

# Els cafès científics a la Casa Orlandai

**11/2019**



Cristina Junyent



El recull està dedicat als vells i als nous amics dels cafès.

Textos i redacció editorial: Cristina Junyent  
<[www.cristinajunyent.net](http://www.cristinajunyent.net)>

Auxiliar editorial: Eugènia Cortés Junyent

Coberta: Gerard Sardà <[www.gerardsarda.com](http://www.gerardsarda.com)>

Serveis editorials: Be-Libris <[www.be-libris.com](http://www.be-libris.com)>

Distribuït per Ciència en Societat, Fundació Privada



Primera edició: 2020

© copyright. Tots els drets reservats

ISBN: 978-84-947834-8-7

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: Un món canviant.....	5
Canvis a la Terra .....	9
Les plaques tectòniques .....	10
Tectònica de plaques. ....	10
L'origen de la tectònica de plaques .....	12
La tectònica de plaques a Ibèria .....	15
Canvis en els peixos .....	18
Peixos abissals.....	20
Peixos pulmonats .....	21
La salinitat de l'aigua .....	21
La temperatura de l'aigua .....	22
Peixos pelàgics .....	22
Peixos d'aigües tèrboles .....	23
Peixos de fons .....	24
Peixos teleostis .....	24
Peixos condricis .....	25
Les capacitats cognitives dels peixos .....	25
El canvi global en els peixos .....	27
Els canvis en l'atmosfera .....	29
La isla de calor.....	29
¿Cómo se determina la isla de calor? .....	30
¿Qué provoca la isla de calor en las ciudades? .....	31
¿Cómo se valora el gradiente de la isla de calor?....	32
Efectos sobre la salud .....	32
¿Cómo mitigar?.....	34
Sobre el cambio climático.....	35
Canvis en la recerca .....	38
Les cèl·lules pluripotents .....	40
Obtenir miniteixits.....	41
L'estructura .....	42
Una nova forma d'experimentació .....	43
Investigadora sènior.....	44
Primavera: Poblacions ocultes .....	45
Les altres abelles.....	46
Le feina de les abelles solitàries .....	48
El desenvolupament de les abelles .....	49
Com es determina el sexe d'una abella .....	50
La pol·linització .....	50
Espècies semblants .....	51
El ball de les abelles .....	52

Humans ocults .....	53
Com eren els nostres avantpassats? .....	54
Els neandertals .....	55
Els dennisovans .....	57
Poblacions desconegudes asiàtiques .....	58
Poblacions desconegudes africanes.....	58
Com es detecten poblacions ocultes en el genoma? .....	59
Altres dubtes que sorgeixen .....	59
<b>Tardor: Any Internacional de la Taula Periòdica ....</b>	<b>60</b>
Sobre la història del descobriment de l'oxigeni altres punts clau de la revolució química del segle XVIII .....	63
El concepte d'element.....	64
L'experiment .....	66
La idea d'element.....	67
Quin va ser el paper de Priestley i Scheele?.....	68
Dels elements a la taula periòdica .....	69
El nitrogen: element imprescindible per als éssers vius .....	71
El nitrogen a les plantes.....	71
Com obtenen el nitrogen les plantes? .....	73
Quins efectes tindrà la pèrdua de nitrogen disponible per les plantes? .....	75
Com heu arribat fins aquí? .....	77
El carboni: de l'origen de la vida a la nanociència .....	79
Compostos naturals formats per carboni .....	80
Compostos nanomètrics de carboni .....	80
La nanotecnologia del carboni en medicina.....	83
Gerard, com vas acabar estudiant nanotubs en teràpia oncològica?.....	84
Material de construcció: el formigó (11/12/2019).....	86
La composició .....	87
La resistència .....	88
La història .....	89
Construcciones de hormigón.....	90
Antonio, ¿cómo te dedicaste a estudiar el hormigón? .....	92
<b>índex terminològic .....</b>	<b>93</b>

Encara em sorprenec quan penso en la constància dels cafès. L'he d'agrair a l'Associació Cultural Casa Orlandai, que em té la suficient confiança per apostar per ells; als amics dels cafès, que venen mensual i puntualment a les tertúlies, i a la generositat dels ponents, que sempre tenen coses a dir.

Una vegada em van preguntar si no se m'acabarien els continguts. La resposta és, òbviament, no. Vivim en un moment crucial de canvi de coneixement científic i tècnic. I és un luxe que ens ha donat la vida poder-lo viure.

Així que tenim l'oportunitat, mes rere mes, d'escollar un científic que parla del que sap –la informació que aporten sobre la seva recerca és tan innovadora que m'hi jugaria qualsevol cosa que els reculls dels primers anys encara són vigents.

I estic convençuda que també és una oportunitat poder recollir any rere any les cròniques dels cafès. Així que només puc dir: «Llarga vida als cafès científics a la Casa Orlandai!».

Cristina Junyent



## **Hivern: Un món canviant**

El món està canviant, i molt ràpidament. No només la vida i la geologia, aparentment immutable, van canviant en el temps, sinó que la intervenció dels humans en el planeta n'ha accentuat els canvis. Per no parlar dels canvis, com es poden imaginar, deguts a l'avenç de les tècniques en recerca. Aquest llarg hivern arribarà fins a la primavera, però serà només per un any.

**Dimecres 16 de gener:** *Canvis en la Terra*. Montserrat Torné, ICTJA-CSIC i RACAB. Desxifrar els processos profunds i superficials que tenen lloc en la Terra és cabdal per comprendre l'evolució del planeta. Les plaques tectòniques interaccionen unes amb les altres i donen lloc a la formació de grans cadenes muntanyoses i oceans. De les plaques tectòniques, quines ens afecten a la península Ibèrica? I, com? I, per què?

**Dimecres 20 febrer:** *Canvis en els peixos*. Lluís Tort, Departament de Biologia Cel·lular, de Fisiologia i d'Immunologia, UAB. Classifiquem els peixos en un grup homogeni, però en realitat formen grups molt diferents, que poden viure a indrets insospitats i amb estils de vida ben diversos. Tot i això, els nous canvis també els provoquen altres modificacions. Quins han estat els canvis trobats més



recentment entre els peixos? Com evoluciona el medi aquàtic i els organismes que hi viuen?

**Dimecres 20 de març:** *Canvis en l'atmosfera.* Javier Martín-Vide, Institut de Recerca de l'Aigua (UB) i RACAB  
En els darrers trenta anys, l'atmosfera terrestre ha patit canvis en la composició química que s'han vist reflectits en la manifestació tèrmica de precipitacions; és a dir, en el clima. El canvi climàtic es pot considerar un nou risc, què podem fer per a mitigar-ne els efectes?

**Dimecres 10 d'abril:** *Canvis en la recerca,* Núria Montserrat, Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC). El treball conjunt d'enginyers i biòlegs moleculars ha permès de pensar en el modelatge de malalties. La regeneració d'òrgans mitjançant cèl·lules mare fa pensar en la bioimpressió d'òrgans en 3D i a fabricar laboratoris en un xip.

## **Canvis a la Terra (16/01/2019)**

Al cafè científic d'ahir, dimecres 16 de gener, va venir Montserrat Torné, investigadora de l'ICTJA-CSIC i acadèmica de la RACAB, per explicar-nos alguns canvis que hi ha hagut a la Terra.

Desxifrar els processos profunds i superficials que tenen lloc al planeta es cabdal per comprendre la seva (i la nostra) evolució. Quan les plaques tectòniques interaccionen unes amb les altres donen lloc a la formació de grans cadenes muntanyoses i oceans. De les plaques tectòniques, quines ens afecten a la península Ibèrica? I, com? I, per què?

Montserrat és investigadora i ha participat en la gestió de política científica, tant al ministeri –amb Mercedes Cabrera i Cristina Garmendia– com a ICREA. Quant a la seva tasca investigadora, ens explica que va estudiar geologia i que entre quart i cinquè ja es va enfocar a la geofísica, fent recerca sobre la litosfera, l'epidermis de la Terra.

La litosfera és la capa superficial de la Terra, que es caracteritza per la seva rigidesa. El seu gruix oscil·la entre 40 i 250 km, segons si es tracta de litosfera oceànica, que oscil·la entre valors de 40 i 140 km, o de litosfera continental, que arriba a gruixos d'entre 40 i 250 km.

Geològicament, la litosfera inclou l'escorça i la part més externa del mantell, no convectiva –l'anomenat mantell litosfèric–, i que al seu torn sura sobre una capa, l'astenosfera, amb un comportament més dúctil.

### **Les plaques tectòniques**

La litosfera està fragmentada en una sèrie de plaques, les anomenades plaques tectòniques o litosfèriques. La individualitat de les diferents plaques i la seva distribució i dimensions han anat variant considerablement en els últims 200 milions d'anys.

Però malgrat que els moviments de les plaques són molt complexos, no es produeixen de manera desordenada. Aproximadament cada 500 milions d'anys les plaques s'agrupen en grans masses continentals –com per exemple la Pangea, ara fa 200 milions d'anys– que, posteriorment es fragmenten i es distribueixen per la superfície del planeta, com el que tenim en l'actualitat: una litosfera en vuit grans plaques tectòniques, i tot un seguit de plaques menors. La placa més gran és la Pacífica, que cobreix aproximadament una cinquena part de la superfície de la Terra i abraça la major part de l'oceà Pacífic.

### **Tectònica de plaques**

La tectònica de plaques és el moviment continu de les plaques tectòniques. I el moviment d'aquestes enormes masses continentals genera grans tensions. A les vores de les plaques es concentren fenòmens de tipus magmàtic i/o

volcànic, i per això és on hi ha més terratrèmols i on hi ha fenòmens d'orogènesi; és a dir, on es generen muntanyes.

Aquest és el cas de l'anomenat Cercle Circumpacífic, amb una intensa activitat sísmica i volcànica. A les vores de les plaques és on es concentren bona part dels recursos minerals, i també als límits antics de les plaques. Segons on es trobin, les plaques poden ser continentals, oceàniques o mixtes. I els seus límits poden ser divergents, convergents o transformants.

Atès que les plaques tectòniques estan en moviment continu –amb diferents direccions i velocitats–, als seus límits es generen intenses deformacions. Si entre els límits s'escola i puja material de l'astenosfera, es crea nova escorça, i com que les plaques se separen, se'n diuen divergents. Aquest fenomen és comú a les dorsals oceàniques, com ara a l'Atlàntic, que és relativament jove i segueix creixent.

Si en una regió es genera nova escorça, atès que el radi de la Terra és constant, en algun altre lloc se n'ha de perdre. Pot passar que una placa litosfèrica oceànica més densa s'enfonsi cap al mantell, i aleshores parlem de zona de subducció. Però també pot passar que en la col·lisió, el material s'encavalqui, generi plecs i encavalcaments, i es formin serralades extenses, com és el cas de les muntanyes en sèrie des dels Pirineus fins a l'Himàlaia.

També pot passar que les plaques llisquin una respecte de l'altra, al llarg de falles transformants, com és el cas de la

falla de San Andrés, que –amb una longitud d’uns 1300 km– s’estén des de l’estat de Califòrnia fins a la península de Baixa Califòrnia (Mèxic).

### **L’origen de la tectònica de plaques**

El primer a parlar de la deriva dels continents va ser Alfred Wegener, qui el gener de 1912 va presentar la teoria de la deriva dels continents, que va revolucionar la visió estàtica de la superfície de la Terra que es tenia fins aquell moment. Wegener, basant-se en dades geogràfiques –els contorns dels continents a ambdós costats de l’Atlàntic encaixen com peces d’un trencaclosques– i dades paleontològiques, observa una gran coincidència de fòssils anteriors a la separació dels continents africà i americà –i dades tectòniques–, i que els eixos de plegament de les gran cadenes de muntanyes antigues coincideixen a ambdós costats de l’Atlàntic; va postular que aquests fets només es poden explicar assumint que, fa uns 200 milions d’anys, les actuals masses continentals estaven agrupades en un únic continent, Pangea.

En realitat es tractava de dos grans masses continentals, una localitzada a l’hemisferi nord, Lauràsia, i l’altra localitzada a l’hemisferi sud, Gondwana.

La teoria de la deriva continental va ser majoritàriament rebutjada, ja que Wegener no va trobar un mecanisme raonable que permetés explicar el moviment dels continents.

Tot i això, la proposta va tenir alguns defensors. El 1944 Arthur Holmes, en la seva obra *Principles of Physical Geology*, va proposar l'existència de corrents de convecció en el mantell terrestre que podien ser el motor de les plaques tectòniques.

Els primers resultats que van confirmar les idees de Wegener es van obtenir a partir d'estudis de paleomagnetisme de roques continentals, que van permetre avançar en el coneixement de la polaritat del camp geomagnètic (normal o invertida), en la localització dels pols magnètics i la inclinació magnètica.

En paral·lel a aquests resultats, la intensa exploració dels fons oceànics durant la Segona Guerra Mundial va permetre als oceanògrafs de finals dels anys cinquanta del segle passat descobrir un sistema de serralades o dorsals oceàniques, que s'estenen i es ramifiquen al llarg de més de 65.000 km per tots els oceans del món. Les dorsals –caracteritzades per una gran activitat volcànica– són els centres d'expansió dels oceans, on es forma nova litosfera oceànica.

Aquestes dades, juntament amb la distribució simètrica d'anomalies magnètiques i el canvi de polaritat del camp magnètic que registren les roques a ambdós costats de les dorsals, van permetre formular la hipòtesi de l'expansió del sòl oceànic a principis dels anys seixanta. Segons aquesta hipòtesi, a les dorsals oceàniques es genera nova escorça

oceànica que, finalment, desapareix a les foses dels marges continentals, en les zones de subducció.

Però no només l'estudi dels fons dels oceans contribuirà a la formulació de la teoria de la tectònica de plaques, també ho farà la guerra freda i la carrera espacial entre les dues grans potències d'aquell moment: l'antiga Unió de Repúbliques Socialistes Soviètiques (1922-1991) i els Estats Units d'Amèrica (EUA).

El desplegament d'una xarxa sísmica mundial (WWSN, World Wide Seismic Network) per «escoltar» els assajos nuclears d'ambdues superpotències va permetre als geofísics de l'època estudiar i localitzar els més de 3.000 terratrèmols de magnitud igual o superior a 5 que es produeixen cada any. Es va observar que la major part de l'activitat sísmica es concentra al llarg de bandes estretes, que més tard es va veure que es corresponien amb els límits de les plaques.

El llançament de satèl·lits per part d'ambdues superpotències (el primer Sputnik va ser llançat per la Unió Soviètica l'any 1957) també va permetre millorar el nostre coneixement de la forma de la Terra i, en definitiva, millorar els sistemes de navegació i, per tant, la qualitat de les dades.

Partint de totes aquestes contribucions i observacions, McKenzie i Parker van formular l'any 1967 la teoria de la tectònica de plaques, basada en el fet que les plaques

litosfèriques són sòlids rígids que es mouen sobre la superfície d'una esfera, la Terra.

Per descriure el moviment de les plaques, aquests autors utilitzen el teorema enunciat pel matemàtic suís Leonard Euler (1707-1783), segons el qual «la translació d'un cos rígid sobre una superfície esfèrica és equivalent a una rotació al voltant d'un eix que passi per aquest punt»; per tant, si considerem un placa litosfèrica com un cos rígid i el centre de la Terra com un punt fix, podem enunciar el teorema d'Euler de la següent manera: «Qualsevol desplaçament d'un punt sobre la superfície de la Terra equival a una rotació al voltant d'un eix determinat que passi pel centre de la Terra».

Malgrat tots els avenços produïts durant els darrers cinquanta anys, encara queden dos preguntes sense acabar de resoldre del tot: «quin és el motor que mou les plaques» i «quan comença la tectònica de plaques».

### **La tectònica de plaques a Ibèria**

La estructura litosfèrica de la península Ibèrica i els grans trets superficials que observem actualment són resultat de la superposició d'esdeveniments deformatius majors lligats a dos grans cicles orogènics. El primer va ser el cicle varisc, que es va iniciar fa 480 milions d'anys i va acabar en fa 250, i del qual queden vestigis que afloren al massís Ibèric i, localment, als Pirineus, a la serralada Ibèrica, a les serralades costaneres catalanes i a l'illa de Menorca. El



segon va ser el cicle alpí, que va començar fa uns 250 milions d'anys i encara continua, i que, en gran manera, ha modelat els grans trets morfològics i litosfèrics que observem actualment.

Quan es van començar a obrir, ara fa uns 128 milions d'anys, l'oceà Atlàntic i tot un seguit de mars més o menys profunds a les vores nord i sud d'Ibèria –que l'aniran separant de les plaques adjacents, al nord Euràsia i al sud Àfrica–, Ibèria va quedar separada de les grans masses continentals, formant una gran illa envoltada de mars.

L'obertura atlàntica sud va provocar que Àfrica es comencés a desplaçar cap al nord. Aquest canvi dràstic en el moviment d'Àfrica va empènyer Ibèria cap al nord, fet que va iniciar la col·lisió entre la placa europea i l'africana i el tancament del oceà Tetis, que es localitzava a l'est, on actualment hi ha la mar Mediterrània. La col·lisió entre Ibèria i Euràsia va començar a produir plegaments de les roques a escala regional, es van aixecar els Pirineus i va començar a configurar-se el relleu com el veiem actualment.

Un fet més recent i destacable és que ara fa entre 5,9 i 5,6 milions d'anys, l'apropament d'Àfrica cap a Ibèria va donar lloc al tancament de l'entrada d'aigua de l'Atlàntic cap a la Mediterrània.

L'aflluència d'aigua dels rius no va ser suficient per a mantenir la massa marina, de manera que es va produir la dessecació, ràpida i parcial, de la Mediterrània, cosa que va

comportar el dipòsit d'extenses capes de sal, que poden arribar a tenir kilòmetres d'espessor.

Aquest període, conegut com «crisi salina del Messinià» –nom que deriva de la ciutat siciliana de Messina, on es troben espectaculars dipòsits de sal–, va acabar amb un període de grans inundacions ara fa un 5,33 milions d'anys, quan s'obre l'actual estret de Gibraltar.

En acabar el cafè, els participants quedem fascinats pel conte que explica la història del nostre planeta i, en definitiva, la nostra història. Gràcies, Montse!



## **Canvis en els peixos (21/02/2019)**

Ahir, dimecres 20 febrer, va venir Lluís Tort, del Departament de Biologia Cel·lular, de Fisiologia i d'Immunologia (UAB), per parlar dels canvis en els animals, concretament en els peixos.

Classifiquem els peixos en un grup homogeni, però en realitat formen grups molt diferents, que poden viure a indrets insospitats i amb estils de vida ben diversos. Tot i això, els nous canvis també els provoquen altres modificacions. Quins han estat els canvis trobats més recentment entre els peixos? Com evoluciona el medi aquàtic i els organismes que hi viuen?

Lluís ens explica que es va formar a la Universitat Autònoma de Barcelona (de la qual en va ser vicerector) i que, en l'aspecte investigador, va fer dos *postdocs*: un a Bristol i Plymouth i, després, un a Aberdeen, que aleshores era la capital del petroli. Es va especialitzar en la fisiologia dels peixos, tot i que en el grup on treballa també han estudiat com augmenta el ritme cardíac en les tortugues en la immersió, o la fisiologia dels cocodrils.

I ens comença a explicar la fascinant història dels peixos, que van aparèixer a la Terra fa 450 milions d'anys; res a veure amb els homínids, que van aparèixer fa 3 milions

d'anys, o amb els humans, que hi som des de fa 300.000 anys, és a dir, 0,3 milions d'anys.

Es calcula que el 48% dels vertebrats són peixos, cosa que correspon a prop de 30.000 espècies, per ara; moltes més que les estimades per a mamífers: entorn de 6.400 espècies a tot el món. Com que viuen sota l'aigua, és més difícil estudiar els peixos que no pas els animals terrestres.

### **Peixos abissals**

De peixos se'n poden trobar a moltíssims indrets, als quals han adaptat les seves característiques.

Hi ha peixos als fons abissals, per sota dels 2.000 metres de fondària, que viuen en la foscor permanent i on, per tant, no hi ha fotosíntesi. Els peixos d'aquestes zones han de suportar temperatures fredes, pressions molt elevades (fins a 500 atmosferes o més) i caçar o menjar carronya que cau de dalt. Era considerada una zona pràcticament inhabitada, però exploracions recents mostren que hi ha més vida del que es pensava.

En general, els que hi viuen són peixos amb boques grosses, i que porten vides més aviat tranquil·les. En el moment en què troben una presa a prop, amb un moviment ràpid intenten capturar-la. Molts d'ells tenen recursos amb bioluminescència, ja sigui a peduncles o sota els ulls. De fet, la bioluminescència és un reclam per a les preses.

## **Peixos pulmonats**

Hi ha peixos, com els dipnous, adaptats a viure part de la seva vida fora de l'aigua. Aquesta possibilitat els la ofereix la transformació de les brànquies en sacs –una mena de pulmó primitiu– per a l'intercanvi gasós. Són el pont entre els amfibis i els peixos.

Els peixos pulmonats acostumen a viure en bassals pluvials de zones càlides d'Àfrica, Amèrica del Sud, Àsia o Austràlia. Allà poden menjar cucs, fins que la calor asseca el bassal. Aleshores poden reduir el seu metabolisme i resistir pràcticament sense menjar durant molt de temps. S'han adaptat a un nínxol on hi ha pocs competidors i pocs depredadors.

## **La salinitat de l'aigua**

Hi ha peixos que viuen en aigües dolces (on han d'evitar el xoc osmòtic que els inflaria i els trencaria les cèl·lules) i peixos d'aigua salada (on han d'evitar de perdre aigua). Això és degut al fet que la salinitat dels peixos és d'entorn del 12‰, mentre que la de l'aigua del mar pot ser del 35‰ (com al Mediterrani, per exemple) i la de l'aigua dolça, del 0,5‰. Així doncs, la nadala que diu «pero mira cómo beben los peces en el río», seria més correcta fisiològicament si digués «pero mira cómo beben los peces en el mar»!

Entre els peixos d'aigua dolça, el peix zebra (*Danio rerio*) ha esdevingut un bon model de laboratori per a diferents tipus de recerca: neurobiologia, càncer, desenvolupament. És un

vertebrat, es coneix tot el seu genoma i en la fase embrionària és transparent, de manera que és fàcil resseguir molècules marcades. Ja ens en va parlar Cristina Pujades al cafè científic de l'octubre.

També sabem que hi ha peixos que viuen una part de la seva vida al mar i una part en rius, com ara el salmó o l'anguila. I això és perquè tenen unes cèl·lules a les brànquies que regulen la sal de l'organisme. Com que la regulació no és immediata, els peixos s'aclimaten a la nova zona de manera gradual. Probablement tots els peixos tenen aquesta capacitat, però per les seves condicions de vida no els cal aplicar-la.

### **La temperatura de l'aigua**

Hi ha peixos que s'adapten a temperatures altes, com les carpes (*Cyprinus carpio*), que poden viure en aigües de fins a 35 °C, on l'oxigen és menys soluble. I hi ha peixos que poden viure en llacs gelats i resistir temperatures de pocs graus sota zero. Són peixos poc actius, que poden tenir molècules anticongelants a les cèl·lules per impedir la congelació de l'aigua, que les trencaria. En alguns casos, no tenen hemoglobina, ja que amb la difusió de l'oxigen de l'aigua ja en tenen prou, no els cal la molècula transportadora.

### **Peixos pelàgics**

Hi ha peixos que són grans nedadors, com els marlins, les tonyines o els peixos voladors, que tenen aletes fines per

planejar. Volen per atacar des de dalt les seves preses i agafar-les desprevingudes, o per fugir dels depredadors.

Els grans nedadors, com les tonyines o els marlins, poden regular la seva temperatura: el seu cos està a una temperatura estable superior a la de l'aigua, entre 27 °C i 30 °C. I passa perquè necessiten una gran aportació d'oxigen per estar sempre nedant; el moviment muscular continuat els manté la temperatura. Per això són peixos de múscul fosc, tenen molta hemoglobina als teixits.

El salmó n'és un altre exemple. Deu el seu color al fet que s'alimenta de crustacis. Per això a les piscifactories, on se'ls donava pinso, fa uns mesos se'ls dona krill, perquè adquireixin aquest color. Recorda el cas dels flamencs.

Atès que els peixos pelàgics sempre neden, dormen nedant, i les piscifactories de tonyines han de tenir en compte aquestes circumstàncies: fan 2 km de llargària. Com que són peixos de nivells tròfics superiors, voluminosos i de vida llarga, als teus teixits, especialment a la part greixosa sota la pell, s'acumulen metalls pesants. Segons en Lluís, és una bona precaució no menjar la pell ni aquest greix.

### **Peixos d'aigües tèrboles**

Hi ha peixos adaptats a aigües tèrboles, amb baix contingut d'oxigen i poca visibilitat, per això desenvolupen bigotis sensitius. Entre ells podem trobar peixos com la panga (*Pangasianodon hypophthalmus*), que es cultiva sota palafits al sud-est asiàtic.



Les cases tenen una trampeta que obren per llançar les escombraries –i altres coses–, de les quals s'alimenten els peixos. I, com qui té gallines, quan els convé, en prenen un per menjar.

Fins ara hi ha hagut piscifactories per comercialitzar aquests peixos, però darrerament, amb l'augment del nombre de fàbriques, s'ha vist que acumulen metalls pesants, i se'n desaconsella la producció. De tota manera, en Lluís diu que seria molt interessant de conèixer el sistema immunitari d'aquests peixos d'aigües tèrboles tant exposats a microorganismes i que viuen sans.

### **Peixos de fons**

Hi ha peixos que s'han adaptat a viure amagats al fons marí. Són els peixos plans, com ara el llenguado o el turbot. Són peixos que no són nedadors, que són molt ràpids caçant i que, en realitat, quan són alevins presenten una simetria bilateral que perden d'adults, quan els ulls migren tots dos a la mateixa banda.

### **Peixos teleostis**

Els peixos que tenen espines ossificades, els teleostis, formen un dels grans grups de peixos. Tenen una bufeta natatòria que injecta oxigen per a la respiració i que fa de flotador, segons si la inflen o la desinflen. Mantenir la bufeta natatòria té un cost energètic.

Algunes espècies pelàgiques de peixos teleostis fan grans moles de peixos per despistar els possibles depredadors; quan el grup es mou alhora es fa difícil triar un peix per atacar, i aquesta estratègia els protegeix. És la línia lateral que permet de notar el moviment del grup. Per això, dofins i orques han après a atacar-los per diferents bandes o bé des de dalt!

### **Peixos condriactis**

Els peixos condriactis o cartilaginosos, com ara els taurons, són molt interessants. No tenen bufeta natatòria, regulen la flotació perquè tenen un fetge molt gran i molt greixós, que també els proporciona una important reserva energètica. Aquest fetge i el tipus de greix (l'esqualè) són una de les peculiaritats més interessants dels taurons, que no desenvolupen càncers.

També els ha fet molt exitosos i molt duradors en el temps l'estratègia de vida; són grans nedadors i grans depredadors, amb una capacitat sensorial extraordinària. Poden detectar a llarga distància baixes concentracions de molècules, per exemple de sang; això els permet detectar preses des de lluny. I també són capaços de detectar els impulsos elèctrics que generen els moviments musculars de les possibles preses, per exemple, nedant.

### **Les capacitats cognitives dels peixos**

Es parla de l'escassa memòria dels peixos, però això no és així. S'ha vist que els peixos poden recordar, i força. Per

exemple: carpes que han estat pescades i deixades anar, és molt més difícil de pescar-les de nou. Un cas de carpa que recordava bé el que havia après era na Ramona, de l'estany de Banyoles. S'ha comprovat també que les carpes recorden la imatge de la galleda que els duu el menjar; quan el color de la galleda és un altre, responen de manera diferent, fins que als dos dies ja s'han adaptat a la nova situació.

Els peixos també emeten molècules que altres peixos capten, com ara d'adrenalina i el cortisol generats per l'estrès, cosa que cal tenir en compte als laboratoris en els tancs de cultiu en circuit tancat.

Entre els peixos també hi ha jerarquies; per exemple, el peix dominant en un aquari no deixa menjar els altres fins que ell no ha quedat satisfet. També hi ha peixos que són més curiosos que altres; quan s'incorpora una peça de Lego en un aquari, per exemple, hi ha peixos que s'acosten de seguida, mentre que altres s'ho miraran de lluny sense acostar-s'hi. Són diferents individualitats, dos comportaments necessaris, per explorar i per no exposar-se massa; una estratègia evolutiva comuna al llarg de tota l'escala animal.

Al laboratori s'ha vist que, en grups de peixos, entre el 15% i el 20% són més atrevits; un tant per cent similar són més tímids, i la majoria (entre el 60% i el 70%) canvien de comportament segons la situació. Quan se'ls ha valorat diferents variables, s'han trobat diferències importants en

creixement, metabolisme, resposta hormonal o resposta immunitària.

També hi ha peixos «artistes»; algunes espècies fan grans dibuixos a la sorra, per impressionar les femelles.

### **El canvi global en els peixos**

El canvi climàtic modifica les condicions del peixos. Per exemple, la temperatura de l'aigua condiona la producció aquícola, cosa que es nota als fiords de Noruega o de Xile, on hi ha les piscifactories. Condiona també la temperatura de l'aigua en els cultius de gambetes, que solen estar en fondàries de dos o tres pams d'aigua. Per la temperatura canviant de l'aigua, també s'ha vist que les poblacions de peixos es desplacen; ara es poden pescar llobarros a les illes Britàniques, quan això no succeïa abans. Afecta també el creixement dels microorganismes patògens dels peixos, que viuen en ambients tèrmics determinats.

Els contaminants emergents també condionen les poblacions de peixos, especialment les nanopartícules que entren fàcilment en els peixos i poden alterar l'expressió gènica. El que s'ha trobat és que els produeixen reaccions al·lèrgiques. També ens va parlar de contaminants marins Anna Sánchez-Vidal. Els medicaments, els cosmètics i els pesticides també els afecten.

Altes canvis són els que es deriven d'activitats comercials i del turisme, que han introduït espècies invasores com els silurs, el cranc de riu o el cargol poma.

Per comprendre una mica més el fascinant món dels peixos, Lluís ens recomana el llibre *El ingenio de los peces*, de Johathan Balcombe, publicat per Ariel el 2018.

### **Més informació en altres cafès científics**

*Peixos del Besòs* (22/11/2018) amb Noëlle Fabre i Dolors Vinyoles

*Com s'organitza un individu* (18/10/2018) amb Cristina Pujades

*Un mar de plàstics* (22/03/2018) amb Anna Sánchez-Vidal

*L'evolució dels rèptils* (24/09/2017) amb Salvador Carranza

*De cucs i mosques, fins a peixos i ratolins* (24/10/2010) amb Cristina Pujades

## **Els canvis en l'atmosfera (20/03/2019)**

Ahir, dimecres 20 de març, va venir Javier Martín-Vide, director de l'Institut de Recerca de l'Aigua (UB) i acadèmic de la RACAB, per parlar-nos dels canvis en l'atmosfera.

En els darrers trenta anys, l'atmosfera terrestre ha patit canvis en la composició química que s'han vist reflectits en la manifestació tèrmica de precipitacions; és a dir, en el clima. El canvi climàtic es pot considerar un nou risc, què podem fer per a mitigar-ne els efectes?

### **La isla de calor**

Javier estudia el cambio local del clima, el efecto isla de calor de la ciudad de Barcelona. Es una anomalía térmica, un calentamiento del centro respecto al entorno, que acostumbra a darse en ciudades de más de 5.000 habitantes, aunque ha aparecido incluso en poblaciones de 2.000 habitantes. En España sucede lo mismo en Madrid, en Zaragoza o en Valencia.

En Barcelona, el centro de la isla de calor es la plaza Universidad. De hecho, los vecinos de Sarrià notamos el cambio de temperatura cuando venimos del centro de la ciudad y salimos del metro: nuestro pueblo está más fresco. Sin embargo, este efecto no se da todas las noches. Cuando sopla viento no existe apenas contraste, ya que el viento barre el aire del centro. Tampoco los días que llueve o el

cielo está cubierto, porque la periferia no pierde tanto calor. El resto de las noches, el fenómeno es marcado.

### **¿Cómo se determina la isla de calor?**

Para estudiar la temperatura de las ciudades se suele utilizar una estación en el centro y otra en un lugar exterior, pero cercano, que acostumbra a ser el aeropuerto, ya que los datos suelen ser de calidad. Los resultados se notan en las mínimas, porque durante el día las temperaturas se igualan. En este caso, la contaminación del centro de la ciudad disminuye la insolación, con lo que se calienta menos que el exterior, que es más diáfano.

El Grupo de Climatología que dirige Javier recibe las observaciones de la estación situada en la Facultad de Geografía (UB), en el Raval, y las compara con las observaciones recibidas del aeropuerto. La diferencia es de 2 °C. El doble del aumento de la temperatura global de la Tierra, que se calcula ha aumentado 1 °C de media después de la Revolución Industrial. Aunque algunas noches la diferencia de temperatura entre el centro y la periferia de Barcelona puede ser de hasta 7 °C.

En realidad, hablar de Barcelona significa hablar del Área Metropolitana de Barcelona, ya que no hay solución de continuidad con Hospitalet; aunque en el norte sí se nota la influencia de la canalización del río Besòs, que trae aire más fresco del Vallès.

## **¿Qué provoca la isla de calor en las ciudades?**

Las causas pueden ser diversas. Por un lado, la ciudad desprende calor: los aires acondicionados, los motores, las bocas de metro..., factores asociados a la población. Además, las ciudades acumulan energía por los materiales con que están contruidos sus edificios y el asfalto de las calles, que tienen un mayor calor específico. De manera que de día absorben calor y de noche lo liberan. El suelo impermeable del suelo y el drenaje eficaz del agua de lluvia o de riego, por su parte, eliminan el factor refrescante de la evaporación.

Por otra parte, la topografía urbana geométrica, con edificios en forma de prisma, genera cañones urbanos. Esta estructura ofrece poca superficie de enfriamiento, por la escasa superficie por donde puede escapar la radiación de onda larga, que es la térmica. De hecho, nunca en la estación de la Facultad de Geografía se han registrado temperaturas negativas, ni siquiera durante la nevada tardía de marzo de 2010.

El efecto isla de calor tiene repercusiones. Por una parte, la isla de calor provoca mayor gasto energético en verano; en Sevilla se gasta más energía en verano que en invierno, debido a los aires acondicionados. Por otra parte, se favorece la aclimatación de especies invasoras. Y tampoco es bueno para las piedras de los monumentos.



## **¿Cómo se valora el gradiente de la isla de calor?**

El equipo de Javier toma datos del gradiente térmico de la ciudad siguiendo dos rutas en sendos coches: una desde Castelldefels hasta Badalona y la otra desde Molins de Rei hasta Montcada, pasando por la Diagonal y la plaza de las Glorias. Toman datos con un termohigrómetro digital a 1,5 metros del suelo, cada 500 metros y con el coche en marcha.

Con los datos que toman (entre ochenta y noventa por recorrido) realizan mapas de isotermas, que ponen de manifiesto el gradiente en Barcelona es en meseta, dado que el Ensanche es uniforme y conecta con la ciudad antigua. Esto sucede en las capitales de la vieja Europa, a diferencia de las ciudades estadounidenses, en las que suele haber un crecimiento en pico cuando se deja atrás la zona de urbanización extensa para pasar al *down-town*. El punto más cálido de la ciudad ahora es la plaza Universidad. Y las observaciones detectan la excepción en Barcelona al cruzar el Besós.

En ciudades como París, Sevilla o Londres, el río que las cruza dibuja una isla de calor con dos núcleos marcados –siempre y cuando el agua del río tenga una temperatura inferior.

## **Efectos sobre la salud**

Según datos de ISGlobal, las noches con temperaturas mínimas altas afectan a la salud, tanto a la morbilidad como

a la mortalidad, porque, frente a una ola de calor, el efecto isla actúa como un plus térmico. Se describen como noches tropicales aquellas en las que la temperatura no baja de 20 °C, de las que en el observatorio de la calle Montalegre (UB) se han contabilizado noventa en 2018. Noches tórridas, aquellas en que la temperatura no baja de 25 °C; en el mismo observatorio en el mismo año, se han contabilizado trece.

El 4 de agosto de 2018 la temperatura mínima que registró el Meteocat fue de 29,4 °C. Esto significa que en algún piso del Raval, con una pared expuesta a poniente, por ejemplo, la temperatura bien pudo alcanzar los 31 o 32 °C. ¿Quién duerme en un entorno así? El problema durante estas noches es que el cuerpo sufra no un golpe de calor, una hipertermia aguda que provoca un coma, sino un debilitamiento general por falta de descanso que deteriora la salud, lo que aumenta la probabilidad de sufrir un fallo cardiorrespiratorio.

La mortalidad en Barcelona tiene su máximo en invierno, si bien cada vez hay más picos en verano. Durante la ola de calor de 2003, durante la que se registraron en París y en Londres los 40 °C, en España se contabilizó una mortalidad elevada en cien defunciones, que posteriormente subieron a 6.500; mientras que en Francia se contabilizaron 18.000 personas de más que murieron. En Barcelona, los tanatorios no tenían plazas, hubo de habilitar campamentos refrigerados para acoger los cadáveres.

Hace treinta años, la isla de calor en las ciudades era considerada una anécdota. Ahora es considerada un riesgo climático dentro del calentamiento global. Javier ha sugerido al presidente de la AEMET que, de la misma manera que hay alertas por episodios de lluvia o de nevada, los haya con las olas de calor para que la población tome medidas, especialmente para mitigar el efecto del calor nocturno.

Para conocer con mayor detalle la distribución de la temperatura y de la humedad en la ciudad, el equipo de Javier planea poner en marcha un proyecto de ciencia ciudadana. Para ello requerirían instalar en algunos edificios sensores de humedad y de temperatura a distintos niveles: próximos a la calle y en los pisos altos –a fin de cuentas, tras la ornitología, la meteorología es la disciplina que cuenta con más aficionados.

### **¿Cómo mitigar?**

Barcelona es una ciudad muy densa (unos 16.500 habitantes por kilómetro cuadrado) que apenas tiene zonas verdes. La Ciudadela, que abarca 15 Ha, es el único gran parque que permite compensar el efecto isla de calor. Collserola está situado en la periferia. Así, la solución pasa por aumentar la infraestructura verde, algo que requiere planificar a medio plazo.

Espanjar la ciudad es otra línea de trabajo. Las supermanzanas intentan pacificar la ciudad y devolver el espacio a las personas, aunque no han sido bien acogidas

por la ciudadanía, por no haberse comunicado de la mejor manera.

Otra posibilidad es pintar de blanco paredes y tejados, del mismo modo que en la costa mediterránea se encalan las casas para evitar que se caldeen. Javier ha medido la temperatura de las paredes encaladas en Andalucía, que estaban a más o menos un grado la temperatura ambiente, mientras que puertas pintadas de oscuro colindantes tenían una temperatura superior en quince o veinte grados.

Reflexionamos sobre cómo se podrían volver más amables plazas como las dos que rodean a la estación de Sants, tan poco acogedoras, en las que nunca hay nadie aprovechando el espacio público; mientras que el cajón con el que se cubrieron las vías de tren, algo más hacia el sur, que se tapó con tierra y se estabilizó con vegetación, está bien concurrido.

La arquitectura rural clásica, que situaba los pueblos en la solana frente al este más que en la umbría, o la ventilación aprovechando corrientes naturales han de volver a predominar. Así ya no se hablará de arquitectura bioclimática, sino de arquitectura y punto.

### **Sobre el cambio climático**

Que estamos en un cambio climático ya nadie lo duda. Las olas de calor tendrán un mayor efecto en las ciudades y parece que la sequía subirá en la cuenca mediterránea. Así como el efecto de la temperatura es más conocido y se

conoce su inercia (aunque ahora no se emitieran más gases de efecto invernadero la temperatura seguiría subiendo), no está tan clara la predicción del régimen de lluvias.

Se habla, en efecto, de ciclones especialmente a finales de verano cuando la temperatura del mar es superior. De hecho, se habla de *medicanes*, que no serían tan fuertes como los que se forman en los grandes océanos.

En los observatorios históricos de Gibraltar, con datos fehacientes desde 1791, y de San Fernando (Cádiz), los registros muestran que hay una tendencia a la baja del régimen de pluviosidad. La serie centenaria del Observatorio Fabra no indica que haya disminuido la pluviosidad media. Sin embargo, la serie más antigua de Barcelona la inició Salvà i Campillo desde su casa de la calle Petritxol: tomaba tres veces al día la temperatura, la humedad y el estado del cielo, y, desde su inauguración en 1792, se publicaban en el *Diario de Barcelona*.

Para terminar, comentamos algunas otras efemérides meteorológicas. Javier pone de ejemplo los años en que diversas erupciones volcánicas situadas en el trópico –cuando las cenizas se distribuyen por el planeta– cambiaron el clima. Como la del volcán Tambora en 1815, que provocó que 1816 fuera el «año sin verano».

Hablamos también de la Pequeña Edad de Hielo, cuando en el Mínimo de Maunder se helaba el Támesis y se podían realizar actividades sobre el hielo, que soportaba grandes

pesos. O cuando durante el Mínimo de Dalton se describió un iceberg entrando por Gibraltar. Los estudios en Cataluña relatan hielo en la desembocadura del Ebro.

Concluimos que efectivamente el clima de la Tierra se ve influido por las erupciones volcánicas, por la actividad de las manchas solares, que siguen ciclos de once años, o por la actividad de la corriente de El Niño, que no la hubo entre 1998 y 2015. Los datos estadísticos son claros: la relación entre la actividad humana y el aumento de temperatura es robusta. Hay cambio climático y está asociado con la actividad humana. Hemos de tomar medidas cuanto antes.

¡Y recomendamos el estupendo *Atles de núvols!*, con la descripción de las nubes y las fotos de Alfons Puertas.

### **Més informació als cafès científics**

*Sobre el canvi climàtic* (20/03/2019)

*Com s'organitza un hàbitat sostenible?* Cafè Científic amb Francesc Muñoz (12/12/2018)

*El canvi global en els llacs de muntanya.* Cafè Científic amb Jordi Catalán (21/02/2018)

*Després de la fi del món,* Cafè Científic amb José Luis de Vicente (12/01/2018) *Comprendre el temps en mirar el cel.*

Cafè Científic amb Jordi Mazón (24/01/2013)

Cafè científic: *Com estudiem el clima del passat?* amb Isaac Casanovas (24/09/2012)



## **Canvis en la recerca (10/04/2019)**

Ahir, dimecres 10 d'abril, va venir Núria Montserrat, de l'Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC), per parlar-nos dels canvis en la recerca.

El treball conjunt d'enginyers i biòlegs moleculars han permès de pensar en el modelatge de malalties. La regeneració d'òrgans mitjançant cèl·lules mare permet pensar en la bioimpressió d'òrgans en 3D i a fabricar laboratoris en un xip.

Núria treballa a l'IBEC, un institut de recerca que hem visitat gràcies que Pere Roca-Cusachs va venir al cafè científic i, mesos més tard, ens va acollir al seu laboratori. Núria explica que l'IBEC es va crear el 2004 gràcies a la voluntat d'un físic, Josep Samitier, que es va unir a un biòleg, Josep Antoni del Rí, i a un metge, Daniel Navajas. Aquesta visió interdisciplinària dels fenòmens de la vida ha permès fer salts en el coneixement i en les perspectives de teràpia davant de malalties complexes.

El centre va guanyar i revalidar el distintiu d'excel·lència Severo Ochoa, que s'atorga a centres amb programes de recerca frontera, que es troben entre els millors del món en les respectives àrees científiques. Entre les condicions que els exigeixen hi ha un pla de recerca i de comunicació. I en



això estem, disposats a comprendre la recerca de Núria Montserrat, que s'interessa per la regeneració d'òrgans i a explicar-ho. Som-hi!

### **Les cèl·lules pluripotents**

Núria ens explica que treballa amb cèl·lules pluripotencials –un tipus de les anomenades cèl·lules mare– per crear òrgans susceptibles de ser implantats en humans.

Les cèl·lules mare pluripotents provenen d'embrions, i el seu potencial de diferenciació és molt alt, ja que és rere les totipotencials, el zigot que, òbviament, dóna lloc a tots els tipus cel·lulars. Les pluripotencials es poden diferenciar en qualsevol de les tres capes embrionàries: endoderma, mesoderma o ectoderma.

Durant força temps es va pensar que les cèl·lules mare no es podien desdiferenciar per tornar a tenir propietats de cèl·lules d'un estatge anterior. Però, el 1962, l'experiment de John Gurdon (Nobel el 2012), que va prendre el nucli diferenciat d'una cèl·lula de budell de granota, el va trasplantar a un oòcit sense nucli i va aconseguir que el capgròs es desenvolupés. D'alguna manera, doncs, molècules del citoplasma de l'oòcit van influir en alguns gens del DNA nuclear per reprogramar-los fins a ser totipotents. Quins gens?

El 2002, l'experiment de Shinya Yamanaka (qui va compartir el Nobel amb Gurdon) va trobar els factors bioquímics que van induir que determinats gens de cèl·lules de la pell de

ratolí es reprogramessin fins a cèl·lules mare immadures les quals, al seu torn, van poder créixer fins a donar diferents tipus cel·lulars en l'organisme.

### **Obtenir miniteixits**

Amb aquestes bases experimentals, Núria i dues companyes que van venir amb ella –Blanca, que treballa amb cèl·lules de l'ull, i Miriana, que treballa amb cèl·lules del cor– busquen com podria succeir això dins de l'organisme. Núria treballa amb cèl·lules del ronyó per poder guarir malalties d'aquest òrgan. Aïllen les cèl·lules mare embrionàries i les reprogramen per fer organoides, medicina regenerativa per a futurs trasplantaments.

Atès que les cèl·lules tenen marcadors personals com el sistema HLA, el principal complex d'histocompatibilitat, el que busquen són les posseïdores del sistema més comú en cada societat, perquè puguin servir per a la major part possible de persones. Òbviament es podria fer personalitzat, però el cost seria enorme, cosa que el faria econòmicament inviable. Per això ja no es parla de *medicina personalitzada*, que no seria sostenible, sinó de *medicina de precisió*.

Així, exposant cèl·lules embrionàries de ratolí en un medi de cultiu al qual afegeixen els factors de Yamanaka corresponents, han aconseguit organoides de ronyó, en els quals es poden veure fàcilment estructures com nefrones –unitats bàsiques estructurals i funcionals del ronyó. Cada

ronyó humà té, segons la persona, entre un milió i un milió i mig de nefrones.

El grup de Núria coneix molt bé el desenvolupament del ronyó, un òrgan complex. Sap que acaben formant vint-i-un tipus de cèl·lules diferents, amb diferents funcions; algunes cèl·lules són endocrines –segregen hormones–, altres regulen el balanç de sals; les que són als tubs de les nefrones tenen més mitocondris (perquè necessiten més energia)... i també té cèl·lules mare, que serveixen per a regenerar parts de la nefrona que es puguin haver malmès.

I ho poden aconseguir, perquè saben que, en humans, el ronyó comença a formar-se el dia quaranta del desenvolupament embrionari, mentre que en el ratolí comença a formar-se a la meitat del setè dia. Per tant, saben quan han d'anar afegint els diferents factors. I, fins ara, han aconseguit organoides que han generat tres tipus cel·lulars diferents. Però és tan important que Núria ens explica que el 2013 la revista *Science* va anomenar la formació d'aquests primordis de ronyó com la fita de la dècada.

### **L'estructura**

Les cèl·lules no estan aïllades, secreten una matriu extracel·lular que serveix per a unir-les i determina la forma del teixit. Els equips que volen fer òrgans necessiten, doncs, la carcassa per introduir les cèl·lules. La matriu

l'aconsegueixen a partir d'un motllo tractant un òrgan amb detergents que arrosseguen les cèl·lules.

Aconseguir aquestes carcasses va més enllà de la mateixa funció estructural, ja que la matriu extracel·lular també està involucrada en l'envelliment –per això ens arruguem– i en el càncer –que l'endureix–, i com ens va explicar Pere Roca-Cusachs.

Amb el contingut –les cèl·lules que fan el ronyó i que han pogut fer un petit organoide– i el continent –la carcassa del ronyó– s'imprimeixen ronyons artificials funcionals. La impressora és com una mànegua de pastisser que injecta el preparat citològic en l'estructura. S'ha aconseguit que aquests òrgans creats al laboratori hagin produït orina, hagin estat funcionals. Una troballa, fins ara, fascinant.

Per completar l'òrgan manca trobar la vascularització del ronyó, i per estudiar com es podria formar la xarxa de vasos s'empren ous de pollet. Amb un cúter fan una petita finestra en un ou, extreuen una porció de l'albúmina i tornen a tancar l'ou. Dos dies després, hi afegixen teixit extraembrionari de ronyó, per exemple. En desenvolupar-se el pollet, dins l'ou s'hi desenvolupa l'organoide, que rep la vascularització.

### **Una nova forma d'experimentació**

Per acabar, Núria ens explica una nova forma d'experimentar compatibilitats amb un recurs de microenginyeria. Des de l'IBEC i el CRESIB (d'ISGlobal) van

crear un dispositiu de la mesura d'un portaobjectes sobre el qual es poden dipositar els teixits que cal estudiar i que es poden sotmetre a fluxos amb determinats substrats, de manera que es pot imitar la situació real i veure el comportament del teixit. Amb aquests dispositius s'ha trobat una nova manera d'experimentar, més ràpida, més precisa –ja que tots els components són humans– i que requereix molts menys animals d'experimentació.

### **Investigadora sènior**

Núria ens explica la seva carrera. Va estudiar biologia i va fer la tesi sobre musculatura. Un cop doctorada, va fer dos potsdocs, un a l'Hospital de Sant Pau i l'altre al Salk Institute, amb Juan Carlos Izpisúa. Aleshores es va presentar a l'IBEC com a investigadora júnior, va superar les preguntes d'un tribunal internacional i va quedar per davant dels cinc candidats seleccionats de quaranta que s'hi van presentar.

Quatre anys després va tornar a passar pel mateix tribunal, per veure si havia aconseguit els propòsits que s'havia marcat quan va ingressar com a júnior, i va passar a ser investigadora sènior, a més de guanyar una plaça ICREA, per la seva recerca en regeneració d'òrgans. Un exemple de la bona inversió en recerca.

## **Primavera: Poblacions ocultes**

En biologia, entre els humans i els éssers vius hi ha poblacions que ens són ocultes. D'una banda, cal observació; de l'altra, les noves tècniques de laboratori i de seqüenciació desenvolupades en les darreres dècades ens les fan visibles.

**Dimecres 15 de maig:** *Les altres abelles*, Javier Losarcos, professor de biologia i col·laborador del CREAM. Quan pensem en les abelles, sempre pensem en l'abella de la mel. Però la majoria d'abelles, però, no són ni viuen com ella. Busquen forats, tallen fulles, agafen reina, són solitàries, fan envans de fang... Quina «feina» fan a la natura? Com podem contrarestar el seu declivi?

**Dimecres 12 de juny:** *Humans ocults*, Òscar Lao, CNAG-CRG. Fins ara havíem cregut que l'espècie humana havia estat diferenciada i aïllada genèticament des de la seva aparició. Les noves tècniques de laboratori i moleculars han permès de detectar que fins fa pocs centenars d'anys hi havia altres espècies humanes molt properes a nosaltres, de les quals a penes queda rastre fòssil. Com s'han trobat, aquestes poblacions ocultes?



## **Les altres abelles (15/05/2019)**

Dimecres 15 de maig vam començar aquest «trimestre» curt de primavera, amb una setmana santa tan tardana. Hem dedicat el bimestre, de fet, a saber més coses de les poblacions ocultes.

Entre els éssers vius, de vegades hi ha poblacions que ens són ocultes. D'una banda, cal observació; de l'altra, les noves tècniques de laboratori i de seqüenciació desenvolupades en les darreres dècades ens les fan visibles.

Al maig tocava parlar de les altres abelles, i per això va venir Javier Losarcos, professor de biologia i col·laborador del CREAF. Quan pensem en les abelles, sempre pensem en l'abella de la mel. Però la majoria d'abelles ni són com elles ni viuen com elles. Són solitàries que busquen forats per pondre ous, tallen fulles o fan envans de fang per entapissar el niu, agafen reina... Quin paper juguen a la natura? Com es podria contrarestar el seu declivi?

Javier va començar fent-nos notar que poc que coneixem les altres abelles, les que no són l'abella de la mel; ni tan sols recordàvem els borinots. Són igualment abelles, salvatges; se les anomena abelles solitàries perquè no són animals socials; com que també van a buscar pol·len i nèctar,



pol·linitzen les flors i, en molts casos, de manera més eficient que les abelles mel·líferes.

### **Le feina de les abelles solitàries**

Les abelles solitàries poden criar en forats o galeries a terra, que poden arribar a semblar petites xemeneies. Els borinots, per exemple, aprofiten forats que han abandonat els ratolins.

Altres abelles solitàries crien dins tubs o canyes, on fan la posta. Per a fer els nius, les abelles prenen tota mena de materials que els puguin fer més confortables, d'una banda, i que puguin separar les postes, d'una altra.

Coneixent aquest comportament, i amb l'objectiu de minvar el seu declivi, des de fa uns anys se'ls facilita la feina construint hotels d'insectes.

Per exemple, l'abella *Megachile* és l'abella talladora de roses. Els individus d'aquesta espècie ponen els ous a forats en talussos o en fusta morta –aprofiten les galeries que fan larves d'escarabat. Entapissen la part final del canal, proveeixen el niu de nèctar i pol·len i ponen un ou; de seguida, amb un altre tros de fulla fan una mena d'envà, i tornen a fer el mateix procés: proveir, pondre i tapar. Així, els germans es desenvoluparan en cel·les consecutives.

La provisió assegura la supervivència de la larva que naixerà del niu, i l'envà que separa les postes intenta evitar l'entrada dels paràsits; aquests paràsits aprofiten el rebost que ha

construït l'abella, i estan pendents que la mare es distregui per posar ells un ou o, si són carnívors, menjar-se alguna larva d'abella.

Si les condicions són bones –no plou ni fa gaire vent–, una abella acostuma a trigar un dia a preparar cada una de les cel·les, que serviran durant un any per al desenvolupament de l'abella filla. Per a fornir el niu, l'abella es desplaça un quilòmetre, distància que si la comparem amb la seva mida (posem 1,5 cm) seria com si nosaltres ens desplaçéssim més de cent quilòmetres en un cada viatge.

Durant la nit dormen dins del tub a mig omplir, però altres vegades passen la nit enganxades a les tiges d'espígol subjectes amb les mandíbules, que, a diferència de les nostres, requereixen força per obrir en comptes de per tancar.

### **El desenvolupament de les abelles**

Un cop posat l'ou, en dos o tres dies emergeix la larva, que menja el que li ha proveït sa mare dins la cel·la. En dos o tres mesos, la larva fa el capoll; dins, l'animal seguirà una transformació total de l'estructura fins a fer-se adulta. Potser aleshores, l'animal restarà en repòs la temporada, fins que la calor l'activa i la nova generació surt del niu. Abans de sortir, animal és pràcticament incolor; un cop madur va prenent to.

## **Com es determina el sexe d'una abella**

Quan una femella surt de la cel·la on s'ha desenvolupat és perseguida pels abellots, alguns dels quals la fecundaran, però la femella guardarà el semen en una espermateca. Quan l'abella pongui els ous, premerà o no l'espermateca per fer que surti l'esperma i els fecundi. En les cambres més allunyades de la sortida hi ha més aliment, perquè són les cel·les on creixeran les femelles, més grans que els mascles. És més eficient que les femelles estiguin més protegides dels paràsits, perquè són més necessàries per a preservar l'espècie.

En les abelles de la mel, el sexe ve determinat per la mida de les cel·les. Quan la femella pongui l'ou en les cel·les més petites, les parets faran una pressió en l'abdomen de la reina que farà sortir el semen guardat en l'espermateca; en fecundar l'ou, es formarà un mascle. Si la cel·la és molt gran, es criarà una reina, que menjarà diferent de les altres. Dins les cel·les més comunes es desenvoluparan les abelles obreres.

## **La pol·linització**

Les abelles solitàries en general són més eficients que les abelles de la mel a l'hora de pol·linitzar. Per exemple, els tomàquets i les maduixes requereixen la pol·linització de borinots. L'ús inespecífic de pesticides ha provocat un declivi de les poblacions d'abelles i d'insectes en general. I això és un problema, perquè, excepte els cereals i altres plantes que

s'autopol·linitzen, gairebé tots els vegetals que mengem –i que menja el bestiar– requereixen pol·linitzadors.

El canvi climàtic també desajusta la pol·linització, ja que, atès que és la temperatura la que fa sortir les abelles adultes, de vegades es desacobla amb la floració dels arbres fruiters. Per això és comú, especialment als Estats Units, que s'encarregui la feina d'apicultors especialitzats en abelles solitàries; s'acosten als camps amb camions carregats d'abelles solitàries. Elles trobaran les flors dels fruiterars riques de nèctar i pol·len que, al mateix temps, en part duran de flor en flor.

### **Espècies semblants**

No s'han de confondre les abelles amb les vespes i, fins i tot, amb mosques que n'imiten l'aparença, per mimetisme. Un fenomen adaptatiu que aprofita la facilitat que tenen les vespes per picar. Si un ocell pren una vespa i el pica, recordarà que d'un insecte amb aquella aparença s'ha de mantenir lluny!

En general es distingeixen perquè les abelles són peludes i les vespes no. Les mosques acostumen a tenir els ulls més grans i les antenes més curtes.

Les vespes, carnívores, poden caçar, fins i tot altres abelles. Javier ens recomana un vídeo en què les abelles d'un rusc envolten una vespa asiàtica i li fan pujar la temperatura fins a produir-li la mort per excés tèrmic. Com els ruscos més forts resisteixen els atacs de les abelles llop.

Si volem evitar que les vespes ens piquin, el que hem de fer és mantenir la calma; hem de comprendre el seu comportament i recordar que en realitat no tenen intenció de picar. A l'estiu s'acosten a les nostres begudes, més si són ensucrades, per a prendre una gota d'aigua que, per evaporació, ha de refredar la cambra de les larves. Per això, si se'ns acosta molt un exemplar i fins i tot es posa sobre el nostre braç, hem de bufar per espantar-lo i amb això n'hi haurà prou.

### **El ball de les abelles**

El científic neerlandès Niko Tinbergen va ser prou pacient per esbrinar el significat del ball de les abelles de la mel, per la qual cosa va ser guardonat amb el Premi Nobel el 1973. És un ball visual, a diferència del de les formigues, que es basa en olors.

Amb els moviments predeterminats, les abelles orienten les seves companyes de la font d'aliment que han trobat, si és lluny o a prop; si és molt rica i cap a on han de volar per trobar-la.

El fascinant món de les abelles. Quan preguntem: Javier, com et van arribar a agradar, les abelles, per saber-ne tant? Vaig fer la carrera amb en Jordi Bosch i em va contagiar!

## **Humans ocults (12/06/2019)**

Dimecres 12 de juny va ser el darrer cafè científic del curs. Va venir Òscar Lao, del CNAG-CRG, per parlar d'humans ocults. Fins ara creïem que l'espècie humana havia estat diferenciada i aïllada genèticament des de la seva aparició. Les noves tècniques moleculars i de bioinformàtica han permès de detectar que fins fa pocs centenars d'anys hi havia altres espècies humanes molt properes a nosaltres de les quals a penes queda rastre fòssil. Quines són i com s'han trobat aquestes poblacions ocultes?

Òscar ens explica que treballa al Centro Nacional de Análisis Genómica (CNAG-CRG), situat al Parc Científic de Barcelona (PCB), i que la seva feina és analitzar la variació de genomes, la traça que deixa variació genòmica segons la història de les poblacions.

La idea és que dins de les poblacions hi ha diversitat genètica. I segons la dinàmica que segueixi la població, el resultat en serà un o un altre. Si se separa en dos grups, per exemple, cada grup mantindrà un conjunt de mutacions que s'heretaran de pares a fills i configuraran una estructura genètica distinta en cada població. Per això, el conjunt de genomes d'una població n'explica la història.

Òscar treballa només fent informàtica. No només intenten respondre d'on venen les poblacions, sinó que també es fan preguntes de l'estil: «Quanta gent caldria en una població per a mantenir la diversitat genètica present?». O bé: «De quin color tenia la pell o els cabells la població?». Per a trobar la resposta d'alguna de les preguntes que es fan, de vegades han de preparar els programes ells mateixos.

### **Com eren els nostres avantpassats?**

Els avantpassats dels humans moderns van aparèixer a Àfrica, continent del qual van sortir ara fa entre 50.000 i 60.000 anys. En arribar a la conca mediterrània es van trobar amb poblacions humanes que ja hi vivien. La població més coneguda és la dels neandertals, però d'altres se'n desconeixia l'existència.

Els grups diferents es feien amb la separació temporal i geogràfica. Les poblacions separades anaven mutant i fent-se diferents. També hi podia haver una pressió selectiva dels caràcters adequats a les condicions canviant de cada entorn, fins que les poblacions eren marcadament distintes.

Ara se sap que en trobar-se amb altres poblacions, de les quals s'havien separat genèticament feia temps, es van hibridar. Com és que es podien hibridar poblacions que, en principi, es podrien considerar d'espècies diferents? En general, es considera que espècies diferents no poden tenir descendència, però de vegades sí que poden entrecreuar-se i tenir descendència, com en el cas de cavalls i ases; la

combinació de l'espermatozou d'una espècie i l'òvul de l'altra sí que es viable: el genoma pot encaixar.

De tota manera, en general, aquests creuaments no són fèrtils, perquè hi ha una barrera a l'hora de combinar el material genètic i de compatibilitat bioquímica entre l'òvul i l'espermatozou. Però segons com sigui la diferència, sí que pot haver-hi efecte «clau-pany» i que els descendents permetin creuaments dels quals en resultin individus fèrtils.

A banda de les restes fòssils, les poblacions antigues han deixat restes en el nostre genoma. Els estudis genètics a partir de restes fòssils es poden fer si les condicions de preservació són adequades. Les futures mostres s'han de mantenir en un lloc no massa sec, no massa humit i no massa càlid. Si no, l'ADN es fragmenta i es degrada tant que n'impedeix la recuperació. Altres poblacions només s'han trobat per les traces que han deixat en el nostre genoma.

### **Els neandertals**

Els neandertals van viure en plena era glacial, ara fa uns 100.000 anys; es van adaptar a les condicions fredes del Pròxim Orient i d'Europa. Per defensar-se fisiològicament del fred, eren molt més robustos del que van ser els humans anatòmicament moderns. Tenien domesticat el foc i seguien ritus funeraris d'enterrament. I de ben segur que trobaven per menjar productes diferents dels que menjaven els humans africans contemporanis seus.



Quan el segle XIX es van començar a trobar restes fòssils de neandertal, se'ls va descriure com a una espècie tosca; pràcticament se'ls considerava bèsties. Tan allunyada de l'espècie humana era la descripció, que no es podia pensar que hi hagués hagut entrecreuament entre ells. Per tant, pertanyien a una branca tan separada de la dels humans moderns que era impossible que s'haguessin hibridat. Però en les darreres dècades hi ha hagut un canvi de paradigma, veiem els neandertals molt més semblants a nosaltres.

El canvi de paradigma ha estat sobretot a partir del moment en què es va seqüenciar el genoma de neandertal i quan s'ha vist que en l'ADN dels humans de fora d'Àfrica hi ha entorn d'un 10% d'origen neandertal, especialment a Europa i el Pròxim Orient. Tot i que també s'ha trobat hibridació a Àsia, i traces en americans, atès que són descendents d'asiàtics. Ara hi ha consens en la hibridació detectada per la genètica, però no n'hi ha en l'anatomia òssia.

I, quins són els gens que ens van llegar els neandertals? Doncs probablement no són gens que estiguin relacionats amb l'estructura cerebral, sinó que són gens que s'associen amb característiques com l'obesitat, l'addicció a la nicotina i la depressió. La interpretació de la tendència a l'obesitat es relaciona amb una tendència a estalviar el que es menja; condició que aniria bé en la situació glacial en què van viure ells, però no en l'acomodada i sedentària en què vivim ara.

Per què van desaparèixer els neandertals? Una de les hipòtesis ho atribueix al fet que no tenien un llenguatge articulat com tenim els humans moderns. Tot i que sí que tenien el gen FOXP1, característic del llenguatge –i que compartim amb altres espècies–, però sembla que no tenia les mateixes funcions que en nosaltres.

### **Els denissovans**

Dels neandertals se'n sabia l'existència perquè se'n van trobar fòssils: cranis, dents, ossos... Però fa uns anys es va deduir la presència d'un altre grup d'humans, als quals se'ls va anomenar denissovans perquè es van descriure a partir d'una falange trobada a la cova de Deníssova (a l'Altai, Rússia). En el primer moment es va atribuir a un neandertal; ara bé, a l'hora de seqüenciar-la, es va veure que l'ADN era molt diferent, massa diferent: la distància en el temps segons la taxa de mutació era superior al mig milió d'anys. Així que havien de ser poblacions diferents.

Posteriorment, en seqüenciar genomes d'altres mostres d'ossos trobades no gaire lluny, es va veure que hi havia hagut hibridació entre poblacions denissovanes i neandertals. La resta més coneguda va ser d'una noia que va morir als 13 anys, i que era filla d'un denissovà i una dona neandertal (per l'ADN mitocondrial). Se la coneix com Denny.

## **Poblacions desconegudes asiàtiques**

El juliol de 2016 Òscar va participar en una publicació sobre poblacions asiàtiques actuals, que prediu l'existència d'un grup arcaic d'humans del sud-est asiàtic fins ara no descrit.

Recapitem. A les illes Andaman, al golf de Bengala, s'hi va desenvolupar una població de baixa estatura, pell fosca i cabells negres i arrissats. Per això, a finals del segle XIX s'havia especulat que podien ser descendents, com els negrits de Filipines i els primers pobladors d'Austràlia i Papua, d'un africà que hagués sortit d'Àfrica en una primera onada en direcció a Àsia. Però això s'ha descartat: els andamanesos pertanyen a la mateixa branca que els indis, els australians, els papuans i els pobladors de l'est d'Àsia. Entre ells s'assemblen molt més que als europeus.

Existeix, però, una diferència entre andamanesos, indis, papuans i australians, d'una banda, i els pobladors de l'est d'Àsia, de l'altra. I aquesta diferència només es pot explicar acceptant l'existència d'un grup arcaic d'humans que n'era portador.

## **Poblacions desconegudes africanes**

Fa poques setmanes es va publicar un estudi de genomes africans moderns –en el qual també ha participat Òscar– on han trobat que en diferents poblacions amb molta diversitat d'estils de vida, llengua o geografia hi ha rastres d'una població africana arcaica extinta, amb la qual els humans anatòmicament moderns també s'haurien barrejat.

## **Com detecten poblacions ocultes en el genoma?**

Aquests estudis s'han pogut realitzar gràcies a la intel·ligència artificial i als potents ordinadors i als aparells moderns de seqüenciació genòmica. S'han seqüenciat molts genomes de diversos indrets; s'ha inclòs genoma extern simulat i s'ha ensenyat a les màquines a detectar-lo, mitjançant algorismes informàtics de programació. Un cop la màquina havia après a detectar el factor extern, se li han introduït les mostres reals. I n'ha resultat la troballa d'altres poblacions «fantasmes», l'existència de les quals ni tan sols se sabia, ja que tampoc no s'havien reconegut anatòmicament per a ser identificades.

Sense cròniques històriques ni restes fòssils, des de la genètica dels canaris actuals podríem deduir l'existència dels guanxes. És la mateixa situació: com que no s'han pogut atribuir a cap altre grup, les seqüències genètiques intrusives en algunes poblacions permeten predir l'existència d'un grup arcaic asiàtic i un altre d'africà. Aquesta mena de troballes genètiques potser farien que es revisessin les conclusions obtingudes amb la descripció dels fòssils, per si es detecten biaixos en la classificació. Tota una nova aventura per a descriure el nostre passat.

## **Altres dubtes que sorgeixen**

Parlem també d'Ötzi, la mòmia d'Huslabjoch, trobada als Alps el 1991. Era un caçador-recol·lector que va viure fa uns quatre mil anys; era per tant un humà modern. La sequera

del fred el va mantenir molt bé i es va poder determinar que va morir per un cop de llançà i què havia menjat poc abans, pel contingut de l'estómac quan va morir.

En parlar de les diferents poblacions humanes, emergeix també el concepte de raça. Òscar ens diu que no podem parlar així dels humans, perquè hi ha una continuïtat genètica. El terme «raça» es fa servir en espècies domèstiques en què els humans hi hem intervingut fent selecció de determinades qualitats.

Òscar, com et vas posar a buscar poblacions ocultes? Jo vaig fer biologia i vaig descobrir que m'agradava molt l'evolució. Treia bones notes en les assignatures relacionades amb l'evolució i les matemàtiques. Però no en les altres! Em va agradar molt l'assignatura que donava un professor, en Jaume Bertranpetit, però no vaig tenir suficient mitjana de nota perquè em donessin una beca per a fer el doctorat.

Ara, en un moment determinat va sortir una convocatòria extra en què es demanava algú que sabés informàtica. I aleshores vaig aprofitar el coneixement que havia adquirit als deu anys, quan la meua mare em va enviar a fer classes particulars d'informàtica –en comptes d'anar a karate– on vaig aprendre a programar. Així vaig poder treballar amb l'equip d'en Jaume i d'en Francesc Calafell. Vaig fer la meua tesi sobre bioinformàtica, vaig fer un postdoc a Rotterdam i vaig tornar al CNAG amb una beca Ramón y Cajal. I aquí em trobo.

## **Tardor: Any Internacional de la Taula Periòdica**

El 2019 va ser declarat Any Internacional de la Taula Periòdica dels Elements Químics per l'Assemblea General de les Nacions Unides i la Unesco, perquè 1869 és considerat l'any de la descoberta del sistema periòdic de Dmitri Mendeléiev, un dels èxits més significatius de la ciència, en el qual es basa l'essència no només de la química, sinó també de la física i de la biologia. Per això dediquem el trimestre a conèixer les propietats d'alguns elements que la componen.

**Dimecres 18 de setembre:** *Sobre la història del descobriment de l'oxigen i altres punts clau de la revolució química del segle XVIII.* Aureli Caamaño, catedràtic de física i química de secundària. La teoria de l'oxigen sobre la combustió i la calcinació dels metalls proposada pel químic francès Antoine Lavoisier va implicar el naixement de la química com a ciència moderna.

**Dimecres 16 d'octubre:** *El nitrogen, element imprescindible per als éssers vius.* Rossella Guerrieri, Universitat di Bologna i CREAM, i Sara Marañón, CREAM. El nitrogen, l'element més abundant a l'atmosfera, té una importància vital en molts processos orgànics. Com és que disminueix en els ecosistemes terrestres?

**Dimecres 20 de novembre:** *El carboni: de l'origen de la vida a la nanociència*. Gerard Tobias Rossell, Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC).

L'estructura particular del carboni li confereix propietats que el fan prou versàtil perquè sigui l'element bàsic de la vida alhora que s'empra en les tecnologies més modernes.

**Dimecres 11 de desembre:** *Elements de construcció i infraestructures*, Antonio Aguado de Cea, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB), UPC. Les particularitats d'alguns elements químics han permès d'emprar-los com a materials per a fer els habitatges que ens donen refugi i les infraestructures per on ens desplacem.

## **Sobre la història del descobriment de l'oxigen i altres punts clau de la revolució química del segle XVIII (18/09/2019)**

Dimecres 18 de setembre vam encetar els cafès científics de tardor, tot i que encara mancaven uns dies per canviar d'estació. En aquest darrer trimestre parlarem d'alguns elements químics per commemorar l'Any Internacional de la Taula Periòdica, que va ser declarat per l'Assemblea General de les Nacions Unides i la Unesco.

Se celebra enguany perquè es considera que el 1869 Dmitri Mendeléiev va concebre la primera taula periòdica dels elements, un dels èxits més significatius de la ciència, en el qual es basa l'essència no només de la química, sinó també de la física i de la biologia.

Al primer cafè va venir Aureli Caamaño, catedràtic de física i química de secundària, a parlar-nos sobre el descobriment de l'oxigen i la teoria de la combustió i la calcinació dels metalls, proposada pel químic francès Antoine Lavoisier (1743-1794). Les seves descobertes i el seu mètode d'experimentació van implicar el naixement de la química com a ciència moderna. Era un moment històric fascinant. Tant, que tres científics van arribar alhora a identificar l'oxigen, essent més o menys conscients de la seva



naturalista: el químic francès Antoine de Lavoisier, el teòleg i químic britànic Joseph Priestley i el farmacèutic suec Carl Wilhelm Scheele.

L'obra de teatre *Oxigen*, escrita per Carl Djerassi i Roald Hoffmann, intenta descriure el moment i esbrinar a qui s'hauria de donar el Premi Nobel, cas que es donés a persones mortes; per això proposa una trobada entre els tres savis, trobada que no es va donar. Com va anar la descoberta, doncs? Anem a pams.

### **El concepte d'element**

Els primers a parlar d'elements com a base de tota la matèria van ser els grecs, i, segons l'autor, van considerar que eren l'aire o l'aigua. Posteriorment, Aristòtil va proposar quatre elements: aire, aigua, terra i foc –a més de la quinta essència, que composava el que hi havia fora de la Terra.

Durant l'Edat Mitjana els alquimistes ja s'havien adonat que la teoria aristotèlica dels quatre elements no explicava el comportament de la matèria a la Terra; per la qual cosa al·listat n'hi van afegir una tríada: la sal, el sofre, responsable de la combustió i la lleugeresa, i el mercuri, responsable de la mal·leabilitat de la matèria.

Més endavant, Johann Joachim Becher (1635-1682) i Georg Ernst Stahl (1659-1734) van desenvolupar la teoria del flogist, que va estar vigent bona part del segle XVIII. El flogist era l'element responsable de la combustió, la calcinació de metalls (com ara l'oxidació del ferro) o la

putrefacció. Segons aquesta teoria, els materials combustibles i els metalls contenen flogist, i aquest element, quan té lloc la combustió o la calcinació emergeix i es dispersa per l'aire.

Ara sabem que una espelma encesa coberta per un recipient crema fins que acaba l'oxigen del lloc on és (o en queda tan poc que és insuficient per a mantenir la combustió), però la teoria del flogist donava una explicació diferent: l'espelma s'apagava perquè l'aire quedava «saturat» de flogist; és a dir, es convertia en un aire flogistitzat, que no permetia que continués la combustió.

En el cas de la combustió d'una espelma, constataren una pèrdua de pes: s'atribuïa al flogist que es perdia, evidentment. Ara bé, un metall que s'oxida guanya pes; de manera que en aquest cas, la teoria del flogist no encaixava. Tot i així es va mantenir vigent gairebé durant quasi tot el segle XVIII. Canviar de teoria costa molt si no n'hi ha una altra que reemplaci l'anterior.

Aureli ens explica un experiment més senzill que el de la combustió d'una espelma per provar-ho. En cremar un fregall de ferro els filaments canvien de color i de textura. Sembla que el metall s'hagi convertit en una substància que pesa menys; però, en pesar-lo, es detecta que en realitat ha guanyat pes. Aquest augment de pes, Antoine Lavoisier (1743-1794) el va atribuir encertadament a la combinació del ferro amb una part de l'aire, que va anomenar oxigen.

Per visualitzar si la combustió de l'espelma comporta la desaparició de l'oxigen i, fins i tot, saber quina proporció d'oxigen desapareix és freqüent la utilització de la següent experiència.

### **L'experiment**

Quan encenem una espelma dins d'un recipient, crema fins que exhaureix l'oxigen. Ara bé, si l'espelma està en un recipient amb aigua, l'aigua puja. Per què? La primera resposta és perquè la pressió dins del recipient, en desaparèixer l'oxigen, decreix en relació a la pressió atmosfèrica exterior.

Així, podríem dir que com que la pressió interna és menor, «succiona» l'aigua del recipient cap a l'interior. Però si ens fixem amb detall en quin moment puja l'aigua dins del recipient, ens adonarem que no ho fa d'una manera regular, sinó que té lloc bàsicament quan s'apaga l'espelma. Per què?

La raó és que quan s'apaga l'espelma, baixa la temperatura dels gasos que hi ha al recipient, que es contrauen i permeten que pugui pujar l'aigua. Per tant, la disminució de volum no és conseqüència de la desaparició de l'oxigen, sinó de la disminució de la temperatura.

Però ens hem centrat en la desaparició de l'oxigen sense tenir en compte els productes que es formen durant la reacció de combustió. Quins són? Sabem que l'equació química de la combustió de la matèria orgànica de la qual

està feta l'espelma és: matèria orgànica (ble i cera) + oxigen = > diòxid de carboni i aigua.

Si ens fixem en el got dins del qual s'ha cremat l'espelma, veurem que hi ha restat un tel: ja tenim localitzat el vapor d'aigua. Però, com podríem identificar el diòxid de carboni? Una manera seria comprovant que l'aigua s'ha tornat lleugerament àcida com a conseqüència de la dissolució del diòxid de carboni, que és una substància àcida.

Ens queda el dubte de la proporció de diòxid de carboni que s'haurà dissolt. Tanmateix, també ens caldria saber l'estequiometria de la reacció –el càlcul de les relacions quantitatives entre reactius i productes de la reacció– per poder predir si la combustió implica una disminució de la quantitat de gas contingut en el vas després de la reacció, i poder dir si aquest fet contribueix a la disminució de pressió que té lloc.

### **La idea d'element**

Reflexions com aquestes entorn de l'observació curiosa d'un experiment són les que van permetre establir els principis de la química moderna. La idea que l'aigua és un compost que es descompon en dos elements: *oxigen* (generador d'òxid) i *hidrogen* (generador d'aigua) és deguda a Antoine de Lavoisier.

També és de Lavoisier la idea que l'aire està compost per *oxigen* (que genera oxidació) i *nitrogen* (que no permet la vida: *azot*). Lavoisier va utilitzar la llei de la conservació de

la massa («la matèria no es crea ni es destrueix, només es transforma») en les seves argumentacions per interpretar les seves experiències.

Lavoisier es va poder dedicar a la química perquè era de casa bona i es va casar bé. Bona part dels experiments els va poder fer gràcies a la seva senyora, Marie-Anne Pierrette Paulze, que va traduir de l'anglès llibres de Joseph Priestley, Henry Cavendish i Richard Kirwan, i va ser la il·lustradora dels aparells que havien fet servir en els experiments en el famós *Tractat elemental de química*. Desafortunadament per a la incipient química, Lavoisier va morir relativament jove, als cinquanta anys, guillotinat durant l'època del el terror de la Revolució Francesa, acusat d'haver-se enriquit amb la recaptació d'impostos.

### **Quin va ser el paper de Priestley i Scheele?**

Abans que Lavoisier, Priestley va fer experiments dins d'un receptacle amb espelmes, plantes i ratolins. Un ratolí moria en un recipient on cremava una espelma, ja que la combustió exhauria l'oxigen. Però podia sobreviure si hi havia una planta, ja que la fotosíntesi és la reacció inversa a la respiració. Priestley va parlar, doncs, d'un tipus d'aire present en l'atmosfera que permetia de respirar. Es referia a l'oxigen, però parlava d'aire desflogistitzat, no va arribar a interpretar què era l'oxigen, tingués el nom que tingués.

Priestley –abans que cremessin la seva casa per ser partidari de la Revolució Francesa i d'exiliar-se a Pennsilvània ens els

primers anys dels Estats Units– assegurava que va escriure una carta a Lavoisier on li explicava l'experiment, per la qual cosa el va acusar d'haver-li copiat la idea. El francès assegurava que mai no havia vist la carta del britànic. Ara bé, entre la documentació de Lavoisier que va passar al Musée des Arts et Métiers es va trobar una carta escrita per Priestley on explicava els seus experiments. Si Lavoisier la va arribar a llegir o no, és tot un altre tema.

Quant al químic suec Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), que treballava com Priestley amb òxid de mercuri, probablement va deduir l'existència d'un gas com l'oxigen, però no ho va arribar a publicar. De manera que la interpretació de l'existència d'un element no descrit a l'aire i la publicació dels experiments que mostraven que es tractava de l'oxigen són deguts a Lavoisier.

### **Dels elements a la taula periòdica**

Les conclusions i els experiments de Lavoisier per estudiar les substàncies simples que no es descomponen, van ser determinants per a l'avenç de la química.

Més endavant, amb la teoria atòmica del britànic John Dalton (1766-1844) es va avançar en la comprensió de la composició de la matèria. L'italià Stanislao Cannizzaro (1826-1910) va resoldre la confusió entre àtom i molècula, reprenent la hipòtesi d'Amedeo Avogadro (1776-1856) que prenia com a unitat l'àtom d'hidrogen (de número atòmic 1).

I amb la classificació dels elements en la taula periòdica de Viktor Meier (1848-1897) i Dmitri Mendeléiev (1834-1907), que classificava els elements en files –que seguien el número atòmic creixent– i que saltava de línia cada vuit elements –en columnes amb els elements que repetien les propietats– es va obtenir una eina fonamental per a comprendre la composició de la matèria. La taula periòdica va ser una de les fites més significatives en el desenvolupament de la ciència, no només de la química.

### **Més informació**

Strathern, Paul: El sueño de Mendeléiev. *De la alquimia a la química*. Editorial Siglo XXI

Román Polo, Pascual: *El profeta del orden químico. Mendeléiev*. Editorial Nivola

Bensaude-Vincent, Bernardette & Stengers, Isabelle: *Historia de la Química*, Addison-Wesley-UAM

Bertomeu Sánchez, J.R. & García Belmar, A, *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Publicacions de la Universitat de València

Sacks, Oliver: *El tío Tungsteno. Recuerdos de un químico precoz*. Editorial Anagrama

Levi, Primo: *El sistema periódico*.

## **El nitrogen: element imprescindible per als éssers vius (16/10/2019)**

Ahir, dimecres 16 d'octubre, al segon cafè científic de tardor a la Casa Orlandai, van venir dues joves investigadores que van coincidir al CREA amb una beca Marie Skłodowska Curie: Sara Marañón i Rossella Guerrieri –aquesta darrera ha guanyat una plaça a la Università di Bologna.

En el trimestre dedicat a la commemoració de la taula periòdica van venir a parlar-nos sobre el nitrogen, l'element més abundant a l'atmosfera, imprescindible per a molts dels processos orgànics que es donen en els éssers vius. Forma part no només dels enzims que catalitzen els processos, sinó també de les proteïnes que formen els músculs o d'estructures com els àcids nucleics.

### **El nitrogen a les plantes**

Les plantes necessiten nitrogen de la mateixa manera que requereixen carboni per a construir la glucosa, que formarà els seus teixits i el material de reserva, i també proporcionarà energia quan calgui. El nitrogen és present en un enzim (RuBisCO) imprescindible perquè tingui lloc la fotosíntesi, que es realitza a les fulles. Amb els compostos generats a les fulles, a partir del carboni assimilat i per la disponibilitat de nitrogen, les plantes formaran les seves



estructures, més fulles, fusta..., el que requereixen per a viure.

Sara diu que les plantes necessiten carboni i nitrogen per a créixer, com nosaltres podríem necessitar un entrepà de pernil. En la metàfora, el pa aporta el carboni en forma de carbohidrats, mentre que el pernil aporta el nitrogen, en forma de proteïnes. I de la mateixa manera que hi ha una relació entre el carboni i el nitrogen que obtenim de l'entrepà, hi ha una relació entre la quantitat de carboni i nitrogen òptima, que necessiten les plantes, una relació que se'n diu estequiomètrica. És cert que també necessiten una quantitat d'altres elements, com ara fòsfor, potassi, magnesi...

Sara i Rossella van coincidir en un estudi que posa de manifest que cada vegada hi haurà menys nitrogen disponible per a les plantes. Elles ho van trobar buscant la relació entre dues formes isotòpiques del nitrogen: l' $N^{14}$  i l' $N^{15}$ , més pesat perquè té un neutró més. En la disminució del nitrogen disponible per a les plantes hi influeixen dos factors: d'una banda, que el  $CO_2$  que augmenta té un efecte fertilitzant, és a dir, afavoreix la fotosíntesi i en conseqüència la quantitat de carboni assimilat, cosa que provoca una «dilució» del nitrogen a les fulles.

D'una altra banda, com que s'ha allargat el període de creixement de les plantes –la primavera s'ha avançat setmanes i la tardor s'ha endarrerit–, la demanda de

nitrogen és més gran. L'estudi conclou que el nitrogen dels ecosistemes terrestres ha disminuït un 9% en els darrers quaranta anys. L'estudi s'ha realitzat en ecosistemes naturals, lluny de la fertilització artificial dels camps.

Els cultius són dependents de les aportacions humanes de nitrogen, ja que es retira matèria orgànica (la collita). Als boscos en condicions naturals, on no es retira la matèria, no cal adobar perquè els vegetals hi creixin bé. Però, les comunitats vegetals naturals poden absorbir una quantitat determinada de nutrients; si se'n llancen més, no se n'absorbeixen més. L'excés de nitrogen i d'altres components de l'adob es perd per lixiviació, rentat.

Aquest lixiviat acaba dipositant en llacs o rius, on provoca un creixement «explosiu» d'algues –en un procés d'eutrofització– que gasta l'oxigen i esdevé el factor limitant, de manera que no permet el creixement d'altres organismes. Per això cada cop més es fertilitza les plantes per degoteig amb quantitats controlades de fertilitzants.

### **Com obtenen el nitrogen les plantes?**

Les plantes obtenen el carboni del CO<sub>2</sub> de l'atmosfera, que hi és present en baixa quantitat. Ara bé, per més que el nitrogen sigui l'element més abundant a l'atmosfera –pràcticament el 80%–, no està en forma disponible per als éssers vius. Sara ho compara amb el grafit, que tot i ser carboni no és assimilable per nosaltres.

Per a obtenir el nitrogen necessiten la presència de bacteris fixadors de nitrogen, que s'associen fàcilment amb les lleguminoses. (Per això es recomana alternar els conreus amb lleguminoses i altres vegetals.) Rossella ens fa un esquema del cicle del nitrogen a la pissarra (com el que enllacem de la Viquipèdia). Sara el complementa comparant les bactèries del sòl, que són a les plantes com la nostra flora intestinal: imprescindibles per a la vida. Així, les plantes obtenen el nitrogen que necessiten del sòl, del reciclatge de la matèria orgànica en descomposició.

És a dir, quan les fulles i la matèria orgànica cauen al sòl són descompostes per microorganismes del sòl. D'aquesta manera, el nitrogen que contenen les fulles és alliberat de nou i posat a disposició de les plantes perquè el reabsorbeixin.

Rossella també ens explica que les plantes s'ajuden entre elles, es connecten per les arrels; si a una li manca un element (carboni o nitrogen, posem per cas), una altra, per via subterrània, li'n subministra. Per això desenvolupen llargues arrels a les quals se'ls associen fongs que les ajuden a buscar nutrients. Els fongs (micorrizes) proporcionen nutrients –com ara nitrogen– a les plantes i les plantes, a canvi, subministren a les micorrizes exsudats amb els compostos producte de la fotosíntesi. S'ha trobat que les plantes a les quals se'ls afegeixen adobs, les micorrizes hi creixen poc perquè a les plantes no els cal anar a buscar els nutrients.

També Rossella ens explica que els gasos emesos pels humans –bàsicament, òxids de nitrogen– són transportats pel vent i poden arribar als vegetals. En principi podria ser una forma també d'absorció del nitrogen; però no és una bona solució, ja que aquesta acció humana també augmenta el diòxid de carboni, que incrementa l'efecte hivernacle.

### **Quins efectes tindrà la pèrdua de nitrogen disponible per a les plantes?**

Atès que el nitrogen és bàsic per a realitzar la fotosíntesi, la seva disminució podria provocar que les plantes minvin la seva capacitat de segrestar carboni de l'atmosfera; efecte que no ajudarà a mitigar l'augment global de temperatura.

Ens expliquen també que el nitrogen és el factor limitant en els boscos de la nostra latitud; en els boscos tropicals el factor limitant és el fòsfor. A les latituds pròximes a l'equador, on la temperatura és elevada, les reaccions tenen lloc a una velocitat elevada, de manera que els bacteris de seguida descomponen la matèria orgànica morta alliberant nitrogen al sòl, que és absorbit de nou per les plantes. La major part dels nutrients dels sòls tropicals es troben en la matèria orgànica en descomposició, per la qual cosa els sòls de les selves són en realitat molt pobres, però molt eficients.

Per contra, en els boscos de regions més septentrionals les reaccions són més lentes per la baixa temperatura. Els bacteris i altres organismes descomponedors triguen més a fer la feina, per la qual cosa hi ha un gruix de sòl fèrtil,

d'humus (d'on prové la paraula «humà»). Hi ha, però, diferències entre els boscos caducifolis i els perennifolis. Les fulles dels arbres dels boscos caducifolis són més riques de nitrogen, per això el sòl està més fertilitzat i hi ha més plantes al sotabosc. Les fulles dels arbres perennifolis, com les coníferes, s'anomenen recalcitrants perquè són pobres de nitrogen i riques de carboni, la qual cosa fa que costi molt que es degradin. Per això el sotabosc és pobre, com succeeix també en els boscos d'eucaliptus, atès que coníferes i eucaliptus fan que el pH del sòl sigui més àcid.

Algú del públic pregunta per les plantes del desert. Rossella i Sara ens expliquen que són plantes molt estalviadores, ja que el factor limitant en aquest cas és l'aigua. De manera que han trobat una situació de compromís per alimentar-se i no deshidratar-se. No perden fulles, perquè pràcticament no en fan, les han transformades en espines. Les arrels són molt superficials per aprofitar la poca aigua que pot deixar la rosada. La tija pot fer la fotosíntesi. I la fotosíntesi la fan de nit! Obren els estomes per prendre el CO<sub>2</sub> en el moment més fresc per no perdre vapor d'aigua i deshidratar-se. Són plantes de metabolisme CAM.

Ens mostren una part del material que feien servir en el seu estudi: les fulles moltes, ben moltes, i la càpsula on posaven la mostra per dur a calcular la concentració de nitrogen de les fulles.

## **Com heu arribat fins aquí?**

Sara Marañón ens explica que va llicenciar-se en Ciències Ambientals i va fer la tesi a la Universitat de Granada, sobre la gestió forestal més adequada a una zona de Sierra Nevada pròxima a Lanjarón que va patir un incendi. Va trobar que, com més assequible es deixés la fusta al bosc, millor es recuperava el bosc: en els troncs cremats tallats mantinguts en el bosc, els descomponedors actuaven millor i la matèria orgànica retornava al sòl amb més facilitat; i a més les restes de fusta cremada ajudaven a mantenir la humitat del sòl i suavitzar-ne la temperatura. Després va fer postdocs a Alemanya i Bèlgica, recerca a Islàndia i altre cop a Granada. La beca Marie Curie que va guanyar per estudiar el material de la seva tesi (buscant nitrogen, en aquest cas, i no carboni) es va acabar l'agost de 2019. Ara fa la suplència d'una professora de la UAB, a mitja jornada.

Rossella Guerrieri va estudiar enginyeria forestal a Itàlia. Després va fer estades de recerca al Regne Unit, als Estats Units i al CREAM, i ara ha tornat a Itàlia. Va estudiar l'efecte de la contaminació en la fisiologia dels arbres prenent com a mostra testimonis dels anells dels arbres per mesurar els isòtops de carboni, nitrogen i oxigen. Com responien en l'equilibri entre la fotosíntesi i la transpiració? Doncs va trobar que els arbres també incorporen nitrogen per les fulles.

Nota: Una menció a la història del nitrogen la va fer Aureli Caamaño en el cafè científic sobre la història del descobriment de l'oxigen.

## **El carboni: de l'origen de la vida a la nanociència (20/11/2019)**

Ahir, dimecres 20 de novembre, va venir Gerard Tobías Rossell, de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC), per parlar-nos sobre el carboni, element present en l'origen de la vida i en la nanociència, en el trimestre dedicat a la taula periòdica.

La particular naturalesa del carboni li confereix propietats que el fan prou versàtil perquè sigui l'element bàsic de la vida, alhora que es fa servir en les tecnologies més modernes.

El carboni és l'element substancial de la matèria viva, combinat amb altres elements com l'oxigen, l'hidrogen i el nitrogen. Es creu que la incidència de llamps, o de l'energia deguda a radiació natural en la combinació d'aquests elements en les formes més simples (metà, vapor d'aigua, amoníac i hidrogen), presents en l'atmosfera arcaica de la Terra, van donar lloc als primers components de la matèria orgànica. Això es el que va mostrar Stanley Miller en el seu famós experiment de 1953, quan era estudiant de Harold Urey.

El carboni també és present en els combustibles fòssils, com a residu de matèria orgànica. De fet, el carboni és el segon



element més comú (en pes) en el cos humà. El primer és l'oxigen i el tercer, l'hidrogen; per la composició de l'aigua, entorn del 70% en les persones.

### **Compostos naturals formats per carboni**

Els compostos formats exclusivament per carboni que es poden trobar a la natura són els diamants i el grafit. Els diamants estan formats per àtoms de carboni enllaçats a altres quatre àtoms mitjançant enllaços tetragonals. Aquesta forma tridimensional és la que li dona la duresa. El grafit, tot i estar format també exclusivament per carboni, té unes propietats ben diferents (i també un cost d'adquisició ben diferent!).

El grafit està format per làmines de carboni en les quals cada àtom està enllaçat a uns altres tres, fent una estructura bidimensional. Els enllaços en el pla són forts, però entre les làmines són febles. Per això el grafit, que el coneixem perquè forma la mina dels llapis barrejat amb argila i ceres –motiu de les diverses consistències–, deixa el rastre quan fem pressió sobre el paper. En cada guixada deixem moltíssimes nanolàmines de grafit.

### **Compostos nanomètrics de carboni**

Altres compostos formats per carboni i de mesures molt més petites van poder ser detectats amb l'avenç de la microscòpia electrònica, tant de transmissió –que revela l'estructura de la xarxa d'àtoms– com de rastreig –que revela la superfície de substàncies ben petites. Un gran

avenç per a la nanotecnologia va ser la imatge d'àtoms de xenó manipulats per IBM per escriure el seu logo. Però, què significa «nano»?

L'escala nanomètrica és la que es refereix a mesures de l'ordre de  $10$  elevat a menys  $9$ . És a dir, mil milions més petit que un metre. L'escala mil·li és el mil·límetre (les divisions més petites d'un centímetre de modista); l'escala micro és la de la cèl·lula (i el gruix d'un cabell), l'escala nano és encara mil vegades més petita. Els compostos nanomètrics exclusius de carboni més estudiats són tres: full·lerens, nanotubs i grafè. Els tres presenten estructures formades per molècules de benzè, unions d'anells de sis àtoms de carboni.

Els primers compostos formats únicament per carboni que es van crear van ser els full·lerens, que van ser publicats el 1985. Són estructures estables, i els més abundants són els de seixanta àtoms de carboni, organitzats en vint hexàgons i dotze pentàgons. El seu nom prové de l'arquitecte Buckminster Fuller, que va crear una cúpula geodèsica.

Es van detectar quan s'inspeccionaven les restes de grafit irradiat per un làser. Per la determinació de la seva estructura, i degut a la versatilitat química dels full·lerens –fins i tot poden actuar com a contenidors d'altres compostos–, els seus descobridors van rebre el Premi Nobel de Química l'any 1996. Només per fer-nos càrrec de les

dimensions: la relació entre un full·lerè i una pilota d'handbol és la mateixa que hi ha entre una pilota d'handbol i la Terra.

L'estructura dels nanotubs va ser publicada per primera vegada a *Nature* l'any 1991, mentre buscaven de fer full·lerens. Són hexàgons de carboni que fan una estructura tancada, que també pot ser emprada com a contenidor. El seu descobridor va ser guardonat amb el Premi Príncep d'Astúries l'any 2008.

El grafè va ser el tercer nanomaterial format únicament per carboni que va atraure l'atenció dels científics. El van aconseguir separant làmines de grafit, fins que només en va quedar una del gruix d'un àtom. Ho van aconseguir separant-les amb cinta adhesiva. Els seus descobridors van rebre el Premi Nobel de Física el 2010.

El grafè és un bon conductor elèctric, perquè és un semimetall i té electrons deslocalitzats. És un bon conductor tèrmic. I té una bona resistència mecànica. De manera que les propietats del grafè han fet que la Unió Europea hagi destinat mil milions d'euros a Graphene Flagship, el buc insígnia de la recerca en el grafè. Amb grafè s'ha fet material esportiu, vaixells, matalassos (perquè dissipa la calor). Un dels principals objectius, però, és poder utilitzar el grafè per als terminals mòbils; Samsung té centenars de patents de grafè.

## **La nanotecnologia del carboni en medicina**

Com que les estructures del carboni són bàsicament inertes i algunes són buides, ofereix una gran versatilitat per poder ser emprat en medicina. Per exemple, per a guarir lesions medul·lars, tant els nanotubs de carboni com les estructures poroses basades en grafè poden ser implantats a la zona lesionada; amb estímuls elèctrics es pot afavorir el creixement les neurones.

Els nanotubs de carboni també poden ser emplenats amb fàrmacs. I entre els fàrmacs hi pot haver els que tracten neoplàsies cancerígenes. Però, com es pot arribar al tumor? Les neoplàsies es caracteritzen pel fet que per créixer han d'estar molt irrigades, de manera que la sang hi passarà tard o d'hora. Seria com una diana passiva. S'estan buscant dianes específiques que puguin reconèixer exclusivament les lesions neoplàsiques. Com per exemple en les corones de proteïnes, que també eviten que el nanomaterial sigui considerat un cos estrany per l'organisme.

Amb nanotubs també es pot regular millor l'alliberament del fàrmac, de manera que no hi hagi una pujada forta després del moment de l'administració, sinó que els nivells en sang es mantinguin més constants. Això també fa que l'eliminació per orina sigui menor i, per tant, s'aprofiti molt més. I, d'una altra banda, també s'estudia la possible toxicitat dels nanotubs; a l'inici es va pensar que podien actuar de manera tòxica com l'asbest, però això s'ha descartat perquè els que

s'utilitzen en aquesta aplicació són molt més petits que una cèl·lula.

En teràpia oncològica, un altre tipus de tractament, es fa amb nanopartícules de vidre recobertes d'or, que són conduïdes fins a la zona crítica. Un cop en el tumor, escalfar el metall per sobre de 40 °C provoca la mort de les cèl·lules que l'envolten.

L'equip de Gerard a l'ICMAB estudia introduir elements radioactius dins de nanotubs per tractar lesions oncològiques; com es podrien dirigir al punt concret, de manera que no es veiés lesionat teixit sa. Estan treballant amb un consorci de diversos centres de recerca europeus cada un dels quals té la funció d'estudiar un dels processos: pel·lícula que recobreix el nanotub, el nanotub en ell mateix, els elements radioactius terapèutics, encertat la diana... Per descomptat, tota la recerca la fan seguint els requisits bioètics corresponents, per exemple, en l'ús d'animals.

### **Gerard, com vas acabar estudiant nanotubs en teràpia oncològica?**

Jo havia fet químiques i m'havia doctorat en ciències dels materials, concretament química de l'estat sòlid i estructura electrònica. El 2003 vaig sentir parlar del creixement dels cristalls més petits del món a l'interior de nanotubs de carboni, aleshores una disciplina incipient. L'any següent, en acabar la tesi, vaig escriure al ponent i vaig tenir la sort que aleshores marxava un seu postdoc i vaig poder fer un

postdoc amb ell a Oxford amb una beca Marie Curie.  
Després vaig saber que es convocava una plaça a l'ICMAB,  
vaig presentar el projecte de recerca i el van acceptar. De  
manera que he tingut molta sort a la vida!



## **Material de construcción: el hormigón (11/12/2019)**

Ayer, miércoles 11 de diciembre, vino al café Antonio Aguado de Cea, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSECCPB), de la UPC, para hablar de elementos de construcción e infraestructuras. Habló, básicamente, de su especialidad: el hormigón, y nos descubrió un mundo.

Los materiales de construcción más antiguos se usaban directamente, sin elaborar, solamente se les daba forma; entre ellos cabe mencionar la madera, la piedra, la arcilla o la paja. Pronto (hace quince siglos) se elaboraron materiales como el adobe, piezas a base de una mezcla de barro y paja secadas al sol. Los primeros ladrillos cocidos datan de hace seis mil años. Pero el hormigón llegó algo después.

### **La composición**

El hormigón es una piedra artificial formada por cemento, grava y arena; cuando se le añade agua, las propiedades del cemento –caliza (carbonato cálcico) y arcilla (silicatos de aluminio) calcinadas y posteriormente molidas, a las que se añade yeso (sulfato de calcio)–, la mezcla endurece. Según el grano de la arena o de la grava se obtiene un hormigón más o menos compacto.

Cuanto más pequeña sea la grava, más compacto será el hormigón. Este hormigón compacto se puede utilizar, por ejemplo, para suelos de hormigón pulido (terrazo en piezas



prefabricadas o pavimentos continuos de hormigón). Con un árido más grande obtendremos un producto más masivo, como el que se utiliza para cimentaciones y pilares. El hormigón se puede mezclar con algún tipo de aditivo para mejorar sus características, dependiendo del uso que se le vaya a dar a la mezcla.

Un kilo de hormigón cuesta 0,06 euros. Ningún material de construcción es más barato. Y como se adapta a cualquier forma (se puede moldear, se puede proyectar a la pared de un túnel, como se realiza en el estucado de paredes), es un material muy versátil. El precio y la adaptabilidad lo hacen un material difícil de sustituir en construcción.

### **La resistencia**

La principal característica estructural del hormigón es su resistencia a la compresión. Pero no tiene una buena resistencia frente a la tracción o la flexión; se puede fisurar. Por eso se suele usar con armaduras de acero, en forma de hormigón armado; el acero sí aguanta bien la tracción.

Para darle resistencia se debe compactar, como se compactan los castillos en la arena, para cerrar los poros. Cualquier hueco es susceptible de ser la entrada de sustancias, como el agua con cloruros o sulfatos, que dañen la mezcla endurecida.

El hormigón es como una estructura viva, que cambia con el tiempo. Los problemas con el hormigón surgen habitualmente por el agua. Bien en el momento de la

fabricación, porque pierde agua y por tanto se contrae y pierde volumen (retracción), bien porque el agua, el CO<sub>2</sub> u otras sustancias penetran. Por eso, uno de los peores ambientes para el hormigón es una estructura marina. Y de todas las posibles situaciones –contacto aéreo con atmósfera marina, intermareal y sumergida– la peor es la intermareal porque recibe las mareas (cíclicamente está mojado y después seco) y las salpicaduras.

### **La historia**

Material conglomerado, constituido por fragmento o polvo de una o varias sustancias (arena, arcilla, madera) prensadas y endurecidas con un aglutinante lo hay en la naturaleza, como el granito en Montserrat. Pero pronto se descubrió que se podían mezclar elementos para obtener materiales de construcción. Los egipcios y los griegos usaron pastas elaboradas con yesos o calizas. Los griegos le añadieron arena y tejas o ladrillos triturados, y emplearon tobas volcánicas de Santorini. Y surgió el hormigón. Los antiguos romanos utilizaron tierras y cenizas volcánicas del Vesubio, de la localidad de Pozzuoli, de manera que se denominaron *puzolanas*.

Durante la Edad Media el hormigón cayó en desuso. Se recuperó en el siglo XVIII y se volvió a generalizar su uso en construcción. El hormigón llegó a Cataluña y a la península porque lo trajo Francesc Macià. A principios de la década de 1890, como ingeniero militar, con grado de teniente coronel,

en un viaje a Francia conoció su uso y se trajo la patente para construir el depósito de Puigvert, en Lérida. Fue la primera estructura de hormigón construida en España y todavía permanece en uso.

Después se utilizó en infraestructura civil. Y en hormigón se construyó el hotel Ritz, primero el de Barcelona y después el de Madrid. Y edificios en la nueva Vía Layetana, abierta en 1910. En el siglo xx, la industria del hormigón tuvo su auge. La posibilidad de utilizar materiales reciclados en el hormigón disminuye el impacto ambiental de la industria del cemento. Esta secuencia: depósitos, ingeniería civil y construcción, es la que siguieron casi todos los países; los humanos somos los últimos en recibir los experimentos, usamos las materias cuando han sido probadas en otras condiciones.

### **Construcciones de hormigón**

Gaudí, que era un gran estructuralista y conocedor de los materiales, construyó con hormigón la caseta del conserje del parque Güell, donde ahora se venden recuerdos y suvenires.

De hormigón son las baldosas de suelo de terrazo, con capas de distinta finura en el grano. Y de hormigón son las barreras New Jersey (separadores de tráfico) de autopistas y autovías, estudiadas para que si un coche se sube a ellas, no cruce la calzada y se evite, por lo tanto, un peligroso choque frontal; y para que al bajar no invada el carril contiguo que

corre en paralelo. De hormigón es buena parte del mobiliario urbano.

Las centrales nucleares están construidas de hormigón, revestido por una camisa metálica interior que impide fugas de radiactividad (el hormigón es poco poroso pero no impermeable). Como siempre, la soldadura (junta entre las planchas de acero) es el lugar más crítico, como cualquier frontera. Por eso se realizan radiografías, para ver si las soldaduras están bien conseguidas. En situación de guerra, por ejemplo, cuando todo el acero ha de ir a armamento, se han llegado a construir barcos de hormigón.

De hormigón también es la Ciudad de la Justicia de Barcelona y Hospitalet, al que añadieron pigmento de diferentes colores, según el edificio.

Antonio ha participado en la revisión de distintos edificios construidos con hormigón que habían presentado algún problema, como la casa museo de Gaudí, en el parque Güell; el puente de María Cristina, en San Sebastián, y Vil·la Joana, la casa museo de *mossèn* Cinto Verdaguer.

Ahora se está estudiando utilizar el hormigón como conductor de música y otras señales. O que pueda transmitir electricidad y derretir la nieve y el hielo de una carretera. También puede absorber CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno (NOx).

### **Antonio, ¿cómo te dedicaste a estudiar el hormigón?**

Muy fácil, a cara o cruz. Soy de Santander –la ciudad con la bahía más bonita del mundo– y había estudiado ingeniería allí. Al terminar, me quería quedar porque tenía la novia ahí. Entonces el profesor dijo: «¿Quién quiere hacer una tesis?», y tres levantamos la mano. Uno tuvo asignado el tema, rápido. Entre los otros dos nos jugamos a cara o cruz el hormigón o un desarrollo matemático. Salió cara y me tocó hacer una tesis sobre el hormigón. Eso sí, después de haber hecho la tesis en Fortran, juré no tocar nunca más un ordenador, y ¡hasta hace trece años lo conseguí!

Como pasa con todo tema en el que te sumerges, este me atrapó. Ahora evalúo construcciones de hormigón, que recupera su buena prensa gracias a la sostenibilidad. Y es fantástico, porque cada día aprendo algo.

A Antonio le sabe mal que, a pesar de todas las ventajas, el hormigón tenga mala prensa. Por eso quiere que nos llevemos a casa al menos un solo mensaje: «El hormigón es un material muy noble».

### **Més informació als cafés científics**

*Les estructures humanes: ponts, canals i ports*, amb Antonio Marí (14/06/2019)

## Índex terminològic

- abella de la mel, 48, 50
- abella solitària, 1, 45, 46, 48, 49
- abella-llop, 49
- abellot, 48
- àcid nucleic, 71
- activitat sísmica, 9, 12
- ADN, 53, 54, 55
- ADN mitocondrial, 55
- Àfrica, 14, 19, 52, 54, 56
- Agència Estatal de Meteorologia, AEMET, 32
- Aguado de Cea, Antonio, 62, 86
- albúmina, 41
- Alemanya, 77
- Alps, 58
- anatomia òssia, 54
- Andalucía, 33
- Andaman, illes, 56
- Any Internacional de la Taula Periòdica dels Elements Químics, 61
- arcilla, 86, 88
- Àrea Metropolitana de Barcelona, 28
- Aristòtil, 64
- arquitectura bioclimàtica, 33
- arquitectura rural, 33
- asbest, 84
- Àsia, 19, 54, 56
- Assemblea General de les Nacions Unides, 61, 63
- astenosfera, 8, 9
- Atlàntic, oceà, 9, 10, 14
- Atlàntica Sud, 14
- Atles de núvols, llibre, 35
- atmosfera, 1, 6, 27, 61, 68, 71, 73, 75, 79
- atmosfera intermareal, 88
- atmosfera marina, 88
- atmosfera terrestre, 6, 27
- àtom, 69, 80, 82
- àtom de carboni, 80, 81
- Austràlia, 19, 56
- Avogadro, Amedeo, 69
- azot, 67
  
- bactèria del sòl, 74
- Badalona, 30
- Balcombe, Johathan, 26
- Banyoles, estany de, 24
- Barcelona, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 79, 89, 90
- bassal pluvial, 19
- Bèlgica, 77
- Bertranpetit, Jaume, 58
- Besós, riu, 28, 30
- bigoti sensitiu, 21
- bioimpressió, 6, 37
- bioinformàtica, 51, 59
- biologia, 5, 17, 43, 45
- bioluminiscència, 18
- borinot, 45, 46, 48
- bosc caducifoli, 76
- bosc perennifoli, 76
- Bosch, Jordi, 50
- bufeta natatòria, 22, 23
  
- Caamaño, Aureli, 61, 63, 78
- Cabrera, Mercedes, 7
- cadena muntanyosa, 5, 7
- Calafell, Francesc, 59
- calcinació, 61, 63, 64
- Califòrnia, 10
- caliza, 86
- cambio climàtic, 1, 33, 35
- camp geomagnètic, 11
- càncer, 19, 41
- Cannizzaro, Stanislao, 69
- canvi climàtic, 6, 25, 27, 49
- cañon urbà, 29
- capoll, 47
- carbohidrat, 72

carbonato càlcico, 86  
 carboni, 2, 62, 67, 71, 72,  
 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80,  
 81, 82, 83, 84  
 carpa, peix, 20, 24  
 casa museo de Gaudí, 90  
 casa museo de *mossèn* Cinto  
 Verdaguer, 90  
 Casa Orlandai, 71  
 Castelldefels, 30  
 Cavendish, Henry, 68  
 cèl·lula, 38, 81, 84  
 cèl·lula embrionària, 39  
 cèl·lula endocrina, 40  
 cèl·lula mare, 6, 37, 38, 39,  
 40  
 cèl·lula pluripotencial, 38  
 cemento, 86, 89  
 Centre de Recerca Ecològica i  
 Aplicacions Forestals,  
 CREA, 43, 45, 61, 71, 77,  
 78  
 Centre de Recerca en Salut  
 Internacional de Barcelona,  
 CRESIB, 41  
 Centre Nacional d'Anàlisi  
 Genòmica i Centre per a la  
 Regulació Genètica, CNAG-  
 CRG, 43, 51  
 Cercle Circumpacífic, 9  
 cicle alpí, 14  
 cicle Varisc, 13  
 ciclón, 34  
 ciència ambiental, 77  
 ciència ciutadana, 32  
 ciència dels materials, 84  
 citoplasma, 38  
 Ciutadella, parc de la, 32  
 clima, 27  
 climatologia, 28  
 Collserola, 32  
 combustió, 61, 64, 65, 66,  
 67, 68  
 compatibilitat bioquímica, 53  
 composició de la matèria, 69,  
 70  
 compost nanomètric, 71, 74,  
 80, 81  
 conca mediterrània, 52  
 concentració de nitrogen, 76  
 continuïtat genètica, 58  
 corrient de El Niño, 35  
 crisi salina del Messinià, 15  
 cuenca mediterrànea, 33  
 cúpula geodèsica, 81  
 Cyprinus carpio, 20  
  
 Dalton, John, 69  
 Danio rerio, 19  
 Del Río, Josep Antoni, 37  
 Deníssova, Rússia, 55  
 Departament de Biologia  
 Cel·lular, UAB, 5, 17  
 Departament de Fisiologia i  
 d'Immunologia, UAB, 5  
 depòsit de Puigvert, Lèrida,  
 89  
 depressió, 54  
 desembocadura del Ebro, 35  
 Diagonal, 30  
 diamant, 80  
 Diario de Barcelona, 34  
 diòxid de carboni, 67  
 diòxid de carbono, 72, 73,  
 76, 88, 90  
 dipnou, 19  
 diversitat genètica, 51, 52  
 Djerassi, Carl, 64  
 DNA nuclear, 38  
 dorsal oceànica, 9, 11  
  
 ectoderma, 38  
 Edat Mitjana, 64  
 efecte hivernacle, 75  
 efecto invernadero, 34  
 efecto isla de calor, 27, 29,  
 32  
 El ingenio de los peces, llibre,  
 26

embrió, 38  
 endoderma, 38  
 enginyeria forestal, 77  
 enllaç tetragonal, 80  
 enzim, 71  
 Ernst Stahl, Georg, 64  
 erupción volcánica, 34, 35  
 escala micromètrica, 81  
 escala mil·limètrica, 81  
 escala nanomètrica, 81  
 Escola Tècnica Superior  
 d'Enginyers de Camins,  
 Canals i Ports de Barcelona  
 (ETSECCPB), UPC, 62  
 Escuela Tècnica Superior de  
 Ingenieros de Caminos,  
 Canales y Puertos de  
 Barcelona (ETSECCPB),  
 UPC, 86  
 espècie pelàgica, 23  
 espermateca, 48  
 espermatozou, 53  
 esqualè, 23  
 Estats Units, 12, 49, 69, 77  
 estequiometria, 67  
 estequiomètrica, relació, 72  
 estoma, 76  
 estructura bidimensional, 80  
 estructura cerebral, 54  
 estructura electrònica, 84  
 estructura genètica, 51  
 Euler, Leonard, 13  
 Eurasia, 14  
 Europa, 30, 53, 54  
 expressió gènica, 25

Facultat de Geografia, UB,  
 28, 29  
 falla de San Andrés, 10  
 fase embrionària, 20  
 Filipines, 56  
 fisiologia, 17, 77  
 flogist, 64, 65  
 flora intestinal, 74

fong, 74  
 fons abissal, 18  
 fons oceànic, 11  
 forma isotòpica, 72  
 Fortran, 91  
 fòsfor, 72, 75  
 fòssil, 10, 53, 54, 55, 57, 79  
 fotosíntesi, 18, 68, 71, 72,  
 74, 75, 76, 77  
 ful·lerè, 81, 82  
 Fuller, Buckminster, 81

Garmendia, Cristina, 7  
 Gaudí, Antoni, 89  
 gen FOXP1, 55  
 genoma, 2, 20, 53, 54, 57  
 genoma extern, 57  
 geofísica, 7  
 geologia, 7  
 gestió forestal, 77  
 Gibraltar, estret de, 15, 34,  
 35  
 glucosa, 71  
 Gondwana, 10  
 grafè, 81, 82, 83  
 grafit, 73, 80, 81, 82  
 Granada, 77  
 Graphene flagship, 82  
 guanxe, 57  
 Güell, parque, 89, 92  
 guerra freda, 12  
 Guerreri, Rossella, 61, 71, 77  
 Gurdon, John, 38

hemoglobina, 20, 21  
 hibridació, 54, 55  
 hidrogen, 67, 69, 79, 80  
 Himàlaia, 9  
 hipertermia aguda, 31  
 histocompatibilitat, 39  
 Hoffmann, Roald, 64  
 Holmes, Arthur, 11  
 homínid denissovà, 55



hormigón, 2, 86, 87, 88, 89,  
 90, 91  
 Hospital de Sant Pau, 42  
 Hospitalet, 28, 90

inclinació magnètica, 11  
 infraestructura civil, 89  
 insolación, 28  
 Institut Català de Recerca i  
 Estudis Avançats, ICREA,  
 7, 42  
 Institut de Ciències de la  
 Terra Jaume Almera,  
 ICTJA-CSIC, 5, 7  
 Institut de Bioenginyeria de  
 Catalunya, IBEC, 6, 37, 41,  
 42  
 Institut de Ciència de  
 Materials de Barcelona,  
 ICMA, 62, 79, 84, 85  
 Institut de Ciència de  
 Materials de Barcelona,  
 ICMA-CSIC, 62  
 Institut de Recerca de  
 l'Aigua, UB, 6, 27  
 Instituto de Salud Global de  
 Barcelona, ISGlobal, 30  
 intel·ligència artificial, 57  
 International Business  
 Machines, IBM, 81  
 Islàndia, 77  
 isòtop de carboni, 77  
 Itàlia, 77  
 Izpisúa, Juan Carlos, 42

Joaquim Becher, Johann, 64

Kirwan, Richard, 68

Lanjarón, Granada, 77

Lao, Òscar, 43, 51  
 larva, 46, 47  
 Lauràsia, 10  
 Lavoisier, Antoine, 61, 63, 65  
 lesió medul·lar, 83  
 litosfera, 7, 8, 9  
 litosfera oceànica, 7, 11  
 lixiviació, 73  
 Londres, 30, 31  
 Losarcos, Javier, 43, 45

Macià, Francesc, 89  
 mamífer, 18  
 manchas solares, 35  
 mantell litosfèric, 8  
 mapa de isoterms, 30  
 mar Mediterrània, 14  
 Marañón, Sara, 61, 71, 77  
 Marie Skłodowska Curie,  
 beca, 71  
 Martín Vide, Javier, 6, 27  
 massa continental, 8, 10, 14  
 Massís Ibèric, 13  
 matèria orgànica, 66, 73, 74,  
 75, 77, 79  
 material genètic, 53  
 matriu extracel·lular, 40, 41  
 McKenzie, Dan, 12  
 medicane, 34  
 Megachile, abella, 46  
 Meier, Viktor, 70  
 Mendeléiev, Dmitri, 61, 63,  
 70  
 Menorca, 13  
 mercuri, 64, 69  
 mesoderma, 38  
 Messina, Itàlia, 15  
 metabolisme CAM, 76  
 meteocat, 31  
 meteorologia, 32  
 Mèxic, 10  
 micorriza, 74  
 microenginyeria, 41  
 microscòpia electrònica, 80

Mímino de Dalton, 35  
 Mímino de Maunder, 34  
 mitocondri, 40  
 molècula, 20, 69  
 molècula anticongelant, 20  
 molècula de benzè, 81  
 molècula transportadora, 20  
 Molins de Rei, 30  
 Montcada, 30  
 Montserrat, Núria, 6, 37, 38  
 morbilidad, 30  
 mortalidad, 31  
 Musée des Arts et Métiers,  
 París, 69

nanomaterial, 82, 83  
 nanotecnologia, 2, 81, 83  
 nanotub, 2, 81, 82, 83, 84  
*Nature*, revista, 82  
 Navajas, Daniel, 37  
 neandertal, 54, 55  
 nefrona, 39, 40  
 neoplàsia cancerígena, 83  
 neurobiologia, 19  
 neutró, 72  
 nitrogen, 2, 61, 67, 71, 72,  
 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79  
 nivell tròfic, 21  
 Noruega, 25  
 número atòmic, 69, 70

obesitat, 54  
 Observatorio Fabra, 34  
 Ochoa, Severo, 37  
 ola de calor, 31  
 oòcit, 38  
 organoide, 39, 40  
 orina, 41, 83  
 ornitologia, 32  
 orogènesi, 9  
 Ötzi, mòmia d'Huslabjoch, 58  
 òvul, 53  
 Oxford, 85

oxidació, 64, 67  
 òxido de nitrògeno, NOx, 90  
 oxigen, 20, 21, 22, 61, 63,  
 65, 66, 67, 68, 69, 73, 77,  
 78, 79, 80  
*Oxigen*, llibre, 64

Pacífic, oceà, 8  
 paleomagnetisme, 11  
 panga, 21  
 Pangasianodon  
 hypophthalmus, 21  
 Pangea, 8, 10  
 Papua, 56  
 paràsit, 46, 48  
 Parc Científic de Barcelona,  
 PCB, 51  
 París, 30, 31  
 Parker, Bob, 12  
 peduncle, 18  
 peix condriacti, 23  
 peix pelàgic, 21  
 peix pulmonat, 19  
 peix teleosti, 1, 22, 23  
 peix zebra, 19  
 península de Baixa Califòrnia,  
 Mèxic, 10  
 península Ibèrica, 13  
 península Ibèrica, 5, 7  
 Pennsylvania, 68  
 Pequeña Edad de Hielo, 34  
 pH del sòl, 76  
 Pierrette Pauze, Marie-Anne,  
 68  
 Pirineus, 9, 13, 14  
 placa africana, 14  
 placa continental, 9  
 placa europea, 14  
 placa mixta, 9  
 placa pacífica, 8  
 placa tectònica, 1, 5, 7, 8, 9,  
 11  
 plaza de las Glorias, 30  
 plaza Universidad, 27

pol magnètic, 11  
 pol·linització, 1, 48, 49  
 Pozzuoli, Itàlia, 88  
 Premi Nobel de Física, 82  
 Premi Nobel de Química, 81  
 Premi Príncep d'Astúries, 82  
 pressió, 48, 52, 66, 67, 80  
 pressió atmosfèrica, 66  
 Priestley, Joseph, 64, 68  
 Principles of Physical  
   Geology, llibre, 11  
 producció aqüícola, 25  
 programació, 57  
 proteïna, 71, 72, 83  
 Pròxim Orient, 53, 54  
 puente de María Cristina, San  
   Sebastián, 90  
 Puertas, Alfons, 35  
 Pujades, Cristina, 20  
 putrefacció, 65  
 puzolanas, 88

química, 2, 6, 27, 61, 63, 66,  
   67, 68, 69, 70, 81  
 química de l'estat sòlid, 84

radiació natural, 79  
 radiación de onda larga, 29  
 Raval, 28, 31  
 Real Acadèmia de les  
   Ciències i Arts de  
   Barcelona, RACAB, 5, 6, 7,  
   27  
 Regne Unit, 77  
 retracció, 88  
 Revolució Francesa, 68  
 Roca-Cusachs, Pere, 37, 41  
 ronyó, 39, 40, 41  
 Rotterdam, 59  
 RuBisCO, enzim, 71

Salk Institute, California, 42

salmó, 20, 21  
 Salvá i Campillo, Francisco,  
   34  
 Samitier, Josep, 37  
 Samsung, 82  
 San Fernando, Cádiz, 34  
 Sánchez-Vidal, Anna, 25  
 Santander, 91  
 Sarrià, 27  
 Scheele, Carl Wilhelm, 64  
*Science*, revista, 40  
 semimetall, 82  
 seqüenciació genòmica, 57  
 Serralada Costanera  
   Catalana, 13  
 serralada Ibèrica, 13  
 Sevilla, 29, 30  
 Sierra Nevada, 77  
 silicatos de alumini, 86  
 simetria bilateral, 22  
 sistema de l'antigen  
   leucocitari humà, HLA, 39  
 sostenibilidad, 91  
 sotabosc, 76  
*Sputnik*, satèl·lit, 12  
 sulfato de calcio, 86  
 superfície de enfriamiento, 29  
 supermanzanas, 32

Tambora, volcán, 34  
 Tàmesis, riu, 34  
 taula periòdica dels elements,  
   61, 63  
 taxa de mutació, 55  
 teixit extraembionari, 41  
 teorema d'Euler, 13  
 teoria aristotèlica, 64  
 teoria atòmica, 69  
 teoria de la combustió, 63  
 teoria de la deriva dels  
   continents, 10  
 teoria de la tectònica de  
   plaques, 12  
 teoria del flogist, 64, 65

teràpia oncològica, 2, 84  
termohigròmetro, 30  
Terra, planeta, 1, 5, 7, 8, 9,  
12, 13, 17, 64, 79, 82  
terratrèmol, 9, 12  
Tetis, oceà, 14  
The World Wide Seismic  
Network, WWSN, 12  
Tinbergen, Niko, 50  
Tobias Rossell, Gerard, 62  
tonyina, 20, 21  
topografia urbana  
geomètrica, 29  
Torné, Montserrat, 5, 7  
Tort, Lluís, 5, 17  
Tractat elemental de química,  
llibre, 68  
tròpico, 34  
tumor, 83, 84

Unesco, 61, 63  
Unió de Républiques  
Socialistes Soviètiques, 12  
Università di Bologna, 61, 71

Universitat Autònoma de  
Barcelona, UAB, 17, 77  
Universitat de Granada, 77

variació genòmica, 51  
vertebrat, 18  
vespa, 49, 50  
Vesubio, 88  
Vil·la Joana, 90

Wegener, Alfred, 10

xarxa sísmica, 12  
Xile, 25  
xoc osmòtic, 19

Yamanaka, Shinya, 38  
yeso, 86

zigot, 38



Fa més de deu anys que «Els cafès científics a la Casa Orlandai» ens permeten d'actualitzar el coneixement que tenim de ciència en una tertúlia distesa amb un especialista en la matèria. Amb un cafè a la mà, o una orxata a l'estiu. Com tantes altres coses van començar com qui no vol la cosa, amb en Marcel Oliveres. Des d'aleshores han passat més d'un centenar d'experts que ens exposen la seva recerca. És tan gratificant i aprenem tant, que volem deixar constància per escrit del que passa a la petita sala de la Casa Orlandai.

### **Hivern: Un món canviant**

- *Canvis en la Terra*, amb Montserrat Torné
- *Canvis en els peixos*, amb Lluís Tort
- *Els canvis en l'atmosfera*, amb Javier Martín Vide
- *Canvis en la recerca*, amb Núria Montserrat

### **Primavera: Poblacions ocultes**

- *Les altres abelles*, amb Javier Losarcos
- *Humans ocults*, amb Òscar Lao

### **Tardor: Any internacional de la Taula Periòdica**

- *La història del descobriment de l'oxigen i la revolució química del segle XVIII*, amb Aureli Caamaño
- *El nitrogen: element imprescindible per als éssers vius*, amb Sara Marañón i Rossella Guerreri
- *El carboni: de l'origen de la vida a la nanociència*, amb Gerard Tobias Rossell
- *Elements de construcció: el formigó*, amb Antonio Aguado de Cea

