canvi climàtic són les conseqüències més visibles de la devastadora acció humana de les darreres dècades. En menys d'un segle hem arribat a un punt crític per haver actuat desconnectats del nostre entorn. Per tal de capgirar aquesta tendència és necessària la implicació de tots.»

En aquest sentit hi ha diverses iniciatives en procés que ofereixen resultats molt esperançadors; la reconstrucció de la «comunitat» com unitat social, el foment de l'intercanvi a escala local i l'adaptació a una nova situació de recursos escassos són algunes de les *iniciatives de transició* ideades per Rob Hopkins en el Regne Unit i que ja s'han estès ràpidament per tot el món. Aquestes accions són compatibles amb la societat de consum? Com es pot plantejar la continuïtat del sistema productiu en aquest context? *Cradle to cradle* (McDonough & Braungart) es proposa com el *nou paradigma del disseny*, la *nova revolució industrial*.

Què vol dir tot això?

Aquesta nova revolució industrial es basa en el fet de reformular la idea de la producció. Ara és lineal: a partir d'una matèria primera que és transformada per un procés, obtenim un producte que fem servir i del qual ens haurem de desfer tard o d'hora. I així hem entrat en una sobre-explotació dels recursos del planeta. Coneixeu el recomanable *The Story of Stuff*?

La proposta de redissenyar la producció ve de la biologia: proposa produccions cícliques: que el material de rebuig d'un cycle sigui la matèria primera d'un altre cycle. Bàsicament, aquesta és la metàfora del *cradle to cradle*, que, literalment, vol dir «del bressol al bressol», però tothom coneix la idea amb el nom anglès.

Quant a les iniciatives de transició, dins la crisi mundial que inclou una crisi de valors, volen donar resposta a les preguntes que va plantejar Buckminster Fuller: «La humanitat té alguna possibilitat de sobreviure en el planeta Terra? I, si és que sí, com?».

Els especialistes parlen de canvi global per referir-se a la contaminació, el canvi climàtic, la desertització, la urbanització i el canvi d'usos del sòl, els incendis forestals, les invasions biològiques, la pèrdua de biodiversitat, la sobre-pesca i altres efectes produïts pels humans. Això és el que s'explica poèticament en el documental *Home*, rodat a diversos llocs del món.

I parlen també de la petjada ecològica que deixem cada un de nosaltres. Quants planetes necessitaríem si tots els habitants de la Terra visquessin com nosaltres?

Anant a la pràctica

L'Ignasi va desgranar les propostes que fan referència als aspectes de sostenibilitat:

1. Energia

Podem classificar l'energia entre endosomàtica i exosomàtica. La endosomàtica és la que fem servir per al manteniment i el desenvolupament de les nostres activitats; en el cas de l'espècie humana estem parlant de 150 W diaris.

Tota una altra cosa és l'energia exosomàtica, la que els humans prenem de l'entorn per a cuinar, escalfar-nos, desplaçar-nos, fabricar els productes que consumim... En aquest cas, la potència elèctrica és de 5.000 W. Els humans prehistòrics en necessitaven 150 W, mentre que en els països desenvolupats en necessitem 15.000 W. Aquesta energia la prenem dels combustibles fòssils, com el petroli o el carbó; de la geografia, en el cas de l'energia hidràulica; del Sol: la solar i l'eòlica –atès que el vent és provocat pel moviment de masses d'aire de diferents temperatures–; dels minerals radioactius com l'urani... D'algunes de les energies se'n diu renovables, perquè no esgoten la matèria primera que les genera, però altres no ho són. També les podríem classificar en netes o brutes, segons si generen residus o no.

És evident que tard o d'hora arribarem al pic de petroli, al zenit, al màxim. A partir d'aleshores costarà molt més de produir. I aquest punt marcarà una fita que ens obligarà a canviar de font d'energia en un futur segurament no gaire llunyà.

I el futur energètic no passa per les nuclears: si volguéssim mantenir el tren de vida que duem ara, pel que fa a despesa elèctrica provinent d'energia nuclear, diuen els experts que, deixant de banda el problema dels residus, tenim urani per a 15 anys. Clarament, doncs, el futur ha de passar per un estalvi energètic, per una disminució de l'energia exosomàtica. Vol dir que haurem de perdre confort?

No, vol dir que haurem d'explorar solucions de baix cost que afavoreixin aquest estalvi. Per exemple, per disminuir el cost energètic en el manteniment d'un edifici en un país com el nostre, on és més dur de suportar la calor que el fred, podem posar vegetació en les façanes de ponent a fi de minvar l'efecte del recondensat sol de les tardes estiuenques. Vol dir també que potser haurem de tenir alguns electrodomèstics menys (no costa tant raspallar-se les dents, fer un suc de taronja a mà o estendre la roba perquè l'eixugui el sol mediterrani), però no caldrà que rentem a mà, ni que pugem a peu molts pisos.

La indústria ens haurà d'oferir rentadores més eficients (potser les rentadores *cradle to cradle* les tindrem en *leasing*: que, quan surti un model que gastí menys, ens

canviaran la vella). I tots els aparells *energy star*, dissenyats per disminuir la despesa energètica. Minvant la despesa energètica potser el fet d'implantar les energies renovables es convertirà en un objectiu més realista.

2. Minvar el canvi climàtic

Justament per tal de prevenir i mirar de compensar el canvi climàtic a què ens hem abocat degut a l'efecte hivernacle que fa el CO₂ de l'atmosfera, caldrà que pensem en indústries que segrestin carboni.

Pot ser una aliada la indústria paperera. Atès que en el cas del paper és més costosa la seva construcció i deconstrucció que el seu ús, mirem d'estalviar, però sobretot de reciclar, de fer servir els residus com a matèria primera d'una altra producció. A més, el paper es fa d'arbres; no aturem, doncs, la fabricació, necessitem boscos (no d'eucaliptus!) que absorbeixin el CO₂.

3. Aigua

El canvi climàtic pot ocasionar destacats impactes sobre el cicle hidrològic i, en conseqüència, sobre tot el conjunt de processos i activitats que en depenen. La península Ibèrica és el segon lloc del món (després d' Austràlia) on la desertificació provocada per mà humana és més estesa.

Així, cal que estalviem en el nostre dia a dia i que l'administració adopti mesures amb aquesta finalitat. Tots

plegats podem recollir les aigües pluvials i mirar d'aprofitar les aigües grises. Per què l'aigua que surt de la rentadora es llança pel desguàs en comptes d'anar al vàter?

D'una altra banda, l'administració hauria de frenar la construcció de macrociutats, especialment allà on no hi ha aigua, com ara a los Monegros. Ja hi ha l'experiència prèvia del riu Colorado, un dels rius més cabalosos de l'Amèrica del Nord, que no arriba a desembocar per l'ús que es fa de la seva aigua a la ciutat de Las Vegas.

4. Sobirania alimentària

A fi de minvar el transport d'aliments i fer créixer la vegetació en el nostre entorn, podem fer horts urbans per tenir la màxima subsistència possible. A més, gaudirem de productes de qualitat.

5. Residus

Els qui en saben diuen que no som consumidors, que som productors de residus. S'estima que l'any 2013 Catalunya es col·lapsarà per les escombraries. Però la incineradora és només una resposta d'emergència, no la solució. D'una banda elimina definitivament residus molt valuosos, que, a la natura o als humans, han costat molt de temps o d'energia de fabricar. D'una altra banda, emet CO₂, cosa que afavoreix el canvi climàtic. El futur no passa ni per les incineradores ni pels abocadors. Quina imatge tindran de nosaltres els arqueòlegs del futur?

Així doncs, no ens queda altre remei que produir menys residus i mirar d'aprofitar o reciclar tant com es pugui. Podem destriar, per exemple, la fracció orgànica dels residus, que es pot transformar en compost, i el compostatge no vol energia.

Cal evitar aquells que siguin més difícils de reutilitzar, com ara el tetrabrik; Espanya és el país d'Europa on més tetrabriks es fan servir. I també caldria evitar molts plàstics, especialment les ampolles PET, que contenen antimoni. Ara bé, el plàstic no és dolent per ell mateix. Reciclem-lo, però caldrà separar les diferents classes de polímers.

6. Reduir l'escala de les economies

Durant unes dècades, el balanç d'exportacions i importacions ha estat un indicador de desenvolupament i benestar d'un país. Però això ha de canviar, no té sentit que un país importi tantes patates com n'exporta (com Ignasi ens diu que succeeix al Regne Unit). Ni és de sentit comú, ni té sentit entròpic.

Si ens fixem com a objectiu un model més regional en què no hi hagi desplaçaments tan llargs, estalviarem més despesa en transport i serà més fàcil la gestió del reciclatge. La iniciativa de les *transition towns* s'ha aplicat a nuclis de població de 5.000 a 25.000 habitants. No s'aplica a grans ciutats, però pot aplicar-se en districtes.

7. Usos del sòl

Per al sòl agrícola es proposa la permacultura, un tipus de cura de la terra i de les persones que proveeixi de rendiments justos. Això vol dir que els recursos es distribueixin equitativament i que hi hagi una bona gestió d'excedents i de recursos.

Quant al sòl urbà, ens podríem fixar en l'exemple d'una ciutat dissenyada a Abu Dhabi, als Emirats Àrabs Units: Masdar. Aquesta ciutat vol ser un model d'emissió zero de CO₂, sostenible i de molt baix cost energètic. D'aquesta manera es preparen per al pic de petroli, del qual són més que conscients. Aquí trobareu un article que en parla.

8. Transport

Desplacem-nos, no es pretén que ens hàgim de quedar a casa. Però caldrà tenir en compte que és molt més car el transport aeri que en tren. Això tampoc no vol dir que deixem de volar, sinó que, si prenem un avió, aprofitem el viatge i estem una setmana fora, no un dia amb un vol barat. Vols que, d'altra banda, quan el preu petroli pugui deixar de ser barats.

I això què comporta?

Tot això no vol dir perdre el confort, ni la nostra forma de vida...; vol dir amortitzar, minvar la nostra petjada ecològi-

ca. Es tracta d'ecoalfabetitzar-nos. De gastar menys, reciclar més i fer-nos més autosuficients. Ja sabem que el control dels recursos comporta l'abús de poder.

Fins i tot les empreses, les de debò, les conscienciades i que volen fer xarxa social, es plantegen una nova manera de créixer.

I quin hauria de ser el paper de l'administració? Doncs incentivar les bones pràctiques, ja que la ciutadania sempre va per davant. Per exemple, a Canyamars hi ha una bonica experiència pilot: els veïns que facin compost a casa seva gaudiran d'avantatges fiscals.

Tenim una bona oportunitat. Barcelona, per geografia, latitud, clima, associacionisme..., és mirada atentament per ulls foranis. Potser Barcelona és molt gran, però podríem fer una iniciativa de transició a Sarrià?

Més informació

Iniciatives per a joves que hem desenvolupat a *Ciència en Societat De mica en mica* i *Arguments científics per a la convivència*. I, per a adults, *Vers la sostenibilitat de la Terra*.

Comentaris

El 22 de juny de 2009, a les 12.47, en Marcel va dir...

Després d'haver assistit a la xerrada i de llegir aquest magnífic resum de na Cristina, volia afegir un parell de

comentaris que em van fer especial gràcia i que he trobat a faltar:

4. En el punt 4, quan es parla de sobirania alimentària em va il·lusionar saber que tant a Anglaterra com a Espanya seria possible autoabastir-nos d'aliments. Una gran alegria i una sort tenint en compte el futur que ens espera.

5 i 8. Un altre comentari que volia afegir, que va molt lligat a l'anterior i que s'uneix amb el punt 5 (residu) i el 8 (usos del sòl), és la possibilitat de reforestar zones com serien els Monegros a partir de compost tractat. Si tots els habitants de les grans ciutats (Barcelona, Saragossa, Lleida...) compostéssim els nostres residus orgànics segurament podríem reforestar tot un territori desèrtic que no para de créixer.

Crec que l'home, com a membre participant en els ecosistemes que habita, és un agent actiu, i tenint com tenim una racionalitat i uns coneixements científics avançats, hauríem d'intervenir-hi conscientment i activa.

Gràcies, Marcel.

Tardor: Any Darwin

Per donar una visió general de la celebració dels dos segles del naixement de Darwin i del segle i mig de la publicació d'*On the Origin of Species*, volem dedicar un trimestre a referir-nos a observacions evolutives de la nostra espècie i del nostre entorn.

Dimecres 16 de setembre: *Lleialtats i destreses*. Carmen Maté (Agència Ecologia Urbana, Barcelona).

Què es va ensumar Darwin estudiant primats? Comparats amb els humans, en què som diferents i en què ens assemblen, pel que fa a conductes i habilitats?

Dimecres 21 de octubre: *Àvies sàvies*. Arcadi Navarro (Universitat Pompeu Fabra).

Qui som? Què ens fa diferents? Per sobreviure a la lluita contra natura les àvies humanes són diferents de les altres àvies; per què?

Dimecres 18 de novembre: *Ballant al ritme que ens marquen*. Jaume Terradas (CREAF, Universitat Autònoma de Barcelona).

Com s'han originat els canvis que han dibuixat l'arbre de la vida? Quin ha estat el ritme? Quins han estat els grans canvis, els grans salts que han dibuixat el món tal com és?

Dimecres 16 de desembre: *La papallona i la tempesta.*
Ricard Solé (ICREA, Universitat Pompeu Fabra).

Pertorbacions subtils poden afectar sistemes complexos i provocar efectes aparentment deslligats. Com s'han pogut estructurar aquestes xarxes?

Lleialtats i destreses (18/9/2009)

Aquest dimecres 16 de setembre vam encetar la nova temporada de cafès científics que, degut a la celebració dels dos segles del naixement de Charles Darwin i el segle i mig que va publicar *L'origen de les espècies*, versarà sobre evolució. Vaig voler transmetre als participants que, atès que *en biologia no es pot entendre res si no és sota la llum de l'evolució*, la varietat de les xerrades està garantida.

A la primera xerrada va venir la Carmen Maté, biòloga especialista en zoologia i doctorada en comportament animal; ara és a l'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona, i durant molts anys ha estat cap de recerca del Zoo de Barcelona. Sota el títol *Lleialtats i destreses* ens va explicar què es va ensumar Darwin estudiant els primats, i en què són diferents i en què s'assemblen les seves conductes i habilitats si les comparem amb les nostres.

Darwin i els primats

A Charles Darwin els primats el fascinaven perquè els trobava força similars als humans. Visitava amb una certa regularitat el zoo de Londres i comparava les expressions facials i el comportament dels ximpanzés engabiats amb el dels seus fills. En aquell moment les gàbies dels zooks eren lamentablement petites i nues, però si els donava algun estri per jugar, els ximpanzés reaccionaven. I les seves observa-

cions de les conductes i les habilitats comparades entre els simis i els humans el van dur a publicar, el 1871, el llibre *The Expression of the Emotions in Man and Animals*.

Ara bé, en cap dels escrits de Darwin es troba reflectit que els humans descendim dels micos. Sí que va postular que tant ells com nosaltres tenim un avantpassat comú i que, òbviament, simis i humans hem evolucionat en paral·lel. I va predir que hi ha un *continuum* entre els simis i nosaltres, ja que les diferències són més qualitatives que quantitatives.

Malgrat això, les idees que es van estendre més endavant, bàsicament en evolució humana amb la imatge de les diferents cronoespècies caminant una rere l'altra, van difondre la idea d'una evolució dirigida i lineal, quan en realitat no es tracta, ni tan sols en el cas humà, d'un procés ni lineal ni dirigit.

Ús d'instruments

Potser la primera diferència que es va postular com a diferenciadora entre humans i grans simis va ser la capacitat d'elaborar eines. Fins i tot s'havia anomenat *Homo habilis* al primer humà, ja del nostre gènere: el que era capaç de fabricar eines. Més tard s'ha vist que probablement també els australopitecs tenien una rudimentària indústria lítica.

Quant als simis, també el 1871 es van publicar al *Boston Journal of Natural History* les observacions fetes el 1843 per un missioner a Libèria sobre l'ús d'instruments per part de

ximpanzés. Van caure en l'oblit, però un cop recuperat l'article, cal recordar que les primeres observacions no van ser fetes ni per Jordi Sabater Pi ni per Jane Goodall.

Avui sabem que en l'ús d'instruments hi ha distribucions geogràfiques. I no només perquè en determinades regions hi ha uns elements i no d'altres, sinó perquè la diversitat entre els individus fa que n'hi hagi de més desperts o més curiosos que inventen tècniques noves imitades pels companys.

Per exemple, a Costa de Marfil hi ha grups de ximpanzés que mengen una nou que han de trencar amb pedres, i hi ha proves que ho feien fa més de 4.000 anys. Grups veïns de ximpanzés de l'Àfrica occidental no la mengen, tot i haver-hi la mateixa nou, perquè a cap d'ells se li ha acudit de trencar-la i menjar-se-la.

Llenguatge

Una altra de les diferències que més cops s'ha postulat com a quantitativa és el llenguatge. Darwin també va dir que aquesta diferència era més qualitativa que quantitativa, però.

Certament, un llenguatge articulat com el nostre permet l'acumulació de cultura i ofereix un aprenentatge capaç de donar o rebre explicacions. Els primats, per contra, no s'expliquen com fan les coses; l'aprenentatge es basa en la imitació. S'ha vist alguna mare que col·locava bé la mà d'un dels seus fills per aprofitar millor el cop i trencar pedres

d'una manera més eficient, però aquesta és tota l'explicació trobada.

Els grans simis, doncs, no parlen. Per què? Abans es defensava que no parlaven perquè la seva laringe és molt menys desenvolupada que la nostra, que el bipedisme va permetre el desplaçament del nostre cos i l'increment de la capacitat laríngia. Ara es considera que l'anatomia no és un factor determinant, es busquen altres explicacions.

Una de les explicacions actuals remet a la genètica. Els grans simis tenen en el seu DNA, com nosaltres i molts altres animals, el gen FOXP2 relacionat amb la parla. Aquest gen s'activa en els ocells quan aprenen a cantar i es desactiva quan n'han après. I ratolins que tenen mutat aquest gen presenten problemes d'aprenentatge de seqüències complexes.

Els simis antropomorfs tenen aquest gen i poden aprendre seqüències d'ordres o d'informacions complexes, com s'ha vist quan han après algun llenguatge en entorns artificials, generats per humans. La diferència és que, a més de proporcionar la capacitat de llenguatge complex, en els humans aquest gen és un xic diferent i permet la mobilitat fina de la boca i la laringe, cosa que no succeeix amb els altres animals.

Comunicació

La curiositat per conèixer la capacitat de comunicar-se dels grans simis ha fet que diversos individus fossin entrenats

per fer-ho mitjançant el llenguatge de sordmuts. Aquest és el cas de Washoe, una ximpanzé (*Pan troglodytes*) criada amb els Gardner; o de Koko, la goril·la (*Gorilla gorilla*) entrenada per Francine Patterson. O dels bonobos (*Pan paniscus*) Kanzi i la seva mitja germana Panbanisha, que Sue Savage-Rumbaugh va entrenar perquè es comuniquessin a través d'un teclat.

Els resultats van ser espectaculars i només cal veure enregistraments per meravellar-se davant la capacitat dels simis. Washoe va ensenyar el llenguatge a la seva descendència. Koko era capaç d'expressar els seus desitjos i les seves emocions. Kanzi i Panbanisha són capaces de posar espaguetis a bullir seguint les instruccions parlades de la Sue.

En el cas de Kanzi i Panbanisha encara hi ha un exemple més divertit. Peter Gabriel va voler fer un nou disc en què volia que intervinguessin bonobos, i per això va contactar amb Sue Savage-Rumbaugh. Un cop en contacte amb ells, Kanzi el va veure com a un rival, però Panbanisha va caure doblegada davant l'atractiu de Gabriel. Així que ella responia creativament tocant i afegint notes a les que el músic tocava, mentre que Kanzi, no. Fins a quin punt jugava l'antipatia del mascle i el mig enamorament de la femella?

Així que, davant la pressió selectiva que provoquen els humans, aquests simis han après un llenguatge complex i l'han ensenyat a altres. Ara bé, en condicions naturals, en

què no se'ls pressiona perquè es comuniquin amb un llenguatge simbòlic, sembla que no els cal fer-ho i no l'han desenvolupat.

Òbviament, tots els pòngids tenen llenguatges no verbals complexos que comprenen des de ben petits. I són ben conscients de la informació que emeten, ja que si tenen alguna cosa a amagar, per exemple por, es tapen la cara perquè no es manifesti als altres. Als humans, per contra, el llenguatge articulat ens ha permès de crear societats altament jeràrquiques d'una gran complexitat social.

Però aquesta capacitat de comprensió de llenguatge i de comunicació no es limita només als primats. Va ser força conegut el cas de l'Àlex, un lloro gris africà (*Psittacus erithacus*) capaç d'entendre, en l'anglès que li parlaven a la Universitat d'Arizona, les instruccions que li donaven per endreçar les estructures amb què jugava, tant per color com per forma.

Grups socials

Aquesta capacitat de comunicació en estat salvatge permet de mantenir les estructures socials cohesionades. Goril·les, ximpanzés i humans vivim en grups en què hi ha diverses menes de lideratge. Els goril·les viuen en harem: hi ha un mascle dominant que té poder sexual sobre totes les femelles i que es distingeix fins i tot físicament per l'esquena platejada.

Els ximpanzés viuen en grups socials estructurats, però el comportament és molt més individualista. Tot i això, és força immediat detectar qui és el mascle alfa, el dominant. El que no és tan fàcil és detectar qui és la femella alfa, però també n'hi ha una de dominant.

Dins dels grups de ximpanzés tots els individus es coneixen i han de mantenir relacions estables i duradores. Així que, quan hi ha un ximpanzé que abusa o que és massa cruel amb els del mateix grup, els altres l'aïllen. Les femelles se sotmeten a les incitacions sexuals del mascle alfa, però tenen llibertat de relacionar-se amb altres mascles; trien, però, segons els convé a les seves lleialtats.

Un comportament similar podem pensar que es donava en les bandes de caçadors i recol·lectors del mesolític. Durant el neolític, quan ja es controlava la producció d'animals, les poblacions humanes van desenvolupar estructures socials amb jerarquies molt més complexes.

Poder i justícia

Hi ha qui diu que el fet de saludar-nos ens fa humans. Hi ha persones que s'ofenen si algú no els saluda, perquè retirar la salutació és considerat un càstig. Entre els ximpanzés, el ritual de salutació és encara més potent. Cada dia al matí, en retrobar-se, els ximpanzés se saluden en un ordre ben estricte. Aquí, les femelles tenen molt de poder. L'ordre per saludar revela reconeixements, aliances i lleialtats. Així que els mascles que volen pujar en la jerarquia social del grup

s'han de guanyar el favor de les femelles establint i reforçant vincles, i aconseguir que els saludin més aviat. Si algú perd el favor de les femelles, perdrà poder dins el grup.

En general, les femelles afavoreixen els mascles que poden defensar el grup i donar-li estabilitat, i rebutjaran aquells que considerin que poden fer més difícil la coexistència, i els que són cruels sense justificació. Atès que tenen un elevat sentit de la justícia, un mascle just té més possibilitats de mantenir-se en el poder.

En general els mascles són dominants durant uns cinc anys. Ara bé, científics de la Universitat de Kyoto (Japó) a la reserva de Mahale (Tanzània) van detectar un mascle que va ser el dominant durant deu anys. Quan en van observar el comportament van veure que, després de la cacera, ell s'apropiava de la presa i la repartia primer entre els caçadors i després entre totes les femelles, independentment de l'estat fèrtil en què es trobessin. És a dir, no afavoria les femelles amb les quals es podia aparellar, sinó a totes. Aquest sentit de la justícia va fer que les femelles li donessin suport durant molts més anys.

Territori i hàbitat

Els ximpanzés coneixen bé el seu territori i coneixen les plantes que hi creixen. Tenen un bon esquema temporo-espacial, ja que saben on poden trobar arbres en fruit. I coneixen plantes medicinals, que coincideixen amb les que utilitzen els humans de la mateixa zona. Els ximpanzés

patrullen i defensen el que consideren el seu territori. Si es troben amb un grup de nombre similar generalment eviten el confrontament. Ara bé, si es troben amb un grup molt més reduït, poden mostrar patrons de conducta fins i tot cruels amb els individus del grup contrari. I aquest comportament s'ha observat no només en mascles, sinó també en femelles.

Un dels problemes actuals més grans pels grans simis és que el seu hàbitat està desapareixent. A les raons per desforestar la selva se n'hi ha afegit una altra: el coltan. Aquest mineral escàs es troba als sòls d'Uganda, Ruanda, Burundi i la República Democràtica del Congo (antic Zaire). Aquest mineral s'empra gairebé en tots els dispositius electrònics, especialment en telèfons mòbils, GPS, satèl·lits, armes teledirigides, televisors de plasma, videoconsoles, ordinadors portàtils, MP3, MP4...

A banda de les condicions d'esclavitud amb què treballen els que recullen aquest mineral i els problemes ecològics derivats de la desforestació per als humans, els ximpanzés i els goril·les de la regió veuen com minva el seu hàbitat i, en conseqüència, com es veuen condemnats a l'extinció. Per això Carmen Maté ens encoratja a remetre els nostres mòbils vells a la campanya *Mobilitzat per la selva*, vinculada a l'Institut Jane Goodall, amb el qual col·labora.

Observadores de primats en la natura

Jane Goodall és una pionera en l'observació de primats en la natura, concretament ximpanzés a Tanzània. Dian Fossey ho va ser de goril·les a Ruanda; i Biruté Galdikas ho és d'orangutans a Borneu (Indonèsia). Tant en llibertat com en captivitat, goril·les i ximpanzés són diferents. Els goril·les són molt menys expressius, molt més tímids. Així es fa molt més difícil per a nosaltres comprendre la mímica de la cara. Es comuniquen per posicions del cos o mirades. Els ximpanzés, per contra, són molt expressius, fan servir molts gestos com els nostres.

Cervell humà, cervell de simi

Hi ha un moment de la vida en què l'aprenentatge dels infants, tant ximpanzés com humans, comença a fer-se d'una manera diferent: a partir dels dos anys i mig. Fins a l'any d'edat els ximpanzés són molt més madurs i independents físicament que els nens humans (De fet, naixem molt més immadurs.)

Als dos anys i mig els nens humans canvien el seu aprenentatge, que comença a acumular-se exponencialment. En aquest moment, tant si es tracta de nens que aprenen a parlar de manera conceptual (pel nom de les coses) o bé contextual (per l'entonació i el lloc que ocupen les paraules), el seu domini sobre el llenguatge els permet un aprenentatge i una comunicació molt més eficients. A més, els nens aprenen a controlar els gestos i a amagar els

seus sentiments i emocions. Això no passa amb els simis antropomorfs.

S'han fet experiments al Max Plank Institute amb ximpanzés en captivitat. Un membre del grup veia a quina caixa els educadors amagaven les pomes. Els altres membres del grup sabien que el seu company ho sabia. De manera que, quan sortien de la gàbia, no havien de fer més que seguir-lo, perquè les anava a buscar, i les hi prenien. L'endemà, l'individu que sabia l'amagatall esperava que els altres estiguessin distrets i no el miessin per prendre les pomes, però aviat tots se'n adonaven i les hi tornaven a prendre. El tercer dia de la seqüència, eren les mirades cap a una capsa concreta les que el delataven i els altres tornaven a prendre les pomes. Aquesta era la màxima capacitat de dissimulació.

Una darrera curiositat i coincidència

Dues setmanes abans de morir, Charles Darwin va publicar un darrer i breu treball sobre un diminut bivalve que es va trobar a les potes d'un escarabat d'aigua de les Midlands angleses. L'exemplar li va ser enviat per Walter Crick, avi patern de Francis Crick, qui, el 1953 i amb James Watson, trobaria l'estructura molecular del DNA. Aquesta és la segona relació entre tots dos, perquè Darwin va conjeturar que hi havia alguna cosa que relacionava tots els éssers vius, i aquesta cosa és la molècula de DNA.

Amb tots aquests exemples veiem que, en la comparació entre primats i humans, la teoria de l'evolució per selecció

natural és ben contrastada i suportada per proves que la fan vigent. Jane Goodall diu que la diferència entre nosaltres i els ximpanzés és que nosaltres tenim la capacitat de fer-nos preguntes. Carmen Maté afirma, fent broma, que el que ens diferencia és la nostra biomassa i la nostra capacitat de colonització.

Àvies sàvies (20/10/2009)

Ahir vam seguir amb els Cafès Científics de tardor, que versen sobre l'evolució. Va venir l'Arcadi Navarro, de la Universitat Pompeu Fabra. Ens va parlar, entre altres coses, de les *Àvies sàvies*. Qui som? Què ens fa diferents? Per sobreviure a la lluita contra natura, les àvies humanes són diferents de les altres àvies; per què?

Quant a les àvies sàvies

Les dones de l'espècie humana som les úniques que sobrevivim un temps llarg després de poder tenir fills. Així que la pregunta immediata és: quin sentit evolutiu té la menopausa? Perquè els homes (llevat dels de molta edat) poden ser pares fins a ben grans (pensem, si no, en Anthony Quinn, Charles Chaplin o Ramsés II).

La qüestió ja s'havia plantejat fa més d'un segle, però no ha estat fins a la dècada del 2000 que no s'han començat a donar respostes argumentades, basades en registres històrics i que encaixen molt bé en la teoria de l'evolució.

Les explicacions parteixen del fet que la nostra espècie és aquella en la qual els progenitors han de dedicar més temps a la cura de la descendència si volen que sobrevisqui. Els humans necessitem uns quinze anys d'atencions abans no estem en condicions de ser autònoms (posem les condicions

dels caçadors i recol·lectors, no les actuals d'acabar una carrera, trobar feina i tenir un pis).

Per què? La nostra espècie s'ha especialitzat en ser espavilada, en el desenvolupament del cervell: no tenim pèl, no tenim urpes... Sense el nostre cervell estaríem en clar desavantatge. I el nostre cervell vol un crani globular. Al seu torn, el bipedisme fa que el part d'un infant amb crani gran i madur sigui molt difícil. De manera que naixem molt immadurs.

I, siguem sincers, qui cuida dels fills? En general, i molt més en temps passats, les mares hi dediquen molts més esforços, molta més energia. El pare, tret de casos excepcionals, en té menys cura. De manera que evolutivament no és rendible per a una dona tenir fills durant tota la vida, perquè si no pot garantir que els cuidarà durant quinze anys, no sobreviuran i serà esforç malmès.

Per tant, potser és raonable que les dones deixessin de tenir fills els darrers quinze anys de la seva vida. I, com? Doncs deixant d'ovular i, en conseqüència, perdent el període menstrual, que no té cap sentit que sigui anovulatori.

I, aleshores, quina podia ser la tasca de la dona madura caçadora i recol·lectora? Fer d'àvia. Així assegurava la descendència dels fills de la seva filla, que eren també els seus gens. Dels gens dels fills dels fills mascles, no en podia estar tan segura.

Per aquesta raó, les que encara cuiden més dels néts són les àvies maternes, que no pas les paternes, que no estan absolutament segures que els seus néts siguin fills dels seus fills. Aquest fet és general en els humans, constatable en la major part de les cultures. Cal aclarir, però, que no és una estratègia conscient.

I resulta que els nens que estan cuidats per la mare i per l'àvia tenen més èxit. Així, tant per raons culturals com biològiques, les variants genètiques que segueixen aquesta estratègia tenen més probabilitats de deixar descendència i es distribueixen per la població. Però, quines proves tenim de tot això?

On s'han conegut les àvies sàvies?

S'han estudiat els precisos registres religiosos històrics de naixements, casaments i defuncions d'Islàndia i del Canadà. I s'ha detectat que, amb independència del nombre de fills, les àvies que vivien més anys tenien més néts i més sans. És a dir, l'èxit no es detectava en els fills, sinó en els néts. Així, els fills de la dona, la mare de la qual vivia més, tenien més probabilitats de viure més i millor.

Les raons són òbvies: hi havia més braços per a preparar la terra i cultivar l'hortet, preparar menjars, rentar la roba, pintar la casa i evitar que hi hagués paràsits, tranquil·litzar els nens al vespre explicant contes, buscar herbes remeieres, etcètera. I aquest efecte àvia s'ha comprovat en

famílies riques i en famílies pobres; en situacions de pau i de guerra, i en condicions de fam i d'abundància.

I, per damunt, es va trobar una dada curiosa: a quina edat morien de mitjana les àvies sàvies de les sagues islandeses i canadenques? Doncs a l'edat que les filles tenien la menopausa; és a dir, quan les filles no tindrien més fills, ni les àvies més néts per cuidar.

I, en el temps, quan s'ha vist que podia haver començat aquest efecte àvia? Doncs s'ha buscat l'edat dels esquelets atribuïts a femelles en les restes paleontològiques, i s'ha estimat que des que va aparèixer el gènere *Homo*, fa dos milions d'anys, les dones podrien haver tingut la menopausa. És a dir, ja eren àvies sàvies.

I aquest efecte, com tants altres en la societat humana, és una imbricació entre biologia i cultura, gens i tradició. En totes les espècies existeix un fort lligam entre innat i après (com, si no, es pot explicar l'èxit dels ocells que fan nius d'una determinada manera apresada, amb la qual cosa els ous no cauen i neixen més polls), però en el cas de l'espècie humana és molt més acusat.

I abans de la menopausa? Com s'explica evolutivament el paper de la menstruació femenina?

La dona és l'única femella mamífera que té una disponibilitat sexual gairebé constant durant tot l'any (excepte uns dies al mes), i que amaga la seva receptivitat els dies més fèrtils. I,

com en altres femelles de mamífer, se sincronitza el període estral de les dones que viuen o treballen juntes. Per què?

Doncs, sempre evolutivament parlant, en una societat que compartia feines comunes, la selecció va tendir a generalitzar i camuflar la fertilitat. Pensem què passaria si la fertilitat es concentrava en uns dies, com passa en els cérvols o els gossos; aqueixos dies al poblat no es faria res més.

D'una altra banda, les dones acabarien sincronitzant els períodes, ja que si la percepció masculina detectava que una dona era fèrtil (la veïna, posem per cas) i l'altra no (la pròpia, per exemple), podria posar en risc el fràgil equilibri de la monogàmia que afaforeix la supervivència de la cria.

La detecció de la fertilitat

De tota manera, hi ha algun factor subtil que permet al mascle detectar els dies de màxima fertilitat femenina, tot i que per ara no es coneix. Van fer un experiment científic als Estats Units que va consistir a demanar a uns estudiants que anessin a veure unes *strippers*. D'aquestes ballarines es coneixia el seu període menstrual i si prenién anovulatoris. Les bonificacions al seu ball, els clients les acostumaven a posar la tanga.

A l'hora de fer el recompte del que guanyaven les noies, es va veure que les que menys recaptaven eren les que prenién anovulatoris. I que les noies que no en prenién, guanyaven

més diners els dies en què ovulaven, és a dir, en el període de màxima fertilitat. Què ho feia? Que elles es posaven més voluptuoses? Que els nois notaven alguna substància a l'aire, una feromona, per exemple? Està per descriure.

L'elecció de la parella

En els darrers anys s'han posat de moda els experiments d'aquesta mena, i, especialment, els que van lligats a l'olor de les persones. Consisteixen habitualment a demanar a nois que es posin una samarreta durant una setmana durant la qual no han de fer servir ni desodorant ni colònia. Finalment se'ls demana que la retornin.

Les samarretes es guarden en bosses de plàstic hermètiques que només tenen una mena d'aixeta que permet d'ensumar. I aleshores es va demanar a noies que diguessin quina d'aquelles olors els agradava més. Curiosament, la majoria va coincidir a triar l'olor del noi que tenia una composició immunològica semblant a la del pare d'ella.

En primera instància podríem pensar en el complex d'Electra. Però per anar una mica més enllà es van fer preguntes més fines: qui triaries per conviure? I qui triaries per reproduir-te? I, majoritàriament, les noies van triar el més semblant immunològicament a son pare per conviure i el més diferent per reproduir-se. Tenim tan arrelats alhora el complex d'Electra i el tabú de l'incest?

Un altre cas peculiar de tria de parella és el dels matrimonis de vidus. De vídues que han criat fills totes soles se'n coneixen; però, un vidu amb fills petits acostuma a buscar de seguida ajuda per cuidar-los. I una de les alternatives recurrent i pràctica és casar-se amb la germana de la difunta esposa. És una situació que va bé a tots: ella estima els fills, de manera que no serà una madrastra. És una solució evolutivament molt viable. Fins al punt que es coneix amb el nom de *matrimoni sororàtic*, en contraposició amb el *matrimoni levític* dels jueus, que obligava al germà menor a casar-se amb la vídua del gran per tenir-ne cura.

D'on vénen els canvis?

Evolutivament, i saltant del comportament a la biologia molecular, les mutacions són el mecanisme que genera el canvi, la possibilitat d'evolucionar. I, en els éssers vius, de mutacions n'hi poden haver de dues menes: d'espontànies i d'induïdes per factors ambientals.

Quant a les mutacions espontànies, només són errors en el precís i complex mecanisme de còpia (que inclou correcció) dels gens. Podríem aproximar-nos i dir que al voltant del 90% de les vegades les mutacions són indiferents en el resultat final; en un 9%, fan funcionar pitjor l'organisme que la duu, mentre que només un 1% de les vegades pot introduir una millora.

Quant a les mutacions induïdes per factors ambientals, com ara els productes químics, les radiacions, el tabac o el sol,

poden generar alteracions o malalties (com ara el càncer), però no passen a la descendència. El càncer és un conjunt de malalties genètiques derivades, com veiem, de factors ambientals, però de vegades són genètics. Metafòricament podríem dir que aquests darrers són generats per cèl·lules que no es resignen a morir sense dividir-se.

L'Eva mitocondrial i l'Adam cromosòmic

Les mutacions s'acumulen en el genoma. I aquestes petites variacions, la major part indiferents, ens permeten de seguir la pista del parentiu entre els éssers vius. Seria comparable a una errada ortogràfica en un cognom que permetria de traçar la diferència entre famílies properes.

Tot el nostre material hereditari l'hem heretat la meitat del pare i la meitat de la mare. D'una generació a una altra, els 3.000 milions de bases químiques que componen el nostre genoma han canviat i s'han barrejat. Així, barrejat, passem el genoma a la següent generació.

Ara bé, hi ha dues petitíssimes parts del genoma humà que no es barregen. El DNA mitocondrial, que només s'hereta per via materna (de mares a filles; els fills el reben però no el transmeten), i el cromosoma Y (de pares a fills; les filles mai no el reben).

De manera que buscant el parentiu de dones de diferents poblacions es va elaborar un arbre filogenètic que explicava les variacions del DNA mitocondrial i que va remetre a una

dona que va viure ara fa 150.000 anys a l'Àfrica. No vol pas dir que fos l'única dona, vol dir que és de la qual hem heretat el DNA de les nostres mitocondries. Ara bé, com que periodísticament és bonic, i als científics els agrada de batejar les troballes, se li dóna el nom d'Eva mitocondrial.

De les altres dones i dels homes que vivien en aquell moment i que eren ancestres nostres, hem heretat tota la quantitat de material que cal per arribar als 3.000 milions de bases del genoma d'un ésser humà. És com si pensem en els cognoms dels nostres avantpassats: en tenim molts, però només duem el que ens arriba per via paterna. I les dones no en som transmissores.

Arcadi ens va fer adonar que, si estudiem el DNA mitocondrial de les ximpanzés, trobem que l'ancestre comú que tenim amb elles va viure fa uns 6.000 milions d'anys. I la va anomenar Maria.

Quant a l'estirp masculina, traçable mitjançant el cromosoma Y, es pot fer el raonament paral·lel. Només que l'Adam cromosòmic en qui conflueix el cromosoma Y dels europeus va viure fa només 40.000 anys. No sabem si a Europa o a l'Àsia.

Per què aquesta asimetria entre homes i dones? Doncs perquè fent estudis paral·lels entre l'estirp femenina i la masculina s'ha trobat que en realitat, les que marxaven del poblat solien ser les dones. De manera que entre les dones

hi ha hagut molta més mobilitat al llarg de la història. I així s'explica una barreja superior i una ancestre més antiga.

Com a curiositat, ens va explicar que entre els asiàtics es va trobar un ancestre comú del cromosoma Y de fa pocs centenars d'anys. Els científics que en van estudiar l'estirp van proposar que el donant fos Gengis Khan, qui va tenir molts fills que es van distribuir per tota l'Àsia i els descendents dels quals són, a hores d'ara, per tot el món.

També vam debatre si el fet que les dones tinguessin descendència uns anys abans que els homes les feia evolucionar més que els homes. La resposta és que no. De fet, no hi ha una herència femenina única (el DNA mitocondrial és una petita part, però més coneguda per raons tècniques que evolutives), sinó que hi ha una barreja de tot el material genètic de les persones. I les dones tenen tants fills homes com dones, amb la qual cosa no hi ha una evolució femenina més ràpida.

Cronoespècies: espècies successives

Ara bé, si aquesta variació en les mutacions és tan petita, com és que hi ha tants noms per a les restes dels nostres avantpassats? Tim White, que ha trobat i descrit aquesta nova espècie d'*Ardipithecus*, ja va reclamar en un congrés fa uns mesos que potser no calia buscar un nom per a cada nova troballa òssia.

És clar que hi ha diferències entre algunes restes i té sentit de posar-los noms diferents: els australopitecs clarament tenien un crani més petit que el nostre, una mesura i un esquelet postcranial diferents. De segur que amb els australopitecs no ens podríem creuar.

Probablement amb els neandertals (classificats com a *Homo sapiens neanderthalensis*), que se'ls considera de la mateixa espècie, sí ens podríem creuar. El que no hi ha és cap evidència que això hagués passat, perquè probablement hi havia entre ells força manca d'afinitat: es devien trobar mútuament poc atractius.

En quin moment cal parlar d'una espècie diferent? Justament una espècie es defineix perquè agrupa els qui es poden reproduir entre ells. De manera que els qui pertanyen a dues espècies diferents no es poden creuar entre si; o es poden creuar si són d'espècies properes, com els cavalls i els ases, que tenen mules; però les mules no són fèrtils.

Sentit evolutiu de les malures amb l'edat

Una altra de les preguntes del públic feia referència a per què de grans anem acumulant tantes molèsties, com per exemple, una pròstata hipertrofiada. Quin avantatge evolutiu pot tenir?

Arcadi ens va aclarir que a l'evolució tant li fa una pròstata engrandida en el moment postreproductiu. Segurament un òrgan amb aquestes característiques durant el període

reproductiu afavoreix un líquid acompanyant dels espermatozous més ric, és un avantatge. Ara bé, un cop passat aquest període la molèstia de la hipertròfia no té cap importància per a l'evolució.

Com tantes altres malures que es manifesten després del període reproductiu, no poden ser seleccionades negativament, justament perquè l'evolució aleshores no hi juga el seu paper. Així, en els nostres avantatges trobem les nostres decrepituds.

Ballant al ritme que ens marquen (19/11/2009)

Ahir va venir Jaume Terradas al cafè científic de novembre. Vam ser més participants que mai. Abans de començar, vaig aclarir un comentari que m'havia fet en Jaume. Quan vam pactar la seva participació, el títol que li vaig comentar era: *Per què no entenem l'evolució quan ens l'expliquen?* I aquest títol va patir una macromutació fins a *Ballant al ritme que ens marquen*.

Això va ser perquè, en presentar el cicle de tardor a la junta perquè s'aprovés, un company em va dir: «Amb aquests títols no vindrà ningú, són molt iguals i gens atractius». Així que vaig buscar-ne d'altres de més periodístics i només vaig deixar la paraula *evolució* al títol del cicle.

En Jaume, en recordar-li la seva participació, em va dir: «Això dels ritmes és més per genètics, jo no en sé gaire». Li vaig explicar per què hi havia hagut el canvi i vam quedar que començaria el cafè aclarint possibles confusions. De manera que jo també començo així aquesta crònica personal. Un cop aclarit que en Jaume estudia sistemes ecològics, ens va explicar què és el que no expliquem bé. I són justament els grans canvis els que no s'expliquen bé.

L'evolució més antiga

Un dels primers canvis ecològics a la Terra es va produir en la composició de l'atmosfera. Els planetes més propers a

nosaltres, Venus i Mart, tenen una atmosfera formada en el 95% per CO_2 . Fa 4.500 milions d'anys, al principi de la història del planeta, l'atmosfera de la Terra era majoritàriament composta per CO_2 , però ara aquest gas només forma traces; la resta és un 78% de nitrogen i un 21% d'oxigen. Què és el que va generar aquest canvi?

S'estima que fa uns 3.800 milions d'anys va aparèixer la vida a la Terra. Una vida que va tenir primer una evolució química, després espècies poc definides que van començar a poder-se reproduir, i mes tard les primeres cèl·lules aïllades de l'entorn per una membrana.

Fa 2.000 milions d'anys, certs organismes es van posar a fotosintetitzar, és a dir, a crear matèria orgànica a partir de matèria inorgànica gràcies a l'energia solar. Aquesta activitat va provocar la substitució del CO_2 de l'atmosfera per O_2 , que els era tòxic. En quant de temps pot ser que s'hagués produït aquest canvi?

Segurament aquests microorganismes van morir com a conseqüència de la seva pròpia activitat, és a dir, que van ser els primers organismes suïcides de la història de la vida a la Terra.

Salts evolutius per incorporació

Les espècies que van sobreviure van ser arquees i els bacteris, i així es van mantenir durant milions d'anys, fins

que deu fer uns mil milions d'anys van aparèixer les cèl·lules amb nucli, les cèl·lules eucariotes.

La cèl·lula eucariota probablement va sorgir del que s'anomena simbiogènesi entre diversos tipus de cèl·lules: unes especialitzades per respirar, que van donar lloc als mitocondris; altres que tenien clorofil·la i que van donar lloc als cloroplasts i, en conseqüència a les plantes. I, probablement, unes altres especialitzades en nedar de pressa, cosa que donaria lloc als orgànuls responsables del moviment cel·lular, com ara els flagels.

Es va donar un altre salt evolutiu quan es va sorgir un altre tipus d'organització de la matèria viva: els organismes multicel·lulars. Els organismes amb tub digestiu van haver d'incorporar bacteris al tracte des d'un bon principi; si no, no podríem fer la digestió. És a dir, que som un ecosistema ambulant. Tenim un nombre més gran de cèl·lules alienes que pròpies.

També moltes plantes viuen en simbiosi amb microorganismes. El cas més conegut és el de les micorizes de lleguminoses i bacteris que fixen nitrogen. Totes aquestes passes de fusió d'orgànuls i d'incorporació de microorganismes es devien produir en molt poc temps.

El ritme que ens marquen

Pot ser que aquests fenòmens haguessin estat provocats per atzar? No se sap. Però, qualsevol canvi climàtic, certament,

provocaria l'extinció d'unes espècies i l'aparició d'altres. Els humans, per exemple, vam aparèixer quan fa cinc milions d'anys un canvi climàtic va minvar l'extensió de selva i va obligar poblacions de primats a desplaçar-se a la sabana. De manera que, probablement, l'evolució va ser com s'ha descrit la guerra de trinxeres: llargs períodes d'avorriment amb curts períodes de por profunda intercalats.

Per exemple, al llac Tanganyika, en el Rift Valley africà, els peixos de la família dels cíclids van diferenciar-se amb força rapidesa a partir d'una població originària, que devia haver arribat al llac fa 150.000 anys.

L'evolució ens explica com han tingut lloc, doncs, les petites diferències en casos com els cíclids del Tanganyika, o en els pinsans de Galápagos. Encara no explica, però, com des d'un bacteri s'han pogut originar un arbre o un goril·la. Justament per explicar aquestes diferències és pel que els evolucionistes distingeixen entre macroevolució i microevolució.

En aquests conceptes es basen també els creacionistes, accepten la microevolució (n'hi ha exemples arreu, mirem on mirem!) però critiquen la macroevolució, entre altres raons perquè no es troben restes en el registre fòssil.

Cal que tinguem en compte també que hi ha espècies que no han canviat perquè el seu entorn ha romàs invariable, de manera que la selecció ha seguit mantenint-les com són, ja són prou eficaces.

La desaparició d'espècies

Es diu que hi deu haver un nombre determinat d'espècies una part de les quals no arribarem a conèixer mai. Ara bé, això es fa molt difícil de calcular. Hi ha una estima, però és molt aproximada.

També és cert que hi ha hagut sempre desaparició i extinció d'espècies, però ara, el que ho fa diferent d'altres temps és el ritme: ara desapareixen en dècades. I el canvi global sembla ser-ne el responsable.

Per exemple, un dels canvis de l'atmosfera és la capa d'ozó, tota ella molt més fina que temps enrere, malgrat que en alguns punts s'ha afeblit més que en d'altres. Aquesta disminució permet que la radiació ultraviolada arribi amb més intensitat a la superfície de la Terra, i això ha causat en els humans un augment dels càncers de pell.

Però també pot ser cancerigen per a d'altres animals, com ja s'ha vist en animals domèstics: vaques, cavalls, gossos... I també minva la productivitat del plàncton marí, amb la consegüent pèrdua de productivitat pesquera.

Ara, gran part de la pèrdua d'espècies és atribuïble als canvis en els usos del sòl. L'ocupació de terres de conreu i de ramaderia en zones abans salvatges, el que ha provocat, sobretot, és la fragmentació del territori, cosa que ha comportat una carrera d'obstacles per als animals que hi viuen. Una població petita té més risc d'extingir-se.

Del rinoceront de Java (*Rhinoceros sondaicus*), per exemple, només en resten un parell de centenars d'exemplars. El factor crític és clar: si pateixen una epidèmia, difícilment en sobreviurà un nombre demogràficament significatiu. D'altra banda, l'endogàmia afavoreix la minva d'eficàcia biològica, l'augment de consanguinitat i l'increment de la probabilitat d'aparició de malalties genètiques.

Per què és diferent Europa de l'Amazònia?

Un participant pregunta per què els científics es queixen de la desforestació de l'Amazònia si a Europa també hi ha hagut una desforestació extensa i no ha passat cap catàstrofe. Certament a Europa hi ha hagut una desforestació històrica i un empobriment de la flora i la fauna. El que la fa diferent de l'Amazònia és la situació latitudinal.

L'Amazònia és una gran extensió que, pel grau d'insolació, té una alta productivitat fotosintètica. Això vol dir que té una elevada capacitat segrestadora de CO₂. Certament, a Sibèria hi ha molts boscos, la taigà, però per latitud, que significa menor producció fotosintètica, no tenen aquest paper planetari.

Idees sobre demografia humana

Les espècies segueixen ritmes de creixement diferents. N'hi ha algunes que mantenen les seves poblacions constants. Però hi ha molts exemples d'espècies que proliferen i acaben col·lapsant per manca de recursos, epidèmies, etc.

L'espècie humana, al mesolític, quan érem caçadors i recol·lectors, tenia una capacitat de càrrega al planeta d'uns 5 a 10 habitants per quilòmetre quadrat. Quan va aprendre tècniques d'agricultura i ramaderia, és a dir, amb el neolític, va poder acumular aliments per a la temporada dura, i la població humana va anar creixen continuadament, però controlada.

Ara bé, amb la revolució industrial la producció d'aliments va pujar perquè es van aplicar combustibles fòssils en la seva producció: podem anar a pescar més lluny i més eficientment; podem tenir una agricultura i una ramaderia més productives.

Això va permetre que en un segle el nombre d'humans al planeta passés de 1.000 a 7.000 milions. S'estima que podem arribar a ser entre 9.000 i 10.000 milions de persones. És a dir, cinc vegades més del que és sostenible: uns 2.000 milions de persones. I ha augmentat molt la població urbana, molt més que la població en general. A l'Amèrica del Sud la població rural fa 20 anys era del 80%. Ara és molt més urbana. I això genera problemes d'abastiment i d'acumulació de residus.

El canvi climàtic

El canvi climàtic és el desastre socioeconòmic més gran des de la petita edat de gel, quan les temperatures del planeta van baixar de manera natural, es van perdre molts conreus i

es va esdevenir un daltabaix social, perquè no s'estava preparat.

Ara està succeint el mateix. Hi ha un canvi global i l'excés demogràfic provoca que s'acceleri. I els sistemes agrícoles no estan preparats. A Uganda, per exemple, un país que basa la seva economia gairebé en el monocultiu de cafè, si puja la temperatura mitjana només 2 °C les terres hàbils per a aquest conreu disminuiran, així que caldrà un canvi en la manera de viure.

Si puja el nivell de la mar, el delta de l'Ebre desapareixerà. Tots els qui hi viuen hauran de marxar i canviar de vida. Ara bé, si això mateix passa al delta del Nil o als Sundarbans, les terres baixes de Bangla Desh, tindrem 3 i 17 milions de persones respectivament mobilitzades. Seran, com ja hi ha, migracions per causes ecològiques, que provocaran refugiats mediambientals.

Les mesures que prenen els governs no són eficaces. I tampoc no les respecten, com passa amb el protocol de Kyoto. Sembla que per raons de conveniència econòmica no es pot aplicar.

Però, té remei?

Certament. Quan va esclatar la Segona Guerra Mundial l'economia es va transformar en un any. Es va deixar l'economia de consum de banda i tothom es va abocar a la

producció amb un objectiu: calia recuperar-se de la depressió de 1929.

Si per ajustar l'economia de guerra hi va haver un canvi ràpid, per què no hi pot haver un canvi ràpid degut a la crisi? Quan l'extracció de petroli i altres minerals es faci més costosa, forçosament canviarà l'economia i, segurament, les empreses que s'hagin reconvertit a la nova economia tindran millors perspectives.

La nova economia tendirà cap a la construcció de cases amb menor consum energètic, que no utilitzin aigua potable (que tant ens costa de potabilitzar) per netejar les nostres aigües brutes; cap a l'ús d'automòbils de baix consum energètic; cap al consum de productes locals...

Idees esparses sobre energia

L'energia és allò que dóna poder. I la major part de l'energia l'obtenim del petroli; i la major part del petroli l'emblem en transport. Però el petroli és un recurs finit, no renovable. I arribarà un moment en què el petroli es rarificarà, no és que s'acabi, és que el preu d'extracció pujarà perquè pujarà el seu cost. El *peak oil*.

Fa no gaire es parla de recuperar la construcció de centrals nuclears per a produir l'energia que necessitem, perquè l'energia nuclear no genera tant de CO₂ com la basada en el petroli.

Podria ser que a les 400 centrals nuclears que hi ha al món se n'hi afegissin 2.000 o 2.500 més. Però no hi ha prou mineral radioactiu per mantenir-les més de 15 o 20 anys. Podríem generar energia de les renovables, però l'eòlica és limitada (en llocs ventosos), i la solar, insuficient, caldrien superfícies enormes de plaques solars.

Caldria reduir la despesa energètica, ser tots un xic més pobres, cosa que no suposaria gaire trasbals en la manera de viure i seríem igual o més feliços, a fi que altra gent sigui menys pobra i es distribueixi la riquesa. Com a sistema, hi guanyaríem molt.

Què faran altres països? Els Estats Units sembla que aprofitaran unes argiles bituminoses, però que no seran una solució, perquè no són renovables i perquè són molt més contaminants. L'Índia i la Xina es refugiaran en el carbó, però la situació serà com la dels Estats Units. Caldrà buscar altres solucions més econòmiques, perquè quan hi hagi el col·lapse del petroli, hi haurà el col·lapse del sistema.

Idees esparses sobre economia

La crisi financera actual no es va iniciar amb les subprimes, sinó amb la pujada del barril de petroli a 148 dòlars de l'any 2008. Amb l'esclat obert de la crisi es va abaixar el preu, per tal de poder-lo vendre. Ara bé, a la que hi ha brots verds, el barril de petroli torna a pujar.

La crisi potser podria servir per aprendre a organitzar-nos d'una altra manera, però sembla que no serà així, que caurem en els mateixos costums. I així serà fins que costi molt extreure el petroli que demandem.

Potser arribarem a pensar en el decreixement, en una vida sense tant consum i que impulsi activitats que no desmereixin la nostra qualitat de vida i el nostre confort, i desfer-nos d'allò que no és necessari (o no arribar-ho a acumular). És més fàcil reconvertir l'economia que preparar un altre planeta perquè hi anem a viure. A Tucson van preparar el projecte Biosfera 2, que va costar milions de dòlars i va acabar malament: no van aconseguir mantenir-se aïllats de l'exterior de manera autosuficient, les males herbes els colonitzaven els camps, no es van avenir...

Als bassals es van desenvolupar les algues i es van acumular bosses de CO₂, que de tant en tant sortien. Un efecte així va passar en un llac africà i va provocar 1.000 morts per ofec. Va ser tan greu que fa fer pensar que algunes extincions podrien haver estat degudes a situacions similars a aquesta.

Recuperem l'evolució

Galileo va desbancar el geocentrisme. Darwin, l'antropocentrisme. L'ecologia ens explica els sistemes ecològics, la biosfera com a suport de la vida; però no una vida de qualsevol manera: ens indica que no hem de forçar la màquina, que no ens ho hem de posar difícil.

Ens indica que hem de tenir un creixement sostenible, que és justament l'oposat al creixement sostingut. Però segurament només ho aprendrem quan ens veiem forçats prendre solucions raonables amb l'entorn.

Més informació

Jaume Terradas (2008), «Una biografia del món», *Mètode* (n. 56, p. 16-20).

La papallona i la tempesta (28/12/2009)

Dimecres 16 de desembre vam tenir en Ricard Solé al Café Científic. Ens va posar exemples del que són els sistemes complexos i quina mena de interaccions expliquen.

Què és un sistema complex?

Un sistema complex té molt elements que interaccionen entre ells, i les propietats d'aquesta interacció acostuma a ser diferent de la suma de les propietats dels elements que componen el sistema. És a dir, la interacció crea noves propietats emergents. En una colònia de tèrmits: la intel·ligència col·lectiva és superior a la suma de les intel·ligències dels individus. Un mapa no seria un sistema complex. Els sistemes complexos són també sistemes matemàticament no lineals i, per tant, difícilment predictibles. Així doncs, amb l'exemple de William Paley, un rellotge seria un sistema ordenat i predictable. Per tant, tampoc no seria un sistema complex.

La borsa o el temps local, per contra, serien sistemes complexos no predictibles. En el temps local hi pot haver prediccions a curt termini, però mai a molt temps vista. Quant a les prediccions borsàries, es va crear la Prediction Company, que ha estat comprada per la Unió de la Banca Suïssa.

L'evolució com a sistema complex

L'evolució és un procés històric que segueix un esquema en arbre. Un sistema no dissenyat, espontani, ja que l'evolució és cega. Per això, moltes vegades no es fixa la solució òptima, sinó la que sorgeix, simplement. Què fa, doncs, que una solució sigui fixada i una altra no? Podem trobar l'analogia en la tecnologia. Al segle XVII hi havia rellotges de dues menes: horaris i antihoraris. Va arribar un moment en què es fabricaren en sèrie, que tots van ser horaris. Tots? No, tots no. N'hi ha almenys dos que no ho són: el de la catedral de Florència i el que duu Ricard Solé. (N'hi ha altres, també. Se'n poden comprar.)

També es pensa que la màquina d'escriure té un teclat *qwerty* després d'un procés d'experimentació i maduració. Però no, el teclat va ser establert arbitràriament de qualitat subòptima buscada per escriure més a poc a poc; d'aquesta manera no s'entortolligaven els martells de les tecles de cada lletra.

El genoma com a sistema complex

El genoma és més que la suma dels gens d'un individu, i el resultat és més que la interacció dels gens. De la mateixa manera que dins d'un diccionari hi ha totes les paraules de Moby Dick, però un diccionari no és la novel·la. El mapa d'informació del genoma és com el d'internet: hi ha nodes amb molts lligams, mentre que n'hi ha que gairebé no en tenen. Talment com els gens.

El gen P53 té 75 connexions amb altres gens. P53 és un gen que té cura que els altres gens no mutin. Per això es troba mutat en un 70% dels càncers, i per això la neoplàsia s'ha pogut desenvolupar. El genoma té 3.000 milions de bases, i té prou mecanismes de seguretat per garantir que es copia correctament; tot i això, de tant en tant es copia malament. I aquestes còpies es poden transmetre a la descendència, si són a les cèl·lules germinals.

L'existència de la biodiversitat

Si l'energia total de l'univers és zero, per què existeix la biodiversitat?

Per a explicar l'existència de biodiversitat es va generar una simulació en un potent ordinador. Es tractava d'un programa d'ordinador que es copiava i es gravava, talment com si fos el genoma d'un organisme. En poc temps hi havia programes que es replicaven més de pressa, i era perquè havien perdut instruccions, eren com paràsits. I van aparèixer altres programes que es reproduïen encara més de pressa: van ser els que aprofitaven les instruccions de rèplica dels altres programes, talment com els virus.

I també van aparèixer programes que recombinaven blocs d'informació, per escapar de ser el blanc dels paràsits. Eren programes que havien inventat el sexe. Recordem que, en termes genètics, el sexe no és més que la recombinació de la informació que duen dos individus. És a dir que, com

l'evolució, la simulació va resultar ser un sistema creatiu molt potent, tot i tenir restriccions. Què hauria passat si se l'hagués deixat prou temps? Hauria permès l'aparició de criatures similars a les humanes?

El llenguatge

També s'han fet simulacions amb el llenguatge, robots que desenvolupen un petit llenguatge. Quan se'ls posava en contacte amb fonts que podien provocar-los una petita electrocució, van acabar xisclant per avisar del perill. La recerca de Floreano, a l'Institut de Tecnologia de Suïssa, ens va explicar que dins les estratègies comunicatives dels robots s'inclou la mentida.

El mecanisme de la transmissió d'informació

El matemàtic Von Newmann va exposar que perquè un sistema transmeti informació cal una cinta amb la informació i un sistema que ho llegeixi. I uns productes finals. Aquest seria el mecanisme de transmissió de la informació genètica, en què el DNA seria el portador de la informació, i les polimerases i el RNA serien el mecanisme que permetrien la transmissió. Finalment, com a producte sorgirien les proteïnes. Avui dia, només un panoli o algú del tot posseït per la fe pot negar l'evolució. I, sobretot, cal no confondre la utilització vulgar de la paraula *teoria* amb la seva accepció científica. Diu el DIEC:

Teoria [llenguatge vulgar]: coneixement especulatiu, principis generals d'una matèria, d'un art, etc., amb independència de les aplicacions.

Teoria [llenguatge científic]: principi general, fórmula, ideats per tal d'explicar cert ordre de fets.

Principi: veritat fonamental, axioma, postulat.

Més informació

Solé, Ricard (2009). *Redes complejas*. Barcelona: Tusquets.

Índex terminològic

- Adam, 32
Adam cromosòmic, 68
adaptació, 30, 37
administració, 45
africà, 34-35, 83
Àfrica, 32, 51, 69, 76
Agència d'Ecologia Urbana de
 Barcelona, 49
agricultura, 79
aigua, 18, 26, 42, 59
aigua dolça, 13, 24
aigua potable, 81
aigua salada, 24
Àlex, 54
aliança, 55
aliment, 30, 42, 46, 79
amagatall, 59
Amazones, 13
Amazònia, 78
Amèrica, 32
Amèrica del Sud, 13, 80
amfibi, 13
amortitzar, 44
anatomia, 52
Anglaterra, 46
anglès, 54
animal domèstic, 77
animal filtrador, 14
anovulatori, 62, 65
Antàrtic, oceà, 13-14
Antàrtida, 9-10, 12-15
antropocentrisme, 83
aprenentatge, 51-52, 58
arbre de la vida, 47
arbre filogenètic, 68
Ardipithecus, 70
argila bituminosa, 82
arma teledirigida, 57
arquea, 74
arqueologia, 28, 42
ase, 71
Àsia, 69-70
atmosfera, 18, 41, 73-74, 77
atzar, 29, 75
Austràlia, 32, 41
australopitec, 50, 71
avantatge evolutiu, 71
avantatge fiscal, 45
avantpassat, 69-70
àvia, 47, 62-64
àvia materna, 63
avió, 44
axioma, 89
bacteri, 74-75
Bangla Desh, 80
Barcelona, 45-46
barri, 10
basc, 35
base nitrogenada, 29, 68-69,
 87
biodiversitat, 38, 87
biologia evolutiva, 33
biosfera, 83
Biosfera 2, projecte, 83
bipedisme, 52
bosc, 12
*Boston Journal of Natural
 History*, 50
Braungart, Michael, 37
bufeta natatòria, 26
Burundi, 57
Cabrera, Joan, 37
caçador, 55-56, 62, 79
caçador i recol·lector, 11
calcari, 14
Canadà, 63
càncer, 27, 68, 77, 87
canvi climàtic, 37-38, 41-42,
 75-76, 79
canvi ecològic, 73
canvi global, 38, 77, 80
Canyamars, 45
capa d'ozó, 77
carbó, 39, 82
Casa Orlandai, 2, 5, 24

casament, 63
 càstig, 55
 Catalunya, 42
 catàstrofe, 35
 Catedral de Florència, 86
 cavall, 71, 77
 cel, 23-25
 cèl·lula, 19, 21-22, 25, 27, 31, 68, 74-75, 87
 cèl·lula eucariota, 75
 cèl·lula germinal, 87
 cèl·lula mare, 21
 cel·lular, 75
 central nuclear, 81-82
 cervell, 9-10, 27, 58, 62
 Chaplin, Charles, 61
 cibonei, 33-34
 cíclid, 76
 ciència, 7
 Ciència en Societat, Fundació, 45
 ciutat, 43
 clima, 30
 clorofil·la, 75
 cloroplast, 75
 CO₂, 41-42, 44, 74, 78, 81, 83
 coincidència, 59
 coll d'ampolla, 31
 Colorado, riu, 42
 coltan, 57
 Comas, David, 28
 combustible fòssil, 39, 79
 complexitat social, 54
 comportament, 49
 compost, 43
 comunicació, 52
 condició, 24, 54, 57, 61, 64
 confort, 44
 conreu, 77
 consanguinitat, 78
 consum, 37, 80-81, 83
 conte, 63
 continent, 12-13, 15, 35
 cor d'Adèlia, 5
 Còrsega, 35
 cortisol, 27
 Costa de Marfil, 51
cradle to cradle, 37-38, 40
 crani, 62, 71
 creacionista, 76
 CREAM, 47
 creixement sostenible, 84
 creixement sostingut, 84
 Crick, Francis, 59
 Crick, Walter, 59
 crisi, 37-38, 81-83
 cromosoma, 28-29, 31
 cromosoma homòleg, 28
 cromosoma Y, 31, 33, 68-70
 cromosomes homòlegs, 28
 cronoespècie, 70
 CSIC, 9
 Cuba, 33
 Cubiñá, Ignasi, 37
 cultura, 51, 64
 Darwin, Charles, 47, 49-51, 59, 83
 decreixement, 83
 defuncions, 63
 demografia humana, 78
 Departament de Biologia Cel·lular, Fisiologia i Immunologia, 23-24
 Departament de Ciències Experimentals i de la Salut, 23
 Departament de Genètica, 9, 17
 depredador, 14, 26
 depressió de 19, 29, 81
 desaparició, 77
 descendència, 32-34, 53, 61-63, 68, 70, 87
 desertificació, 41
 desforestació, 57, 78
 DIEC, 88
 digestió, 25, 75
disseny, 37
 diversitat, 12, 13, 17, 18, 19, 28, 32, 51

diversitat, taxa de, 12
 DNA, 29, 31-34, 52, 59, 68-70, 88
 DNA mitocondrial, 32-33, 68-70
 Dolly, 22
 dona, 11, 61, 62, 63, 64, 65, 69

 Ebre, Delta del, 80
EcoIntelligentGrowth, 37
 economia, 43, 80
 ecosistema, 12, 16, 46, 75
 edifici, 40
 efecte hivernacle, 41
 eficàcia biològica, 78
 eina, 50
 eix anteroposterior, 19, 20, 21
 eix dorso-ventral, 19
 Electra, complex, 66
 element, 18
 embrió, 19
 emissió zero, 44
 empaquetament, 31
 endemisme, 13
 endogàmia, 78
 energia, 26, 31, 39, 40, 42, 43, 62, 74, 81, 82, 87
 energia eòlica, 39, 82
 energia hidràulica, 39
 energia nuclear, 40, 81
 energia renovable, 82
 energia solar, 82
 eriçó, 14
 esclau, 33
 esclavitud, 57
 escombraria, 42
 escriptura, 28
 Espanya, 46
 espècie, 12, 13, 14, 35, 49, 64, 70, 71, 74, 76, 77, 78
 espècie humana, 79
 espermatozou, 32
 esponja, 14
 esquelet, 19, 71

 esquema temporoespacial, 56
 estalviar, 41
 Estats Units, 65, 82
 estirp, 33, 70
 estirp femenina, 69
 estirp masculina, 69
 estiu, 14-15, 40
 estratosfera, 18
Euphausia superba, 15
 Europa, 32-34, 43, 69, 78
 europeu, 34-35, 69
 Eva, 32, 68-69
 Eva mitocondrial, 32, 68-69
 evolució, 19, 20, 24-25, 49-50, 59, 61, 70-74, 76, 83, 86, 88
 excedent, 44
 explosió cambriana, 18-19
 expressió, 49
 extinció, 14, 18, 57, 76, 77

 factor ambiental, 67-68
 Facultat de Biologia, 9
 fanerògama, 14
 Fañanás, Lourdes, 9-11
 fauna, 78
 femella, 15, 53-57, 64-65
 feromona, 66
 fèrtil, 71
 fertilitat, 65-66
 fill, 30-32, 49, 51, 61-64, 67-68, 70
 filotípic, estadi, 20
 flagel, 75
 flora, 25, 78
 flora intestinal, 25
 Floreano, Dario, 88
 Fossey, Dian, 58
 fòssil, 28, 76
 fòssil, registre, 18
 fotosintetitzar, 74
 fragmentació, 77
 Fuller, Buckminster, 38

 gàbia, 49

Gabriel, Peter, 53
 Galápagos, 76
 Galdikas, Biruté, 58
 Galilei, Galileo, 83
 Gardner, Allen and Beatrix, 53
 gel, 12-15
 gel antàrtic, 12
 gen, 11, 17, 19-20, 23, 29-31, 36, 62, 64, 67, 86-87
 gen FOXP2, 52
 gen homeobox, 19, 20
 gen P53, 87
 genètica, variant, 63
 Gengis Khan, 70
Genographic, projecte, 32, 33, 36
genoma, 9, 10, 28-30, 68-69, 86, 87
 geocentrisme, 83
 Gili, Josep Maria, 9-10, 12, 14-15
 gitano, 36
 glaç, 12-13, 15
 glòbul blanc, 25-26
 Goodall, Jane, 51, 58, 60
 goril·la, 53-54, 57-58
Gorilla gorilla, 53
 gos, 65, 77
 GPS, 57

hàbitat, 56-57
 herba remeiera, 63
 herència, 70
 història, 28, 31-33, 70, 74
 hivern, 14
 home, 11
Home, documental, 38
Homo, 64
Homo habilis, 50
Homo sapiens neanderthalensis, 71
 Hopkins, Rob, 37
 hormona, 27
 hort, 42, 63
 hort urbà, 42

humà, 20-21, 23, 25, 28-29, 35-36, 38-39, 42, 47, 49-50, 52-59, 61, 63, 76-77, 79
 humà modern, 34-35
 humà, cervell, 58
 humanitat, 32

IBM, 32
 imitació, 51
 incineradora, 42
 Índia, 82
 Indonèsia, 58
 Indopacífic, 12
 indústria, 40
 indústria lítica, 50
 informació genètica, 18, 28, 88
 Institut de Ciències del Mar, 9
 Institut de Ciències del Mar, 12
 Institut de Tecnologia de Suïssa, 88
 Institut Jane Goodall, 57
 instrument, 50-51
 intel·ligència, 85
 islandès, 35
 Islàndia, 63
 iteració, 19-20

Japó, 56
 jerarquia, 55
 justícia, 55

Kanzi, 53
 Koko, 53
krill, 15-16
 Kyoto, protocol de, 80

laringe, 52
 Las Vegas, 42
 lideratge, 54
 limfòcit, 25
 línia lateral, 26
 llac Tanganyika, 76

lleialtat, 55
 Lleida, 46
 llenguatge, 51, 52, 53, 54,
 58, 88, 89
 llinatge femení, 31, 32
 llinatge masculí, 31
 llinatge matern, 34, 68
 llinatge patern, 34, 68
 lloro gris africà, 54
 llum, 15, 24, 30, 49

 macroevolució, 76
 macromolècula, 29
 malaltia, 68, 78
 malaltia genètica, 68, 78
 mamífer, 65
 mar, 12, 14
 mar, nivell de la, 80
 marcador genètic, 32
 marcador MNG235JX, 35
 mare, 28, 62
 Mart, 74
 mascle, 53, 54, 55, 56, 65
 Maté, Carmen, 47, 49, 57, 60
 matrimoni levític, 67
 matrimoni sororàtic, 67
 Max Plank Institute, 59
 McDonough, William, 37
 Mediterrània, 12
 medusa, 18, 25
 menopausa, 61, 64
 menstrual, període, 62
 mesolític, 55, 79
 metabolisme, 14, 18
 micorizes, 75
 microalgues, 15
 microevolució, 76
 microorganisme, 18, 25, 74,
 75
 mineral, 81
 mineral radioactiu, 39
 mitocondri, 31, 75
Moby Dick, 86
 Monegros, 42, 46
 monogàmia, 65
 MP3, 57

 MP4, 57
 mutació, 17, 30-31, 67-68,
 70
 mutant, 21
 mutant homeòtic, 20

 naixement, 63
National Geographic, 32
Nature Immunology, revista,
 26
 Navarro, Arcadi, 47, 61
 neandertal, 34-35, 71
 nen, 11, 58, 63
 neolític, 55, 79
 neoplàsia, 87
 nerviós, 24
 nét, 63-64
 Newmann, John Von, 88
 Nil, Delta del, 80
 nitrogen, 74-75
 niu, 64
 Nordamèrica, 42
 Noruega, 16
 nucli, 28, 75

 ocell, 52, 64
 Oliveres Künzi, Marcel, 2, 6,
 10, 45
 olor, 66
 omega 3, 15-16
 orangutà, 58
 ordinador, 87
 ordinador portàtil, 57
 organisme, 17-18, 20-21,
 24-26, 67, 74-75, 87
 organisme multicel·lular, 75
 origen, 32
 origen de la vida, 17
Origen de les espècies, llibre,
 49
 ou, 15
 oxigen, 18, 74
 ozó, 18
 ozó, capa de, 77

 paleoantropologia, 28, 33

paleolític, 10, 34
 Paley, William, 85
Pan paniscus, 53
Pan troglodytes, 53
 Panbanisha, 53
 papallona, 48, 85
 paper, 41
 paràsit, 63, 87
 pare, 28, 31, 62, 66, 68
 parella, 28, 66-67
 parella XX, 29
 parella XY, 28
 patògen, 24-25, 30
 patró, 20
 Patterson, Francine, 53
 pau, 64
peak oil, 81
 peix, 13, 20, 26, 76
 península Ibèrica, 34, 41
 perill, 88
 període estral, 65
 període menstrual, 65
 permacultura, 44
 pertorbació, 48
 pesca, 77
 PET, 43
 Petite Edat de Gel, 79
 petjada ecològica, 39
 petjada ecològica., 45
 petroli, 39, 44, 81-83
 pic de petroli, 40, 44
 pinsà, 76
 placa solar, 82
 planària, 20, 21
 plàncton marí, 77
 planeta, 39, 73
 plàstic, 43
 plasticitat, 21
 pluripotencial, 21
 població, 23, 28, 30-33, 35-36, 43, 55, 68, 76, 78
 poder, 55
 polidactília, 20
 polimerasa, 88
 postulat, 89
Prediction Company, 85
 prehistòria, 33
 presa, 56
 pressió selectiva, 53
 primat, 47, 49, 51, 54, 58-59, 76
 principi, 89
 producció, 38
 producció fotosintètica, 78
 productivitat fotosintètica, 78
 pròstata, 71
 proteïna, 25, 88
 protocol de Kyoto, 80
 Pròxim Orient, 34
 proximitat, 7, 17
Psittacus erithacus, 54
 Quinn, Anthony, 61
 ramaderia, 77, 79
 Ramsés II, 61
 raquitisme, 31
 reciclar, 41, 43, 45
 reciclatge, 43
 recol·lector, 55, 62, 79
 recombinació, 87
 recurs, 24, 35, 37, 38, 44-45, 78, 81
 reforestar, 46
 refugiament mediambiental, 80
 regeneració, 21
 registre fòssil, 76
 rentadora, 42
 República Democràtica del Congo, 57
 residu, 40, 41, 42, 46
 respiració, 31
 resposta immunitària, 25, 27
 Revolució Industrial, 37-38, 79
 Rh, 35
Rhinoceros sondaicus, 78
 Rift Valley, 76
 rinoceront de Java, 78
 RNA, 88
 robot, 88

Ruanda, 57-58
 Sàhara, 13
 salinitat, 26
 Saló, Emili, 9-10, 17
 salutació, 55
 sami, 35
 sapròfit, 25
 Saragossa, 46
 sard, 35
 Sardenya, 35
 Sarrià, 45
 satèl·lit, 57
 Savage-Rumbaugh, Sue, 53
 sediment, 14
 segle XVII, 86
 Segona Guerra Mundial, 80
 selecció, 17, 60
 sentiment, 59
 sexe, 28, 87
 sexual, diferenciació, 24
 Sibèria, 78
 silici, 14
 simbiogènesi, 75
 simbiosi, 75
 simetria bilateral, 19-20
 simetria radial, 18, 21
 simi, 50, 52-53, 57, 59
 sindactília, 20
 sistema complex, 48, 85-86
 sistema endocrí, 24, 27
 sistema immunitari, 24-25, 27
 sistema nerviós, 24, 27
 sobirania alimentària, 46
 Sol, 39
 sòl, 38, 44, 46, 67, 77
 solar, 30, 39, 74
 Solé, Ricard, 48, 85-86, 89
 somera, 71
 sostenible, 44
 subsistència, 42
 Sundarbans, 80
 taí, 33
 taigà, 78
 taïno, 34
 Tanganyika, llac, 76
 Tanzània, 56, 58
 tardor, 5, 73
 teclat *qwerty*, 86
 telèfon mòbil, 57
 televisor de plasma, 57
 temperatura, 13, 15, 24
 temperatura mitjana, 80
 tempesta, 48, 85
 teoria, 89
 tèrmit, 85
 Terra, 15, 26, 38-39, 45, 73-74, 77
 Terra, origen, 18
 Terradas, Jaume, 47, 73, 84
 territori, 56
 tetrabrik, 43
The story of stuff, 38
 Tort, Lluís, 23-24
 tradició, 64
transició, 23, 37-38, 45
 transport, 43-44
 Tucson, 83
 Udina, Dolors, 10
 Uganda, 57, 80
 Unió de la Banca Suïssa, 85
 univers, 87
 Universitat Autònoma de Barcelona, 23-24, 47
 Universitat d'Arizona, 54
 Universitat de Barcelona, 9, 17
 Universitat de Kyoto, 56
 Universitat Pompeu Fabra, 23, 47-48, 61
 UPF, 33
 urani, 39-40
 urbanització, 38
 vaca, 25, 77
 vegetació, 40
 vent, 39
 Venus, 74

vida, 11, 13-15, 18, 24, 40,
44, 58, 61-62, 74, 80, 83
vida, origen de, 17
vídeo consola, 57
vidu, 67
virus, 87
vitamina D, 30

Washoe, 53
Watson, James, 59

White, Tim, 70

xarxa, 48
ximpanzés, 29, 49, 51, 54-
60, 69
Xina, 82

Zaire, 57
zigot, 20
Zoo de Barcelona, 49
Zoo de Londres, 49

«Com és que feu tantes activitats d'art i tan poques de ciència?» «Tens raó. Proposa.»», va respondre en Marcel. I així van començar el Cafès Científics ara fa cinc anys. Des d'aleshores, gairebé cinquanta investigadors, o persones relacionades amb el món de la ciència, ens han vingut a explicar en què consisteix la seva recerca, i ho han fet amb un cafè o, a l'estiu, una orxata a la mà.

Gràcies als convidats, el veterà Cafè Científic de la Casa Orlandai ens ha permès conèixer i comprendre un entorn: el nostre, que, en molts casos, o bé desconeixem o bé havíem descuidat. Aquest coneixement, aclaridor i atractiu, em va dur a redactar una crònica dels cafès i a penjar-la regularment, sense ser gaire conscient del seu abast. En fer el recull de les cròniques, m'he adonat del valor de la paraules i de les idees que ens han transmès. Aquí teniu el recull d'un any, i us proposo de llegir-lo i, amb la delicadesa amb què ens ho van explicar, interessar-vos per comprendre el nostre entorn.

