Els cafès científics a la Casa Orlandai

7

Cristina Junyent

Aquest recull està dedicat a la meva família, que pacientment em suporta.

Textos i redacció editorial: Cristina Junyent <www.cristinajunyent.net>
Auxiliar editorial: Eugènia Cortés Junyent
Coberta: Gerard Sardà <www.gerardsarda.com>
Serveis editorials: Be-Libris <www.be-libris.com>
Distribuït per Ciència en Societat, Fundació Privada

Primera edició: 2016
© copyright. Tots els drets reservats

ISBN: 978-84-942937-6-4
Dipòsit Legal: B. 15519-2016

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

Contingut

Hivern 2015: Petits menystinguts 9

Els virus i els humans (26/10/2015) 11
Què són els virus 11
Les malalties víriques 12
Com són els virus 14
Els virus i el càncer 15
Noves malalties víriques 16
Treballar amb virus 17
Les vacunes 18
Juana, ¿cómo llegaste a viróloga? 19

Els paràsits del nostre entorn (19/02/2015) 21
La classificació dels paràsits 21
Paràsits sanguinis 22
Paràsits alimentaris 23
Ectoparàsits 23
Geografia mèdica 24
Maria Soledad, com vas arribar a ser parasitòloga? 24

La recerca als museus de ciències naturals (21/03/2015) ... 25
Com són els museus de ciències naturals? 25
El Museu d'Història Natural de Barcelona 26
El patrimoni catalogat 27
La biodiversitat mundial 28
La tipoteca 29
Les col·leccions 30
La nova classificació 31
El codi de barres 32
Francesc, com vas arribar a ser investigador del museu? 33

Primavera 2015: Algunes idees que canviaran el món. 34

Cap a la invisibilitat (15/04/2015) 36
Què vol dir fer-nos invisibles 37
Com fer-nos invisibles? 37
La teoria de la capa invisible 38
La capa invisible 39
Tipus d'ones electromagnètiques 41
Àlvar, quan se't va fer visible que volies ser físic? 43

Biohackers: experimentar i innovar
de forma comunitària (20/05/2015) 45
Qui són els biohackers? 45
L'aspecte social 47

Inquietuds que genera 48
Però, què fan? 49
Interpretar grans dades (10/06/2015) 52
L'especialització 52
Ordre entre les dades 53
Grans dades, grans números 53
Utilització comercial de les dades 54
Utilització política de les dades 55
Internet profunda 55
Quins avantatges té aquesta xarxa? 56
Dades obertes 58
Periodisme de dades 59
Tardor 2015: Noves tècniques, nous estudis, nou coneixement 61
Supercomputació genòmica i medicina personalitzada (16/09/2015) 63
Recerca experimental i computacional 64
Una mutació, una teràpia 65
Magatzems enormes 66
Trets de comportament vinculats al genoma 68
El perfil humà del ponent 68
Alba, una nova forma de mirar la matèria (21/10/2015) 69
La llum 69
Els acceleradors de partícules 71
La construcció 72
El sincrotró ALBA 73
Les aplicacions d'Alba 74
Què i com s'estudia a l'Antàrtida (22/11/2015) 77
Per què estudiar els virus? 77
Per què estudiar a l'Antàrtida? 79
Expedició a l'Antàrtida 80
L'itinerari 82
La recol·lecció de mostres 83
Viure a l'oceà 85
Altres estudis de la genètica bacteriana oceànica 86
El reflex del canvi global 87
La vida a l'Hespérides 87
L'experiència 90
Genética forense (14/12/2015) 92
¿Cómo trabajan los forenses? 92
El perfil genético 93
Casos de paternidad 94
La escena de un crimen 95
Estudios que exculpan presos 98

Identificación de víctimas de grandes catástrofes o desaparecidos 98
Casos históricos 99
ADN no humano 100
Las bases de datos 102
Hacia dónde vamos 103
Y ¿cómo te dedicaste a la genética forense, Manuel? ... 103

Índex terminològic 106

Tanquem, amb aquesta publicació, el recull dels Cafès Científics a la Casa Orlandai de 2015. Molt gratificant.

Amb l'any començat, estem en plena sessió de cafès de primavera. Ja hem tingut una vuitantena de ponents. I de temes. De vegades em pregunten: «No s'acabaran els temes?». I jo sempre responc que, òbviament, no.

I no s'acabaran perquè la recerca no s'atura. Perquè, afortunadament, estem en una societat que dedica esforços a invertir en recerca. I perquè, encara que no fos així, sempre hi hauria persones curioses que cercarien d'ampliar el coneixement. La curiositat de l'ésser humà és infinita.

El nostre cervell ens empeny a buscar respostes a les preguntes que se'ns acudeixen observant el funcionament del món. És així que va néixer el pensament científic.

Paradoxalment, és també el nostre cervell el que ens fa creure en les pseudociències, ja que allò que ens queda desclassificat ens destorba i ens empeny a donar-hi alguna explicació que faci quadrar un raonament. Tant se val si el raonament és un sofisma, una deducció correcta basada en una tesi falsa.

Per això treballem en els Cafès Científics de la Casa Orlandai, per a perdre la por a pensar amb el cap, per a perdre la por a la incertesa connatural amb la vida;

perquè tots els que participem en els cafès sabem que l'esforç que esmercem per comprendre el coneixement que tan apassionadament ens exposen els ponents, ens recompensarà de manera molt gratificant.

Així que, de moment, seguim endavant, que no pari la música!

Cristina Junyent
Sarrià, maig 2016

Hivern 2015: Petits menystinguts

Estem acostumats a menystenir els organismes més petits, llevat de quan ens provoquen malalties o ens són útils. Aquest trimestre parlarem de com funcionen, quins són i com són aquests animals petits. Parlarem de virus, d'altres paràsits i de tot un seguit d'altres animals, ja més complexos, que no sabem com són i que menystenim.

Dimecres 21 de gener. *Els virus i els humans.* Juana Díez, viròloga, UPF.

Què són els virus? Són éssers vius? Com es reprodueixen? Quin paper tenen en la vida dels humans? Sempre provoquen malalties? Quines són les malalties víriques més freqüents? Com els podem veure? Com es transmeten?

Dimecres 18 de febrer. *Malalties parasitàries*. Maria Soledad Gómez, professora jubilada del Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries de la Facultat de Farmàcia, UB.

Quines són les malalties parasitàries més freqüents en els humans? En quins ambients es donen? On sobreviuen els paràsits? Com ens arriben? Quin efecte ens provoquen? Per què costa tant eradicar-los?

Dimecres 18 de març. *Bèsties i altres parents*. Francesc Uribe. Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

Fins fa poc, els animals es classificaven segons si causaven beneficis o provocaven malalties. Com els classifiquem ara? Per què? Quins canvis evolutius expliquen les diferències? Quin és el seu comportament? Com s'estudien?

Els virus i els humans (26/10/2015)

El dimecres 21 de gener va venir Juana Díez, viròloga de la UPF, per parlar-nos sobre la relació entre els virus i els humans. Encetem el setè any de cafès científics! Amb na Juana volem parlar de què són els virus. Són éssers vius? Com es reprodueixen? Quin paper tenen en la vida dels humans? Sempre provoquen malalties? Quines són les malalties víriques més freqüents? Com els podem veure? Com es transmeten?

Juana ens comença explicant com es va incorporar al Departament de Ciències Experimentals i de la Salut a la Universitat Pompeu Fabra. Estant als Estats Units va saber, a través de la revista *Nature*, que es convocaven places, s'hi va presentar i la va guanyar. Està molt satisfeta, venir a treballar a Barcelona era una de les possibilitats que més de gust li venia a la vida!

Què són els virus

Els virus són entitats infeccioses simples. Només tenen material genètic, on hi ha la informació per a construir-lo, i una estructura, per anar de cèl·lula en cèl·lula. Ens fa la comparació amb una carta: el contingut és en el full de paper i el sobre fa de

transmissor (diu on ha d'anar, d'on ve... i alguna altra informació complementària). Així, són paràsits intracel·lulars obligats, no poden viure fora de la cèl·lula.

Dins de la cèl·lula, no tots els virus són patògens, n'hi ha que no provoquen malalties. S'estima que un 8% del nostre genoma està format per virus que no provoquen malaltia. Recordem que només un 20% del nostre genoma té informació per a ser transformat en proteïna. Es pensa que estan associats a la formació de la placenta i a alguns càncers. Les plantes també tenen virus. Ara, els virus més abundants, o més coneguts són els bacteriòfags, els virus dels bacteris.

Les malalties víriques

Quant a les malalties provocades per virus, algunes són cròniques, no es curen, com són l'hepatitis B, la infecció pel virus de la sida (HIV) i per l'herpes virus. Aquests virus romanen per sempre dins el cos. En el cas de l'herpes virus que provoca una pansa al llavi, habitualment fa una primoinfecció i després es refugia en un gangli limfàtic. Quan fa molt de fred o molta calor, la zona de la pell que té la irrigació limfàtica del gangli on és el virus refugiat es veurà reinfectada, i tornarà a fer una pansa al mateix lloc on l'havia feta anteriorment. Aquest és el moment en què el virus podrà infectar. Això és el millor que li pot passar a un

virus, no ser gaire infecciós. I, de vegades, l'exposició a una malaltia prevé al portador de patir-ne una altra.

Ara, la major part de les malalties víriques són agudes i es poden curar, com és el cas de l'hepatitis C o el refredat, que provoca el rinovirus. O les infeccions víriques de la infantesa. Però es curen espontàniament, ja que la major part dels virus no tenen tractament. I no tenen tractament perquè els virus tenen poques estructures que puguin ser vulnerables i muten molt ràpidament, i això fa que els tractaments siguin inútils. De vegades s'intenta guarir refredats o grips, malalties víriques, amb antibiòtics, quan els antibiòtics són per a superar malalties bacterianes.

Així doncs, per mal ús de la teràpia antibiòtica, hi ha bacteris que han fet resistències i els antibiòtics ja no els fan efecte. El bacil de la sífilis (*Treponema pallidum*), per exemple, encara és resistent a la penicil·lina, perquè no és capaç d'intercanviar material genètic amb altres espiroquetes. Però altres bacteris, com ara *Staphylococcus aureus*, que pot causar malalties diverses, presenta multiresistències, ja que té la capacitat d'intercanviar material genètic amb plasmidis i bacteriòfags. Per aquesta propietat, es pensa que els bacteriòfags podran ser en un futur no gaire llunyà vehicles per a tractar malalties bacterianes que hagin generat resistències.

Com són els virus

Segons el material genètic que els compon, hi ha virus de DNA i de RNA; aquests darrers són anomenats retrovirus, perquè per a ser transcrits en una cèl·lula eucariota el seu RNA ha de ser passat a DNA, per després poder ser llegit i traduït a proteïna en la maquinària de la cèl·lula hoste. La traducció de DNA a proteïna per la DNA polimerasa corregeix els errors, s'ha estimat que s'escapa un error per cada 10 elevat a 10 nucleòtids. Per contra, l'RNA polimerasa deixa passar un error per cada 10 elevat a 4 nucleòtids. D'aquesta manera, els virus de RNA muten amb molta més freqüència que els de DNA.

Els virus –el de l'hepatitis B, per exemple– duen informació per a fabricar quatre proteïnes; els bacteris duen informació en seu material genètic per a tres mil proteïnes. Els humans, s'estima que tenim al voltant de vint-i-quatre mil gens que s'expressen com a proteïna. Això fa pensar que els virus utilitzen diverses vies de síntesi de proteïnes de les cèl·lules on són hostes. Quan se sàpiga ben bé quines són aquestes vies, s'hauran obtingut dianes terapèutiques.

La càpsula dels virus és l'embolcall de transport, i està format per proteïnes simètriques, cosa que els dóna una imatge regular i polièdrica. En general, la càpsula vírica és arrodonida, perquè és la que ocupa menys

espai; però, també n'hi ha d'icosaèdriques i helicoïdals. Aquesta càpsula és la que entra en contacte amb la cèl·lula. Literalment, xoca. Xoquen a l'atzar els virus i les cèl·lules. Si quan xoquen el virus no coincideix amb el lloc de la cèl·lula on hi troba el receptor d'entrada, el virus no hi podrà entrar. És per això que hi ha virus que entren per l'epiteli pulmonar (com el del refredat), per via hemàtica (com el HIV), etcètera.

El virus del refredat, per exemple, surt en un esternut, que indueix ell mateix, i pot infectar a 1,5 metres de la font. Pot ser respirat, però si no troba el seu receptor, no infectarà. S'ha calculat que de cada 100.000 col·lisions a l'atzar, una infecta, per aquest mecanisme de clau-pany.

Els virus i el càncer

Es coneix que hi ha virus oncolítics, que ataquen cèl·lules canceroses. Aquests virus ofereixen la possibilitat de detectar tumors de mida tan petita, que no poden ser detectats per tècniques habituals. Si s'aconseguís marcar els virus oncolítics amb un substrat fluorescent, es podria detectar l'existència d'un tumor. Perquè els virus, per la seva mesura nanomètrica, no es poden veure només que en microscòpia electrònica; una tècnica carregosa per al diagnòstic.

Noves malalties víriques

En els darrers trenta anys s'han detectat noves malalties. D'aquestes, el 7% són víriques. Això succeeix perquè certs patògens d'animals s'han adaptat i han esdevingut patògens d'humans. Així, el virus de la sida prové de micos; el virus del SARS, de ratpenats devorats per civetes, i va passar als humans per persones que menjaven caça. El virus de la grip aviar ve d'ocells.

El porc és com una coctelera, pel que fa al seu paper en la patogènia vírica humana. El porc es pot infectar de virus aviar i de virus porcí; també de virus humà. Dins d'aquest animal, el patogen es pot recombinar i donar una soca nova de virus que pot ser molt virulenta per la novetat i, en conseqüència, per la manca de qualsevol anticòs. Pot generar pandèmies.

El virus de la grip espanyola (dita així perquè durant la primera guerra mundial, els altres països no publicaven més notícies dolentes, i només era notícia als diaris espanyols) ma matar de vint a quaranta milions de persones. Va infectar-ne de ben segur moltes més, ja que es va considerar que provocava una mortalitat del 10%. L'excepció d'aquest virus de la grip és que era especialment virulent en persones d'entre vint i trenta anys, quan és més habitual que sigui més virulent en persones en els extrems de la vida, que tenen més feble el seu sistema immunitari.

Aquest virus va ser una reordenació del material genètic d'un virus humà i un altre aviar.

Sembla que cada cop tinguem més virus, i aquest fenomen pot ser degut a l'augment del nombre de viatges.

Treballar amb virus

Per a treballar amb virus hi ha diversos nivells de protecció de les persones i per evitar que s'escampi.

Nivell I: virus que no comporta perill per a humans, com ara de plantes; l'aire és filtrat.

Nivell II: quan existeix perill de contagi per al treballador, com en el cas del citomegalovirus. Cal que hi hagi una pressió negativa a la cambra, canviar-se de roba, i no es permet entrar a embarassades o a persones immunodeprimides.

Nivell III: quan hi ha cert perill per a la comunitat i l'investigador, com és el cas del virus HIV; es genera una pressió negativa en la cambra, no surt res que no estigui autoclavat (ni paper!).

Nivell IV: quan la transmissió pot ser més fàcil, com ara en el cas de virus que es transmetin per via respiratòria; els tècnics fan servir vestits especials, l'aire recircula i és tractat. És força complicat, com s'ha vist en el cas de la infectada per virus d'Ebola a Madrid.

Les vacunes

El que sí que tenen les malalties víriques, en molts casos, és la possibilitat de prevenir-les amb les vacunes. Les primeres vacunes eren virus atenuats. En el cas de la pòlio, on n'hi ha, és un virus atenuat, obtingut per creixement en cèl·lules de mico; en el nostre entorn, la vacuna es forma per un triturat de virus, el que s'anomenen vacunes mortes. Gràcies a la vacunació, s'han eradicat malalties víriques com la verola. Malalties noves, com l'Ebola, no tenen vacunes, moltes vegades per voluntat política.

El rebuig social a les vacunes, tant en l'àmbit sanitari com en el social, té característiques peculiars. D'una banda, dins el món sanitari, les persones que estan en contacte amb malalts immunodeprimits caldria que es vacunessin per a protegir els malalts.

En l'àmbit social, els nens no vacunats poden no patir la malaltia perquè estan en un entorn en què tots els altres estan vacunats. Al mateix temps, aquesta idea *new age* va sortir de la publicació d'un article que relacionava la triple vírica amb l'autisme, cosa que va resultar ser un frau. Però desmentir-lo no ha calat com va calar la idea fraudulenta. Com deia el professor d'un col·lega: si el teu fill emmalalteix de pòlio perquè no l'has vacunat justificant-te en una idea romàntica i fal·laç, t'atreviràs a mirar-lo a la cara?

Juana, ¿cómo llegaste a viróloga?

Un poco por casualidad. Cuando empecé la carrera de Biología, el aspecto naturalista de ir al monte a recoger lagartijas no me gustaba. Hasta que tuve la asignatura de Genética, esa sí me gustó; me hacía pensar. Así que en cuarto de carrera me matriculé como optativa en Genética de la Universidad de Sevilla con Enrique Cerdá Olmedo; y en quinto, en Biología Molecular, también con él, en una asignatura que no aceptaba más que a doce personas. Al terminar la carrera tuve la oferta de ir a Madrid a seguir la formación científica. Luego me fui a un posdoctorado a Estados Unidos, de donde regresé para venir a Barcelona, a la Universitat Pompeu Fabra.

Més informació

«Vacunar o no vacunar» (12/02/2013)
«Los científicos piden reanudar el estudio de la gripe aviar para evitar una pandemia». *El País* (26/01/2012)
Pel·lícules recomanades: *Contagio*

Els paràsits del nostre entorn (19/02/2015)

El dimecres 18 de febrer va venir Maria Soledad Gómez, professora jubilada del Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries de la Facultat de Farmàcia de la UB per parlar-nos sobre malalties parasitàries. Ens va fer el favor de venir en lloc d'Elena Sulleiro, del grup Prosics de l'Hospital de la Vall d'Hebron.

La conversa va anar entorn de les malalties parasitàries més freqüents en els humans. Els ambients en què es troben els paràsits; els indrets on sobreviuen; com ens contagien, els efectes que ens provoquen i per què costa tant d'eradicar-los.

La classificació dels paràsits

Els parasitisme és una forma de vida en què una espècie, el paràsit, depèn d'una altra, l'hoste. És per això que les classificacions són complexes. Poden ser organismes unicel·lulars o pluricel·lulars. Dins aquests darrers, n'hi ha de moltes formes zoològiques: cucs, insectes, àcars...

Poden classificar-se també com a paràsits que viuen a l'exterior (ectoparàsit, com ara els polls) o a l'interior de l'organisme (endoparàsit, com ara la tènia). També hi ha paràsits sanguinis, com el plasmodi que provoca

la malària; o alimentaris, que van al tracte digestiu, com és l'ameba.

Paràsits sanguinis

Alguns paràsits viuen en la sang de les persones, com ara el plasmodi (*Plasmodium*), que hem mencionat abans i que causa la malària. Els paràsits sanguinis solen necessitar un vector, que en el cas de la malària és el mosquit anòfeles (*Anopheles*), la femella del qual és la responsable de transportar el paràsit d'un malalt a un altre per les picades. També és una malaltia parasitària sanguínia la malaltia de la son, causada pel tripanosoma, que és transmès per la mosca tse-tse. Moltes d'aquestes malalties són típiques de regions tropicals o intertropicals.

De malària o paludisme n'hi havia hagut a la zona de Barcelona en temps romans, i fins a la dècada de 1950 al Delta de l'Ebre. Segons el paràsit que infecta, la malaltia és més o menys greu. Per què els mosquits piquen més a unes persones que a unes altres? Pot ser per la suor, per l'emissió de CO_2, per l'àcid làctic... però sobretot és molt diferent la reacció que provoquen a unes persones o a unes altres. Per què no hi ha vacuna contra la malària? Doncs perquè el paràsit és tan complex, que és molt difícil atacar un dels processos.

Paràsits alimentaris

La FAO ha elaborat una llista dels deu paràsits alimentaris més comuns. Entre ells hi ha la tènia, la toxoplasmosi i la triquina. Un darrer paràsit que darrerament ha crescut molt és l'anisakis, que provoca l'anisakiosi. Aquest cuc és un paràsit dels peixos, no pròpiament humà. És fàcil veure la larva de tres centímetres viva en els peixos del mercat o fins i tot morta en els congelats. S'eliminen congelant els peixos vint-i-quatre hores o bé posant-los en aigua bullent; si no, el que poden provocar és una reacció al·lèrgica.

No tots els peixos tenen anisakis; en tenen peixos d'aigua salada com ara la tonyina (*Thunnus thynnus*), el lluç (*Merluccius merluccius*), el verat (*Scomber scombrus*), les maires (*Micromesistius poutassou*), el rap (*Lophius piscatorius*)... Els salmons (*Salmo, Onchorhynchus*), per exemple, no en tenen.

Ectoparàsits

Les infestacions amb polls (*Pediculus humanus capitis*) ha rebrotat perquè s'han creat resistències. Quan es donen les condicions de temps i demogràfiques òptimes per a ells, per exemple quan els nens d'una escola van de colònies, passen del cap d'un al d'un altre, i s'escampen ràpidament. Altres ectoparàsits són les puces o les paparres, la gravetat

de les quals comporta que poden ser vectors d'altres paràsits, com va passar a l'edat mitjana, quan una invasió de rates parasitades per puces, vectors del bacteri de la pesta (*Yersinia pestis*), van provocar una de les mortaldats més grans de la història de la humanitat.

Geografia mèdica

La distribució dels paràsits segons les condicions ecològiques genera per ella mateixa una disciplina ben important: la geografia mèdica. Maria Soledad ens fa reflexionar també sobre la necessitat de valorar les vacunes en el moment de viatjar recorrent a les unitats de salut internacional de la Generalitat. I també sobre els efectes que el canvi climàtic pot tenir en la distribució de les malalties tropicals.

Durant tota la sessió es fan moltes preguntes. Tots hem estat en contacte amb paràsits en un moment o altre. Finalment, arribem a la darrera pregunta.

Maria Soledad, com vas arribar a ser parasitòloga?

Doncs, una mica per casualitat. Vaig fer Farmàcia, vaig tenir l'oportunitat de tenir una feina fent la tesi i ja em vaig quedar al departament, fins fa ben poc, que m'acabo de jubilar.

Bèsties i altres parents: La recerca als museus de ciències naturals (21/03/2015)

El dimecres 18 de març vam tenir al cafè científic en Francesc Uribe, del Museu de Ciències Naturals de Barcelona *Bèsties i altres parents.* Volíem preguntar-li sobre els animals i la seva recerca al museu. Vam començar per la darrera pregunta i, per l'interès dels participants, se'ns en va anar el temps parlant de la feina de l'investigador d'un museu de ciències naturals. Els cafès científics tenen això, manen els participants.

Com són els museus de ciències naturals?

Per començar, no tothom sap que en un museu es fa recerca, i se'n fa. I força. Al Museu de Ciències Naturals de Barcelona es fa la recerca en història natural al laboratori de natura, al Castell dels Tres Dragons, del parc de la Ciutadella.

La secció científica del Museu d'Història Natural de Barcelona és un referent a Catalunya, la Mediterrània i el món, pel que fa al coneixement de la fauna mediterrània.

Cal diferenciar entre un museu d'art i un museu de ciències naturals. Un museu d'obres d'art col·lecciona, protegeix obres d'art i, en alguns casos, com ha

passat recentment, les resguarda del vandalisme. Diferentment, un museu d'història natural sembla que, en principi, liquida patrimoni; és més depredador. Però, per què es recol·lecta? Per què pot ser útil?

Als museus de ciències naturals no es recol·lecta per apilar cadàvers, sinó per a la producció científica. No es recol·lecta tampoc per incrementar i preservar el patrimoni, sinó perquè les mostres siguin manipulades. És a dir, les mostres són importants en la mesura que donen informació, coneixement. Així doncs, què hi ha d'acumulat en els museus d'història natural? Doncs la representació de la història natural local.

El Museu d'Història Natural de Barcelona

En aquest sentit, una època florida del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, inaugurat el 1882, va ser la dècada de 1920, quan hi havia una junta que representava l'avantguarda del pensament evolucionista a Catalunya, més que la Universitat de Barcelona. Aleshores va ser director en Joan Baptista d'Aguilar-Amat, fundador també de la Institució Catalana d'Història Natural. [En el cafè científic tenim com a oient l'Anna Aguilar-Amat, que també va ser ponent dels cafès i ens va parlar de llengua i traducció.]

En aquell temps també va ser membre de l'equip científic del museu Odón de Buen, catedràtic de la Universitat de Barcelona, expulsat per explicar darwinisme als estudiants de zoologia. La guerra civil, amb els bombardejos, va ser dura per al Museu. I també durant la dictadura, tot i els esforços per mantenir una activitat científica realitzats per l'entomòleg Francesc Español i Coll.

Amb els ajuntaments democràtics, en la dècada de 1970, es pot parlar d'una remuntada en l'activitat científica i sistemàtica del Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Es va veure que els llibres de registre no eren complets i que tampoc no coincidien moltes vegades els números de registre. De manera que els curadors van tornar a començar de nou a catalogar el patrimoni.

El patrimoni catalogat

En l'actualitat, el catàleg del museu està digitalitzat i recull informació principalment de dos grups zoològics: cordats i mol·luscs. Resta pendent de digitalitzar el catàleg d'artròpodes per fer-ne ús públic. L'accés obert és un dels serveis que ofereix l'àrea de recerca del museu.

Tenir el catàleg digitalitzat i obert ofereix la possibilitat de pertànyer a bases de dades de diversitat que recullen la informació global. I als

investigadors els dóna la facilitat de trobar en pocs minuts la informació sobre una espècie determinada. Fa només vint anys, els científics havien d'escriure cartes a cada museu i esperar la resposta per correu tradicional, si arribava.

La biodiversitat mundial

Una de les plataformes que acull la biodiversitat mundial es va crear a la Cimera de la Terra, celebrada a Rio de Janeiro el 1992, la *Global Biodiversity Facility*. Vol ser la plataforma mundial de dades de biodiversitat, perquè un recull d'aquestes característiques ha de garantir que cada espècie tingui un nom i que cada nom representi només una espècie.

Catalogar les espècies vol uns estàndards i uns protocols unificats, que no generin confusió. De la mateixa manera que els bibliotecaris, que també treballen amb un gran volum de dades, van establir el *Dublin core*, per a les metadades de la descripció faunística s'empra el *Darwin core*, per la ciutat australiana de Darwin, on va tenir lloc la primera trobada per l'establiment dels estàndards.

Quantes espècies hi ha a la Terra? Robert May, zoòleg a la Universitat d'Oxford, estima el nombre d'espècies vives que hi ha al planeta; no les conegudes, sinó incloent les que probablement no es coneixeran mai.

La tipoteca

Quan es recull un exemplar que és diferent dels altres i, per tant, es creu que pertany a una nova espècie no descrita, cal anar a veure que, efectivament, no coincideix amb cap altra, mirant d'aproximar-se tant com sigui possible a espècies properes. Si finalment es determina que és una espècie nova, cal posar-hi un nom, fet que segueix una sistemàtica que ve determinada per la Comissió Internacional de Nomenclatura Biològica.

La nomenclatura d'una espècie nova ve relacionada amb una descripció de les característiques de l'exemplar i la publicació en una revista regular, indexada i localitzable pel seu ISSN. Finalment, l'exemplar físic que ha servit per a la descripció i per a donar nom a la nova espècie, el tipus nomenclatural, és dipositat en una institució. Moltes vegades és un museu qui recull les espècies tipus. D'aquesta manera és possible fer créixer el coneixement, amb el mètode científic que permet de replicar els resultats.

I, una espècie nova, cal que també estigui referenciada en les bases de dades internacionals de biodiversitat. De manera que, si no ho fa el científic que la descriu, ho farà la revista que publica l'article que la descriu.

Pot ser que la diversitat entre exemplars d'una mateixa espècie dugui a confusió i finalment es descrigui com a espècie nova el que en realitat no ho era. En aquest cas, quan es publiqui el resultat aclaridor, el nom que prevaldrà serà el que va rebre la primera vegada que va ser publicada. Aquests embolics es poden desentortolligar pel dipòsit d'exemplars, que en permetrà la comparació.

Francesc ens explica l'anècdota que hi ha hagut confusions. Es va donar el cas que es va descriure com a anèl·lid la larva d'un peix, descrit per una altra banda.

Les col·leccions

Tenir exemplars físics, cadàvers col·leccionats i classificats, permet tenir un recull de mostres en alguns casos irrepetibles. La conservació tradicional dels insectes era clavant-los sobre un cartró, dels cargols es guardaven només les petxines i els vertebrats i els ocells eren pràcticament una capa de pèl o ploma, sostinguda per un esquelet i plena de guix i filferro.

Ara, caldria guardar també una mostra del teixit muscular, del tracte digestiu, i es fa una seqüència genètica. Però la conservació depèn d'una qüestió econòmica, de la possibilitat de guardar les mostres en nitrogen líquid a -80 ºC.

Tot i les dificultats, la perdurabilitat de les mostres dels museus de ciències naturals fan possible una classificació complementària de la fauna amb l'anàlisi genètica. De fet, el 90% de les peticions científiques actuals són per a realitzar estudis moleculars.

La nova classificació

Els estudis genètics han trasbalsat la classificació clàssica linneana en classe, ordre i família. Ja no dóna resposta a les similituds entre animals que es troben en les anàlisis genètiques. Per això, cada cop més, en filogènia es tendeix a parlar de clades. Els arbres de l'arbre de l'evolució ja no són tan senzills com eren. Ara, cal cosir el coneixement clàssic anatòmic amb l'actual, genètic i etològic. Així s'enriqueix la teoria de l'evolució, s'hi afegeixen arguments.

Francesc ens recomana el llibre *Notícies sobre evolució*, de Jaume Terradas (a qui vam tenir també en un cafè científic). I ens fa pensar en la complicació de l'evolució bacteriana (ens en va parlar Francisco Guarner) i l'epigenètica (ens en va parlar Miguel Beato). Ja tenim una història de cafès!

Si la genètica aclareix la pertinença o no a la mateixa espècie, també ho pot fer el cant. Aquest va ser el cas del mosquiter: fins que no es va estudiar el cant de dues espècies molt semblants no es van identificar com a dues, cas que també ens va mencionar Eloïsa

Matheu. Abans, ningú no hi havia parat. El DNA també els ha confirmat com a dues espècies: el mosquiter comú (*Phylloscopus collybita*) i el mosquiter ibèric (*Phylloscopus ibericus*).

El codi de barres

De la mateixa manera que els codis de barres identifiquen un producte i no un altre, els estudis genètics de les diferents espècies mostren un «codi de barres de la vida» característic de cada espècie. No és el genoma sencer, és una seqüència que caracteritza l'espècie, ja que té una variabilitat intraespecífica baixa.

Agrupant, doncs, les diferents seqüències específiques en sistemes de bases de dades, hi ha un mecanisme per a destriar les espècies. És com el *genebank*, que agrupa els gens humans, però dels animals.

El Museu de Ciències Naturals de Barcelona, on hi ha investigadors que volen completar la informació de les seves col·leccions cosint el coneixement clàssic i el modern –i per això busca voluntaris que vulguin fer ciència ciutadana–, esdevé un museu de referència que acull coneixement de la fauna catalana i mediterrània.

Francesc, i com vas arribar a ser investigador del museu?

Doncs un cop acabada la tesi, el museu va convocar beques per a activitats educatives. Una llàstima que no se n'hagin convocat més. Jo vaig guanyar-ne una i més tard vaig fer les oposicions corresponents, i encara hi sóc. I per molts anys!

Primavera 2015: Algunes idees que canviaran el món

A la setena primavera de Cafès Científics a la Casa Orlandai volem obtenir pistes per a veure cap a on ens conduirà el futur amb els indicis que tenim ara. La biologia col·laborativa sumarà esforços; la gestió d'una quantitat cada dia més ingent d'informació vol nous plantejaments. Els nous avenços científics, ens permetran de ser invisibles?

Dimecres 15 d'abril. *Camí cap a la invisibilitat*. Àlvar Sánchez, Grup de Superconductivitat, Departament de Física, UAB.

Per què els objectes són visibles als nostres ulls? És possible fer capes d'invisibilitat que envoltin un objecte i el facin desaparèixer? Estan els científics a prop d'aconseguir-ho? Canviarà la nostra societat si podem fer invisibles les coses?

Dimecres 20 de maig. *Biohackers: experimentar i innovar de forma comunitària*. Daniel Grajales, Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia.

Biòlegs agrupats en el moviment DIYbio (Do It Yourself Biology) fan créixer el coneixement compartit. Ja han fet microscopis, bombetes fetes amb bacteris fluorescents, bioreactors... Com ho fan? Com s'organitzen?

Dimecres 10 de juny. *Interpretar grans dades*. Karma Peiró. Periodista *freelance*, especialitzada en internet i les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC).

Gairebé tots fem servir aparells tecnològics, quin rastre deixem? De les dades obertes (*open data*), quin ús en podem fer per a analitzar-les i extraure'n conclusions? Les dades filtrades, com ara de Wikileaks, què representen?

Cap a la invisibilitat (15/04/2015)

Ahir dimecres 15 d'abril vam començar la setena primavera de Cafès Científics a la Casa Orlandai sota el títol paraigua: *Algunes idees que canviaran el món*. Volem dedicar el trimestre a obtenir pistes que ens mostrin cap a on ens conduirà el futur amb els indicis que tenim ara. Ahir va venir Àlvar Sánchez, del Grup de Superconductivitat del Departament de Física de la UAB, investigador que ha estat guardonat amb la menció ICREA Acadèmic, que permet que la recerca es mantingui en uns nivells de reconeixement internacional.

Àlvar va venir al cafè per parlar-nos dels nous avenços científics: ens permetran de ser invisibles? Quin és aquest camí cap a la invisibilitat? Per què els objectes són visibles als nostres ulls? És possible fer capes d'invisibilitat que envoltin un objecte i el facin desaparèixer? Estan els científics a prop d'aconseguir-ho? Canviarà la nostra societat si podem fer invisibles les coses?

Abans de respondre, Àlvar es presenta. Ens explica que tot i ser catedràtic de Física Aplicada ell és teòric. És un dels físics que busquen models per a descriure l'univers que ens envolta i poder predir els fenòmens que hi succeeixen. Per això els físics es fan preguntes generals, de què estan fetes les coses? Però, quines coses? La física es una ciència que estudia des de les

partícules subatòmiques fins als grans cúmuls de galàxies, com hem vist també als cafès científics. Avui, anem a veure com podríem tornar-nos invisibles.

Què vol dir fer-nos invisibles

Fins fa deu o quinze anys, fer-nos invisibles semblava de ciència-ficció; ara, aquesta idea podem incloure-la en la ciència pura. No parlem d'invisibilitat quedant-nos a les fosques, sinó de deixar de veure amb llum. Però per parlar d'invisibilitat, caldria parlar primer sobre què és la visibilitat. Per què ens veiem?

Ens veiem perquè reflectim llum; i el color que reflectim és el color que no absorbim. Si absorbíssim tota la llum, potser no se'ns veuria, però deixaríem una ombra. El que volem aconseguir fent-nos invisibles és no deixar ni ombra, ser transparents a la vista, que es vegin els objectes que hi ha rere nostre, no com en un vidre, sinó desapareixent de la vista. Per arribar a aquesta veritable invisibilitat, ens adonem que la clau és en la llum, llum que té una doble naturalesa: és alhora una ona electromagnètica i una partícula sense massa.

Com fer-nos invisibles?

Segons la ciència-ficció hi ha dues maneres de fer-se'n. La primera és la que descriu H. G. Welles a *L'home invisible*: un home es pren una pastilla que el

fa invisible; no la seva roba, sinó els seus propis teixits. La llum el travessa i no deixa ombra. Però, aquesta possibilitat no és la que busca la ciència ara ja que no sembla viable; tenim teixits massa diferents, per la qual cosa seria molt difícil d'interferir amb la llum: si se'ns fes transparent la pell, caldria fer transparents els músculs, les venes, els ossos... No podem anar a buscar la pastilla d'invisibilitat.

L'altre mètode de la ciència-ficció és la capa per a fer-se invisible, com a *Harry Potter* o a *Las princesas bailadoras*, dels germans Grimm. És per aquesta via per on va la recerca. Buscar la manera de trobar índexs de refracció d'un sol material, el de la capa. I per a mostrar-nos de què parla, ens explica un experiment per a fer invisible un got: si introduïm un pot de pyrex en un recipient ple d'oli de gira-sol, aconseguirem que no es vegi el pot, atès que tots dos, el vidre de pyrex i l'oli de gira-sol, tenen el mateix índex de refracció.

La teoria de la capa invisible

Per a explicar-nos la teoria, Àlvar ens fa un dibuix: imaginem un espai que delimitem amb línies de referència. Prenem un punt de l'espai i l'engrandim fins a fer un cercle; aleshores, les línies de referència s'eixamplarien i dins del cercle que abans era un punt, hi podria encabir el que fos que es podria fer invisible.

Un efecte similar succeeix amb les grans masses de l'espai (galàxies, cúmuls), que fan de lent gravitatòria; produeixen una curvatura del temps i de l'espai. Una estrella massiva també fa de lent, desvia la llum.

La teoria per aconseguir una pantalla invisible es deu a la recerca de Sir John Pendry, de l'Imperial College de Londres. Però, com podem a la pràctica crear una pantalla que amagui i faci invisibles els objectes?, de quin material ha de ser?

La capa invisible

Per trobar aquesta capa per a fer-se invisible, el grup d'Àlvar va enfocar-se a treballar amb ones no de llum, sinó magnètiques, una part de la naturalesa de la llum, que està formada per ones electromagnètiques. Treballar amb el component és molt més fàcil. En aplicar la teoria del camp magnètic i treballar amb imants, que generen una ona molt llarga que atrau o repèl segons el signe, van aconseguir que un imant fos invisible i indetectable al camp magnètic d'un altre imant. Van publicar el seu experiment a la revista *Science*.

I, per a què pot servir una capa invisible al camp magnètic? Doncs pot servir per a protegir el marcapassos cardíac o una còclea artificial de persones que s'han de fer una ressonància magnètica

nuclear i que ara no poden fer-se-la. I pot obrir moltes altres possibilitats en altres camps. Hi ha hagut molts interessats en el seu experiment: des d'escolars d'Arkansas fins a altres professionals menys innocents.

Un participant, Javier, va fer un comentari preciós: «La ciencia hace visible lo invisible, como el arte; pensemos en los rayos X. Ahora se intenta hacer invisible lo visible. Es una idea inquietante».

Del públic pregunten: què intercanvien els imants? Què circula pels cables elèctrics?

La resposta que ens dóna en Àlvar és: fotons. No tothom s'ho creu: no són electrons? No.

Una de les aplicacions més importants de l'electromagnetisme va ser la de Faraday, que va trobar la inducció electromagnètica que permet la producció i distribució de grans quantitats d'energia elèctrica. De fet, el 99% de l'electricitat que tenim és per inducció. Tant la hidràulica –originàriament potencial– com la cinètica dels molins de vent, o la nuclear –que escalfa aigua en una turbina–, tenen un origen en la inducció de Faraday. I, en tots els casos, el que circula pels cables elèctrics tampoc no són electrons, sinó fotons.

La velocitat dels electrons en un sòlid és d'uns 100 metres per segon. Pensem en un cable telefònic. Si la

transmissió del so fos per electrons, en telefonar de Barcelona a Los Angeles, per exemple, que es troba a més de 9.000 quilòmetres de distància, la resposta trigaria uns deu dies a arribar-nos.

La persona que va parlar de la naturalesa dels fotons, com a ones i alhora partícules sense massa, va ser Max Planck. Planck va ser un dels millors físics teòrics del segle xx. Quan ell havia dit a la família que volia ser físic, van voler dissuadir-lo, perquè semblava que la física havia arribat a ser del tot coneguda. Recordem que a principis del segle xx ja es coneixien les lleis de Newton, les equacions de Maxwell sobre electricitat i magnetisme, la teoria atòmica, la termodinàmica... Però, malgrat les profecies, va obrir un nou camp descrivint la teoria quàntica, en què proposava la naturalesa particular de la llum, perquè no li sortien unes equacions, i rere ell va venir Albert Einstein amb la teoria especial de la relativitat i la teoria general de la gravetat.

També van sortir altres preguntes entre el públic; en fem un recull.

Tipus d'ones electromagnètiques

Ultraviolades: ones de l'espectre solar, de freqüència més petita que l'espectre visible; poden provocar mutacions en les cèl·lules.

Infraroges: ones de l'espectre solar, de freqüència més gran que l'espectre visible, que s'empren per als comandaments a distància de la televisió o dels pàrquings.

Microones: ones electromagnètiques de freqüència encara superior.

Ones de ràdio: freqüència encara superior que les microones.

Les radiacions X i les radiacions gamma són de freqüència menor que les ultraviolades, per això encara poden ser més lesives.

Per què el forn microones té una part frontal per evitar que surtin les radiacions i per contra té forats per ventilar? Les microones són ones molt llargues, mesuren centímetres, per això no s'escapen pels forats.

Per què els microones giren? Perquè si no ho fessin, com la freqüència és de centímetres, hi hauria parts que restarien fredes i altres calentes; així es distribueix la temperatura.

El GPS és un sistema de navegació molt precís. Un emissor llança ones que capten tres o quatre satèl·lits d'una constel·lació que estan en òrbita al voltant de la Terra. En rebre la informació de tornada, el GPS situa la posició on som o a la que volem arribar. També ens explica que els avions furtius que pretenen ser

invisibles als radars són una filigrana tecnològica. No són detectats per radars de microones, però sí per radars que detectin ombres.

Àlvar, quan se't va fer visible que volies ser físic?

Per a ser científic cal ser curiós, als científics ens agrada entendre l'univers que ens envolta. El meu pare era enginyer tècnic i a casa s'observava l'entorn amb curiositat. Tinc un germà químic i un altre enginyer de comunicacions. Jo em vaig fer físic. He tingut la sort de tenir bons mestres i ara de tenir un equip excel·lent.

Àlvar ens recomana que mirem al nostre entorn i a les nostres butxaques, i ens meravellem de la tècnica que hem assolit. I que pensem amb respecte en els investigadors que han fet possible la seva existència. A fi de comptes, es tracta de persones que han sabut distingir el que és fonamental d'allò que és accessori.

Biohackers: experimentar i innovar de forma comunitària (20/05/2015)

Dimecres passat, 20 de maig, van venir els biohackers per parlar-nos de com experimenten i innoven de forma comunitària. Per qüestions protocol·làries i tradicionals, jo vaig contactar amb Daniel Grajales, enginyer de telecomunicacions mexicà que està fent un doctorat a l'Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia; però van venir cinc persones, tots del moviment Do It Yourself Biology.

La xerrada la va començar Daniel, després va prendre la iniciativa de la conversa Álvaro Jansà (biòleg, que fa de tècnic de laboratori), la part final la va dur Núria Conde (biòloga i enginyera informàtica, que recentment ha acabat el seu doctorat en complexitat, dirigit per una persona que també va venir al cafè científic de la Casa Orlandai, Ricard Solé). La conversa es va enriquir amb la participació d'Òscar Gallardo, biòleg apassionat per la micro, que fa de bioinformàtic, i Rosen Ivanov Bogdanov, artista científic d'origen búlgar.

Qui són els biohackers?

Els biohackers volen posar a l'abast de tothom el seu coneixement. Els hackers, a diferència dels crackers, que violen la seguretat dels sistemes informàtics, en el sentit més elogiós del terme que empren dins la

comunitat informàtica, fan servir el terme per a descriure algun programador o tècnic especialment hàbil. Un dels més hàbils i conegut és Linus Torvalds (creador del *kernel linux*), que posa a l'abast de tothom un programari lliure i gratuït.

On va sorgir el moviment? Com tantes altres assumptes interessants de la ciència, el moviment DIYBio (*do it yourself*, és a dir, 'fes-t'ho tu mateix'), va sorgir al MIT, va passar a la costa oest dels Estats Units, a París, Amsterdam... A Barcelona el grup es va crear el 15 de juliol de 2014, encara no fa un any!

El que tenen en comú tots els biohackers és que, a estones lliures, volen aprofitar les seves capacitats i habilitats per obrir i ampliar el coneixement de la biologia. Això és el que tenen en comú les cinc persones que van venir a participar en el cafè científic: a estones lliures volen millorar el món acostant maneres explícites de fer biotecnologia a qualsevol persona que en vulgui aprendre, reciclant o recuperant material i compartint el seu coneixement per la web.

Quina diferència hi ha entre un investigador actual i un que fa trenta anys preparava la tesi i es feia un aparell d'electroforesi? Doncs que fa trenta anys, els investigadors que anaven a una botiga de material demanaven fil de platí a la Sociedad Española de Metales Preciosos, trobaven algú que els feia un

transformador i obtenien un aparell d'electroforesi que, si fos d'una marca comercial, no haurien pogut comprar; podien passar les indicacions i les fotocòpies de l'aparell a uns quants laboratoris més, a banda de reaprofitar-lo en diverses tesis doctorals. Avui dia, aquestes instruccions i imatges es pengen a la web i són assequibles per tothom que tingui accés a la web.

Així que, a la pregunta «Què són els biohackers?», podríem respondre: «Manetes!». En Daniel explica que de petit tenia un cotxe amb control remot, però el que ell volia era un vaixell! I no va parar fins que no el va tenir. Però són manetes amb ganes de fer-ho entre tots i de forma oberta. Per això volen acabar amb els kits que venen tancats i ningú no pot manipular, que t'obliguen a llançar-lo i comprar-ne un de nou. Comprendre per reciclar, reutilitzar. Però el moviment omple altres aspectes.

L'aspecte social

Els biohackers pensen que no és obligatori que la ciència es faci en els grans centres de recerca, que es pot fer al garatge de cadascú. No tots els experiments requereixen grans instal·lacions. Tampoc no tots els experiments requereixen gran expertesa en el coneixement de la biologia. Ja hem comentat de vegades en els cafès científics que hi ha comunitats amateurs, com ara la dels astrònoms, els historiadors naturals o els paleontòlegs aficionats, que fan una

feina molt complementària de la del savi. I també hem comentat els efectes sumatoris quan hi ha un objectiu comú, com va ser el projecte SETI.

Pel que fa al coneixement. És cert que hi ha un cost rere tota investigació. Però, com es paga? Com es paga el coneixement que ens va donar Arquimedes, pregunta en Daniel. El matrimoni Curie va donar el seu descobriment a la ciència, no el va patentar. Tampoc ho van fer altres científics que van fer millorar la qualitat de vida dels humans. I van viure dignament.

Hi ha un manifest mundial sobre els principis ètics que regulen el moviment Do It Yourself Biology. D'acord, però, com controlen que ningú no faci un disbarat? Doncs, de la mateixa manera que la Viquipèdia, com a enciclopèdia, o Linux, com a font de programari, són bastant fiables, el DIYBio també. Sempre hi pot haver el psicòpata, però la comunitat se n'adona i hi posa remei. S'autoregula.

Inquietuds que genera

Surten preguntes, és clar. Trenqueu el paradigma del que fem ara als laboratoris microbiològics hospitalaris. Ens hem desfet de la cuina, quan nosaltres fèiem els brous. Ara, ens dieu que ho tornem a fer? I les garanties que el producte surti sempre igual? La resposta és raonable: potser no cal aplicar-ho en

clínica –on cal seguir unes normes ISO–, i tampoc si es fan grans quantitats que abarateixen els costos; però el cas és que en algun lloc hi consti com es pot fer, no fos cas que arribem a un moment que ningú no ho sàpiga fer, si no és a la indústria.

Una altra pregunta versa sobre la qualitat i la garantia. Com sé jo que el mòbil que em feu vosaltres funcionarà? Prova'l, compara, li diuen. A més, sigues conscient –que molts consumidors no ho són– que els teus objectes probablement s'han fabricat a la Xina o a algun país del Tercer Món, i que s'han fet servir productes reciclats sense que ho sàpigues. D'una altra banda, un preu més de deu vegades més econòmic, quantes vegades et permet comprar l'objecte? Tenint en compte que l'objecte fet pels biohackers no funcioni i que les garanties dels productes industrials et cobreixin el problema i et donin resposta. És un camí cap a la sobirania científica i tecnològica.

Però, què fan?

Doncs, n'hi ha que estan estudiant el factor d'envelliment en els cucs, altres han cultivat bacteris luminescents per a fer bombetes fluorescents; ara que la indústria farmacèutica fa recerca més en càncer i busca vacunes per a malalties concretes, i inverteix menys en l'estudi de la resistència dels bacteris als antibiòtics, proposen d'estudiar el comportament de bacteris per investigar quin podria

ser l'abordatge d'un nou tractament al qual els bacteris no siguin resistents, per exemple.

En l'aspecte més tècnic han fet microscopis, bioreactors, impressores..., tot amb material molt barat o reciclat. Fan servir la tecnologia arduino, organitzen cursos per a ensenyar a fer-la servir i posen les seves troballes a disposició de qui les vulgui emprar. A la comunitat interdisciplinària els arriba un problema i busquen la solució entre diversos especialistes. Si entre tots surt una idea brillant, suggereixen que es pot buscar finançament a Kickstarter o Indiegogo, plataformes per a microfinançar projectes científics. Una altra forma de comprendre l'economia del coneixement. Si s'equivoquen, tornen a començar: «El fracaso forma parte del éxito».

També fan cursos per a estudiants de primària i secundària en els quals preparen experiments. Veuen que la ciència i la tecnologia no són qüestions abstruses que ningú no entén. Ells mateixos poden fer extraccions de DNA, per exemple. I els ajuden a raonar... Què vol dir que un menjar és orgànic? És que n'hi ha que no sigui orgànic? Què vol dir que un producte té química? És que n'hi ha que no en tingui? Realment, s'ha instal·lat la ignorància científica en el nostre entorn. Aquí recomanen el blog de J. M. Mulet: *Comer sin miedo*.

Es troben a MADE (Consell de Cent, 159, dins l'espai Germanetes) i treballen en equip. Ens hi conviden. Hi anirem. La recomanació que els va fer Thomas Landrain és: primer, feu comunitat!

Així, en comunitat els biohackers ens trenquen esquemes econòmics, ecològics i socials, perquè abarateixen, reciclen, comparteixen i fan xarxa ciutadana. Busquen la sobirania científica i tecnològica de les persones i estenen el pensament crític. Personalment, celebro que els científics s'hagin afegit als moviments ciutadans de transformació social; de vegades manca tant pensament crític!

Diu Daniel Grajales: «La felicidad, como el conocimiento: cuanto más lo compartes, más crece».

Més informació
«Els "biohackers" treuen el nas a Barcelona». *Ara* (05/11/2014)

Interpretar grans dades (10/06/2015)

El dimecres 10 de juny, al cafè científic de la Casa Orlandai va venir la periodista Karma Peiró, especialitzada en internet i las tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), per ajudar-nos a comprendre què són i com s'interpreten grans dades. A Karma li volíem preguntar moltes coses: gairebé tots fem servir aparells tecnològics, quin rastre deixem? De les dades obertes (*open data*), quin ús en podem fer per a analitzar-les i extraure'n conclusions? Les dades filtrades, com ara de Wikileaks, què representen?

L'especialització

Primer, Karma es va presentar. En acabar la carrera de periodisme el 1995 va trobar feina a Servicom, el primer proveïdor d'internet a Espanya, amb seu a Cerdanyola. Buscaven una periodista per a fer trucades oferint el servei d'internet; era tan precoç que li tocava «evangelitzar», explicant les oportunitats que oferia la xarxa per a trobar clients. Més endavant, va treballar per a Luis Ángel Fernández Hermana, ara consultor de tecnologies de la informació, a la revista *en.red.ando*, on van coincidir perquè l'autora hi va participar esporàdicament escrivint crítiques de llibres científics. Karma ha treballat també per a TV3, *La Vanguardia*, CatRàdio...

Ordre entre les dades

Fa tres o quatre anys va passar a fer periodisme de dades, i, per això, organitza les jornades de periodisme de dades i dades obertes, que cada cop acullen més participants i més ciutats. Per explicar-nos quin és el camp de la seva expertesa, o l'objectiu de la seva curiositat, com prefereix, ens va fer un esquema a la pissarra.

Aquest esquema, més o menys, dirigirà les nostres reflexions: dades massives, dades obertes, periodisme de dades, i el dret a l'oblit de dades. A més, també parlarem de dades preses sense consentiment, i que es fan servir per al control comercial i l'espionatge governamental. Justament la nit anterior van passar al programa *Sense ficció* (TV3) «Big Data, ciutadans sota control», que versava sobre el rastre informàtic que deixen les nostres dades a la xarxa, i que s'ha convertit en el Gran Germà de l'era digital.

Grans dades, grans números

Karma ens recomana el llibre *Big data. La revolución de los datos masivos*, de Viktor Mayer-Schönberger y Kenneth Cukier; i també ens dóna números de l'exposició «Big Bang Data», que hi va haver al CCCB. En el llibre de Mayer-Schönberger i Cukier, que té tres

anys, donen moltes dades del que representa la quantitat de dades penjades a internet.

Aleshores era el triple que la quantitat d'informació de la Biblioteca del Congrés dels Estats Units, la més quantiosa del món. També poden dir que, fa tres anys, les dades a internet creixien quatre vegades més que l'economia mundial (i la capacitat dels processadors, nou vegades més). O que fa tres anys hi havia vuitanta mil milions de clients a YouTube: es pujava una hora de vídeo per segon. O que el 2013 s'havien superat els quatre-cents milions de tuits al dia. De tota aquesta informació, una bona part és soroll, però una altra és molt útil per a conèixer les activitats i les preferències dels usuaris.

Utilització comercial de les dades

Les dades de les nostres preferències són molt importants per al màrqueting. El periodista Evgeni Morozov, que escriu a *El País*, entre d'altres diaris, estudia les influències del comerç que controla els nostres gustos per dirigir el nostre consum; propugna que les empreses com ara Google, Amazon, Facebook, Twitter i totes les que obtenen moltíssima informació dels usuaris (no sempre conscients i informats), que les emmagatzemen i les estudien per a cercar determinades paraules clau que mostren tendències en els seus gustos, haurien de pagar per les dades i no obtenir-les semisubreptíciament.

Utilització política de les dades

Quant a la utilització política de les dades sota l'excusa de la seguretat, el juliol de 2013, Edward Snowden va exposar als diaris *The Guardian* y *The Washington Post* l'espionatge massiu del govern dels Estats Units. I, com aquesta, han sortit altres iniciatives de periodisme de denúncia d'activitats ocultades relacionades com ara el conegut Wikileaks, amb Julian Assange i el sergent Bradley, ara Chelsea Manning; també Chinaleaks, Luxleaks i Swissleaks. Un d'aquests és el cas Falciani, que s'ha presentat a les llistes per a les darreres eleccions europees amb el partit X, que es defineixen com «Una red ciudadana organizada para acabar con la corrupción y conseguir Democracia y Punto».

Internet profunda

Una molt bona part del que hi ha penjat a internet no es pot trobar pels buscadors tradicionals perquè no està indexat. Aquesta és l'anomenada internet profunda (*deep web*), que es representa com iceberg amagat. D'aquesta informació amagada, una bona part està planejada justament per esquivar el rastreig indesitjat i, òbviament, és on es poden trobar les activitats delictives.

Una de les raons per les quals no es pot indexar és perquè l'ordinador no deixa rastre, està en webs

dinàmiques. Hi ha un cercador de la internet profunda, el projecte Tor (*The onion router*); és un *software* que no deixa rastre en la cerca perquè fa servir els ordinadors que són en cada moment en aquesta xarxa. Aquest és el buscador de la ciberpolicia, dels venedors d'òrgans, del tràfic il·legal i dels periodistes.

Quins avantatges té aquesta xarxa?

Karma ens explica que, segons Luis Ángel Fernández Hermana, internet té quatre característiques que difícilment permetran que s'enfonsi. La primera és que no és jeràrquica, qualsevol persona pot escriure a qui vulgui, tothom hi té el mateix tracte, no hi ha hegemonies.

En segon lloc, internet és distribuïda, no té un nucli central. Aquesta mena de connexió descentralitzada entre màquines es va aprendre bé amb els usos d'internet. Quan va començar la internet, com un projecte militar durant la guerra freda –l'Arpanet–, hi havia un sol ordinador central, que era el nucli de tots. Aviat es van adonar del risc de pèrdua de tota la informació, si es feia malbé aquest sol ordinador, i van descentralitzar la informació i crear xarxa. En el cas de Napster, d'intercanvi de música p2p (*peer to peer*) sense tenir en compte els drets dels autors, en detectar l'ordinador central a Austràlia van poder tancar-lo justament perquè era central, un sol node

original. Pocs dies després, l'intercanvi de música es va fer entre diversos ordinadors en xarxa. Es va aprendre la lliçó.

En tercer lloc, succeeix en temps real, tot i que la informació passa segmentada pels cables (en molts casos submarins) i es torna a empaquetar en rebre-la a la nostra pantalla. I la quarta característica és que l'emmagatzematge és infinit. Ara, aquesta darrera característica es qüestiona.

Internet té grans servidors, grans com blocs de cases, on s'emmagatzema la informació. Tota? Doncs, tota no. Documentalistes i historiadors estan un xic desesperats perquè, d'una banda, ja no es podrà resseguir la correspondència, a no ser que es guardin còpies en paper de missatges importants. I tota la informació que es va penjar a la xarxa durant uns anys està perduda.

A mesura que les webs s'han modernitzat, els tècnics que duien a terme aquesta modernització no tenien en compte que en penjar la nova web, es perdia la informació anterior, de manera que no queda rastre. Tot i això, una ONG (<archives.org>) es dedica a arxivar material que havia estat penjat en una època, però que es va perdre en els anys que ningú no es va preocupar de guardar-ho durant aquest gran forat negre de la memòria digital.

I, per apuntar un punt que no se sol mencionar, cal pensar en la despesa energètica que genera tota aqueta activitat. Habitualment no s'estudia què costa tota aquesta informació en moviment i en els reservoris. Potser caldria que ens hi miréssim i no féssim tant de soroll.

Dades obertes

Una gran revolució que permet aquest emmagatzematge massiu de dades és que pot afavorir la democràcia. El 2013, per mandat de la Unió Europea, a Espanya, com als altres països, es va fer la primera llei de transparència, que demana comptes a les administracions públiques. Segons aquesta llei, les administracions han de publicar en què fan la despesa pública i amb qui. I, si un ciutadà té una qüestió referent a aquest assumpte, en un mes ha de rebre una resposta. Per llei.

De la llei espanyola es va dir, quan va sortir la llei publicada, que era més tolerant que la de Rwanda, i que les millors lleis són les dels Estats Units i d'Anglaterra, per retre comptes del que anomenen *accountability*. Segons la llei espanyola, les comunitats autònomes també han hagut de fer les seves lleis de transparència, que s'aplicaran des del 30 de juny d'enguany; i els municipis hauran de fer les seves que seran d'obligat compliment el 2016. L'Ajuntament de Barcelona fa temps que publica

moltes dades *online*, justament per augmentar la transparència. Ara, la transparència és un dels valors de qualitat de les institucions i entitats diverses. I aquesta transparència obliga a penjar els comptes públics.

Cal recordar que, de bon principi, a banda dels científics, pocs polítics es van prendre seriosament el fenomen internet. Fins que va tenir lloc el cas Lewinsky. Aleshores van començar a creure en el seu potencial i en les seves utilitats públiques. Ara, aquesta capacitat massiva d'emmagatzematge de dades provoca que en alguns casos, algunes persones s'hagin vist perjudicades per tenir alguna informació, veraç o no, a la xarxa que els perjudica. Per això també cal tractar el dret a l'oblit de les dades.

Periodisme de dades

Doncs, totes aquestes dades, degudament tractades i interpretades, donen informació molt valuosa per a tenir una altra mirada, una altra forma de veure què i com es fa i què passa. És una nova manera de fer periodisme d'investigació, el periodisme de dades. Els periodistes diuen que poden fer *scraping*, gratar, per seguir rastres, buscar utilitzacions curioses..., per exemple, de l'ús que es fa de les càpsules de cafè. O de qualsevol altra pregunta per a la qual puguem obtenir dades.

És cert que, davant de la sobreinformació que patim, ens hem de refiar del criteri d'algunes veus per a tenir criteri, de la mateixa manera que fins ara hem tingut diaris o periodistes que seguim perquè ens semblen honestos. Els diaris canvien i la informació es busca de diferent manera. Una iniciativa va ser la de ProPublica, que va rebre el premi Pulitzer el 2010. Hi ha molta feina a fer per a comprendre i vigilar el que es fa amb els diners públics. Per a denunciar pràctiques fraudulentes o delictives, i per a prendre la nostra pròpia responsabilitat de ciutadans.

Més informació

Bloc sense fulls de Saül Gordillo: «Karma Peiró» (08/06/2015)
«Los datos masivos (o big data) son el nuevo oro». Viktor Mayer-Schönberger. *Diario Turin* (05/08/2013)
«¿Qué hacen con nuestros datos en internet?». *El País* (12/06/2015)
«¿A alguien le importa la privacidad?». *El País* (14/06/2015)
«Un jubilado de Sevilla le ha costado a las eléctricas más de 500 millones». *El Confidencial* (08/04/2015)
«La UE acuerda la ley que blindará el derecho al olvido en internet». *El Periódico* (16/06/2015)
«En busca del nuevo Snowden». *El País* (22/01/2015)
«El partido X se quita la máscara». *El País* (08/10/2013)

Tardor 2015: Noves tècniques, nous estudis, nou coneixement

L'enorme desenvolupament de la tecnologia permet mirar i mirar de comprendre la matèria del nostre entorn de maneres molt singulars. I també estudiar de forma segura indrets l'estudi dels quals era, en altres moments, realment arriscat. O proporcionen una seguretat que pot ajudar a la justícia. Estudiar grans dades, veure l'estructura més íntima de la matèria, poder estudiar amb un cert confort els llocs límit i poder assegurar diagnòstics obre noves finestres al coneixement.

Dimecres, 16 de setembre. *Supercomputació, genòmica i medicina personalitzada*. David Torrents, investigador ICREA i cap de l'equip de Genòmica Computacional al BSC.

Les eines bioinformàtiques ajuden a respondre preguntes específiques relacionades amb els mecanismes genòmics i moleculars que hi ha rere la malaltia. La supercomputació permet de gestionar gran quantitat de dades biològiques, descobrir causes de malalties i contribuir a generar diagnòstics i teràpies.

Dimecres, 21 d'octubre. *Alba, una nova forma de mirar la matèria*. Ramon Pascual, IFAE.

En l'estudi de la matèria, travessant-la amb feixos de llum es comprenen les seves propietats. Per a aquests

experiments es necessiten grans instal·lacions com ara el sincrotró Alba, a Cerdanyola. Amb Alba, físics, químics, biòlegs i molts altres científics que estudien la matèria la comprenen i hi troben múltiples aplicacions.

Dimecres, 18 de novembre. *Què i com s'estudia a l'Antàrtida*. Dolors Vaqué, Institut de Ciències del Mar, CSIC.

Els llocs més inhòspits són, per força, els més desconeguts. Com es poden millorar les condicions dels científics que van a l'Antàrtida per conèixer-la? Com preparen aquestes expedicions per fer-les tan eficients con sigui possible? Què s'aprèn de nou? Com el nou coneixement ens ajuda a comprendre el planeta sencer?

Dimecres, 9 de desembre. *Les tècniques forenses actuals*. Manuel Crespillo, Institut Nacional de Toxicologia i Ciències Forenses (Departament de Barcelona).

Que cada ésser humà sigui diferent d'un altre permet atribuir una determinada resta humana a un individu i no a un altre. Així, abans d'emetre un veredicte es pot tenir una garantia de l'atribució. Com treballen els forenses, doncs, per garantir els drets de les persones involucrades en un assumpte legal en què hi pot intervenir la genètica?

Supercomputació genòmica i medicina personalitzada (16/09/2015)

A la tardor de 2015 van coincidir diversos factors. Vam aprofitar-los i vam pensar de dedicar el trimestre a les noves tècniques, que permeten nous estudis i, en conseqüència, condueixen a nou coneixement. La manera singular de mirar l'entorn que volíem tractar el mes de setembre era la que aprofitava les instal·lacions del Barcelona Supercomputing Center.

Com que Mateo Valero, el director que ens havia promès que vindria, no ho va poder fer atès que era per una reunió de feina a Canadà, va venir David Torrents, investigador de la ICREA i cap de l'equip de Genòmica Computacional al mateix centre. Hi vam guanyar: seguim amb la promesa d'en Mateo i vam tenir una estona a en David a la nostra disposició per parlar-nos de *Supercomputació, genòmica i medicina personalitzada*.

La seva xerrada estava enfocada a donar-nos a conèixer com les eines bioinformàtiques ajuden a respondre preguntes específiques relacionades amb els mecanismes genòmics i moleculars que hi ha rere la malaltia. I això és perquè la supercomputació permet de gestionar gran quantitat de dades biològiques, que poden ajudar a descobrir les causes de les malalties i contribuir a generar diagnòstics i

teràpies. Així que primer descriurem la seva recerca i després apuntarem algunes reflexions que van sortir.

Recerca experimental i computacional

La feina que fan en David i el seu equip multidisciplinari –format per enginyers, informàtics, biòlegs, físics i estadístics, a més de les persones que els donen suport administratiu– és desxifrar i entendre la biologia dels genomes, les molècules de la vida, que contenen la informació necessària per al desenvolupament i l'evolució dels organismes vius.

Aquesta informació està codificada per quatre lletres. L'anàlisi de seqüències genòmiques i els seus derivats permeten descobrir les regles i els patrons generals que controlen i fan possible la vida. Per donar respostes a les preguntes moleculars, evolutives i biomèdiques específiques, la seva activitat de recerca comporta mètodes computacionals i experimentals.

Els biòlegs vinculats a l'estudi del genoma amb computadores investiguen principalment el genoma; després, proteïnes, i només un 10% es dedica a la biologia de sistemes, que estudia les interaccions complexes en els sistemes biològics.

Un dels programes que ha elaborat l'equip d'en David permet de seqüenciar el genoma més de pressa. I l'han posat a disposició de la comunitat científica de manera gratuïta. Programes que comparteixen els

mateixos objectius canviaran el diagnòstic i el tractament clínic en malalties com el càncer.

Una mutació, una teràpia

Atès que el genoma és el llibre d'instruccions per a fer les proteïnes, que són les veritables executores de les indicacions, conèixer un gen mutat, que fa una proteïna mutada, pot donar lloc a una teràpia. Per exemple, el càncer de pàncrees es deu a diversos gens mutats; aquesta diversitat en el genotip comparteix el fenotip, la mateixa malaltia aparent. Ara per ara, però, la teràpia gènica està a les beceroles.

Moltes mutacions són produïdes per l'ambient, com ara pel sol, que pot produir càncer de pell, o pel tabac, que és un tòxic que pot produir mutacions i càncer. De fet, tota la vida estem fent minitumors, però el nostre sistema immunitari els detecta i els elimina. Ara bé, de vegades, algun mecanisme falla, i es desenvolupa un càncer que pot generar problemes.

Amb les tècniques més modernes, i amb ajuda de màquines de seqüenciació, es podran fer diagnòstics específics en malalts. Es podrà fer la comparació entre el genoma d'una cèl·lula sana i una altra de malalta. I, aleshores, dissenyar una teràpia per al producte alterat, la proteïna codificada de forma alterada en les cèl·lules malaltes.

L'estudi específic de les cèl·lules tumorals en els malalts faran augmentar l'eficiència de les teràpies. Els tractaments tindran menys efectes secundaris, ja que seran tractaments únics per a cada malalt; no com la quimioteràpia o la radioteràpia, que són inespecífiques i ataquen totes les cèl·lules que es divideixen. Ara bé, per a això, caldrà que els metges clínics sàpiguen genètica.

Magatzems enormes

Les primeres seqüències de genomes les va fer Sanger fa uns quaranta anys; es trigava molt de temps a fer-les. Seqüenciar el primer genoma humà va costar quinze anys i uns 3.000 milions de dòlars. Amb les tècniques de seqüenciació actuals, tant de laboratori com computacionals, un genoma s'estableix en un o dos dies, i pot costar entre 2.000 i 3.000 euros. Es pensa que l'any que ve, el 2016, costarà uns 700 euros i anirà més de pressa. En pocs anys, per 100 euros podrem tenir la seqüència del nostre genoma.

Aquestes dades donen idea de la facilitat amb què s'aplicaran les tècniques de seqüenciació en poc temps. Conèixer les seqüències de molta diversa procedència permetrà fer comparacions i aprendre quines variacions genètiques (genotips) generen diferents manifestacions (fenotips). I situar-les en el genoma humà.

El genoma de referència és el primer genoma que es va seqüenciar. Es va fer triant vint persones a l'atzar, de les quals se'n van seleccionar deu, i amb set o vuit es va aconseguir una barreja de genomes. Es va prendre de referència, no perquè sigui perfecte, que no ho és (no n'hi ha cap, de perfecte), sinó perquè hi ha d'haver un patró per referenciar la posició de les seqüències d'altres genomes. És una referència topogràfica.

Ara, aquesta facilitat, genera un problema secundari. Cada genoma ocupa uns 100 Gb, mínim; més freqüentment, entre 300 i 400 Gb. Hi ha projectes que estudien fins a 20.000 genomes. Totes aquestes seqüències, on s'arxivaran? Caldrà pensar en grans arxius digitals i grans màquines que els puguin llegir quan calgui trobar informació d'ells.

Hi ha tants genomes seqüenciats, que l'empresa 23andme ofereix seqüenciacions i la possibilitat de trobar els parents genètics que no coneixem. Fa uns anys, el que oferien era l'estudi de la susceptibilitat a malaltia genètica de les persones, però la FDA la va tancar. Ara, principalment determinen i comparen els genomes estudiats amb la distribució genètica de les poblacions humanes.

Trets de comportament vinculats al genoma

En David diu que si heretem la forma del nas, podem heretar pors, angoixes, inquietuds..., maneres de ser. Els anys seixanta es va fer un experiment que ara no seria permès. Es van prendre uns ximpanzés en néixer i se'ls va allunyar d'altres congèneres seus. I van ser educats per una mare artificial. Cap afecte. I es va enregistrar tot el seu aprenentatge.

Entre les joguines tenien una serp de plàstic i un ram de flors liles. Després d'un temps, se'ls van passar pel·lícules de ximpanzés fugint de serps i de flors liles. Quan, més tard, van ser exposats a serps de plàstic de nou i rams de flors liles, de les serps sí que tenien por i en fugien, però no pas dels rams de flors, és com si hi hagués una herència del comportament. Cosa que faria caure el mite de la tabula rasa. Així doncs, si heretem la forma del nas, per què no podem heretar el caràcter?, pregunta en David.

El perfil humà del ponent

David Torrent es descriu com a un mal estudiant que es va acabar llicenciant en Biologia a la UB. Va treballar molts anys en el laboratori i finalment va passar a bioinformàtica. Després de fer la tesi, va estar set anys a Alemanya. Agraeix molt als seus pares que no el forcessin a estudiar quan era jove i no tenia clar què volia fer.

Alba, una nova forma de mirar la matèria (21/10/2015)

Ahir dimecres, 21 d'octubre, va venir Ramon Pascual, investigador de l'IFAE, exrector de la UAB i president del sincrotró Alba. Alba és una gran infraestructura científica situada a Cerdanyola del Vallès, que ofereix una nova manera de mirar la matèria: amb la llum del sincrotró.

Quan els feixos de llum d'Alba travessen la matèria se'n comprenen les propietats, en escala atòmica i en altres dimensions. I, amb Alba, físics, químics, biòlegs i molts altres científics que estudien la matèria la comprenen i hi troben múltiples aplicacions.

El professor Pascual duia unes notes introductòries per a explicar-nos el funcionament d'una instal·lació formada per un complex d'acceleradors d'electrons que produeixen llum de sincrotró, i, gràcies a ella, es visualitza l'estructura atòmica dels materials i es poden estudiar les seves propietats. Posar de manifest l'estructura de la matèria en la mesura atòmica no és intuïtiu.

La llum

El 2015 ha estat declarat per l'ONU any internacional de la llum i les tecnologies basades en la llum. Així que és una ocasió òptima per parlar-ne. I comencem per parlar de les radiacions electromagnètiques.

L'espectre electromagnètic abasta moltes longituds d'ona.

Entre les radiacions d'ona més llarga hi ha les de ràdio i televisió, i els infraroigs, que ens donen calor. Les radiacions de longitud d'ona entre els 380 nm i els 780 nm són les que veiem, l'espectre visible. I entre les radiacions d'ona més curta hi ha la radiació ultraviolada, els raigs X i els gamma. Aquestes radiacions d'ona més curta són les més energètiques, i per això ens són perjudicials. La capa d'ozó de l'atmosfera impedeix que arribin a la Terra des de l'espai.

Basant-se en les propietats de les diferents radiacions, hi ha tecnologies que ajuden a comprendre la matèria. Per conèixer l'univers, la matèria a gran escala, hi ha telescopis que empren diversos tipus de longitud El professor Pascual ens en va mencionar alguns que es troben a l'observatori d'El Roque de los Muchachos, a l'illa de La Palma, i amb el qual col·labora l'IFAE. El Grantecan té un mirall de deu metres de diàmetre que rep llum visible i infraroja. El telescopi Màgic estudia raigs gamma de la radiació de Cherenkov.

Per a conèixer la matèria a petita escala, també es fan servir tecnologies de la llum, basades en unes altres mesures de longitud d'ona. Els microscopis òptics permeten de veure la matèria a escala

micromètrica, mitjançant lents travessades per llum visible. Els aparells de ressonància magnètica nuclear permeten d'observar, entre altres materials, el cervell o el sistema cardiovascular per detectar petites lesions. També hi ha diverses menes de microscopis electrònics que fan servir feixos d'electrons. I, per estudiar dimensions més petites de la matèria, hi ha acceleradors de partícules.

Els acceleradors de partícules

Els acceleradors de partícules són aparells que utilitzen camps electromagnètics per a accelerar partícules subatòmiques amb càrrega elèctrica fins a velocitats molt properes a la de la llum. D'acceleradors de partícules n'hi ha de lineals i de circulars.

Els acceleradors lineals poden servir per generar radiacions que s'empren en tècniques diagnòstiques o per a radioteràpia. I també poden incorporar-se en l'estructura d'un accelerador de partícules circular. D'aquests darrers, els més grans es fan servir per a investigar en física de partícules o en altres disciplines que requereixen una gran resolució per estudiar la matèria.

El primer accelerador de partícules circular va ser un ciclotró, fabricat als Estats Units cap a l'any 1929, que accelerava partícules carregades. Els sincrotrons

també són acceleradors circulars. Un sincrotró és un tipus particular d'accelerador de partícules circular en què el camp magnètic (que fa que els feixos es desviïn) i el camp elèctric (que accelera les partícules) estan sincronitzats de manera precisa amb el feix de partícules en moviment. Aquest feix d'electrons permet de veure la matèria a l'escala nanomètrica. Ara, estem en la tercera generació de sincrotrons.

La construcció

El sincrotró Alba és a Cerdanyola del Vallès. El procés de la seva gestació va ser lent. És una decisió major! El 1990 van començar les negociacions per aconseguir finançament. Es van fer estudis científics que en justifiquessin la inversió. Es va valorar positivament el creixement en coneixement de la societat catalana i espanyola, tant en els aspectes més bàsics com en els aplicats, inclòs el desenvolupament industrial associat a la fabricació d'aparells d'alta precisió, com és un sincrotró. També es van preparar els recursos humans. El 2003 va ser aprovada la seva construcció.

Un cop aprovada la construcció, en què intervenien el govern de la Generalitat i el de l'Estat, un equip multidisciplinari va començar el disseny. A l'hora de la construcció, un equip vinculat a la UAB va dur la direcció d'obra d'Alba. La construcció es va iniciar el 2006. El 2010 es van fer els primers testos operatius,

i el 2012 ja iniciava la seva activitat amb usuaris externs.

La construcció d'Alba va costar dos-cents milions d'euros. Si sembla molt, recordem que un quilòmetre de tren d'alta velocitat costa entre vint i trenta milions d'euros. D'una altra banda, a més, l'estudi previ a la construcció del sincrotró Alba va predir que la relació cost/benefici seria superior a u. L'estudi fet a posteriori va donar com a resultat una relació força acurada a aquesta xifra. I, per damunt de tot, Alba és una gran instal·lació científica que ha de retornar beneficis a la societat per moltes altres vies.

El sincrotró Alba

Alba requereix unes condicions estables, tant en la seva estructura com en el subministrament d'energia. Per mantenir l'estructura estable, Alba es va construir sobre una base circular, com un dònut, de formigó d'un metre de gruix, i sobre dos metres de grava. La resta de l'edifici està fonamentat per pilars externs.

Dins els tubs on circulen els electrons, hi ha el buit. Una de les preocupacions més grans dels curadors d'Alba és que hi hagi un tall de llum, perquè si durés uns dies es perdria el buit i costaria setmanes recuperar-lo. I també ha de tenir aparells d'aire condicionat, perquè el funcionament dels aparells associats escalfa molt la instal·lació.

El seu cost de manteniment és de dinou milions d'euros l'any. Per al seu manteniment, els dilluns, s'apaga i es fan comprovacions rutinàries. També una setmana al mes, i dos mesos l'any, per Nadal i a l'estiu. En aquests moments es fan les tasques de manteniment de l'aparell. Aquestes millores eviten que es deteriori la instal·lació, i que la seva vida útil s'allargui.

A Alba hi treballen entre cent setanta i cent vuitanta persones, en cinc divisions. A banda de la divisió administrativa, hi ha la d'acceleradors, encarregada del funcionament de l'accelerador; la de computació, que s'encarrega de vetllar pels sistemes de control i de gestió de la informació; la divisió d'enginyeria, que és transversal, i la científica, que duu el control de la part més experimental.

Les aplicacions d'Alba

Alba té set estacions experimentals. Cadascuna d'aquestes estacions de treball disposa d'una línia de llum específica pensada per estudiar aspectes concrets de la matèria. Tothom que estudia l'estructura petita de la matèria pot fer servir alguna de les estacions d'Alba.

Els físics que estudien els materials i els cristalls. Els biocientífics que estudien estructures biològiques, virus, proteïnes o fàrmacs. Químics que busquen el

funcionament de catalitzadors, bàsicament. I també altres estudiosos de la matèria ja no en l'aspecte científic sinó en determinacions d'una altra mena. I també es van estudiar les pintures de Pedralbes. La major part dels premis Nobel dels darrers anys han obtingut els resultats de les seves investigacions en sincrotrons.

Dues vegades l'any hi ha convocatòria de projectes científics que hi vulguin participar. Un panell de científics selecciona els millors projectes que podran fer servir les instal·lacions, tenint en compte que el sincrotró treballarà dia i nit. En general, els diferents equips estan estudiant les seves mostres durant uns quatre dies. Si no són experts, des d'Alba també s'ofereix suport tècnic. I, habitualment, no poden acceptar més que la meitat dels projectes que sol·liciten l'ús de la llum del sincrotró.

Alba atén tant científics experimentals com d'empresa. Si l'usuari va a estudiar per publicar ciència, l'ús de la instal·lació és gratuït. Si es tracta d'una empresa que busca una patent, es cobra 800 euros l'hora, que és el preu de mercat entre els sincrotrons d'aquesta categoria.

També atenen científics i tècnics d'altres regions del món que volen fabricar sincrotrons i que ho demanen. Fer sincrotrons, no només fa créixer el coneixement i l'economia, sinó que uneix poblacions per una causa

comuna. A Jordània s'està construint un sincrotró que uneixi científics israelians i àrabs, com el CERN va unir científics europeus després de la segona guerra mundial.

Abans d'acabar li preguntem a Ramon Pascual quan va començar a pensar en la proposta de construir un sincrotró com Alba. Va respondre que és una idea que la major part dels físics de partícules tenen al cap. Perquè anar a fer els experiments a altres sincrotrons i no fabricar-ne un aquí? Dóna molts avantatges a l'entorn científic i industrial de l'entorn. Només va caler esperar les condicions propícies.

Què i com s'estudia a l'Antàrtida (22/11/2015)

El dimecres 18 de novembre, al darrer cafè científic de la Casa Orlandai, vam parlar amb Dolors Vaqué, de l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) sobre *Què i com s'estudia a l'Antàrtida*, un dels llocs més remots i inhòspits del món, i, per això mateix, d'entre els més desconeguts.

Per què estudiar els virus?

Les xarxes tròfiques oceàniques meridionals habitualment se centren en el krill, però hem de tenir en compte què menja la gambeta que el conforma. I la resposta és: fitoplàncton.

El fitoplàncton està format per algues unicel·lulars, la fracció que fotosintetitza, capta CO_2, llum i nutrients per a créixer, alhora que excreta matèria orgànica que resta es dissolució i aprofiten els bacteris.

Aquests, per una banda, remineralitzen la matèria orgànica que el fitoplàncton empra de nou, i, per altra banda, són depredats pels protistes, que passen el carboni bacterià a nivells tròfics superiors (del zooplàncton als peixos). D'una altra banda, els bacteris són lisats pels virus, de manera que la matèria orgànica retorna al medi i pot tornar a ser aprofitada per al creixement bacterià. Tots aquests

agents constitueixen la xarxa tròfica microbiana, base de la xarxa tròfica marina.

El fitoplàncton marí correspon a un 1% de la biomassa total dels productors primaris del planeta (els éssers vius autòtrofs capaços de fotosintetitzar); i, tanmateix, són responsables del 50% de la fotosíntesi terrestre. Tota una proesa, molt interessant en la mitigació del canvi climàtic per augment de CO_2 atmosfèric. Tot i això cal tenir en compte que els arbres necessiten lignina i altres estructures que no fotosintetitzen per a mantenir-se; mentre que el fitoplàncton, surant en l'aigua, no les necessita.

Dolors estudia els virus marins, que juguen un paper cabdal dins les xarxes tròfiques microbianes marines. La major part són bacteriòfags, ja que l'hoste més abundant al mar són els bacteris marins, encara que també són importants els que infecten i lisen el fitoplàncton. S'estima que, de mitjana, hi ha deu milions de virus per mil·lilitre, un milió de bacteris per mil·lilitre, i milers de microalgues per mil·lilitre d'aigua de mar.

En aquesta darrera expedició estudiaven el paper dels virus i altres components dels microorganismes del fitoplàncton en la generació de núvols. Hi ha evidències que el plàncton microbià marí produeix substàncies precursores d'aerosols que acaben

emeses a l'atmosfera. I, en concret, existeix un tipus d'algues unicel·lulars del fitoplàncton que sintetitza una substància, el propionat de dimetilsulfoni (DMSP), que, gràcies a la seva lisi vírica, fa que s'alliberi al medi i sigui hidrolitzat pels bacteris a sulfur de dimetil gas (DMS).

Aquestes molècules de gas es van obrint pas fins arribar a l'atmosfera, on s'oxiden formant micropartícules sòlides de sofre, que quedaran suspeses en l'aire i podran actuar com a nuclis de condensació, influint en la formació i les propietats òptiques dels núvols; per la qual cosa representen, com a agents climàtics, unes de les principals fonts d'incertesa de les projeccions de canvi climàtic global.

Per què estudiar a l'Antàrtida?

A diferència del que passa als continents, als oceans més allunyats dels mecanismes de formació dels aerosols, promotors dels núvols, són encara força desconeguts. Per això, na Dolors ens explica que estudien la formació d'aerosols en diversos punts, no només els de l'Antàrtida, també a d'altres mars del món.

I, per a estudiar els mecanismes i processos pels quals la vida marina regula la formació d'aerosols a l'oceà Austral, el més allunyat de les influències continentals, en Rafel Simó va presentar el programa

Pegaso. El pla era estudiar les regions al voltant del mar de Weddell (Antàrtida), de l'arxipèlag Geòrgia del Sud (subantàrtic), de les illes Òrcades del Sud (oceà Austral, a 604 km al NE de l'extrem de la península Antàrtica) i a prop de l'illa d'Anvers. En aquests punts s'havien de prendre mesures simultànies de l'oceà superficial, de l'aire i dels núvols (cosa que finalment no va poder ser, però sí que es van prendre mesures de petites gotes de boira). La informació obtinguda podrà ser comparada amb els resultats d'experiments obtinguts de mostres preses en altres indrets.

Expedició a l'Antàrtida

Una expedició a l'Antàrtida comença amb la presentació d'un projecte científic, per a fer una recerca determinada i obtenir finançament, ja sigui a nivell estatal (Mineco), autonòmic (Generalitat de Catalunya) o a la Unió Europea.

En la descripció del projecte es prepara amb precisió el pla de campanya, indicant els punts de recol·lecció de mostres, i se sol·licita utilitzar les instal·lacions d'un vaixell preparat per a la recerca marina. L'expedició serà sempre a l'estiu austral, quan hi ha menys banquisa de gel.

El vaixell espanyol que va a l'Antàrtida és el BIO-Hespérides (Buque de Investigación Oceanogràfico), de 80 metres d'eslora, que gestiona la Unitat de

Tecnologia Marina del CSIC (que també gestiona la base científica de l'Antàrtida Juan Carlos I i altres vaixells per a estudis oceanogràfics). De bases científiques espanyoles a l'Antàrtida, n'hi ha dues situades a les Shetland del Sud: la Juan Carlos I, a l'illa Livingston, i la Gabriel de Castilla, a illa Decepció, que és gestionada per l'exèrcit de terra.

La microbiòloga marina Josefina Castellví, també de l'Institut de Ciències del Mar, va ser la pionera en les bases antàrtiques espanyoles, i va fundar i dirigir la base Juan Carlos I, cosa que va permetre que Espanya signés el Tractat Antàrtic.

A la base, durant l'estiu antàrtic, hi viuen unes catorze persones; ara es vol equipar una estructura que pugui aixoplugar unes quaranta persones. Hi ha botànics que estudien líquens, molses; també geòlegs, que estudien la composició del continent, meteoròlegs, sismòlegs... Illa Decepció és un volcà en actiu, que fa no gaire va entrar en erupció. A la gelera de l'illa Livingston encara hi ha restes de les cendres emeses per Decepció.

Els científics (geòlegs, sismòlegs, meteoròlegs) que fan recerca a terra circulen en motos de neu. Els passatgers van lligats amb cingles, no fos cas que tinguessin la mala sort de caure en una escletxa de la gelera, tot i que els conductors són experts; amb les cingles, podrien ser rescatats.

L'itinerari

Habitualment, els científics embarquen a l'Hespérides quan el vaixell ja és a Ushuaia. I duen menjar i gasoil, no només per a l'expedició, sinó també per abastar les bases científiques espanyoles de l'Antàrtida, i, òbviament, els seus científics residents. Un cop tot és a punt, i quan la predicció meteorològica és bona, se salpa.

Després de navegar per les plàcides aigües del canal de Beagle, cal travessar l'estret de Drake, on s'ajunten les aigües de l'Atlàntic i del Pacífic. Als 55 graus sud (els *roaring fifties*) cal travessar el corrent Circumpolar Antàrtic, la característica dominant de l'oceà Antàrtic, que uneix tots els oceans. Tot plegat fa que el vaixell es bellugui molt.

La travessa, de navegació i abastiment de les bases, fins a començar la feina de mostreig, dura uns cinc dies. En retornar, també es farà la feina de suport, de manera que cal tenir en compte el mateix temps a l'hora de planificar l'expedició. En total, amb la feina científica, l'expedició dura una setmana menys del temps que s'està embarcat. La durada mitjana d'una expedició és entre un mes i un mes i mig.

Els criteris de selecció dels punts de recollida de mostres tenen en compte els objectius del projecte i també la proximitat i la llunyania del continent, entre

altres coses. Un cop arribats a les Shetland del Sud, on hi ha les bases espanyoles, van travessar l'estret de Bransfield, entre aquest arxipèlag i la península Antàrtica, per dirigir-se al mar de Weddell.

Però com era tapat pel glaç, van haver de dirigir-se cap a les Òrcades del Sud. També van haver d'abandonar la idea de mostrejar prop de les Geòrgia del Sud, ja que, com anaven en un vaixell militar i hi ha una disputa territorial entre Gran Bretanya i Argentina, es podria haver creat un problema diplomàtic. Per tant, el mostreig es va fer fora del límit permès de les 200 milles estipulades, considerades fora de la seva jurisdicció.

La recol·lecció de mostres

Les mostres d'aigua es prenen a determinades fondàries seleccionades. Per això es llança des de la coberta i fins a uns 200 metres de fondària el col·lector de mostres, una roseta carregada de 24 garrafes de 12 litres obertes pels dos extrems, que va enganxada a un cable que al seu torn va connectat a un ordinador.

Sota la roseta hi ha un sensor, el CTD, que, a mesura que baixa, va dibuixant a la pantalla el perfil de salinitat (C), el de temperatura (T) i la fondària (D). També hi ha un sensor extra, un fluoròmetre, que dóna la fluorescència de les partícules com a indici de

la quantitat de fitoplàncton que hi ha a la columna d'aigua.

Segons els perfils CDT i del fluoròmetre, decideixen les fondàries a què prendran les mostres. I, des de l'ordinador donen l'ordre de tancar dues o més garrafes; i, a vuit fondàries diferents, s'aniran tancant les altres. En el mateix punt de mostreig d'aigua, quan va ser possible, es van recollir gotetes de boira.

Quan la roseta és a bord de nou, cada científic pren una mostra de l'aigua recollida per al seu estudi. Hi ha qui estudia la composició química, l'abundància i diversitat fitoplanctònica, bacteriana i vírica.

Algunes mostres es processen a bord, altres seran fixades i congelades fins que l'Hespérides retorni a Cartagena i, d'aquí, les mostres arribin a l'ICM. En la travessa de l'Atlàntic, tant direcció sud com de retorn, es fan transsectes per prendre mostres de superfície i estudiar també la composició microbiològica.

Les mostres superficials es prenen amb una altra mena d'aparell: una placa de PVC. Quan el mar està en calma i observem la seva superfície com si fos oli, és perquè es produeix una capa d'un mil·límetre de gruix on es concentren per efectes físics substàncies químiques i microorganismes. Es pot dir que és la frontera d'interfase entre el mar i l'atmosfera. És el que s'anomena la microcapa. També és cert que, com

que és a la superfície, hi arriben més els raigs ultraviolats B, amb la qual cosa també hi ha més DNA destruït per les radiacions, i que pot fer el paper d'aerosol.

Viure a l'oceà

El gel marí, com que és salat, no glaça de la mateixa manera que l'aigua dolça (ho fa a més baixa temperatura). Quan arriba el fred (tardor-hivern) sobre el mar es formen unes llenties, que s'uneixen fins a formar un mar de gel. En el procés de cristal·lització, escup la sal de manera que es formen canals plens de vida, ja que atrapen bacteris i virus que viuen en el gel i que a l'estiu, en el desglaç, podran retornar al mar.

La Dolors ens proposa de fer un experiment a casa: congelar aigua de l'aixeta i aigua de mar. Un cop obtinguts els blocs, afegir-hi colorant alimentari (o de farmàcia innocu). L'aigua dolça serà impermeable al colorant, però l'aigua salada permetrà que el colorant entri per aquests canals.

Però, com viuen els éssers vius aquàtics en un mar a temperatura sota zero? Per exemple, els peixos antàrtics (que prenen la temperatura de l'exterior) tenen unes substàncies intracel·lulars que els fan d'anticongelant i impedeixen que l'aigua cristal·litzi. Quant a les algues que viuen dins dels canals de gel

marí, excreten exopolisacàrids que actuen també com anticongelants, per això poden viure dins els canals.

Altres estudis de la genètica bacteriana oceànica

Altres expedicions en què ha participat l'ICM per estudiar la diversitat genètica microbiana és la Campanya Malaspina i el projecte Tara Oceans. Aquests estudis permeten de comparar resultats a nivell global. Per exemple, ara, fa cinc anys, amb la Campanya Malaspina, es van prendre mostres de fins a 4.000 metres de fondària. El que es va veure és que els bacteris trigaven força a duplicar-se.

Si un bacteri que s'estudia en microbiologia clínica, com l'*Escherichia coli*, es divideix un cop cada 20 minuts, els que viuen en aquestes fondàries poden duplicar-se un cop per setmana. Com a comparació, la Dolors ens explica que un geòleg company li havia explicat que els bacteris que viuen a les pedres poden arribar a tenir un temps de duplicació de cent anys!

Un dels estudis més coneguts potser pel ressò mediàtic és el de la diversitat oceànica dirigit per Craig Venter, de l'empresa Celera Genomics, que vol obtenir patents dels gens identificats per si de cas és possible obtenir algun medicament o cosmètic d'explotar una seqüència de DNA marina. Hi ha, doncs, un gran debat sobre si aquests gens que tenen una aplicació a la indústria s'han o no de patentar.

El reflex del canvi global

Amb el canvi global, espècies d'aigües més fredes i que resisteixen menys els canvis de temperatura desapareixen i apareixen més espècies oportunistes, que prenen el nínxol ecològic. Aquest és un dels riscos. L'altre és el desglaç.

L'Àrtic s'escalfa molt més ràpidament que l'Antàrtida i també està més malmès pels humans. De fet, es tracta d'una imatge especular: l'Àrtic és un mar glaçat envoltat de terra, i l'Antàrtida és un continent glaçat envoltat per oceà. El gruix de glaç de l'Àrtic es va fonent; en els darrers cinc anys, la banquisa s'ha reduït a un terç. Sobre l'Antàrtida hi ha un gruix de gel que arriba als 3.000 m d'altitud.

Les prediccions sobre el canvi climàtic són molt dolentes. Els indicadors que fa vint anys s'esperava que fossin per al 2050, ara s'han corregit fins al 2030. Són dades especialment greus per l'Àrtic, que no està protegit per un tractat internacional. Se l'apropien els països que l'envolten: Canadà, Alaska (Estats Units), Rússia, Finlàndia, Suècia, Dinamarca i Noruega.

La vida a l'Hespérides

A l'Hespérides hi viatgen uns 30 científics, tots adscrits al mateix projecte, i entre 60 i 70 militars. Cal tenir en compte que l'Hespérides és un vaixell de l'Armada espanyola, de l'exèrcit; tot i que va ser

construït perquè fos un vaixell de recerca, amb laboratoris i material de suport, el gestiona el Ministeri de Defensa.

Els militars s'ocupen del vaixell, del combustible i de facilitar la mà d'obra per a dur a terme les tasques dures de coberta (manipulació d'aparells pesants, grues, zòdiacs...) que donen suport a la recerca. Si no fos així, seria inviable un projecte de recerca d'aquestes característiques, atès que només el manteniment del vaixell costa 15.000 euros diaris.

El règim que impera al vaixell és molt estricte, tant en els horaris com en les formes d'expressió i transmissió d'informació. Per conviure-hi ha calgut una aproximació entre dues formes de vida: la dels científics i la dels militars. Segons la Dolors, de la primera expedició, l'any 1994, fins a la darrera, durant les set expedicions que ha anat a l'Antàrtida i més de deu arreu dels oceans, la integració i la comprensió entre els dos grups ha millorat molt.

L'horari és de llevar-se aviat (entre les 6.30 i les 7 h), es va al laboratori on hi ha el comandament de la roseta i el CTD i, d'acord amb els militars, es llança la roseta a l'aigua per prendre les primeres mostres de dia; cosa que triga una hora, ja que ha de baixar fins a 200 metres i tornar a pujar prenent les mostres a diferents fondàries. Tots els científics surten preparats

amb els seus tubs i ampolles per a prendre les mostres.

Entremig, entre les 7.30 i les 8.30 h, s'esmorza, amb suc de taronja, no s'ha d'oblidar allò de l'escorbut. Després es processen les mostres, fins a mig matí, quan es tornen a prendre mostres per immersió de la roseta; i, embarcats amb la zòdiac, es prenen les mostres de la microcapa amb la placa de PVC. A mig matí, cap a les onze, es pren l'entrepà, que ajuda a resistir fins a les 13 h, quan és l'hora de dinar.

A la tarda el vaixell navega fins al següent punt de mostreig; mentrestant, al laboratori les mostres es filtren, es processen, es fixen, es congelen..., el que calgui en cada cas. A les 20 h se sopa, i després hi ha una trobada entre els científics per a valorar com ha estat el dia. El cap de campanya exposa el pla de l'endemà. Després es xerra, es canta, o es torna al laboratori si no s'ha acabat la feina... fins a l'hora d'anar a dormir.

Dins el vaixell no fa fred, està ben acomodat; fins i tot hi ha qui va en màniga curta en alguns llocs. Ara, en sortir, si s'ha de baixar amb la zòdiac per treballar o visitar alguna base cal posar-se el vestit de supervivència, especialment pensat per si algú cau a l'aigua. En condicions normals, una persona sobreviuria dos minuts a l'aigua de l'oceà Antàrtic, on la temperatura oscil·la entre els -1,8 ºC i els 2 ºC.

Amb el vestit, que s'infla i té una mena de boia per mantenir la flotabilitat i ser albirat, es pot suportar molt més temps. L'inconvenient és que els vestits, peücs inclosos, són tots de la mateixa mida, és a dir, grans. I pujar i baixar per les escales de gat del vaixell a la zòdiac es fa complicat.

La Dolors explica que la temperatura ambient no va baixar dels -5 ºC, i afegeix que a la península Antàrtica li diuen l'Antàrtida tropical. Pensa que cada temporada que hi va fa menys fred.

L'experiència

En total, des que es comença a pensar i, sobretot, des que es presenta el projecte i es comencen a buscar subvencions i no comença el viatge, passa un any i mig. Després del viatge, fins que els resultats i les conclusions es publiquen en una revista científica poden passar des d'un any més fins a sis anys, com en el cas de la Campanya Malaspina.

Les revistes més comunes són, a banda de *Nature* i *Science*, *International Symposium of Microbiology Journal* (ISME Journal) *Limnology and Oceanography*, *Polar Biology*, *Environmental Microbiology*, *Aquatic Microbial Ecology*...

Hi ha molts documentals, molts documents sobre l'Antàrtida; però, viure-ho, no té color. L'aire, l'olor d'amoníac de les pingüineres, el silenci d'un paisatge

en què no se senten les fulles dels arbres, ni el cric-cric dels insectes... no es pot explicar.

Es veuen ocells marins, pingüins, petrells, skuas, coloms; mamífers: orques, balenes, llops marins, foques... De vegades les balenes se'ls han trobat de cara i, delicadament, s'han submergit sota la seva zòdiac.

Dolors és biòloga, i el fet de treballar a l'ICM la va dur a estudiar biologia marina. I així va anar derivant fins a estudiar els virus marins. Recorda que va quedar fascinada quan veia les gràfiques que Marta Estrada podia fer amb les dades recollides de les mostres marines. Li va impressionar que els microorganismes i els elements químics es distribuïssin tan ordenadament en allò que, en principi, semblava només aigua.

Més informació

Seguiment de la campanya Pegaso. ICM Divulga
Entrevista a Dolors Vaqué (10/10/2011)
«Els records glaçats», sobre Josefina Castellví d'Albert Solé (*Sense ficció*, TV3)

Més cafès científics

Cafè científic: Com estudiem el clima del passat? Isaac Casanovas (24/09/2012)
II cafè científic: Viatge a l'Antàrtida. Joan Domènech Ros (18/02/2009)
Els primers habitants de la Terra. Carles Pedrós-Alió (21/03/2014)

Genética forense (14/12/2015)

Ayer, miércoles 9 de diciembre, en el Café Científico de la Casa Orlandai, hablamos de genética forense con Manuel Crespillo, científico del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (Departamento de Barcelona). No vino solo, su colega Juan Antonio Luque colaboró en la tertulia. Ambos son biólogos forenses, la diferencia con otros biólogos es que estudian restos genéticos bajo otro punto de vista.

¿Cómo trabajan los forenses?

El término *forense* deriva del latín *forum* (plaza, mercado, espacio público, plaza principal, como foro o fuero) y se refiere a los tribunales de justicia. Los estudios forenses, pues, están bajo el punto de vista judicial, ya que la medicina forense ayuda y da soporte a los tribunales de justicia.

Son varios los especialistas que participan en la medicina forense: psiquiatras, químicos, patólogos... y, biólogos. Los biólogos forenses estudian los restos biológicos de las pruebas encontradas en el lugar en que ha sucedido un acto criminal. Así, se trata de una ciencia aplicada que da soporte a la criminalística.

Hace poco, la serie de televisión *CSI* se puso muy de moda. Tanto que, en Estados Unidos, se llegaban a pagar 230.000 dólares por treinta segundos de publicidad. Este fenómeno desató un interés creciente

por la ciencia forense; por una parte incentivó vocaciones, pero a su vez, generó falsas expectativas sobre la utilidad y la eficiencia de la técnica. El diagnóstico forense no es tan inmediato ni certero.

Los responsables de realizar la inspección del lugar de los hechos (o de las personas) envían muestras a los biólogos forenses, quienes recuperan los restos biológicos que han quedado en el lugar de un crimen, o que estén relacionados con él, y buscan el material que pueda haber. Generalmente se trata de atribuciones de paternidad, agresiones sexuales, homicidios, robos, secuestros...

Por ejemplo, en el caso del secuestro de Maria Àngels Feliu, farmacéutica de Olot, el análisis del ADN recuperado de la saliva depositada en los sobres que los secuestradores enviaban a la familia para extorsionarlos, pudo ser empleado para incriminar a los sospechosos en el juicio.

El perfil genético

Estas asignaciones se pueden hacer a pesar de que el genoma de las personas es muy parecido. En un 1% coincide en todos los humanos: por esto todos tenemos dos brazos, dos piernas, dos orejas, dos ojos... y cada uno de ellos en el lugar que le corresponde. Nuestro desarrollo ha seguido las mismas instrucciones.

Pero también es cierto que todos somos «algo» distintos los unos de los otros: tenemos la nariz en su sitio, pero es individual, tenemos huellas dactilares personalizadas... Nos distinguimos los unos de los otros. Los genetistas saben en qué lugares de los cromosomas hay que encontrar las diferencias, qué lugares son más polimórficos entre las personas.

Así, que cada ser humano sea distinto de otro permite atribuir a uno y no a otro un determinado resto humano, especialmente un perfil genético. De modo que, antes de emitir el veredicto de un juicio, se puede tener un alto grado de certeza sobre quién fue la persona que dejó un resto en un determinado lugar, por estudiar el perfil genético de los implicados. Ahora bien, siempre se afianza con indicios de otras procedencias.

Casos de paternidad

El ADN forense desvela casos de paternidad u otros parentescos, la mayor parte relacionados con la reclamación de herencias de hijos o familiares no tenidos en cuenta. Habitualmente hijos de fuera del matrimonio o de segundos matrimonios, que quieren ser incluidos en la distribución del patrimonio. Son casi el 10% de los casos.

Uno de los primeros casos en que se buscó la paternidad, y fue mal adjudicada, es el de Chaplin. La

actriz Joan Berry le acusó de ser el padre de su hijo, él aseguró que hacía más de un año que no la veía, y las pruebas periciales dijeron que él no podía ser. Chaplin pertenecía al grupo 0, mientras que la madre pertenecía al grupo A y la hija al B. El padre, por tanto, debía aportar el grupo B, que Chaplin no tenía.

Sin embargo, y a pesar del testimonio de tres médicos, el tribunal le declaró culpable y le condenó a dar el nombre y pasar una manutención para la muchacha. Y la sociedad también le condenó; este caso no ayudó en el ambiente que llevó a la «caza de brujas» mccarthyana posterior, y se tuvo que exiliar de Estados Unidos.

Ahora no se hacen pruebas con grupos sanguíneos, sino con perfiles genéticos. Se han utilizado en casos de paternidad en que ha habido secuestros de bebés. Ayudan, por ejemplo, para encontrar a los hijos de desaparecidos en Argentina, acción promovida por las Abuelas de la plaza de Mayo.

En España, los perfiles genéticos han ayudado a atribuir paternidades en los casos de niños robados, quienes piden una base de datos para facilitar la tarea.

La escena de un crimen

En los casos de crímenes, los equipos que realizan el atestado del lugar han de tomar de forma muy

precisa las muestras. Y documentar los hallazgos: fotografiar el espécimen, describirlo y aislarlo bien, y seguir rigurosamente el camino hasta que llega al laboratorio de genética forense. Ahí también ha de seguir un protocolo de recepción y de custodia riguroso.

La custodia de las muestras es muy importante, por diversas razones. Uno de los problemas más frecuentes en los estudios de ADN forense es su contaminación. Una muestra puede contaminarse desde el momento en que es depositada, en el trayecto al laboratorio y en el laboratorio mismo. Una de las precauciones de todos los laboratorios es que hay que realizar el perfil genético de todas las personas que han participado en la trayectoria de la muestra, de manera que queden acotados los perfiles.

En el elenco se incluyen las personas que han participado incluso en la fabricación y distribución del material de laboratorio. Pues hubo un caso en que la policía europea tuvo problemas de atribución. Le llamaron el caso del fantasma de Heilbronn. Empezó con el hallazgo de un ADN femenino, en el coche en que fue hallado el cadáver de una oficial de policía en Heilbronn (Alemania). También se encontró el mismo perfil en los escenarios de otros cuarenta crímenes.

Se resolvió el embrollo cuando se atribuyó el perfil del ADN a una empleada de la empresa suministradora de

material a los laboratorios forenses. Concretamente, se habían contaminado los tubos Eppendorf para tomar muestras. Es muy fácil contaminar las muestras, con muy poco material se pueden alterar.

Esto sucede porque en el estudio de las muestras genéticas, el ADN encontrado se somete a técnicas de multiplicación (de PCR); digamos que se «fotocopia» para poderlo estudiar con mayor facilidad. De manera que, con poca muestra, puede amplificarse el acierto o el error.

Otra razón para que las muestras deban estar bien custodiadas es por garantizar que no suceda como en el Caso Simpson. El jugador de fútbol americano acusado de asesinar a su exesposa y a un amigo arguyó que la policía le acusaba por ser negro. En un momento dado, para neutralizar las pruebas de ADN que le inculpaban, su abogado defensor preguntó a los forenses qué cantidad de muestra habían obtenido del cadáver de la mujer.

Como la suma de las cantidades entregadas a los diferentes laboratorios para el estudio de los diferentes marcadores era algo menor que la cantidad de la muestra obtenida, el abogado consiguió inculcar la duda de que la prueba más inculpatoria, un calcetín de Simpson, había sido manchada por la policía con una gota de sangre de la exesposa de Simpson para inculparle a él, y la prueba fue rechazada.

Estudios que exculpan presos

En otros casos, la interpretación de las muestras permite exonerar a inocentes. El primer caso de condena basada en el estudio del ADN fue el caso Pitchfork, en 1988. Sirvió para inculpar al culpable y exonerar a un inocente previamente acusado. De no haber sido por las muestras tomadas en cavidades de las víctimas, probablemente los dos asesinatos hubieran sido atribuidos a una persona inocente.

El Proyecto Inocencia es una organización que se dedica a liberar personas que han sido condenadas de forma errónea. The Innocence Project empezó en el Reino Unido y, hasta la fecha, ha exonerado a trescientas treinta y tres personas, por la intervención de abogados y otros profesionales que trabajan para esta entidad sin ánimo de lucro.

Identificación de víctimas de grandes catástrofes o desaparecidos

El perfil genético puede permitir atribuir el grupo étnico al que pertenece el portador. A veces ha servido para cerrar casos. Por ejemplo, en el avión del vuelo 27 de American Airlines que se estrelló en el Pentágono el once de septiembre de 2001, se consiguió identificar a todas las víctimas excepto a cinco, que contenían marcadores frecuentes en grupos étnicos del Próximo Oriente. Fueron

consideradas como pertenecientes a los secuestradores. Y se cerró la investigación genética forense.

Ahora bien, con la identificación de las víctimas del derrumbe de las Torres Gemelas hubo muchos más problemas. Un 40% de los restos de las víctimas quedó por identificar. Para explicarlo hay que considerar que el ataque tuvo lugar a primera hora de la mañana, que muchas de las víctimas eran las personas que limpiaban las oficinas y que podían estar en situación ilegal, de modo que nadie se atrevió a reclamar los cuerpos.

Tampoco se reclaman muchas de las víctimas del Mediterráneo; especialmente duro en esta época de crisis humanitaria. Además de las situaciones de «alegalidad», en muchos casos existe la de la incomunicación: muchas familias desconocen el lugar exacto en que se halla la persona.

Casos históricos

Gracias a la recuperación de la memoria histórica, por el ADN se atribuye la identidad de restos encontrados en supuestas fosas de la última guerra española.

En estos casos se busca el testimonio de los vecinos, y se recurre a documentos históricos y a la antropología. Los estudios, además, se hacen muchas veces con ADN mitocondrial, porque es más

resistente, aunque obligue a buscar similitudes por la estirpe femenina de los desaparecidos.

El ADN forense también sirvió para atribuir los restos de la familia Romanov, la familia del último zar de Rusia, asesinada por los soviets, junto a cuatro sirvientes. Terminaron las dudas sobre la veracidad de las personas que se autoproclamaban descendientes de los zares.

También se está intentando resolver el caso de Cervantes por genética forense. Sí está aceptado por los especialistas que seguramente está enterrado en la iglesia de las Trinitarias. Y parece demostrarse que es suyo alguno de los restos encontrados, concretamente el brazo de un mutilado en la mano izquierda, cosa que coincidiría con el manco de Lepanto. Se intentará comparar con los restos de su hermana o de alguno que parece pertenecer a su descendencia, aunque parece difícil. (Ver *Informe semanal* del 21 de marzo de 2015.)

ADN no humano

La técnica forense también actúa en casos en que hay envueltos animales, por ejemplo en casos en que el animal es la víctima. Pongamos por ejemplo el caso de un perro que ladra y un vecino harto lo liquida y lo entierra. Si se encuentran los restos del animal enterrado y se pueden cotejar con pelos, por ejemplo,

que hayan quedado en la casa, se puede colaborar a adjudicar la culpabilidad.

En otros casos, los animales son los agresores, o pueden ser vehículos que lleven a la culpabilidad. Por ejemplo, que se encuentren los pelos de la mascota de un sospechoso hallados en el lugar de un crimen, cuando el dueño aseguraba estar paseando al animal por otro lugar.

En otros casos, un animal puede ser un vehículo involuntario y jugar un papel atribuyendo una culpabilidad cuando no es así. Una vez, en el laboratorio de Barcelona volaba un mosquito. Al aplastarlo entre las manos, en las palmas de la persona que lo había hecho quedaron restos de la sangre que había chupado el mosquito. Secuenciaron el ADN y vieron que pertenecía a uno de ellos.

Dio que pensar. Si en la pared del escenario del crimen se encuentra sangre de una persona, y que corresponda al aplastamiento de un mosquito, ¿quién puede asegurar que no se trata de un vecino inocente que además de ser víctima de la picadura de un mosquito puede ser víctima de un caso de falso positivo? Para evitar situaciones de este estilo, el ADN es un indicio, una prueba; en los juicios hay muchas más.

Las bases de datos

Las bases de datos de ADN para usos forenses permiten resolver hechos delictivos que han quedado sin resolver, exonerar casos de inocentes que habían sido condenados de forma incorrecta. Permite también ayudar a identificar personas en acciones humanitarias.

Estas bases se comparten entre distintos países europeos y occidentales, básicamente. Los casos en que se ha estudiado ADN forense, una vez condenados, se incluyen a la base. También se incluyen los perfiles de víctimas sin identificar que no han sido resueltos, pueden permitir encontrar desaparecidos. Y se incluyen casos en que han quedado encallados por falta de indicios. Comparar muestras de distintos lugares ha permitido resolver casos.

En fecha junio de 2015, en la base de datos mundial hay más de sesenta millones de perfiles de cincuenta países. El acceso en España, tanto para introducir como para leer datos, lo tienen los cuerpos de policía autonómica (Euskadi, Navarra, Cataluña), la Guardia Civil, los ministerios de Interior y de Justicia, y la Interpol. Obviamente, el acceso es limitado.

Hacia dónde vamos

Las últimas técnicas permiten, a partir del perfil del ADN, la reconstrucción 3D de retratos robot. Quizá esta sea una forma de solucionar crímenes que ha de utilizarse en el futuro. Otra aplicación podría ser la que ha intentado aplicar la policía en Hong Kong: para encontrar a los que ensucian la ciudad echando colillas, chicles o escupitajos en el suelo. Quizá también el futuro nos lleva al ambiente que propone la película *Gattaca*.

Manuel, ayudado por Juan Antonio, nos ha explicado muy claramente cuál es su profesión. Utiliza ejemplos muy claros, simples, directos. Cuando se lo comentamos, responde que está acostumbrado a aclarar el lenguaje pericial de un genetista a jueces, fiscales, peritos o jurados, personas que habitualmente no saben genética, y a partir de lo que comprendan del informe pericial van a declarar culpable o inocente a una persona. La responsabilidad es mucha. Se diría que les gusta su trabajo.

Y ¿cómo te dedicaste a la genética forense, Manuel?

Soy de Granada y vine a Barcelona a estudiar Biología. En un curso de bioingeniería conocí a mi mujer, así que me puse a buscar trabajo para quedarme aquí. En 1992 entré en el Departamento de

Barcelona del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Así que no elegí dedicarme a la genética forense. Pero ahora, lo elegiría.

Juan Antonio asiente.

Más información

Manuel Crespillo: Genética forense (09/12/2015)
Crespillo-Márquez, M., *et al*. (2015). «La identificación genética como herramienta en la investigación de adopciones irregulares y sustracción de recién nacidos en España: Experiencia del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (Departamento de Barcelona)». *Rev Esp Med Legal*
<http://dx.doi.org/10.1016/j.reml.2015.06.001>
<www.elsevier.es/mlegal>
Cuadernos de Medicina Forense
Claes *et al.* (2014). «Modelling 3D facial shape from DNA». *Plos Genetics*
Goff, M. Lee (2004). *El testimonio de las moscas. Cómo los insectos ayudan a resolver crímenes*
Follett, Ken (1996). *El tercer gemelo*

Índex terminològic

accelerador, 69, 71, 72, 74
àcid làctic, 22
Administracio d'Aliments i Medicaments (FDA), 67
aerosol, 78, 79, 85
agent climàtic, 79
Aguilar-Amat, Anna, 26
Aguilar-Amat, Joan Baptista, 26
Ajuntament de Barcelona, 58
Alaska, 87
Alemanya, 68
alga unicel·lular, 77, 79
Amazon, 54
ameba, 21
amoníac, 90
Amsterdam, 46
Anglaterra, 58
anisakis, 23
Anopheles, 22
Antàrtic, Tractat, 81
Antàrtida, 62, 77, 79, 80, 82, 87, 88, 90, 91
antibiòtic, 13, 49
anticongelant, 85
anticòs, 16
Anvers, illa d', 80
Aquatic Microbial Ecology, 90
archives.org, 57
Argentina, 83, 95
Arkansas, 40
arpanet, 56
Arquimedes, 48
Àrtic, 87
arxipèlag, 83
Assange, Julian, 55
Atlàntic, oceà, 84
atmosfera, 70, 79, 84
atòmica, escala, 69
Austràlia, 56
autisme, 18
bacteri, 12, 13, 14, 23, 34, 49, 50, 77, 78, 79, 85, 86
bacteriòfag, 12, 13, 78
banquisa de gel, 80
Barcelona, 11, 19, 22, 27, 35, 41, 46, 51
Barcelona Supercomputing Center (BSC), 61, 63
Beagle, canal de, 82
Beato, Miguel, 31
Berry, Joan, 95
Biblioteca del Congrés dels Estats Units, 54
«Big Bang Data», 53
Big data. La revolución de los datos masivos, Viktor Mayer-Schönberger Kenneth Cukier, 53
biocientífic, 75
biodiversitat, 28, 29
biohacker, 34, 35, 45, 46, 47, 49, 51
biohackers, 45
BIO-Hespérides, 80, 82, 84, 87
bioinformàtica, 68
bioingeniería, 104
biolèg forense, 92, 93
biologia, 19, 34, 46, 47, 64, 68
biologia col·laborativa, 34
biologia de sistemes, 64
biologia marina, 91
biomassa, 78
biotecnologia, 46
boira, 80, 84
botànica, 81
Bradley, sergent, 55
Buen, Odón de, 26
buit, 73

camp elèctric, 72
camp electromagnètic, 71

camp magnètic, 39, 72
Canadà, 63, 87
càncer, 12, 15, 49, 65
canvi climàtic, 24, 78, 79, 87
capa d'ozó, 70
carboni bacterià, 77
càrrega elèctrica, 71
Cartagena, 84
Casa Orlandai, 34, 36, 45, 52, 77, 92
Castell dels Tres Dragons, 25
Castellví, Josefina, 81, 91
catàleg d'artròpodes, 27
catalitzador, 75
Catalunya, 25, 26
CatRàdio, 52
cèl·lula, 11, 14, 15, 65, 66
Celera Genomics, 86
Cerdá Olmedo, Enrique, 19
Cerdanyola, 52, 62, 69, 72
Cervantes, Miguel de, 100
cervell, 71
Chaplin, Charles, 95
Chinaleaks, 55
ciberpolicia, 56
ciclotró, 72
ciència-ficció, 37, 38
Cimera de la Terra, 28
citomegalovirus, 17
Ciutadella, parc de la 25
CO_2, 22, 77, 78
còclea artificial, 39
colorant alimentari, 85
Comissió Internacional de Nomenclatura Biològica, 29
composició microbiològica, 84
composició química, 84
computació, 74
Conde, Núria, 45
coneixement clàssic anatòmic, 31
control comercial, 53
Corrent Circumpolar Antàrtic, 82
creixement bacterià, 77
Crespillo, Manuel, 62, 92, 104
cromosoma, 94
CSIC, 62, 77, 81
CTD, 83, 88
cúmul, 37, 39
Curie, Marie i Piere, 48
curvatura del temps i de l'espai, 39

dades massives, 53
Darwin core, 28
Darwin, Austràlia, 28
darwinisme, 27
Decepció, illa de, 81
Deep web, 55
Delta de l'Ebre, 22
democràcia, 58
Departament de Ciències Experimentals i de la Salut, 11
Departament de Física, 34, 36
Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries, 9, 21
desglaç, 85, 87
diagnòstic, 61, 63, 65
diagnóstico forense, 93
Díez, Juana, 9, 11
Dinamarca, 87
diversitat fitoplanctònica, 84
diversitat genètica microbiana, 86
diversitat oceànica, 86
DNA, 14, 32, 50, 85, 86, 104
DNA polimerasa, 14
Do It Yourself Biology (DIYbio), 34, 46, 48
Drake, estret de, 82
Dublin core, 28

Ebola, 17, 18
economia, 50, 54, 76
ectoparàsit, 21, 23
edat mitjana, 23

eina bioinformàtica, 61, 63
Einstein, Albert, 41
eleccions europees, 55
electricitat, 40, 41
electró, 40, 41, 72, 73
electromagnètic, espectre, 70
electromagnètica, inducció, 40
en.red.ando (revista), 52
endoparàsit, 21
Environmental Microbiology, 90
epigenètica, 31
epiteli pulmonar, 15
erupció, 81
Escherichia coli, 86
escorbut, 89
espai, 15, 39
Espai, 70
Español i Coll, Francesc, 27
Espanya, 52, 58, 81
espècie, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 32
espectre solar, 41, 42
espectre visible, 41, 42, 70
espionatge governamental, 53
espiroqueta, 13
ésser autòtrof, 78
Estats Units, 11, 19, 46, 55, 58, 72, 87, 92, 95
estiu antàrtic, 81
estiu austral, 80
Estrada, Marta, 91
estrella massiva, 39
estructura atòmica, 69
Euskadi, 103
evolució bacteriana, 31
exopolisacàrids, 85
expedició, 62, 78, 80, 82, 86, 88

Facebook, 54
Facultat de Farmàcia, 9, 21
Falciani, cas, 55
fantasma de Heilbronn, caso del, 96
Faraday, Michael, 40
fàrmac, 75
farmàcia, 24
fauna mediterrània, 25
feix de partícules, 72
feix d'electrons, 71
fenotip, 65, 67
Fernández Hermana, Luis Ángel, 52, 56
filogènia, 31
Finlàndia, 87
fitoplàncton, 77, 78, 84
fluoròmetre, 83, 84
fondària, 83, 86
forum, 92
fotó, 40, 41
fotosíntesi, 78
frontera d'interfase, 84

Gabriel de Castilla, illa de, 81
galàxia, 37, 39
Gallardo, Òscar, 45
gangli, 12
gangli limfàtic, 12
Gattaca (película), 103
gel marí, 85
gelera, 81
gen, 65
genebank, 32
Generalitat de Catalunya, 24, 72, 80
genètic, material, 11, 13, 14, 17
genètica, 19, 31, 62, 66
genética forense, 92, 96, 99, 100, 104
genoma, 12, 32, 64, 65, 66, 67, 93
genòmic, mecanisme, 61, 63
genòmica computacional, 61, 63
genotip, 65, 66
geografia mèdica, 24
Geòrgia del Sud, 80, 83

Germanetes, espai, 51
Global Biodiversity Facility, 28
Gómez, Maria Soledad, 9, 21
Google, 54
Grajales, Daniel, 34, 45, 51
Gran Bretanya, 83
Granada, 104
Grantecan, 70
Grimm, germans, 38
grip, 13
Grup de Superconductivitat, 36
Guarner, Francisco, 31
guerra civil, 27
guerra freda, 56

hacker, 45
Harry Potter, 38
Heilbronn, 97
hepatitis, 12, 13, 14
herència del comportament, 68
herpes, 12
HIV, 12, 15
Hong Kong, 103
Hospital de la Vall d'Hebron, 21

ICREA, 36, 61, 63
imant, 39, 40
immunodepresió, 17
Imperial College, 39
Indiegogo, 50
indústria farmacèutica, 49
infecció vírica, 13
Institució Catalana d'Història Natural, 26
Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia, 34, 45
Institut de Ciències del Mar (CSIC), 62, 77, 81, 84, 86, 91
Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), 61, 70, 69
Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, 62, 92, 104
International Symposium of Microbiology Journal (ISME Journal), 90
internet, 35, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 60
invisibilitat, 34, 36, 37, 38
irrigació limfàtica, 12
Ivanov Bogdanov, Rosen, 45

Jansà, Álvaro, 45
Jordània, 76
Juan Carlos I, base científica, 81
justícia, 61

kernel linux, 46
Kickstarter, 50
krill, 77

La Palma, 70
La Vanguardia, 52
laboratori microbiològic, 48
Landrain, Thomas, 51
lent gravitatòria, 39
Lewinsky, cas, 59
Limnology and Oceanography, 90
Linux, 48
líquen, 81
Livingstone, illa de, 81
lluç, 23
llum, 37, 38, 39, 41, 61, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 77
Londres, 39
longitud, 70
longitud d'ona, 70, 71
Lophius piscatorius, 23
Los Angeles, 41
Luque, Juan Antonio, 92
Luxleaks, 55

Madrid, 17, 19
Màgic, telescopi, 70

magnetisme, 41
maire, 23
malaltia, 9, 11, 12, 13, 16, 18
malaltia bacteriana, 13
malaltia de la son, 22
malaltia genètica, 67
malaltia parasitària, 21
malaltia tropical, 24
malaltia vírica, 12, 13, 18
malalties parasitàries, 9
malària, 21, 22
Malaspina, Campanya, 86, 90
Manning, Chelsea, 55
marcapassos cardíac, 39
màrqueting, 54
Massachusetts Institute of Technology, 46
matèria, 61, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 77
matèria orgànica, 77
Matheu, Eloïsa, 32
Maxwell, James Clerk, 41
May, Robert, 28
Mayer-Schönberger, Viktor, 60
memòria digital, 57
Merluccius merluccius, 23
microalga, 78
microbiologia clínica, 86
microcapa, 84, 89
Micromesistius poutassou, 23
micromètrica, escala, 71
microona, 42
microorganisme, 78, 84, 91
micropartícula sòlida de sofre, 79
microscopi electrònic, 71
microscopi òptics, 71
Mineco, 80
Ministeri de Defensa, 88
molècula, 64, 79
molecular, mecanisme, 61
molsa, 81
Morozov, Evgeni, 54
mosca tse-tse, 22
mosquit anòfeles, 22
mosquiter comú, 32
mosquiter ibèric, 32
Museu de Ciències Naturals de Barcelona, 10, 25, 26, 27, 32
Museu d'Història Natural de Barcelona, 25
mutació, 41, 65

nanomètrica, escala, 72
Napster, 56
Nature, 11, 90
Navarra, 103
Newton, lleis de, 41
nínxol ecològic, 87
nitrogen líquid, 30
Noruega, 87
nucleòtid, 14
nucli de condensació, 79
Número Internacional Normalitzat de Publicacions Seriades (ISSN), 29
nutrient, 77
núvol, 78, 79, 80

oblit de dades, 53
oceà, 79, 82, 88
Olot, 93
ona de ràdio, 42
ona electromagnètica, 37, 39, 42
ona infraroja, 42
ona lumínica, 39
ona ultravioleta, 41
Onchorrynchus, 23
ONU, 69
open data, 35, 52
òrbita, 42
Òrcada del Sud, 80, 83
ordinador central, 56
organisme pluricel·lular, 21
organisme unicel·lular, 21
Organització de les Nacions Unides per l'Alimentacio i l'Agricultura (FAO), 22

Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN), 76

paludisme, 22
pàncrees, 65
pandèmia, 16
paparra, 23
paràsit, 9, 12, 21, 22, 23, 24
parasitisme, 21
París, 46
partícula subatòmica, 37, 71
partit X, 55
Pascual, Ramon, 61, 69, 76
patogen, 12, 16
patogènia, 16
patrimoni, 26, 27
Pediculus humanus capitis, 23
Pedralbes, 75
peer to peer (p2p), 56
Peiró, Karma, 35, 52, 60
peix antàrtic, 85
Pendry, John, 39
penicil·lina, 13
pensament evolucionista, 26
perfil CDT, 84
perfil de salinitat, 83
Phylloscopus collybita, 32
Phylloscopus ibericus, 32
Pitchfork, caso, 98
placa de PVC, 84, 89
placenta, 12
Planck, Max, 41
plàncton microbià marí, 78
planeta, 28, 62, 78
plasmidi, 13
plasmodi, 21, 22
Plasmodium, 22
Polar Biology, 90
pòlio, 18
poll, 21, 23
porc, 16
premis Nobel, 75
premis Pulitzer, 60
primera guerra mundial, 16
primoinfecció, 12
procés de cristal·lització, 85
producte reciclat, 49
programa Pegaso, 80
projecte SETI, 48
projecte Tara Oceans, 86
projecte Tor, 56
propietats òptica, 79
ProPublica, 60
proteïna, 12, 14, 64, 65, 75
proteïna codificada, 66
puça, 23
pyrex, 38

quimioteràpia, 66

radiació, 42, 70, 71, 85
radioteràpia, 66, 71
raig gamma, 70
raig ultraviolat B, 85
rajos X, 40
rap, 23
referència topogràfica, 67
refracció, índex de, 38
refredat, 13, 15
remineralització, 77
ressonància magnètica nuclear, 71
ressonància magnètica nuclear, 40
retrovirus, 14
rinovirus, 13
Rio de Janeiro, 28
RNA, 14
roaring fifties, 82
Romanov, familia, 100
Roque de los Muchachos (observatori), 70
roseta, 83, 84, 88, 89
Rússia, 87
Rwanda, 58

salmó, 23
Salmo, 23
Sánchez, Àlvar, 34, 36
Sanger, Frederick, 66

Science, 39, 90
Scomber scombrus, 23
scraping, 59
segle XX, 41
segona guerra mundial, 76
Sense ficció (TV3), 53
seqüència genètica, 30
seqüenciació, 65, 66
Servicom, 52
Shetland del Sud, 83
sífilis, 13
Simó, Rafel, 79
Simpson, Caso, 97
sincrotró, 62, 69, 72, 75, 76
sistema biològic, 64
sistema cardiovascular, 71
sistema immunitari, 16, 65
Snowden, Edward, 55
sobirania científica, 49, 51
Sociedad Española de Metales Preciosos, 47
software, 56
sol, 65
Solé, Ricard, 45
Staphylococcus aureus, 13
substància intracel·lular, 85
Suècia, 87
Sulleiro, Elena, 21
supercomputació, 61, 63
Superconductivitat, 34
Swissleaks, 55

tabac, 65
tecnologia arduino, 50
tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), 35, 52
teixit muscular, 30
telescopi, 70
temperatura, 42, 83, 85, 87, 89, 90
tènia, 21, 22
teoria atòmica, 41
teoria de l'evolució, 31
teoria especial de la relativitat, 41
teoria general de la gravetat, 41
teoria quàntica, 41
teràpia, 13, 65
teràpia antibiòtica, 13
teràpia gènica, 65
Tercer Món, 49
termodinàmica, 41
Terra, 28, 42, 70, 91
Terradas, Jaume, 31
The Guardian, 55
The Innocence Project, 98
The onion router, 56
The Washington Post, 55
Thunnus thynnus, 23
tonyina, 23
Torrents, David, 61, 63, 68
Torres Gemelas, 99
Torvalds, Linus, 46
toxoplasmosi, 23
tracte digestiu, 21, 30
tràfic il·legal, 56
transparència, llei de, 58
Treponema pallidum, 13
Trinitarias, iglesia de las, 100
tripanosoma, 22
triquina, 23
tumor, 15
TV3, 52, 53, 91
Twitter, 54

Unió Europea (UE), 58, 80
Unitat de Tecnologia Marina, 81
Univeristat d'Oxford, 28
univers, 36, 43, 70
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 34, 36, 69, 73
Universitat de Barcelona (UB), 21, 26, 68
Universitat de Sevilla, 19
Universitat der Barcelona (UB), 9
Universitat Pompeu Fabra (UPF) , 9, 11, 19

Uribe, Francesc, 10, 25
Ushuaia, 82

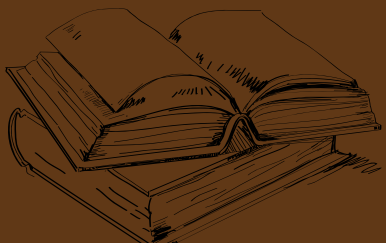
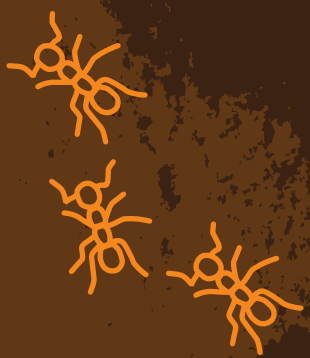
vacuna, 18
Valero, Mateo, 63
vandalisme, 26
Vaqué, Dolors, 62, 77, 91
variabilitat intraespecífica, 32
Venter, Craig, 86
verat, 23
via hemàtica, 15
via respiratòria, 17
vida marina, 79
Viquipèdia, 48
vírica, lisi, 79
virus, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 75, 77, 78, 85
virus de la sida (HIV), 17
virus marí, 78, 91
visibilitat, 37
volcà, 81

web, 55, 57
Weddell, mar de, 80, 83
Welles, Herbert George, 37
Wikileaks, 35, 52, 55

xarxa informàtica, 51, 52, 53, 56, 57, 59
ximpanzé, 68
Xina, 49

Yersinia pestis, 23
YouTube, 54

zoologia, 27
zooplàncton, 77

«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 desconeixíem 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.