

# DAUALDEU

REVISTA DE DIVULGACIÓ  
científica i tecnològica  
Núm. 10 · ESTIU de 2016

## L'avenc de Pedreguer



Editorial	3
Animal artificial	4
El que ens fan menjar	5
Sinestèsies	6
Notes soltes	9
Matemàtiques i <i>mass media</i>	11
Salut i bona senda	14
Ciències o lletres?	16
Didàctica de la química	19
El naixement del SMD	22
A FONTS: L'avenc de Pedreguer	29
Actualitat	40
Llibres	45
El racó de Fibonacci	46
L'Ull Matemàtic 2016	47



Portada: Fotografia de la primera davallada a l'avenc de Pedreguer, realitzada pel Centre Excursionista de Pedreguer, l'any 1982.  
Fotografia: JORDI DOMÉNECH.

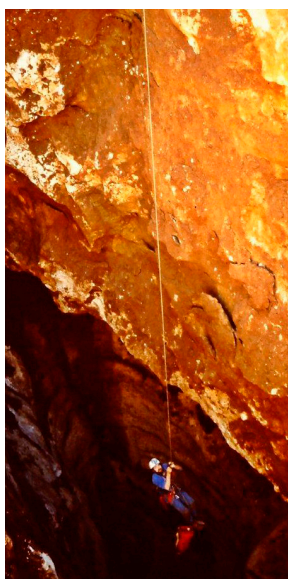
## DAUALDEU

REVISTA DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA  
Primera època. Número 10.  
Solstici d'estiu de 2016. Marina Alta.  
Edita: MERIDIÀ ZERO.

Consell de Redacció: Teresa Arabí, Vicent R. Chorro, Josep Lluís Doménech, Míriam Esparza, Esther Galbis, Catalina Luque, Hermenegild Maria, Pep Martínez, Josep Palomares, Jaume Pastor, Pepe Pedro, Paco Savall, Loreto Signes.

Disseny i maquetació: Pep Marro.

Patrocina: AMPA dels IES Chabàs de Dénia, Matemàtic Vicent Caselles de Gata de Gorgos, Pedreguer, Antoni Llidó i Número 1 de Xàbia. Ajuntaments: Beniarbeig, Gata de Gorgos, Pedreguer i Xàbia.  
Acadèmia Valenciana de la Llengua.  
Imprimeix: Impremta Botella, SL.  
Dipòsit legal: A-837-2011. ISSN 2174-9914.





# Cal estudiar geologia

Josep Lluís Doménech

Professor de Física i Química - IES Antoni Llidó

Tendim a creure que el món en què vivim sempre ha sigut així: que el cel sempre ha existit com ara el veiem; que els animals sempre han estat com ara, és a dir, que els gossos engendren gossos i els cavalls cavalls; que els humans sempre hem sigut com ara, que sempre han existit les mateixes espècies d'essers vius que existeixen ara. Però si una cosa ens ha ensenyat la ciència és que, lluny de la permanència i la immutabilitat, el nostre, és un món canviant, un món en evolució contínua. I la Terra no s'escapa dels processos de canvi.

Durant mil·lennis hem cregut que la Terra ha estat sempre igual, és a dir, que els rius sempre han transitat pels mateixos indrets, que les muntanyes i valls, i també els continents, han romàs iguals, però ara sabem que des dels seus orígens la Terra ha estat contínuament canviant. Aquest canvi conceptual ha estat el resultat del treball dels geòlegs.

L'estudi del relleu sempre ens ha interessat però fins fa unes poques centúries el camp d'estudi de la geologia estava dividit i dispers: mentre que als miners els preocupava l'extracció de metalls i altres minerals, als naturalistes els preocupava la formació de les cadenes muntanyoses o les valls, sense intuir cap connexió entre aquestes àrees.

En la cristallització de la geologia com a ciència pròpia i independent jugaren un paper decisiu els fòssils, que eren coneguts des de l'antiguitat. A principis del segle XVIII, i davant l'existència de fòssils marins en els punts més elevats de les muntanyes, alguns estudiosos suggeriren que la causa era el diluvi universal que havia cobert d'aigua el planeta. L'existència de fòssils en els estrats rocosos de les muntanyes portà a haver de suposar que el diluvi havia sigut més traumàtic del que s'imaginava: la intensitat de les pluges havia trencat l'escorça terrestre, quedant en suspensió les restes de les roques.

La sedimentació posterior d'aquestes restes hauria originat els nous estrats que es descobrien en perforar les mines; les restes d'animals i de plantes haurien quedat atrapades.

Una altra gent, però, en analitzar què ocorria en els llocs on hi havia activitat volcànica, atribuï al vulcanisme la formació dels estrats rocosos així com els fòssils que contenien. La controvèrsia entre ambdues explicacions durà més de cent anys. Si inicialment es tractava d'idees purament especulatives, amb el temps, els partidaris del vulcanisme acabarien imposant-se i això per les proves empíriques aportades. A principis de la dècada de 1830, Charles Lyell, en *Els principis de la geologia*. Intent per explicar els primitius canvis de la superfície de la Terra per recurs a les causes actualment operants, explicà tot un grapat de fets experimentals aïllats d'una única manera. El punt de partida de Lyell era que les forces geològiques havien estat sempre les mateixes, de manera que, amb les forces actuant ara, s'havia d'explicar la història de la Terra.

Segons açò, no era la matèria, com s'havia suposat fins llavors, sinó les forces, allò inalterable. Es tractava d'un canvi radical en la manera d'abordar l'estudi de la Terra: fins Lyell, hom suposava que la Terra era inalterable. Ací podem intuir la influència de Newton, i és que Newton, aleshores en la cresta de la seua popularitat, havia mostrat la validesa de la constància de les forces a l'hora d'explicar els moviments dels planetes i satèl·lits del sistema solar.

L'acceptació de les transformacions dels materials terrestres suposa, a més, l'acceptació de l'evolució geològica i, tan és així que, com assenyalava el mateix Charles Darwin, fou la idea de l'evolució geològica el que li suggerí l'evolució de les espècies que desenvoluparia uns anys després en el camp de la biologia.



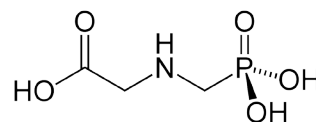


# Ciutats lliures de glifosat?

## El cost i el benefici

J. M. Mulet

Institut de Biologia Molecular i Cel·lular de Plantes  
Universitat Politècnica de València



**Darrerament**, hem escoltat la notícia que moltes ciutats s'han declarat lliures de glifosat. Els que proposen i defenen aquestes mesures esgrimeixen que el glifosat és cancerigen, perillós per al medi ambient, que és fabricat per multinacionals i que hi ha alternatives millors. De fet, es va engegar una campanya de recollida de signatures a nivell europeu motivada pel fet que, a mitjans de l'abril passat, es va votar al parlament europeu la pròrroga del seu ús. La votació va eixir a favor de mantindre el glifosat a Europa, amb el suport de molts grups d'esquerra, que curiosament són els que majoritàriament a nivell municipal estan impulsant les mocions a favor de impedir-ne l'ús.

Analitzem la polèmica des del punt de vista científic. El glifosat és un herbicida que específicament inhibeix la ruta de l'àcid shikímic, ruta que usen les plantes per sintetitzar aminoàcids aromàtics com el triptòfan. Els animals no tenim eixa ruta bioquímica ja que els aminoàcids essencials els hem d'obtenir per dieta de plantes o d'animals que hagen menjat plantes que són les que fabriquen eixos aminoàcids que nosaltres requerim. El fet que siga específica de plantes fa que tinga molt poca toxicitat en animals. La DL50 del glifosat (la dosi que injectada en animals fa que en muiren un 50%) és sensiblement major que la de compostos freqüents, com ara, l'aspirina o la cafeïna. Aquest n'és un dels principals avantatges.

El glifosat té dos punts més a favor. Inventat per *Monsanto*, la patent va caducar a l'any 2000, per tant, està lliure de *royalties* i és barat. A més, al contrari del que ocorre amb agroquímics com el DDT o el Lindano que són molècules persistents, la molècula de glifosat és inestable i es degrada fàcilment (té una vida mitjana de 22 dies).

Aquests tres factors (preu, baixa toxicitat i pocs problemes ambientals) expliquen que siga un dels herbicides més utilitzats. Cal recordar que al camp, durant molt de temps s'han usat productes d'alta toxicitat, els quals s'han retirat, no per recollides de signatures, sinó per informes científics. Així, les atrazines o el paraquat van ser retirats, o limitats, per la seua toxicitat, i per això no varen caldre recollides de signatures ni votacions als Parlaments, hi van ser prou els informes tècnics, informes que ara han dit que la retirada del glifosat no està justificada. De fet, la campanya contra el glifosat té un preocupant rerefons publicitari, ja que està associada a l'ús de conreus transgènics (tot i que no se'n sembren a Europa) i a l'empresa *Monsanto*, blanc habitual de les crítiques.

**Hi ha altres herbicides, però son més cars i alguns presenten més problemes ambientals.**

A efectes pràctics, quines conseqüències pot tenir la prohibició? Una senzilla anàlisi ens diu que pot ser siga una mala idea. No pensem sols en agricultura, i anem a zones urbanes. El glifosat es l'herbicida més usat en el manteniment de parcs i jardins, zones públiques i vorals de carreteres. I no estem parlant sols de qüestions estètiques. Els herbicides serveixen perquè no cresca la brossa en els descampats, cosa que evita que no proliferen les rates. També s'utilitza per a eliminar brossa al voltant de les carreteres i així augmentar la seguretat viària i evitar accidents, sobretot, dels ciclistes. Tenim alternatives? Hi ha altres herbicides, però son més cars i alguns presenten més problemes ambientals. L'Ajuntament de Castelló va proposar utilitzar àcid acètic al 20% al·legant que, com és vinagre, és natural i innoeu, però va oblidar que el vinagre és àcid acètic al 5% i que en una concentració del 20% és fortament irritant, inespecífic i no està autoritzat per a ser usat com a herbicida. Això sense comptar la pudor d'escabets agre que emana.

Per tot açò, convé que analitzem els costos i els beneficis de les nostres accions, i que, per a les decisions tècniques, ens basem en els informes tècnics.



Acte de protesta contra l'ús de glifosat a la Unió Europea.



# Xocolata al cava

## Un experiment per a les postres

**Claudi Mans**

Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica  
Universitat de Barcelona



**No, no** és una delícia gastronòmica, sinó una proposta d'experimentació. Prepara trossets de xocolata negra. Els trossets poden ser irregulars, i han de tenir com a màxima dimensió un centímetre, però millor més petits, que no siguin pols. Agafa cava de qualsevol qualitat i tipus, i omple'n una copa com més cilíndrica millor.

Ara hi tirarem trossets de xocolata, però abans, imagina què passarà. S'enfonsaran els trossets de xocolata, flotaran? Fa set o vuit anys em vaig inventar aquest experiment, i el faig a públics variats, des de nens d'infantil -amb aigua amb gas- fins a premis Nobel, i per ara no he trobat ningú que m'hagi predit correctament què li passarà a la xocolata.

Ara tira la xocolata al cava, i observa'n el resultat. I sorprén-te. La xocolata s'enfonsa, però molt aviat puja fins a la superfície i, al cap de pocs segons, torna a enfonsar-se i a pujar sense parar. L'experiment té l'avantatge de que és comestible.

Per què passa això? Com que és un procés cíclic hi ha al menys dos mecanismes que hi intervenen de forma independent. El primer mecanisme és la gravetat. La xocolata té més densitat que el cava, i per tant anirà cap al fons. La xocolata té una densitat entre 1200 i 1300 kg/m<sup>3</sup>: és una barreja de sucre (de densitat 1587 kg/m<sup>3</sup>), de mantega de cacau (de densitat aproximadament 860 kg/m<sup>3</sup>) i de pols de cacau, de densitat -sense els porus- de més de 1000 kg/m<sup>3</sup>. El cava té una densitat a 20°C d'entre 980 i 1008, depenent de la quantitat de sucres i d'alcohol que tingui. En fred serà una mica més. Per tant, podem assegurar que qualsevol xocolata quan es tiri dins d'un vi escumós anirà al fons.

Però el segon mecanisme fa canviar les coses. L'estructura microscòpica de la xocolata mostra una dispersió de partícules sòlides imperceptibles a la llengua, que són el cacau i el sucre, dispersos en una massa de mantega de cacau. O sigui que la superfície de la xocolata és greixosa per la mantega de cacau. En posar una gota d'aigua sobre un tros de xocolata l'aigua no s'hi escampa, perquè l'aigua no mulla la xocolata. Viceversa, si posem un tros de xocolata dins de l'aigua -o de cava- la xocolata «no voldria ser mullada», si és que la xocolata volgués alguna cosa. De fet, quan treiem la xocolata de sota l'aigua i l'espolem, veiem que queda totalment seca. En termes més científics diríem que la tensió superficial de l'aigua és prou alta com perquè no mulli una superfície de baixa energia superficial com és la xocolata.

Però, què passa si a l'aigua hi ha gas, o es tracta de cava? La superfície de la xocolata «prefereix» ser mulla-

## S'enfonsaran els trossets de xocolata dins la copa de cava? Suraran?

da pel gas que per l'aigua, i s'envolta de bombolletes de gas, que s'adhereixen a la seva superfície. És com si la xocolata es revestís de globus petits que fan que el conjunt tingui ara menys densitat que l'aigua -o el cava- i floti. Però en arribar a la superfície les bombolletes es desprenen cap a l'atmosfera i queda la partícula sense revestiment de bombolles, i per la seva superior densitat torna cap baix. Pel camí es revesteix de gas, puja, arriba a dalt i torna a començar el cicle, que durarà mentre al líquid li quedi gas. El fenomen pot durar més d'una hora.

Si les partícules són molt grosses tenen massa poca superfície relativa, i la quantitat de bombolles de la superfície no és capaç d'alçar-les.

He vist que aquest experiment també el fan amb panses i n'hi diuen «La dansa de les panses». Jo no sóc tan cursi.



Fotografia de l'experiment.

# Vocabulari eròticosexual

## Didàctica de les ciències i formació del professorat

Daniel Climent

Professor de Ciències

### 0. ABANS DE COMENÇAR: «HE PECAT».

Més que una batalla havia sigut una matança. L'exèrcit del general Sir Charles Napier havia enxampat les forces balutxis a la província de Sind (a l'actual Pakistan) i les havia derrotades de forma inapel·lable aquell febrer de 1843. Sind era molt rica en cotó, la matèria primera que nodria els telers de la Revolució Industrial i el preu del qual determinava guanys o pèrdues enormes. Calia avisar l'Alt Comandament Britànic i alhora evitar que la informació caiguera en mans «inapropiades»: les dels competidors interessats en saber si el mercat anava a disposar o no del cotó de Sind.

Napier s'havia format a escoles públiques d'elit, com els col·legues als que volia enviar la notícia, i els va remetre un missatge tan curt com carregat de sentit per a qui sabia llegir-lo: **Peccavi**. Napier era conscient que els seus superiors identificarien aquesta paraula amb la primera persona del pretèrit perfecte del verb llatí *peccare*; i que la traduirien adequadament: *I have sinned* («he pecat»). A més a més sabia que en pronunciar-ho ho farien aproximadament com «*I have Sind*», altrament interpretable com «(jo) tinc Sind»; o, en altres paraules –i aquest era el missatge– «he conquerit Sind».

Informació privilegiada i negoci redó s'unien gràcies a connexions instantànies entre camps diferents.

### I. SINESTÈSIES EDUCATIVES

Aquest article forma part d'una sèrie que duu per títol genèric SINESTÈSIES.

En termes generals, el concepte al·ludeix a l'establiment de relacions (literàries, fisiològiques) entre camps sensorials diferents. De fet, a això es refereix la mateixa paraula, provinent del grec *syn-* (junt), *-aisthesia* (sensació), que ve a dir «sensacions compartides».

La sinestèsia es fa servir com a recurs literari, com una mena de metàfora d'associacions cognitives que a través de les paraules estableix relacions entre diferents camps sensorials («música dolça», «groc cridaner», «el silenci és or»...).

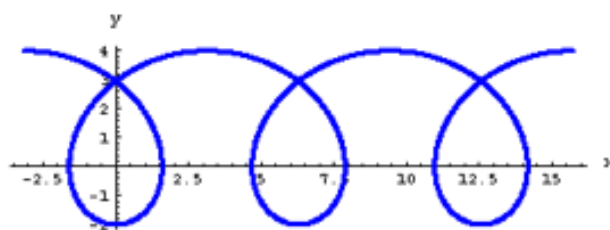
I també s'usa per designar qualsevol desviació de l'estímul procedent d'un sensor fisiològic cap a un descodificador del sistema nerviós central diferent del que habitualment interpreta el senyal (hi ha persones que «oloren els sons», «senten sabors» segons les notes musicals, etc.).

Eixes són les dues accepcions canòniques del terme sinestèsia.

Però potser s'hauria d'ampliar el camp semàntic a la didàctica, a l'establiment de relacions automàtiques, tant intel·lectives com emotives, entre disciplines, entre camps cognitius dotats de lògiques internes aparentment inaccessibles des de fora. I eixe ha sigut el leit-motiv dels articles d'aquesta sèrie.

Perquè hi ha paraules, contextos, imatges, símbols, arguments... que tot i que formen part d'un camp temàtic

disciplinar són susceptible d'estimular uns altres de ben diferents, i d'establir-ne connexions. I aquest és un procés que es retroalimenta, o almenys que pot avançar com un cicloide allargat, i que pot servir tant per a la formació dels alumnes com dels professors, potser dels pares si s'encerta a fer-los participar-hi, i del centre com a conjunt en millorar el seu estil docent.



Cicloide allargat

### 2. SINESTÈSIES DIDÀCTIQUES I EL TEMA DE LA SEXUALITAT

En aquest article anem a exemplificar connexions sinestèsiques en un dels camps, el del vocabulari eròticosexual, que sol presentar més dificultats didàctiques ateses les connotacions que sol arrossegat.

Un camp en el qual els alumnes adolescents i de la primera joventut solen trobar-se incòmodes... però no més que els professors i pares; amb la qual cosa, quan s'aborda el tema tant a casa com a l'aula és freqüent que es faça des de criteris «morals» (o més aïna consuetudinàries, dels «majors»), o anatòmics i fisiològics merament descriptius.

Un plantejament així dificulta traspasar la rasa de la ignorància i la muralla formada pels tòpics, les paraules «malsonants» o les preguntes «no formulables»; però sobretot impedeix tendir ponts i obrir portes entre els quals fer transitar preguntes, informació o reflexió de la manera menys traumàtica possible.

Però per penetrar en els «seus» llenguatges per tendir-hi ponts i obrir-ne portes cal fer-ho de manera gradual, amable, i tractar de generar complexitats que milloren no tan sols els resultats acadèmics, sinó sobretot l'actitud cap el saber i cap a la formació oberta i contínua.

I una de les formes de penetrar-hi és a través de la sorpresa que causa als alumnes el que pugues anar «més enllà» del que esperaven, sovint a través de sinestèsies; i no tant a partir del coneixement reglat, sinó fent servir el material que ells consideren «seu»; és a dir, tant el llenguatge com les preocupacions, temors, desitjos o ansietats, però també les preguntes que no s'atreveixen a formular i que sovint estan captives d'un llenguatge del qual realment ignoren el significat.



Tot açò, clar, només ho pot abordar un professorat preparat, capaç de comunicar empàticament que ell també està aprenent, que acompanya els alumnes a superar-se gràcies a la millora contínua del seu nivell de coneixements.

Altrament, les sinestèsies, l'enllaç amb uns altres temes i sensibilitats poden ser també, i molt en un tema com aquest, sinèrgiques, simpàtiques, sintètiques, sincròniques, i fins i tot simfòniques, a més d'útils al l' hora d'abordar-lo.

I per exemplificar-ho anem a començar per un cas que també conté el prefix *syn-*, tot i que en el seu equivalent llatí, *cum-*.

### 3. COIT, FOLLAR, FOTRE. ETIMOLOGIA VERSUS MORBO

El verb llatí *eo-is-ire-ivi-utum*, «anar», pot estar precedit de la partícula *cum-* (> *co-*; «amb», «junts») i aleshores origina un nou verb: *coeo-cois-coire-coivi-coitum*, en el sentit de «anar junts», «reunir-se»... I, figurativament, fer-ho a través d'una relació sexual, el coit (<*co-it*).

Altrament, el mateix prefix *co-* torna a aparèixer en els sinònims de coit, sovint adjectivats: *cò-pula* (carnal) i *aco-blament* (sexual).

Un dels vessants del plantejament sinestèsic consisteix a llançar preguntes que tracten d'implicar unes altres assignatures (i professors).

Així, si hem parlat de «còpula» com a sinònim de «coit», ¿quines relacions podrem trobar amb conceptes gramaticals, com «oracions», «verbs», «conjuncions», que adjectiven amb «copulatiu» o «copulativa»? I, ¿seria lícit fer servir «conjunció» com a sinònim de «coit»? ¿Seria eixa l'accepció del derivat castellà «coyunda»?

Donem un pas més i cerquem la complicitat amb el llenguatge més popular. Trenquem la barrera entre el llenguatge acadèmic i el que potencialment fan servir els alumnes.

I parlem-ne, tot mostrant com allò que fins i tot es considera inadequat i groller pot ser explicat en termes no tan sols lingüístics sinó també fisiològics i històrics. I, en fer-ho així contribuirem a dotar als alumnes d'instruments de prestigi entre els seus col·legues, perquè poden impressionar-los en descobrir-los significats ocults allà on aquells només veien una anodina transgressió verbal. I, així, paraules com «follar», o «fotre», se'ns poden revelar com una font inesperada de sorpreses; entre altres, que quan les fan servir estan parlant cultament, «en llatí»... sobretot si saben el significat d'allò que diuen i la relació que té amb la fisiologia del coit.

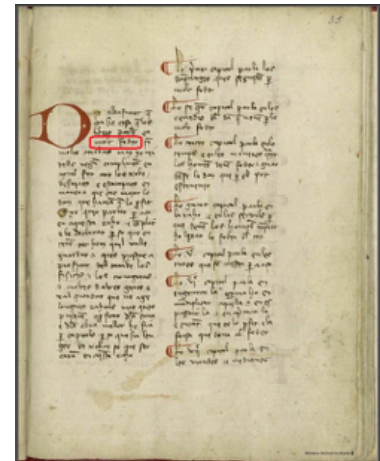
Perquè «follar» ve del llatí *follis*, bossa de cuir amb la qual s'insuflava aire en una farga per avivar el foc; com que això suposa unflar i desunflar ràpidament, panteixar, i això també passa en l'acte sexual, de *follis* va derivar «follar»... però també «fal·lus», com a sinònim de penis. Ens queda un altre sinònim de l'estàndard «coit» i del popular, col·loquial o vulgar «follar»; un vocable que també resulta interessant malgrat ser considerat malsonant: «fotre».

Aquesta paraula prové del llatí *futuere*, que era com els romans anomenaven el fet de copular, de fer el coit.

Per evolució lingüística, *futuere* va originar tant el francès *fouter* com l'italià *fottere*, el portugués *foder* i el romanés *futere*, a més del nostre *fotre* (i, potser, també, l'anglès *to fuck* –a partir del més antic *to futter*).

Foder no tan sols és el nom en portugués, sinó que també ho era en català antic; de fet, eixe era el nom que figurava a

un llibre medieval dirigit a donar consells per a la seducció i les bones pràctiques sexuals: *Speculum al foder*, «Espill del fotre», o adaptat, «Manual del fotre».



Pàgina del llibre *Speculum al foder*. Emmarcat en vermell es pot apreciar com s'hi parla de «molt foder».

Escrit en català a l'inici del s. XV, es considera el primer compendi eròtic-sexual occidental, i conté informació i comentaris sobre la psicologia femenina de la seducció, un catàleg de postures sexuals i d'objectes per a l'estimulació, remeis per a les «malalties de l'amor»; i també receptes per a preparar afrodisíacs, com la -ara innocent- «llet preparada», amb sucre, pell de llimó i canella. Interessant, ¿no?

Mentre en les llengües llatines l'original *futuere* ha donat lloc a paraules que comencen per «f», en castellà l'equivalent a *fotre* és *joder*; les notables similituds amb el comentat *foder* resulten un bon motiu per incitar a col·laborar el professorat «de llengües» i explorar les relacions entre eixes paraules.



Portada de la versió castellana d'*Speculum al foder*, traduïda com *Speculum al joder*.

Així, doncs, si es disposa dels recursos apropiats, fins i tot determinat llenguatge «groller» pot ser útil, didàcticament parlant, per retornar-lo restaurat i facilitar un cert trànsit entre els mons popular/vulgar i acadèmic/educat.



#### 4. DEL COIT AL CONEIXEMENT BÍBLIC, OF COURSE

Els eufemismes també poden ser una font de sinestèsies. I en el cas que estem analitzant, el del coit, podem considerar-ne un parell. El poètic «fer l'amor» en seria un. Però el que ofereix més joc cultural i més potencialitat sinestèsica potser siga el bíblic «conèixer»; investiguem-ho.

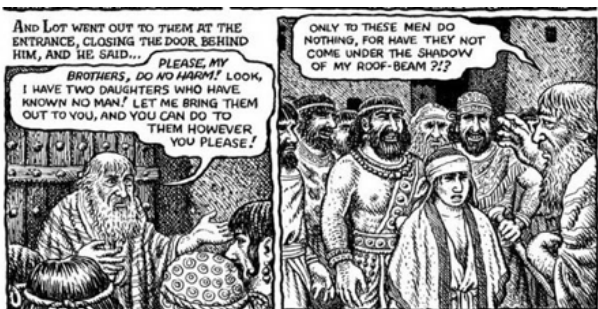
Un dels passatges bíblics on més clarament es vincula el «coneixement» amb la relació sexual és en el Gènesi 19. Vegem-ho.

Parlem de l'escena en què Lot, nebot d'Abraham i veí de Sodoma, és assaltat per una turba de sodomites que li reclama «conèixer» els joves ben plantats o «àngels» que l'han visitat.



En aquest gravat del pintor neerlandés Philip Galle (1537-1612) Lot s'enfronta amb valentia als ciutadans de Sodoma defensant els seus hostes de les ànsies libidinoses d'aquells.

Lot se n'oposa, adduint que això que demanen suposaria una «maldat». Però, a canvi els fa una proposta que a nosaltres ens resulta esgarrifosa: els ofereix les seues filles, que “no han conegut home” (*necdum cognoverunt virum*) i de les quals poden abusar (*et abutimini eis*).



En aquest còmic underground, el nord-americà Robert Crumb representa els versets del Gènesi 19 en què Lot ofereix les pròpies filles als habitants de Sodoma a canvi de què no molesten als joves ben plantats (“àngels”) que li han demanat aixopluc.

En llenguatge cinematogràfic, més actualitzat, podríem parafrasejar i posar en boca de Lot allò de Marlon Brando a *The Godfather* (El Padrí): *I will make them an offer they can not refuse* (“els faré una oferta que no podran refusar”). Ja hem vist quina.

#### 5. ELS EUFEMISMES, FONT DE SINESTÈSIES

Així doncs, fins i tot un simple eufemisme pot obrir la porta a uns altres camps i incitar l'emissió de «fils d'aranya» sinestèsics que, en trobar suport en rames de diferents arbres epistemològics ajuden a construir «teranyines» capaces de capturar molt d'allò que discorre entre les assignatures i que sovint no es deixa encasellar en la compartimentació acadèmica.

Altrament, fer servir uns versets bíblics pot facilitar el parlar de la Bíblia, un referent cultural de primer ordre en perill d'ignorància col·lectiva; si, a més, alguns dels versets s'aporten i es comenten en llatí facilita als alumnes trobar paraules que poden reconèixer, i elaborar cultismes, comparar amb unes altres llengües romàniques, etc.

Encara així es podria argumentar que no tot el «coneixement bíblic» té un sentit sexual. I és cert, clar. Encara que hi ha alguns passatges en què «la temptació viu dalt». Sí, per exemple en forma de serp parlant que incita a menjar un fruit prohibit, el de l'Arbre del Coneixement (*Gènesi 2:3*), i de la naturalesa del qual vam parlar en l'article anterior. Passatge bíblic que, de nou, ens obri enllaços sinestèsics amb camps en què la sexualitat es pot abordar des de la metàfora; i fer intervindre, ara, l'etnobotànica, la lingüística i la història de la pintura. Recursos destinats no tant a marcar una seqüència didàctica sinó a formar part del bagul dels recursos del professorat destinats a ser usats en dosis apropiades i en funció de la situació per a un ensenyament d'alta qualitat.

#### 6. PRIMERES CONCLUSIONS

Més enllà de les concomitàncies i les sorpreses, el viatge sinestèsic ens ha permès recrear figures literàries i etimologies, penetrar en el *Gènesi* i *Speculum al foder*, entrellaçar lèxic culte i popular, visitar virtualment museus i obres... i en definitiva eixamplar la base del coneixement dels alumnes i professors implicats.

Altrament, la introducció de sinonímies, metàfores, analogies, jocs de paraules, eufemismes, imatges i símbols, obri camps que convé explorar amb els alumnes per penetrar en els llenguatges parapopulars i marginals (i conceptes deformats) que fan servir en un camp com aquest i que si no s'expliciten i analitzen esdevenen enquistats; però també per dotar-los d'instruments lingüístics i culturals per abordar a diferents nivells un tema que per a molts resulta tabú, entre altres coses perquè es troben presoners de camps lèxics entesos com a antagonics.

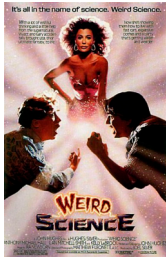
Si amb els divertiments anteriors contribuïm a formar una teranyina tan forta com subtil tindrem més oportunitats per captivar l'atenció dels alumnes fins i tot fent servir paraules populars i grolleres; paraules que en fer-les «cultes» en ser presentades i abordades sota la pàtina asèptica de l'anàlisi etimològica, o de la figura del millor art, permeten desactivar la morbositat que solien ostentar i que actuava de tanca conceptual.

I complir amb tot això és un dels objectius que s'han de perseguir per poder tractar un tema com aquests amb «normalitat», és a dir, més enllà de lo que podrien esperar trobar a l'aula o a un llibre de text.

El vocabulari eroticosexual que hem tractat ara és només una petita mostra, amb possibilitats de continuïtat. Però, clar, i com diria Rudyard Kipling, “això és una altra història”.







# Les dones del futur

Vicent Botella

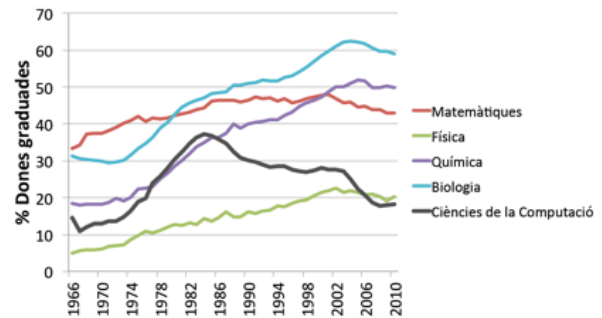
Institute of Science and Technology - Àustria

**Una obvietat:** el futur s'acosta cada dia una mica més. I sembla que serà un futur marcat en molts aspectes per aquesta revolució digital en què estem immersos i que no perd força. Si encara estem explorant i adaptant-nos a les conseqüències de l'arribada d'internet i la societat de la informació, ja li veiem les orelles a nous desafiaments com ara la intel·ligència artificial [1] o l'automatització dels llocs de treball [2] - és a dir, la substitució de personal humà per màquines en tasques cada vegada més complexes. La discussió global al voltant d'aquestes qüestions ja ha començat i és interessant seguir els debats sobre les seues conseqüències socials i econòmiques.

Aquests desenvolupaments tecnològics van aplellats a la nostra recentment adquirida capacitat d'enregistrar, emmagatzemar i analitzar grans volums de dades de tot tipus. Per exemple, l'últim cas de gran filtració periodística, els ja famosos Papers de Panamà, tenia un volum record de 2.7 Terabytes, quasi un terç de la major biblioteca del món, la llibreria del Congrés dels EUA, que cap en uns 10 Terabytes. Però aquests nombres són palla al costat del volum de dades que empreses, organismes públics o centres d'investigació generen i processen cada dia: Facebook, per exemple, emmagatzema uns 500 Terabytes de noves dades en 24 hores. L'anàlisi d'aquestes dades, descobrir patrons i extreure'n informació útil, esdevé doncs un element crític en la presa de decisions econòmiques i polítiques.

A l'hora d'afrontar aquest futur, on la nostra societat, la nostra economia, dependran més que mai de la tecnologia digital, caldria començar per resoldre un problema especialment dramàtic: els estereotips de gènere en la indústria de les noves tecnologies. Les dades són públiques: a les grans empreses tecnològiques (Google, Microsoft, Facebook, etc), les dones representen sols el 30% dels empleats i el seu salari és entre un 12% i un 23% menor que el dels seus companys mascles [3,4]. És el món dels Steve Jobs, Bill Gates i Mark Zuckerberg: un món dominat per homes. Ha arrelat la noció que els ordinadors, la tecnologia, resulten més atractius als xics, i que aquests tenen millor disposició o habilitat per aprendre'n el seu ús. Però com en tants altres casos, aquesta és una noció fal·laç, un estereotip creat sense relació amb la realitat. I és una creació recent, amb una història curiosa encara que terrible.

És necessari començar mencionant que ja en el segle XIX fou una dona - Ada Lovelace, filla del poeta romàntic i bandarra Lord Byron - qui va dissenyar el primer algorisme per a una primitiva computadora mecànica. En la primera meitat del segle XX i malgrat tindre l'accés barrat als estudis universitaris, moltes dones amb habi-

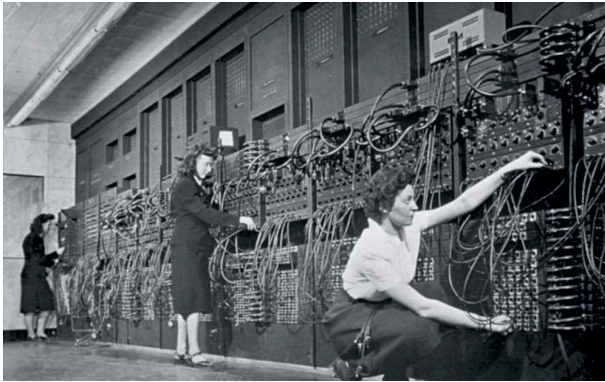


Percentatge de dones graduades en diferents disciplines científiques als EUA 1966-2010. (Font de les dades: [www.nsf.gov](http://www.nsf.gov))

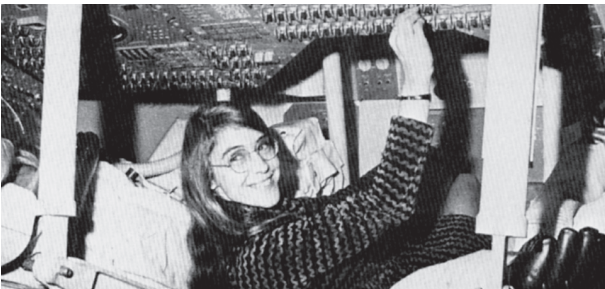
litat matemàtica foren contractades com a "computadores" humanes per assumir, amb paper i llapis, tasques de càlcul cada vegada més llargues i complexes. Durant la segona guerra mundial computaven trajectòries balístiques, descodificaven missatges encriptats - les famoses *xiques de Bletchley Park* [5] - o feien els càlculs per a la construcció de la bomba atòmica dins del projecte Manhattan [6]. Aquesta tradició de les dones com a computadores humanes provocà que, amb l'arribada dels primers ordinadors, moltes d'elles foren les encarregades del seu funcionament. L'ordinador ENIAC, la primera computadora digital de propòsit general dissenyada per l'exèrcit americà l'any 1943 i que omplia una cambra sencera, era programada per un equip de sis dones: Kay McNulty, Jean Jennings, Betty Snyder, Marlyn Wescoff, Fran Bilas i Ruth Lichterman, sota la direcció de la programadora en cap Adele Goldstein. Després de la guerra, grans equips de dones treballaren en el programa espacial, com per exemple les *Rocket Girls* del Laboratori de Propulsió a Raig (JPL) de la NASA [7]. Grace Hopper, matemàtica i almirall de la marina dels EUA inventà el primer compilador i el llenguatge de programació COBOL cap a l'any 1959. Ja en els anys 60, Margaret Hamilton fou l'enginyera encarregada de programar els ordinadors de les missions Apollo que arribaren a la lluna [8]. I també en els 60, Elsie Shutt als EUA i Stephanie Shirley a Anglaterra, creaven empreses de software (CompInc i Freelance Programmers, respectivament) formades quasi exclusivament per dones que podien treballar des de casa, posant en pràctica mesures pioneres en l'àmbit de la conciliació familiar. Les seues empreses assoliren un gran èxit: Freelance Programmers, per exemple, s'encarregà de programar les caixes negres de l'avió supersònic Concorde.

Aquests són sols alguns exemples (i n'hi ha molts més!) que il·lustren el paper clau de les dones en la revolució digital del segle XX. Us preguntareu: com hem





Les programadores Jean Jennings (esquerra), Marlyn Wescoff (centre) i Ruth Lichterman treballant a l'ordinador ENIAC al voltant del 1946.



Margaret Hamilton (1936- ) en un simulador del mòdul de comandament de les missions Apollo.

arribat a la situació actual? Malauradament, tot canvia en els anys 80. En eixa dècada els ordinadors personals, amb preus assequibles, comencen a comercialitzar-se massivament. En aquest nou mercat, ben competitiu, la publicitat juga un paper fonamental. Per tal de maximitzar les vendes, els ordinadors són presentats com a joguines, aprofitant la creixent popularitat dels videojocs. I com que la ignorància popular estableix que totes les joguines tenen un públic preferencial determinat per les gònades de l'usuari, les lluminoses ments dels departaments de publicitat decidiren enfocar la venda al mercat masculí. Els anuncis d'ordinadors de l'època, tant en premsa com en televisió, són un poema, un poema trist de masclisme exacerbada [9]. L'estereotip es reforça en la cultura popular amb pel·lícules com *War Games* (1983) i *Weird Science* (1985) i llibres com *Hackers* de Steven Levy (1984) on tots els protagonistes són homes i les dones assumeixen un paper secundari quan no són directament objecte de burla o denigració sexual. Quedava així establerta la imatge *geek* de l'expert en ordinadors - home jove, blanc, genial i solitari - que s'ha infiltrat en el subconscient col·lectiu des d'aleshores. Les dones havien sigut eliminades del futur.

Per tindre millor idea de la magnitud de la catàstrofe, he posat en un petit gràfic el percentatge de dones graduades en diferents disciplines científiques a les universitats nord-americanes entre els anys 1966 i 2010. S'hi observa com el percentatge de dones creix de manera pràcticament constant en el temps en totes les disciplines excepte en ciències de la computació, on s'assoleix un màxim l'any 1984 i comença a descendir fins arribar a menys d'un 20% l'any 2010, la xifra més baixa d'entre totes les disciplines estudiades. Aquest és el poder i el drama dels estereotips.



Grace Hopper (1906-1992), inventora del primer compilador i del llenguatge de programació COBOL.



La creació dels estereotips. Dalt: fotograma de *War Games* (1984). Titular: Cartell de la pel·lícula *Weird Science* (1985). L'argument, de traca: dos estudiants d'institut programen la "dona perfecta".

Afortunadament, tant en la indústria com en el món acadèmic hi existeix una creixent consciència del problema dels estereotips de gènere. Moltes universitats han establert mesures i programes per a reequilibrar el camp, i les empreses tecnològiques comencen a definir criteris de diversitat en els processos de contractació. Però potser part de la solució ens és molt més propera, i ens cal combatre els estereotips cada dia a casa, a l'escola i als instituts. Si volem un futur d'igualtat i justícia, hem de treballar per tal que els mitjans de producció més importants de l'economia no queden exclusivament en mans de la meitat masculina de la societat. Hem de recuperar les dones del futur.

#### Referències

- [1] Bostrom, N. *Superinteligència: Caminos, peligros, estrategias*. Ed. Teell (2016)
- [2] Cherry, S. *Automation and Artificial Intelligence*. New Scientist Gamechangers (2016)
- [3] Ricker, T. *How do tech's biggest companies compare on diversity?* The Verge (20th Aug 2015) (URL: <http://www.theverge.com/2015/8/20/9179853/tech-diversity-scorecard-apple-google-microsoft-facebook-intel-twitter-amazon>)
- [4] Corbet, C., Hill, C. *Graduating to a pay gap: the earnings of women and men one year after college graduation*. AAUW (2012)
- [5] Smith, M. *The debts of Bletchley Park*. Aurum press Ltd. (2015)
- [6] Kiernan, D. *The girls of Atomic City*. Touchstone (2013)
- [7] Holt, N. *Rise of the Rocket Girls*. Little, Brown and Co (2016)
- [8] McMillan, R. *Her code got humans to the moon - and invented software itself*. Wired Magazine (Oct 2015)
- [9] NPR Planet Money Podcast. Episodi 576: *When women stopped coding*. (URL: <http://www.npr.org/secti->



# Matemàtiques i mitjans de comunicació

Fernando Corbalán

Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza

És notòria la importància dels mitjans de comunicació en la nostra societat. Com expressava de forma molt apropiada R. Guerin, «l'aire que respirem està compost d'oxigen, nitrogen i publicitat», perquè ens influeixen sense que ens n'adonem (com l'oxigen necessari per a la vida), i encara més si s'amplia la publicitat als *mitjans de comunicació*.

Com assenyala Adela Cortina «els mitjans creen realitat i consciència, poden fer creure als ciutadans que les coses i les persones són com ells les mostren, *donen l'ésser* a uns esdeveniments i persones i es la neguen a altres, perquè en una societat mediàtica 'ser és aparèixer als mitjans' ». Dit de forma castissa, "si no surts als mitjans, no existeixes».

Però, hi ha matemàtiques en els mitjans? En cas afirmatiu, com es presenten? Coincideixen amb la percepció popular? Per què les característiques que els ciutadans perceben (conseqüència de la seva experiència escolar de bastants anys) són uns coneixements antics (el matemàtic més popular és Pitàgores, que va viure fa 25 segles), caiguts del cel (no fets per persones), només utilitzats a l'escola (sense aplicació pràctica posterior), pesats (o almenys poc divertits) i consistents en càlculs (en operacions)?

## Les matemàtiques dels mitjans

Encara que la veritat és que operacions no n'hi ha als mitjans, sí hi ha altres aspectes matemàtics (amb bastants errors, d'altra banda, a què ens referirem més avant), encara que, per desgràcia, no són aquells que es van destacar a l'escola. I també hi apareixen (quasi mai en lloc destacat però cada vegada de manera més habitual) funcions actuals de les matemàtiques (com ara, criptografia i la seguretat en Internet, diferents aspectes d'estadística, o el *big data*, autèntica mina de nous negocis actuals i jaciment d'ocupació per a matemàtics), i les persones que els desenvolupen (se'ls hi posa cara i

ulls als matemàtics), alhora que s'assenyala una altra característica desconeguda dels matemàtics (a qui només s'associa com a professors): és una professió molt demandada i que proporciona satisfaccions i també diners a aquells que l'exerceixen.

Els aspectes matemàtics més presents en els mitjans són les gràfiques (de barres, de sectors, pictogrames i, algunes vegades, cartesianes), perquè proporcionen molta informació d'un sol cop de vista (sempre que l'ull estiga entrenat); els grans nombres i les grans quantitats (al contrari del que succeeix en l'àmbit escolar en què els números són petits) i sobretot estadístiques (la part de les matemàtiques més usada pels ciutadans corrents, ja que és el mètode que ha desenvolupat la humanitat per conèixer la societat d'una manera rigorosa, més enllà de les meres opinions o impressions). També té una presència constant en els mitjans l'anomenada *llei de proximitat*: el mateix fet té diferent importància, segons on haja esdevingut o a qui afecte. Que en la seua versió numèrica es pot traduir per «un nord-americà igual a cinc anglesos igual a 500 equatorians igual a 50000 rwandesos», en la formulació de J. A. Paulos .

Una característica destacada de la presència matemàtica en els mitjans és que va plena d'errors, com un reflex d'*anumerisme social*. Això sí, de tant en tant hi ha alguna errada desitjada, sobretot, en la publicitat i en la gestió de dades utilitzables políticament. Cosa que porta a una sospita social generalitzada: les enquestes electorals sempre beneficien la tendència política del mitjà que l'encarrega, fet que qüestiona la seua credibilitat.

Els errors ortogràfics quasi han desaparegut dels diaris (com a conseqüència de la presència de correctors en els processadors de textos), però els errors matemàtics continuen sense disminuir. Fins i tot semblen un càstig inevitable: «Piensen, y no es una justificación, que los errores en un periódico son como las moscas en verano. Hay que luchar insistentemente contra ellas, evitarlas,



Fig. 1. TVE, Telediario 03/09/2013.



Fig 2

intentar que no sean legión y que no molesten demasiado. Pero es inevitable, en verano hay moscas», escribia la Defensora del lector d'El País.

Les gràfiques, tant en les informacions polítiques independents com en la publicitat, són un mostrari d'errors intencionats (fig. 1, 2 i 3), encara que de vegades arriben a extrems difícils d'entendre (fig. 4), excepte per un desconeixement matemàtic profund.

Un assumpte interessant és la necessitat d'entendre què signifiquen els grans nombres, en aquests temps en què els milions d'euros (i els milers de milions) s'esfumen aparentment en el buit, tot i que sempre es paguen pel conjunt de la ciutadania. Si com sembla (encara que no es publicite massa), ja s'han perdut uns 40 000 milions d'euros en el rescat a la banca espanyola (fig. 5), aquest nombre tan difícil de percebre es fa proper si pensem que eixim a uns 1 000 € per cap (que pagarem en impostos i/o retallades, augmentats pels interessos corresponents).

Una precisió més sobre les estadístiques. El País titulava el llunyà 10/01/05: «El 42% de los vascos rechaza el plan Ibarretxe frente al 39% que lo apoya». En el cos de la notícia deia que en una enquesta amb un marge d'error de  $\pm 4,90\%$ , les respostes Sí eren el 39% i les No el 42,3%. És així que amb una probabilitat del 95% (el marge d'error) podem assegurar que el Sí estarà en l'interval  $(39\% - 4,9\%, 39\% + 4,9\%) = (34,1\%, 43,9\%)$  i el No a  $(42,3\% - 4,9\%, 42,3\% + 4,9\%) = (37,4\% i 47,2\%)$ . Dit d'una altra manera, l'enquesta no permet discriminar si hi ha més votants a favor del sí o del no. Una cosa freqüent en les enquestes és que, si llegim la fitxa tècnica, els resultats no se solen correspondre amb els titulars de la notícia.

I encara més, l'estadística es basa en la llei dels grans nombres i en les mostres representatives, no pas preguntant als primers que passen pel carrer (pràctica habitual en els noticiaris de TV, procurant a més que hi haja el mateix nombre de respostes a favor que en contra), ni preguntant a persones properes (que mai no són una bona mostra de la realitat social).

Un tema estrella dels mitjans és la informació del temps, per a la predicció del qual s'utilitzen sofisticats mètodes matemàtics, i que en un afany de precisió es donen de vegades en percentatge: a una determinada hora la probabilitat de pluja és del 70%, per exemple. Què vol dir aquesta dada? És més fiable que assegurar simplement que plourà? La dada vol dir que, en condicions sensiblement iguals a les que es presenten per a aquest moment, en el 70% dels casos passats (de què tenim té constància) va ploure.

I per fi, tots els mitjans li donen gran importància als sortejos, responant al fet que som (també en això) primera potència mundial. I no seria dolent que l'educació matemàtica s'ocupara de donar procediments per a esbrinar quines són les probabilitats de cadascuna de les modalitats (sempre petites, de tal manera que l'únic guanyador segur és l'organitzador; cosa que fa que, com sol ser el govern, es diga que les loteries són l'únic impost que es paga de forma voluntària, sense que ningú no ho exigisca i sense necessitat d'inspectors).

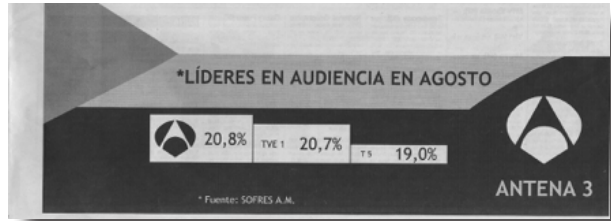


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



## Ayudas a la banca: 12% del PIB

Comparar el rescate financiero con los fondos para el paro juvenil es pornografía pura

Joaquín Estefanía 30 JUN 2013 - 18:57 CET7

Son datos no fáciles de encontrar. Algunos elevan su cuantía sustancialmente e incorporan a ellos los 300.000 millones de euros de liquidez obtenidos del Banco Central Europeo (BCE). Tienen distinta naturaleza: miles de millones de euros son ya pérdidas, y por tanto engrosan el déficit público; otros todavía son deuda y están pendientes de devolver... si las cosas vienen bien dadas. La mayor parte corresponden al dinero del contribuyente, y por tanto se han utilizado como socialización de pérdidas para salvar a empresas privadas; otros han sido proporcionados por el sector financiero a través de los mecanismos comunes de que disponen (por ejemplo, el Fondo de Garantía de Depósitos). Son las ayudas a la banca española durante estos años de crisis. Su contabilización corresponde, básicamente, a Miguel Martín, presidente de la Asociación Española de Banca (AEB), en un curso de hace unas semanas. Es, por tanto, una fuente de parte, y no neutral. Según el representante de la patronal bancaria, las ayudas a las entidades financieras en dificultades desde el inicio de la crisis podrían ascender a alrededor de 125.000 millones de euros, una cantidad equivalente a más de 12 puntos de PIB. No caigamos en la demagogia pero comparemos esta cifra, por ejemplo, con la que se va a dedicar a la lucha contra el desempleo juvenil (menores de 25 años) después de los resultados de la cumbre de jefes de Estado y de Gobierno de la UE de la semana pasada. Pornografía pura.

De esos 125.000 millones, 75.000 corresponden al dinero puesto por el Fondo de Reestructuración Ordenada Bancaria (FROB) —entidad de derecho público creada para gestionar los procesos de reestructuración y resolución de las entidades de crédito—, en dos tandas, y el Fondo de Garantía de Depósitos (FGD). La ayuda europea de 32.000 millones fue distribuida a través del FROB, y está incluida en esa cantidad global. Quedan 50.000 millones de euros correspondientes a los activos dañados de las entidades nacionalizadas y de las que han requerido asistencia financiera, adquiridos por la Sociedad de Gestión de Activos de la Reestructuración Bancaria (Sareb).

La AEB calcula que de los 125.000 millones, casi 32.000 millones ya se dan por perdidos, a los que casi con seguridad habrá que añadir otros 8.000 millones. Total, cuatro puntos de PIB de déficit público, de los que más de tres puntos ya han sido contabilizados en el déficit del año 2012, que por ello llegó a superar el 10% del PIB, según las cifras aportadas por la Comisión Europea.

Es conveniente recordar estos datos cuando el marco político para una Unión Bancaria (UB) acaba de ser aprobada por el Consejo Europeo. Aunque falta la letra pequeña (y ahí es donde pondrán la carne en el asador los países más renuentes a esta iniciativa, como Alemania), lo declarado es que existan las mismas condiciones para todos los bancos europeos, independientemente del regulador nacional. En buena parte, se trata de regular el procedimiento para el uso de dinero público mediante inyecciones de capital tanto en las entidades financieras con problemas, pero rescatables, como en las insalvables que deban liquidarse, y quién pagará la factura. De los tres pilares de la UB —supervisión, liquidación y garantías— quedan por resolver asuntos centrales como el sistema de garantía de depósitos (agitado por el rescate chipriota, que generó una enorme alarma social en los ahorradores de toda la zona, por la inseguridad jurídica generada) o si se creará un fondo europeo de resolución de las crisis.

La crisis financiera europea ha tenido desde el inicio de la crisis dos etapas muy diferenciadas. La primera, su asimilación al contagio llegado de EE UU a través de las titulaciones y de las hipotecas subprime (cuando el Gobierno republicano de George Bush tuvo que nacionalizar grandes bancos, aseguradoras y agencias hipotecarias para que sobreviviesen, en el otoño del año 2008) y los países europeos hubieron de practicar una política similar, utilizando el dinero del contribuyente. La segunda, cuando el uso de ese dinero generó un problema de déficit y de deuda pública. La UB tratará también de romper el bucle diabólico por el que la presencia de deuda soberana en las tripas de los bancos privados induce a una correlación malsana entre la calidad de esa deuda pública y la solvencia bancaria.

El País, 1/07/2013

Fig. 5

### Mitjans audiovisuals

La importància relativa i la penetració dels mitjans ha anat canviant amb el temps. Al principi, la important era la premsa escrita, després va arribar la ràdio, a continuació va arrasar la televisió i ara allò majoritari és Internet. Tot això també es mesura mitjançant procediments matemàtics, bé per l'Estudi General de Mitjans o de Kantar Media per a la televisió.

Cercar en Internet continguts matemàtics pot ser un treball hercúli, però jo recomane els portals *DivulgaMAT*, el major lloc matemàtic en castellà (<http://www.divulgamat.net/>) i sobre estadística el portal del Departament de Mètodes Estadístics de la Universidad de Zaragoza (<http://estadistica2013.unizar.es/>). Pel que fa a material audiovisual, el documental *Sin números* (<http://vimeo.com/96893589>), el treball *Ars qubica* (<https://vimeo.com/131194370>) o la sèrie portuguesa *Isto i matemática* (<http://www.youtube.com/user/istoematematica>).

Com un altre apartat podem incloure la presència d'objectes matemàtics en la publicitat, com ara el percentatge, que vol dir que es tracta de descomptes o llocs barats (Fig. 6 i 7). O la presència massiva d'elements geomètrics senzills en els logotips, que ens indiquen que la geometria es percep i roman, i que és important fora de

les aules. En són un exemple el logotip de Oysho (amb simetria central, cosa que permet llegir-lo independentment de com estiga col·locat, fig. 8) o el de Mitsubishi (exemple d'impacte que a més respon al nom japonès: 3 diamants, fig. 9).

### Final

Se sol dir en els tractats clàssics de periodisme que una notícia està ben redactada quan contesta les cinc preguntes següents: *qui?*, *què?*, *quan?*, *per què?* i *com?* Com veiem cap d'elles no té res a veure amb les matemàtiques. Pense que, en la majoria dels casos, caldria afegir-ne d'altres: *quantes?*, *amb quina probabilitat?*, *quina fracció o percentatge?*, *com comparar aquestes quantitats amb altres?*, *quin és l'índex de creixement i com es pot comprovar?*, *d'on ha sortit la dada?* (amb especial interès en la fitxa tècnica de l'enquesta)?

1. El País, 23/01/05.
2. *Un matemático lee el periódico*, Editorial Tusquets, 1996.
3. *Errores y credibilidad*. 12/9/04.

## Teories de l'envelliment

# Radicals lliures i antioxidants

Diego Fuentes

Metge Cardiòleg - Hospital de Dénia - Marina

**Tal vegada**, la primera teoria de l'envelliment va ser extreta de l'entorn per simple observació: les coses es desgasten de manera natural per l'ús i pel pas del temps; però per què unes coses, o unes persones, duren més que no les altres?

Hom ha suposat que l'excés o el mal ús en fóra la raó, però en les persones s'identifica amb el deteriorament atribuït a estils de vida no saludables; és a dir, als comportament que acceleren l'envelliment. En la química de la vida es produeixen substàncies metabòliques necessàries que són, alhora, nocives o tòxiques quan es presenten en nivells inadequats; exemples: el sucre, el colesterol, la creatinina, etc. Tanmateix, els nivells perjudicials no són sempre per excés o per dèficit, provocats per un consum inadequat, sinó sovint per defectes bioquímics erronis en el processament metabòlic, com ara, la diabetis o l'hipertiroidisme, i també per defectes hormonals o enzimàtics causats per la informació genètica. Així, les teories del desgast pels excessos o els possibles defectes hormonals o metabòlics es van imbricant amb alteracions per determinació genètica.

La importància de la genètica va guanyant terreny i pot observar-se en la progèria, una vellesa prematura coneguda des d'antic i descrita per primera vegada per Hutchinson-Gilford el 1886, i a la qual l'alemany Otto Werner va atribuir un caràcter genètic/hereditari en observar que afectava quatre germans. Recentment, s'ha reconegut que el defecte genètic està relacionat amb el cromosoma 8 gen WRN (síndrome de Werner) que provoca canvis degeneratius precoços que condueixen al típic aspecte de xiquets vells amb una curta esperança de vida.

Suposant que no existisca un defecte genètic tan agressiu, l'entorn juga un paper important com a accelerador, fre o desencadenant, atès que en els processos metabòlics de la vida a poc a poc s'acumulen danys bioquímics i errors en les macromolècules que acaben per ser irreparables des del moment que alteren les funcions cel·lulars fins arribar a la vellesa i l'apoptosi. Encara que el procés ocorre de manera natural, agents externs com la llum ultraviolada, raigs-X, radiacions electromagnètiques, virus, productes químics ambientals, fàrmacs, aliments, contaminants, etc. poden accelerar el procés. Un dels principals intermediaris de tots els factors són els radicals lliures que realitzen milers d'atacs diaris a les cèl·lules, alguns dels quals poden generar lesions oxidatives que afecten a les molècules essencials de les cadenes respiratòries com l'ARN o l'ADN mitocondrial o cromosomal que portaran a la vellesa. És per açò que els radicals lliures són un dels factors més estudiats en el procés d'envelliment.

**En la química de la vida es produeixen substàncies metabòliques necessàries que són, alhora, nocives o tòxiques quan es presenten en nivells inadequats.**

En química s'anomenen radicals lliures els àtoms o molècules que tenen electrons desaparellats, cosa que els fa inestables i altament reactius o agressius per a les molècules de les rodalies. Els radicals lliures tendeixen a reaccionar amb les substàncies veïnes per tal d'aconseguir els electrons en dèficit i estabilitzar-se. L'element oxidat passa al seu torn a ser un nou radical lliure amb les mateixes tendències oxidatives perpetuant-se i originant una reacció en cadena. En principi, una manera de minimitzar o evitar atacs oxidatius és proporcionar o oferir substàncies disposades a cedir ràpidament electrons, per tal d'evitar que l'atac es realitze sobre les molècules orgàniques essencials. Aquesta propietat de certes substàncies que s'ofereixen a «reduir-se» s'anomena efecte antioxidant.

Els antioxidants ideals són molècules d'efecte contrari als radicals lliures, són afins o els ve bé cedir electrons, no són màrtirs, sinó que hi ha un benefici mutu: un s'oxida i l'altre es redueix. En completar-se aquesta reacció d'oxidació i reducció, l'ideal és que es forme un compost químicament estable que suprimisca la progressió de la reacció oxidant en cadena. Per tot això, als antioxidants se'ls suposa efectes tals com el de frenar els processos d'oxidació orgànica implicats en l'envelliment i, consegüentment, se'ls atribueix la potencialitat de retardar la vellesa, d'alentir el rellotge biològic i amb açò mantenir l'aspecte ufanós i retardar les malalties degeneratives associades, com ara el càncer, l'artrosi, l'Alzheimer, l'arterioesclerosi, etc. Tot plegat, quasi un elixir de joventut.

Aquesta expectativa ha convertit els antioxidants en productes de moda i van brollant pertot nombroses pre-





**Suposant que no existisca un defecte genètic tan agressiu, l'entorn juga un paper important com a accelerador, fre o desencadenant, atés que en els processos metabòlics de la vida a poc a poc s'acumulen danys bioquímics i errors en les macromolècules que acaben per ser irreparables des del moment que alteren les funcions cel·lulars.**

**Després de més de vint anys d'estudi, els resultats d'efectivitat mostren dubtes: en la majoria de casos, els beneficis han mostrat ser neutrals o innocus, i, en alguns casos, fins i tot han mostrat efectes deleteris.**

paracions comercials en pastilles, infusions, cremes o altres vies que ofereixen antioxidants i que, segons l'hàbil publicitat, reuneixen totes les qualitats per a preservar l'eterna joventut. En raó a la importància del tema, s'han realitzat estudis seriosos d'intervenció, administrant suplementes a poblacions concretes i controlades. Després de més de vint anys d'estudi, els resultats d'efectivitat mostren dubtes: en la majoria de casos, els beneficis han mostrat ser neutrals o innocus, i, en alguns casos, fins i tot han mostrat efectes deleteris.

La conclusió, per tant, és que no hi ha evidències científiques que els suplementes d'antioxidants reduïsquen de manera clara el risc de malalties degeneratives i que allarguen la vida. Les raons d'aquesta falta aparent d'eficàcia en el món real no són clares i hi ha hipòtesis diverses. Hi ha qui sosté que els compostos resultants de les reaccions d'oxidació i reducció no són tots químicament estables i no impedeixen la progressió de la reacció oxidant en cadena; una altra hipòtesi és que, quan s'administren amb excés, hi podrien interferir amb reaccions oxidants vitals, que no són tan dolentes, sinó que serveixen de senyals de comunicació i activació de defenses naturals, d'immunitat o reparatives que evi-

ten camins pitjors. S'ha observat també que encara que prenguem quantitats importants d'antioxidants, la seua presència en els teixits no guarda relació directa amb la ingesta, i sembla que l'efecte antioxidant atribuït puga realitzar-se no únicament per acció directa sinó per induir la síntesi d'altres substàncies antioxidants orgàniques, com són la dismutasa, la catalasa, la reductasa, etc., mitjançant l'expressió de gens que les codifiquen.

Per tot açò, a hores d'ara, es considera saludable i adequat procurar-se una alimentació natural, rica en antioxidants; però no sembla raonable recomanar la utilització de preparats comercials en megadosis. Alguns dels antioxidants naturals més potents són els tiols i els polifenols, que conformen nombroses famílies com els tanins, els flavonoides, els carotenoides, els lignans i els estilbens, etc., que són abundants en les fruites, verdures, hortalisses, fruits secs i llavors. Tot i això, les virtuts d'aquests aliments naturals no són només les antioxidants, sinó que se complementen i potencien per la presència de multivitamines i fibra que regulen els moviments intestinals, a més d'evitar proporcions agressives de greixos i sucres refinats. Per tot això, menjar-ne és molt recomanable.



# Ciències o lletres?

Míriam Esparza

MProfessora de Física i Química · IES Pedreguer



Segur que en més d'una ocasió heu escoltat: “Ho sent, és que sóc de lletres”. En massa converses i situacions quotidianes trau cap aquesta cantinel·la, normalment utilitzada per a justificar que malgrat no saber de ciències no passa absolutament res, ningú no va a jutjar-nos. I si, quan s'estiguera parlant d'alguna pel·lícula o d'alguna novel·la, algú eixira amb la frase “ho sent, és que sóc de ciències”, no ho trobaríem absurd i fora de lloc?

Actualment, encara hi ha una gran preocupació per conèixer els clàssics, per saber idiomes, per no cometre errors ortogràfics o de vocabulari, per saber d'art, però no preocupa en excés no saber de ciències. Està mal vist no conèixer William Shakespeare, Franz Kafka, Charles Dickens, Johan W. Goethe, Pablo Picasso, Diego Velázquez o no haver llegit *El Quixot*, però, en canvi, ningú no s'escandalitza si no coneixeu Isaac Newton, Nikola Tesla, Galileu Galilei, Albert Einstein o Charles Darwin, entre altres. Ens posaríem les mans al cap si qualsevol persona que haja estat escolaritzada ens diguera que no sap llegir, i per contra, solem considerar totalment normal que no sàpiga què és la massa o l'acceleració. La incultura científica no es considera habitualment incultura i, per tant, molta gent no té problemes d'afirmar que és “de lletres” i presumir alhora de ser una persona culta. La nostra vida quotidiana, cada dia més, depèn dels avanços científics i tecnològics, però, així i tot, en el nostre país existeix poca tradició de veure la ciència com a part de la cultura bàsica.

Però, què és la cultura? *La Gran Enciclopèdia Catalana* defineix la *cultura* com a: “Conjunt de tradicions (literàries, historicosocials i científiques) i de formes de vida (materials i espirituals) d'un poble, d'una societat o de tota la humanitat”. La segona acepció que dóna la RAE (Reial Acadèmia Espanyola) de cultura és “*Conjunto de conocimientos que permite a alguien desarrollar su juicio crítico*”, i la pregunta és: Com anem a tindre judici crític en un entorn científicotecnològic, si l'ignorem?

## Les dues cultures

Des de 1959 és un tòpic referir-se en el món occidental a l'escissió de dues cultures. Les dues cultures, precisament, és el nom d'un estereotip cultural contemporani que deriva del títol de la conferència *Les dues cultures i la revolució científica* pronunciada per C. P. Snow en 1959 a la Universitat de Cambridge. Ras i curt, la seua idea bàsica és que hi ha dues cultures –la científica i la humanística– molt allunyades i separades per una mena de mur que dificulta la comunicació entre els

integrants de cadascuna. És a dir, es tracta de dos grups radicalment oposats, separats per una barrera d'ignorància i de prejudicis recíprocs.

L'atac de Snow va ser principalment a la cultura tradicional, i més que a la cultura en general, a les lletres. Segons ell, la cultura científica representa el futur, la modernitat, i els científics serien els herois, en especial els físics, avançats del progrés. A l'altra banda, situa els humanistes, un entrebanc per a l'evolució de la humanitat i la universalització de la cultura.

Snow comentava que no pocs intel·lectuals feien un somriure entre burleta i compassiu quan un científic admetia no haver llegit una obra literària important. El menyspreaven com un especialista ignorant. Nogensmenys, quan se'ls preguntava sobre el 2n principi de la termodinàmica no tenien cap pudor d'admetre ignorar la resposta. Snow considerava que enunciar aquest principi físic era si fa no fa l'equivalent a declarar haver llegit alguna obra de Shakespeare. Tal vegada, el 2n principi de la termodinàmica costa d'entendre, i Shakespeare no?

Com era d'esperar, les invectives de Snow no van quedar sense resposta. Les crítiques del professor Frank R. Lewis varen ser ferotges, podríem dir que fins i tot desqualificadores. Tant un com l'altre van tindre suports. La qüestió és que es deplorava situar la ciència per damunt de les humanitats o fer justament el contrari.

La ciència sempre ha estat present al llarg de la història, influint la política, l'economia, l'arquitectura, la religió, la filosofia, la literatura, etc. Per consegüent, la ciència s'ha de considerar un element fonamental de la cultura i no hem d'oblidar que aquestes dues formes de pensament, la humanística i la científica són igualment humanes i s'han influït constantment. Per tant, hem de ser perfectament conscients que ser culte implica saber tant de ciències i tecnologia com d'humanitats. No es pot ser una persona culta sense tindre nocions de ciència. La ciència, com no pot ser d'altra manera, ha d'estar integrada en la cultura global.

En l'actualitat la societat hauria de valorar tant les humanitats com les ciències i entendre que les dos són elements essencials de la cultura i no caure en l'error de menysprear cap dels dos grans camps del coneixement humà. Hem d'intentar buscar la combinació d'aquestes amb la proporció que cadascú considere segons les seues preferències personals, però sense caure en l'error de deixar-ne una de banda. Probablement no calga saber el 2n principi de la termodinàmica o ser-ne un expert; està clar que ningú no pot saber-ho tot de tot, però sí





tindre nocions de ciència que ens poden servir per a entendre el món que ens envolta i ajudar-nos en la presa de decisions sobre molts aspectes de la vida que depenen de la ciència i la tecnologia.

### La percepció social de la ciència

Com hem dit, la ciència i la tecnologia cada vegada estan més presents en les nostres vides, fins i tot poden arribar a transformar les societats i la manera de relacionar-se dels individus, entre ells i amb el seu entorn. Per aquest motiu, conèixer la percepció que la societat respecte la ciència i la tecnologia és imprescindible, ja que no sols permet el seu mateix desenvolupament, sinó que contribueix a establir mecanismes per tal d'augmentar l'interès de la societat per elles i, en conseqüència, el coneixement, la valoració i la participació.

A Espanya, la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y Tecnología) realitza des del 2002 una enquesta bianual de percepció social de la ciència. En aquestes enquestes s'aborden multitud d'aspectes relacionats amb la ciència com, per exemple, la imatge social de la professió científica, les polítiques de suport a la ciència i la tecnologia, l'interès pels temes científics i tecnològics o la despesa pública en aquest camp, entre d'altres. Cal destacar que aquesta és l'única enquesta d'aquestes característiques que es fa a Espanya i té una grandària mostral important a nivell nacional.

### 7a enquesta de percepció social de la ciència

El passat 23 d'abril la FECYT va presentar els resultats de la 7a enquesta de percepció social de la ciència, 2014. L'enquesta completa es pot consultar en la web. Seguidament, comentem alguns dels aspectes més destacats recollits en aquest dossier.

#### a) Imatge de la ciència i de la tecnologia

De l'enquesta es desprén que la imatge que tenen els ciutadans sobre la ciència ha millorat en els últims dos anys. Un 59,5% afirma que aquesta presenta més beneficis que perjudicis front a un 53% en 2012. Això suposa un augment de més de 6 punts percentuals, gens menyspreable. Hi ha aplicacions que es consideren clarament beneficioses, per ordre: el diagnòstic genètic de les malalties (82,2%), els aerogeneradors (75,7%), la investigació sobre cèl·lules mare (75,4%), la telefonia mòbil (67,1%) i Internet (65,8%). En canvi, apareixen altres aplicacions considerades perjudicials: l'energia nuclear (54,4%), la clonació (45,7%) i el cultiu de plantes modificades genèticament (41,7%).

Els científics tornen a ser en aquesta enquesta la segona professió més valorada, sols per darrere dels metges. A continuació es situen els professors i els enginyers. Els enginyers cada vegada estan més valorats, aspecte molt positiu ja que podríem dir que aquests són els traductors, en certa manera, del coneixement científic o tecnològic a productes que milloren la qualitat de vida de les persones.

#### b) Interès per la ciència i la tecnologia

L'estudi assenyalava que l'interès per la ciència i la tecnologia es manté estable al voltant d'un 15% des del 2012. Aquest interès és major entre la població més

jove, ja que l'interès per la ciència és major en una franja d'edat entre 24 i 34 anys. Els homes estan més interessats en ciència que les dones: 20,9% front al 9,9%. Pot ser s'entenen coses diferents per ciència o influeix el fet que les dones s'han incorporat més tard a l'educació superior. Siga com siga, vegem que hi ha una escaleta de gènere pel que fa a l'interès per la ciència.

Cal destacar que el nivell d'informació que disposen els ciutadans sobre els distints temes de ciència i tecnologia està per baix de l'interès que manifesten per cadascun d'ells en la majoria dels casos.

A més, l'estudi trau a la llum que un de cada quatre espanyols no està interessat en ciència. La majoria confessa que no li interessa perquè no l'entén.

#### c) Educació i alfabetització científica

En aquest apartat s'investiga què saben de ciència els ciutadans, aspecte decisiu a l'hora de prendre decisions crítiques i fonamentades. Es plantegen afirmacions sobre ciència i tecnologia i els enquestats han de dir si són correctes o no.

Quasi un terç dels espanyols continua pensant que és el Sol el que gira al voltant de la Terra o que els humans vam conviure amb els dinosaures. Al voltant d'un 60% dels ciutadans no té clar en què consisteix el mètode científic. Açò constata, per tant, l'analfabetisme científic de la població, encara que també mostra que tenim una generació de joves cada vegada més preparada. Com a mostra, el 74% dels joves sap que els gens d'una persona no es modifiquen per menjar transgènics, front al 64% en el cas dels pares i el 43% en el cas dels avis. Podem concloure, doncs, que els joves cada vegada estan més formats en ciència.

I quina importància té conèixer què saben els ciutadans de ciència? Per il·lustrar-ho posarem alguns exemples. Respecte a l'afirmació de que els antibiòtics curen tant malalties causades per virus com per bacteris, sols el 36% de la gent gran (majors de 65 anys) l'encerta. Això justifica el mal ús que fan d'aquests fàrmacs que té com a conseqüència la generació de resistències entre els microbis i aquestes bacteris que provoquen despeses milionàries. Aquest és un assumpte que preocupa molt seriosament a les autoritats sanitàries. Respecte a l'afirmació de que hi ha altres fonts de radioactivitat en la Terra a banda de l'activitat humana, sols el 60% dels enquestats sap que la major part de radioactivitat del planeta és natural. De fet, el 80% de la radiació que rebem al llarg de les nostres vides prové de fonts naturals, com els rajos còsmics i el gas radó del subsòl. Sí, completament naturals, per a què després la gent pense que si és natural és més bo i s'utilitzi contínuament aquesta paraula com a reclam per a vendre i encarrir els productes. De fet, tan sols un 0,01% de la radioactivitat rebuda es deu a l'activitat de les centrals nuclears, segons Nacions Unides i aproximadament el 20% restant té com a procedència les proves mèdiques.

Els ciutadans són conscients que no tenen prou formació científica; 47,1% consideren que la seua educació científica és baixa o molt baixa. Aquesta percepció millora respecte a 2004, però descendeix en els dos



últims anys. Malgrat açò, s'observa una milloria amb els anys, ja que va millorant el coneixement científic gràcies a l'educació i a la divulgació científica, però encara queden moltes coses a fer.

#### d) Ciència i tecnologia i mitjans de comunicació

Per a informar-se sobre ciència i tecnologia, els ciutadans utilitzen diversos mitjans de comunicació: televisió, internet, premsa generalista, ràdio, revistes de divulgació, llibres, etc. però destaca Internet com a primera font d'informació científica per a un 39,8% dels enquestats. No obstant això, la televisió és la font més consultada quan es citen tres mitjans per a estar informats de ciència (72,1%) i Internet queda en segon lloc amb el 56,7%. Encara que el principal mitjà per a l'obtenció d'informació sobre ciència i tecnologia és la televisió, Internet supera a aquest mitjà de forma indiscutible en persones de 15 a 34 anys. L'ús de revistes de divulgació científica destaca entre els ciutadans amb formació universitària.

Respecte a la televisió, primera font més consultada, el problema principal és que massa vegades es publiciten pseudociències i abunda la falta de rigor científic. Cal anar molt en compte amb els programes de ciència de la TV que publiciten la pseudociència perquè arriben a gran part de la població i, seria convenient denunciar-ho, per tal que s'augmenten els filtres i no es colen consells i informacions sense cap rigor científic. La secció *Saber viure* del programa matinal conduït per Mariló Montero en la 1 ha sigut acusada en nombroses ocasions per falta de rigor científic i per promoure pseudociències. En el programa s'ha recomanat dietes sense base científica, remeis sense eficàcia demostrada i s'han promogut pràctiques pseudocientífiques com la bioressonància. Fins i tot, alguna cosa semblant va ocórrer en alguna ocasió amb *Redes*, dirigit i presentat per Eduard Punset, el programa de la 2 on també van arribar a donar crèdit a xerraires com Deepak Chopra, Rupert Sheldrake i Masaru Emoto, entre altres. Altres vegades, com és el cas de *El hormiguero*, de Antena 3, dirigit i presentat per Pablo Motos, primer amb Flipy i ara amb el *Hombre de Negro*, es dóna més importància a l'aspecte lúdic i a l'espectacularitat de la ciència que no a les explicacions científiques, i així, de vegades la ciència sembla màgia i no se n'aprén res. No és que la ciència no puga ser divertida, però no és eixa la seua finalitat.

Per sort, també trobem programes que aposten per una divulgació científica de qualitat i que estan ben plantejats. Parlem de *Tres14*, de la 2 o *Órbita Laika*, també de la 2, coproduït per TVE i per la FECYT que es va estrenar en desembre de 2014. Es tracta d'un show de divulgació científica i d'humor presentat per Àngel Martín. En el programa els col·laboradors expliquen coses sobre ciència tant al presentador com al convidat famós i, per descomptat, als espectadors. El programa es desenvolupa en diferents seccions.

Pel que fa internet, segona font més consultada, destaca sobre tot l'ús de la Wikipèdia per a mantindre's informat sobre ciència (57,7%), els mitjans digitals generalistes (55,6%) o les xarxes socials (54,3%), els vídeos (52,4%) o els blocs i fòrums (44,9%). Aquells que s'in-

formen mitjançant les xarxes socials ho fan sobre tot via Facebook i secundàriament a través de Twitter. La manera d'informar-se també està relacionada amb l'edat, sent els joves els que s'informen a través de les xarxes socials i els majors els que ho fan utilitzant mitjans digitals generalistes. I és que actualment hi ha moltes fonts rigoroses en internet com, per exemple, *Naukas*, el bloc de *Fogonazos* o el de *Materia* de El País, l'agència SINC (creada per la FECYT), *Microsiervos*, i *Investigación y Ciencia* entre molts altres.

#### La importància de l'educació i de la divulgació científica

Els mitjans per a tindre una societat millor amb ciutadans lliures i amb capacitat de decisió crítica són, sense cap dubte, la formació i la informació.

L'educació té un paper fonamental i entre tots hem d'aconseguir que aquesta educació continue sent pública, per a què puga arribar a tots i, com no, de qualitat per a formar les millors persones que contribuïsquen a construir un futur que pague la pena. Per a aconseguir aquest difícil propòsit s'ha d'esforçar el govern legislant lleis d'educació, no en funció del partit que governe sinó amb la finalitat d'aconseguir un model educatiu que s'arribe a convertir en un referent, així com el professorat que no ha de perdre mai la il·lusió d'ensenyar i, com no, de continuar aprenent, treballant per a millorar la seua formació i, per descomptat, la societat que ha de valorar i reconèixer la tasca docent, que comporta una gran esforç i responsabilitat.

Quant a la informació, ací és on entra en joc la divulgació científica. L'alumnat en el seu últim curs d'ensenyament obligatori pot ja triar no fer matèries científiques, però això no farà que visca en un món on no necessite tindre coneixements científics. No es pot tolerar que algú no dispose de les ferramentes suficients per a discernir les ciències de les pseudociències, no puga participar en debats actuals ni prendre decisions crítiques i fonamentades a l'hora de prendre part en alguna proposta feta des de les Institucions Públiques.

La ciència i la tecnologia avui en dia es troben en tots els àmbits de la nostra vida social i quotidiana (smartphones, vacunes, alimentació, cèl·lules mare, nous materials, energia nuclear, etc.). Per tant, no es pot consentir que a la gent li venguen productes homeopàtics i productes *naturals* a preu d'or, l'estafen amb teràpies sense cap fonamentació científica o pensen que les vacunes provoquen autisme o que una tomaca no té material genètic.

Les persones que es creuen qualsevol cosa perquè l'hagen vista en internet, en la televisió o en qualsevol altre mitjà, sense proves i sense ser capaços d'argumentar-les, així com una societat que no dubta o no té curiositat en saber d'on venen les coses o com funcionen està abocada al fracàs. Els nostres telèfons no poden ser més intel·ligents que nosaltres, així que, ja sabem, cal ser de ciències i de lletres.

A la pàgina 16, acompanyant el titular, els retrats d'I. Newton i W. Shakespeare.



# Algunes reflexions docents sobre una qüestió controvertida

## La motivació dels estudiants envers la química<sup>1</sup>

Carles Furió Mas i Cristina Furió Gómez.

Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials · UV

**El tema de la motivació** dels estudiants envers l'aprenentatge de qualsevol matèria científica constitueix una preocupació seriosa per al professorat. En primer lloc, perquè els docents constaten una falta general d'interès dels alumnes i, sobretot, cap a la Física i la Química. Aquesta percepció és corroborada pels estudiants. Encara que siga a títol anecdòtic, recordem que en una de les darreres enquestes del MEC sobre el fracàs escolar dels estudiants de l'ESO mostrà que al voltant d'un 25% deia que no li interessaven els estudis científics i el 68% indicava que s'avorria a classe. En segon lloc, perquè al costat d'aquesta falta de motivació existeix un fracàs escolar en aquelles disciplines major que en les altres. És més, s'ha constatat que el desinterès de l'alumne augmenta conforme els estudiants de Secundària van rebent més cursos d'aquestes matèries. Per tant, els professors ens trobem amb el cercle viciós següent: Els alumnes vénen a classe de Química desmotivats; això fa que no paren atenció a les explicacions del professor/a; en conseqüència, s'avorreixen, augmenta el desinterès per aprendre i, per descomptat, no fan cap esforç per aprendre. Com trencar aquesta espiral "desinterès-baix rendiment acadèmic-major desinterès?"

Què fer? Una de les respostes espontànies que donem els professors consisteix a pensar que cal afegir a l'ensenyament aspectes motivadors que *mitiguen* l'èmfasi conceptual donat a la matèria. Però tots sabem que la qüestió és més complexa. Tan complexa com és el procés mateix d'ensenyament-aprenentatge de la química. D'aquí que considerem que la relació entre la motivació dels estudiants i l'ensenyament de la química siga una qüestió controvertida.

Hem de veure el problema de la desmotivació discent des d'una nova perspectiva basada en els resultats de la investigació en didàctiques de les ciències. La motivació no s'ha de concebre com a un element extern que cal afegir als components conceptual i procedimental de l'ensenyament-aprenentatge de la química, sinó que ha d'estar integrada de manera continuada en aquest procés, si hom vol aconseguir un canvi actitudinal en l'alumnat. D'una altra banda, cal reconèixer la imatge del context social sobre aquestes disciplines.

La imatge de la física i la química que té la societat (i, per tant, l'alumnat!) no és massa atractiva que diguem; sobretot, en comparació amb altres matèries com ara la Biologia o la Medicina. No només són aquelles matèries difícils i avorrides, sinó que a més són perilloses! A la física i la química se les relaciona amb l'armament, l'energia nuclear, la contaminació ambiental, etc. Mentre que la biologia i la medicina s'associen amb la lluita contra les malalties, la conservació del medi ambient o la millora de l'agricultura. Quan la premsa o la TV refereixen els grans reptes intel·lectuals del segle XXI, se centren fonamentalment en qüestions tals com la seqüència del

genoma humà, la clonació, la curació del càncer, l'ús de cèl·lules mare per a guarir malalties, etc.

En canvi, apenes hi són anomenats els principals desafiaments de la química per al segle XXI, tals com, per exemple, idear tecnologies en què se substituïsquen els combustibles fòssils per l'hidrogen com a font energètica primària (per exemple, les piles de combustible) amb la qual cosa el petroli es podria reservar per a obtenir materials i, alhora, es reduïrien les emissions del gas principal d'efecte hivernacle, el CO<sub>2</sub>. O desenvolupar transistors mol·leculars, per exemple, per disposar d'ordinadors a escala nanoscòpica. Acceptem el fet que els nostres alumnes arriben impregnats de la imatge negativa de l'entorn on viuen i, per tant, desmotivats cap a la classe de Química. Però, també sabem que, independentment de com ens arriben, les actituds de les persones van canviant a mesura que van vivint situacions noves. I una d'aqueixes situacions noves pot ser la mateixa classe de Química. J. Lemke, en la conferència inaugural d'un Congrés d'Investigació en Didàctica de les Ciències, es preguntava: "Per què els professors no ens esforcem per conjugar la implicació intel·lectual i emocional dels estudiants amb les meravelles dels feïmens naturals?"

El procés convencional d'ensenyament-aprenentatge de la Química sol tenir com a principal objectiu una formació de l'estudiant centrada en l'assimilació de fets, lleis i teories que conformen un cos de coneixements científics. En aquest procés apenes es posa l'èmfasi en aspectes essencials de l'activitat científica que tenen relació directa amb la motivació. Alguns dels principals aspectes de l'ensenyament convencional que cal criticar amb la finalitat d'impulsar la motivació dels estudiants es presenten a continuació.

### 1. En l'ensenyament no se solen presentar els problemes que originaren la construcció dels coneixements científics i sense els quals no té sentit la introducció de conceptes i teories.

Com indica Ausubel (1978), sense problemes, els coneixements citats apareixen com a construccions arbitràries. És a dir, es transmet una visió aproblemàtica i ahistòrica de l'activitat científica oblidant que el coneixement és un mitjà, una eina, per resoldre problemes i no una finalitat. Vegem algun cas paradigmàtic en què tant l'ensenyament com els aprenents no mostren a quins problemes rellevants intenta donar resposta la introducció d'un concepte, com és el de *l'equilibri químic*. En el marc de les olimpíades de Química, es plantejà una pregunta oberta a una mostra de 90 estudiants seleccionats de 31 centres de batxillerat amb l'objecte que explicaren per què les substàncies reaccionen entre si. Es tractava d'analitzar en quina mesura els estudiants ubicaven aquest problema en el tema de l'equilibri químic,



bé des del punt de vista cinètic -explicant les reaccions incompletes- o des del punt de vista energètic amb la introducció del concepte d'energia lliure. Les categories principals de resposta trobades en aquesta mostra foren les següents:

- la majoria de les respostes, 54% associà la causalitat dels processos químics amb la unió entre àtoms (és a dir, "el seu problema" era explicar la formació d'enllaços en una mol·lècula, no el de per què reaccionen o no les substàncies); dels reactius);

- un altre 20% raonà basant-se en la semblança o complementarietat de les substàncies (concebudes com a una mena d'afinitats dels reactius);

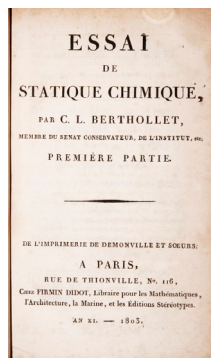
- el 19% de les respostes donà alguna justificació de tipus energètic ("disminució d'energia potencial del sistema") i entre elles, solament tres dels estudiants mencionaren la disminució d'energia lliure en el procés.

Recordem que, a finals del segle XVIII, les explicacions sobre el problema del perquè reaccionaven les substàncies es basaven en la idea de l'afinitat química. Aquest problema fou el *leit motiv* de l'obra de Berthollet, *Essai de Statique Chimique* (1803), on remarca la noció de "reaccions incompletes", la de l'equilibri químic i els factors de què depenia. En aquesta obra s'expliquen les reaccions químiques per les forces d'atracció newtonianes i per això allò "natural" no són les reaccions completes sinó les incompletes. La fi d'una reacció és un equilibri on l'afinitat és un factor més que influeix al costat d'uns altres com les concentracions i la temperatura. Quant a això, convé recordar que durant la Revolució francesa Berthollet fou l'encarregat de racionalitzar l'extracció de salnitre que s'utilitzava per fabricar la pólvora de canó rentant roques nitroses. Observà que era millor rentar amb aigua neta cada vegada, i, com més salnitre hi havia dissolt a l'aigua, menys eficaç era el rentat. Per tant, suggerí que la tendència a reaccionar (en aquest cas, dissoldre salnitre) no depenia només de l'afinitat, sinó també era una funció de la concentració dels reactius. No és estrany, doncs, que 60 anys després es presentà la llei de l'equilibri dels noruecs Guldberg i Waage (1864) en un article intitulat "Sobre les afinitats".

## 2. L'ensenyament de la Química no mostra la forma temptativa amb què els científics plantegen i tracten de resoldre els problemes.

Per exemple, als conceptes químics no se'ls dona el caràcter hipotètic i dinàmic que tenen (vàlidesa, limitacions, canvis, dependència de cos teòric). Això és, es transmeten visions estàtiques i dogmàtiques que distorsionen la naturalesa del treball científic i, pertant, serà difícil motivar els estudiants. Vegem algun exemple: En un famós text de *Química General* s'introdueix directament la hidròlisi de sals dient: «L'expressió hidròlisi d'una sal descriu la reacció d'un anió o un catió d'una sal, o ambdós, amb l'aigua. Generalment, la hidròlisi d'una sal afecta el pH d'una dissolució». Quin és el marc teòric que s'hi introdueix? Quin problema intenta resoldre aquest concepte? Quina vàlidesa té? Aquestes són preguntes lògiques que pot fer-se algun alumne motivat.

Es coneix molt bé en la història de la química que la idea d'hydròlisi d'una sal fou un hipòtesi *ad hoc* introduïda per Arrhenius en el marc de la seua teoria àcid-base per explicar la reacció àcida o bàsica de les dissolucions aquoses dels sals *neutres*. En aquest context teòric tractem que els estudiants compreguen les diferències

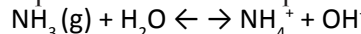


Esquerra: Primera edició (1803) de l'obra de Berthollet, *Essai de statique quimique*, on proposa el concepte *afinitat química*.

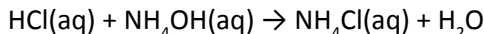
Dreta: S. Arrhenius.

entre els processos de dissolució, de *dissociació iònica*, d'hydròlisi i de neutralització. I per això els presentem els esquemes corresponents de reacció:

Equilibri en dissolució aquosa dels gas  $\text{NH}_3$ :



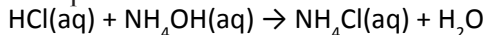
Neutralització entre àcid i base:



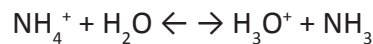
Hidròlisi del clorur amònic:



Equilibri àcid-base//hydròlisi sal:



Meditant davant d'aquests simbolismes el mateix alumne pot plantejar-se preguntes (i contradiccions!): Com acceptar que la dissolució aquosa del gas amoníac acabe sent la dissociació iònica de l'hydròxid amònic i, tanmateix, la del clorur amònic siga considerat un procés diferent anomenat *hydròlisi*? No sembla arbitrària la introducció d'aquest concepte? No sembla que siga el mateix neutralització que hydròlisi? És el mateix o no? Aquest problema de la hydròlisi, unit amb altres, com el del camp limitat de la vàlidesa de la teoria d'Arrhenius o la impossibilitat energètica que existisca lliure el protó al medi aquós, motivaren que la teoria d'Arrhenius fóra substituïda per la de Brønsted-Lowry el 1923 (Furió-Más et al, 2005). Però, en canviar de marc teòric, canviaren també els significats dels conceptes subsumits (Kuhn, 1972) i entre ells el de la hydròlisi. En aquesta última teoria, la hydròlisi de l'ió amoni la considerem una reacció entre un àcid i una base -com si fóra una neutralització!-, atès que l'esquema que hi fem servir és el següent:



En resum, en presentar els continguts actuals hi ha una falta d'atenció a la història i l'epistemologia de la ciència. Això ens impedeix conèixer quines foren les dificultats, els obstacles que calgué de superar i, per la mateixa raó, ens impedeix comprendre i resoldre moltes de les dificultats que també se'ls presentarà als estudiants. En conseqüència, una presentació dogmàtica dels conceptes i teories impedirà que els mateixos estudiants puguin plantejar-se la construcció de coneixements químics com a aventura del pensament impossibilitant la seua motivació.



### 3. S'ignoren en l'ensenyament de la Química, en particular, les interaccions CTS associades també a la construcció de coneixements.

Cal presentar continguts relacionats amb problemes en contextos socials on s'usen els coneixements químics per solucionar-los. No és fàcil, però és possible. Es pot recórrer a projectes d'ensenyament CTS ja publicats. Estem en l'era de la Química, en què hem passat de produir *materials estructurals* (alumini, plàstics, cautxú, etc.) a crear "materials a la carta" (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997). Això és, a produir materials funcionals amb una o dues propietats específiques que ens interessin socialment. En aquest sentit, no és difícil introduir, per exemple, en el tema de l'enllaç químic, quan es tracten els metalls, què són i com s'obtenen els semiconductors tan importants en Electrònica i Informàtica. Es pot plantejar com una situació problemàtica què és i com funciona un xip electrònic dels que utilitzem, per exemple, en el rec per degoteig i arribar a qüestionar-se quina és la propietat específica buscada en un cristall de silici o de germani que hi ha en els transistors usats? Els alumnes han de conèixer que aquests materials tenen un comportament contrari al dels conductors quan s'eleva la temperatura (baixen la seua resistència) i el que això suposa d'estalvi energètic. Cal que arriben a explicar-se per què tenen aquesta propietat precisament els semimetalls de grup IV de la Taula periòdica, per què es "dopen" afegint impureses amb àtoms del grup III (B, Ga, In, Al) per fabricar semiconductors tipus P (acceptors d'electrons), o del grup V (P, As, Sb) quan es desitja obtenir semiconductors tipus N (dadors d'electrons). En aquest sentit, convé recordar que fa un parell d'anys es concedí el Nobel de Química a investigadors que obtingueren el grafè, substància formada per una capa bidimensional monomolecular amb una estructura com la d'una de les monocapes del grafit amb propietats mecàniques i elèctriques molt interessants des del punt de vista tecnològic.

Els estudiants han de conèixer i valorar el desenvolupament científic i tecnològic, les seues aplicacions i incidència en el medi físic i social. Això implica debatre a classe el caràcter sovint conflictiu del paper de les ciències i la necessitat d'una presa de decisions fonamentada pels ciutadans. Qualsevol dels problemes del medi ambient que tenim al País Valencià o en el món pot servir de situació problemàtica. Com a exemple de problema local i, alhora, global que pot servir de motiu per a analitzar el comportament de l'ozó. La situació problemàtica a plantejar podria titular-se: *Què passa amb l'ozó? És perjudicial o no?* El tractament científic del tema donaria peu a conèixer la gran propietat oxidant d'aquesta substància, a relacionar la seua formació amb la "boira fotoquímica" nociva que tenim molt sovint a l'estiu al litoral mediterrani i, contràriament, ens preocupem per la disminució de la molt estreta capa d'ozó que hi ha a l'estratosfera, ja que absorbeix part de les intenses radiacions ultraviolades que vénen del Sol...

No podem seguir ensenyant Química als futurs ciutadans tancant els ulls als problemes greus que encara la humanitat. No podem seguir ignorant la situació d'autèntica emergència planetària en què estem vivint en l'actualitat i la necessitat d'anar cap a un desenvolupament sostenible. No podem ser indiferents, doncs, com cità el poeta xilè Nicanor Parra: «Buenas noticias: La Tierra se recupera en un millón de años. Somos nosotros los que desapareceremos».

### 4. En l'ensenyament de la Química predomina la transmissió de conceptes i teories realitzades pel professor on el paper essencial de l'alumne és el de receptor sense apenes participació activa ni possibilitat de regulació del seu aprenentatge.

Cal una profunda transformació de les estratègies utilitzades en l'ensenyament de la química que tinguen com a objectiu bàsic afavorir l'activitat de l'estudiant plantejant-li problemes reals, ajudant-lo a idear estratègies o destreses que el familiaritzen amb el *saber fer* del treball científic, a valorar i prendre decisions per a l'acció: en aquest aprenentatge plantejat com a aventura del pensament en la solució de problemes, són inseparables els aspectes cognitius i afectius. Això requerirà un determinat escenari afectiu que mantinga cert clima emocional, un escenari respectuós i cordial. És a dir, necessitarà un clima d'aula positiu. Un altre canvi necessari per a estimular la motivació de l'estudiant en l'ensenyament de la Química és l'avaluació dels aprenentatges. Qualsevol avaluació que vulga incidir en la millora de l'aprenentatge necessita que l'estudiant reba alguna retroalimentació informativa, creïble i optimista sobre què ha aconseguit i també sobre els seus errors. En aquesta retroalimentació, el professor ha de tenir cura de no minvar l'autoestima de l'alumne i mostrar-li expectatives positives per a aconseguir l'èxit. El fracàs de l'estudiant no ha de concebre's com a falta de vàlua, ni comparar-se amb la resta, sinó com purs errors subsanables amb més treball.

En resum, la motivació està íntimament lligada al procés d'ensenyament-aprenentatge de la Química, a les situacions problemàtiques que es proposen als alumnes, a les estratègies d'aprenentatge que es desenvolupen a l'aula, als resultats que obtenen i al context en què estan aprenent, entre altres. Tots aquests factors poden contribuir a la motivació de l'estudiant i aconseguir la millora dels seus processos d'interregulació o autorregulació i, en definitiva, aconseguir una major autonomia que, comptat i debatut, és la finalitat de qualsevol educació, inclosa la química.

(1) Aquest treball és un resum d'una conferència que impartirem en les *Jornades sobre Ensenyament de la Química a Palma de Mallorca (2005)* organitzades per l'Associació Nacional de Químics Espanyols (ANQUE).

#### Referències bibliogràfiques

- Ausubel, D.P. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. Mèxic: Trillas.
- Bensaude-Vincent, B. i Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid: Addison-Wesley.
- Furió-Más, C., Calatayud, M<sup>a</sup> L., Guissola, J. & Furió-Gómez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented as teachers. *International Journal of Science Education*, 27 (11), 1337-1358.
- Kuhn, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.

# El naixement del sistema mètric decimal

**Pepe Pedro**

Professor de Física i Química · IES Matemàtic V. Caselles · Gata

**S**i volem mesurar la longitud d'un tros de tela o el pes d'un sac de farina haurem de compararlos amb un patró establert, aquest patró s'anomena unitat de mesura. Antigament la majoria de les unitats tenien el seu origen en l'antropometria, és a dir, en les mesures del cos humà: peus, brances, colzes, polsades, etc. Actualment encara quan ens referim a la grandària (la diagonal) d'una pantalla de mòbil, ordinador o televisió ho fem en polzades.

Al final del segle XVIII hi havia unes dos mil unitats de pesos i mesures diferents a França. Mesures que variaven d'una província a una altra i d'una localitat a una altra. Aquesta situació caòtica, comuna a tot Europa, suposava un greu problema per al comerç entre pobles, per a l'administració de l'estat (cadastres, ...) i per a l'intercanvi dels resultats entre els científics. Davant aquest problema molts havien sigut els intents de buscar una uniformitat en les mesures, però va ser França durant la Revolució, un període de grans canvis, el país que va aconseguir establir un sistema d'unitats que ha perdurat fins als nostres dies; el sistema mètric decimal.

Un dels precursors del nou sistema va ser Charles-Maurice de Talleyrand, bisbe d'Autun, polític i diplomàtic francès. El 27 de març de 1790 proposà a l'Assemblea Nacional francesa un nou sistema de mesures, allunyat dels patrons antropocèntrics i particulars d'una determinada regió. El nou sistema s'havia d'extraure de la natura, fora dels interessos de qualsevol persona, poble o país. A més havia de ser invariable i universal. Les unitats d'aquest sistema havien d'estar interrelacionades, és a dir, una vegada definida la unitat de longitud, la resta d'unitats (pes, superfície i volum) s'havien d'extraure d'ella.

El dia 8 de maig de 1790 s'aprovà el projecte. L'Assemblea Nacional encarregà a l'Acadèmia de les Ciències de París l'estudi i detalls de la reforma i el 19 de maig de 1790 es creà la Comissió de Pesos i Mesures per a dur a terme aquesta missió. La Comissió estava formada per: Condorcet (president vitalici de l'Acadèmia), Lavoisier, Laplace, Lagrange, Coulomb, Borda i Tillet. Aquesta Comissió patiria canvis en la seua composició durant aquest procés.

Una altra proposta defensada pels savis de l'Acadèmia era dividir les unitats mètriques en una escala decimal, una escala natural basada en el nombre de dits de la mà del cos humà. Naixien així els múltiples i submúltiples, els primers porten prefixos d'arrels gregues (deca, hecto, quilo) i els segons arrels llatines (deci, centi, mili).

Actualment el sistema decimal està completament acceptat, però encara en queden vestigis d'altres sistemes com el sexagesimal utilitzat per a mesurar el temps o els angles.

A la unitat de mesura de longitud se la va anomenar metre (del grec "metron" que significa mesura) a proposta de Leblond (maig de 1790).

Inicialment Talleyrand i els seus consellers proposaren com a base del nou sistema de mesura la longitud d'un pèndol que tardara un segon a fer una oscil·lació completa a una latitud de 45°. L'experiment s'hauria de fer en un lloc a nivell de la mar i lluny de muntanyes que pertorbaren l'oscil·lació del pèndol a causa de l'atracció gravitatòria.

El 19 de març de 1791 la Comissió informà que el metre seria la deumilionèsima part del quadrant del meridià terrestre (la distància entre el Pol Nord



"Per a tots els pobles i per a tots els temps". Talleyrand.

Deumilionèsima part del quadrant de meridià terrestre.

i l'Equador). S'argumentà que no era convenient que la unitat de longitud es basara en una altra unitat diferent (el segon), s'havia de basar en una altra longitud. El 26 de març de 1791 es presentà la proposta a l'Assemblea Nacional, el 30 de març s'aprovà el projecte de la mesura del quart de meridià i s'ordenà la seua execució.

Com que la mesura de tot el quart del meridià resultava impossible, es trià el tram de meridià que va de Dunkerque a Barcelona tot passant per París. Segons la Comissió aquesta tria no era arbitrària sinó que estava avalada per les següents raons:

- el meridià travessava una regió que ja havia sigut cartografiada prèviament, cosa que agilitzaria les mesures.

- l'arc elegit cobria almenys 10 graus de latitud, un arc suficient per a extrapolar-lo a l'arc complet de la Terra.

- els seus extrems estaven a nivell de la mar.

- s'estenia als dos costats del paral·lel 45 i permetia que el punt mitjà s'apropara més als 45 graus, cosa que facilitava els càlculs matemàtics referents a l'excentricitat de la forma de la Terra (ja se sabia que la Terra estava aplanada pels Pols).

- la mesura de la latitud de l'extrem Sud de l'arc (Barcelona) estava allunyada dels Pirineus, els quals podien desviar la verticalitat de la plomada.

La mesura per terres espanyoles faria que el projecte fóra internacional, les autoritats espanyoles van mostrar el seu suport al projecte, no així Anglaterra i Estats Units en saber que serien els francesos els que mesurarien el seu propi meridià.

L'adopció d'una unitat de mesura "natural" va tindre detractors. Jerome Lalande, astrònom de gran prestigi i director de l'Observatori de París de 1795 a 1800, argumentava que aquesta unitat natural mai no seria exacta. Inflüen massa factors ja fóra en l'oscil·lació del pèndol com en la mesura del meridià i sempre s'arrossegarien errors. Lalande proposava una mesura material com la toesa de coure de París (una barra d'1,949 m) que l'Acadèmia custodiava. En realitat el projecte no va ser més que una justificació de la utilitat de l'Acadèmia en una època de terror en què les seues vides no estaven segures. A pesar de les opinions en contra, el projecte va continuar.

## El mètode utilitzat per a mesurar el meridià

El mètode consistia a construir una cadena de triangles amb un costat comú i que cobriren l'arc de meridià a mesurar. Els vèrtexs d'aquests triangles, anomenats estacions, estaven situats en llocs alts com muntanyes, torres o campanars. Per tal que les estacions foren ben visibles, a sovint es posaven senyals pintades o bé s'encenien focs, la llum dels quals, amb l'ajuda dels reverbers (tres espills formant angles rectes entre ells) es dirigia cap als observadors. Des de cada vèrtex s'havien de veure els dos o tres següents.

Per poder resoldre el problema s'havien de mesurar els angles dels triangles, la inclinació dels costats del triangle respecte al meridià i la longitud d'un dels costats d'un triangle anomenada base, després només quedava projectar els costats dels triangles sobre el meridià. Les bases triades van ser



Placa del Monument al Meridià a la Plaça de les Glòries de Barcelona.

la de Melun al Nord i la de Perpinyà al Sud. Per acabar el projecte s'havien de mesurar les latituds dels extrems de l'arc (Dunkerque i Barcelona).

Expedicions anteriors ja havien mesurat dues vegades l'arc de meridià entre Dunkerque i Perpinyà, per què calia tornar-lo a mesurar? Els savis argumentaven que ara es disposava d'un instrument dissenyat per Jean-Charles de Borda que minimitzava els errors tant de l'observador com de l'instrument; era el cercle repetidor o cercle de Borda. L'instrument constava de dos cercles de llautó que podien girar independentment en una escala circular graduada. Cadascun dels cercles portava acoblat un petit telescopi. Temps arrere els instruments no portaven aquests innovacions òptiques. Es podien realitzar múltiples lectures d'un mateix angle sense necessitat de moure l'instrument, cada mesura anava sumant-se a les anteriors en una escala graduada, finalment sols s'havia de dividir pel nombre de mesures. Aquestes repeticions d'una mateixa mesura minimitzaven l'error tant com major fóra la paciència i la perícia de l'observador. El cercle podia utilitzar-se de dues formes: en posició horitzontal permetia mesurar l'angle entre els senyals terrestres i en posició vertical podia mesurar l'altura de les estrelles. L'altura d'un astre és l'angle que forma l'astre amb l'horitzó de l'observador.

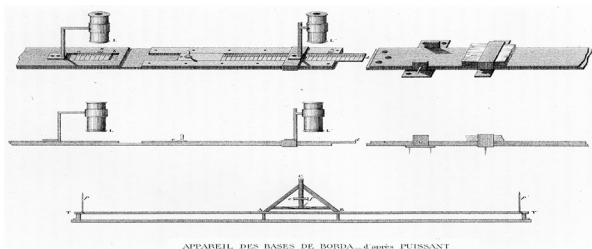


Cercle repetidor de Borda



La latitud s'obtenia a partir de l'altura de les estrelles quan passen (transiten) per la direcció Nord-Sud, també anomenada línia meridiana. En aquest punt les estrelles assoleixen la màxima altura (culminen).

Per a mesurar les bases els geodesistes necessitaven una gran extensió de terreny recta. Per a la mesura de la base del meridià Dunkerque-París (la base de Melun) es van utilitzar quatre regles de precisió formades per una capa de platí i una altra de coure que anaven col·locant-se anivellades i alineades una rere l'altra. Borda les havia calibrades i encastades en una caixa de fusta per tal que poguera llegir-se amb precisió microscòpica l'expansió relativa dels dos metalls. Calia fer les corresponents correccions segons la temperatura.



Aparell per a la mesura de les bases de Borda.

### Primera expedició de Méchain i Delambre (1792-1798)

El 10 de juny de 1792, l'encara rei de França, Luís XVI, autoritza l'elecció de l'Acadèmia de Ciències dels astrònoms Jean Baptiste-Joseph Delambre (1749-1822) i Pierre-François-André Méchain (1744-1804) com encarregats de l'operació de la mesura del meridià. Aquesta elecció estava avalada per les seues demostrades habilitats geodèsiques i astronòmiques. Els dos havien tingut de mestre a Jerome Lalande.

L'arc a mesurar entre Dunquerque i Barcelona, d'uns mil quilòmetres, es dividiria en dos trams. Del tram Nord, més llarg però més fàcil de mesurar i que ja s'havia mesurat dues vegades anteriorment, s'encarregaria Delambre. Del tram sud, molt més complicat pels Pirineus i amb la zona d'Espanya que no s'havia triangulat mai s'encarregaria el comandant de la missió, Méchain. El punt d'encontre seria Rodez. Van començar les operacions geodèsiques el juny de 1792 amb la idea d'acabar la tasca en set mesos, tardarien 7 anys, passant tota classe de penalitats i inconvenients.

L'agost de 1793, mentre Delambre realitza mesures en el tram nord Lavoisier li comunica la desaparició de la Acadèmia, però que el projecte de mesura del meridià continuava. El 4 de gener de 1794 rep una carta de la Comissió de Pesos i Mesures en la que se li notifica que era apartat de la mesura del meridià. Havia d'entregar totes les seues anotacions, càlculs i instruments al seu substitut, en cas que continuara el projecte. En un any i mig de treball havia mesurat la meitat del tram que li corresponia, uns tres-cents quilòmetres des de Dunquerque fins les voreres del Loira. Per a aquestes mesures havia tingut que recórrer uns tres mil set-cents quilòmetres.

El 28 de març de 1794, durant l'època del terror de La Revolució, Condorcet, President de l'Acadèmia i membre de l'Assemblea Nacional, se suïcida per tal de no ser executat pels seus enemics polítics. Lavoisier, que havia aconseguit que s'eximira del reclutament militar als savis i als fabricants d'instruments que estaven treballant en el sistema mètric, és guillotinat el 8 de maig de 1794 pel seu passat com a recaptador d'impostos juntament amb altres 28 recaptadors.

En el tram sud Méchain arriba a Barcelona el juliol de 1792. A mitjans d'agost ix cap a la frontera amb França buscant les estacions que serien els



Délabre.



Méchain.





Placa commemorativa de la mesura de la latitud per Méchain al Castell de Montjuic.

vèrtexs del triangles en una regió que encara no havia sigut cartografiada, posteriorment aniria en sentit contrari fent les corresponents mesures.

Per acabar la tasca en Espanya faltava mesurar la latitud de Barcelona, mesura crucial per fixar l'extrem sud del sector de meridià, el punt elegit va ser la Torre del Castell de Montjuic.

Els col·laboradors espanyols proposen a Méchain prolongar la mesura de l'arc fins a Mallorca, ja que d'aquesta forma la meitat de l'arc estaria més pròxima als 45°. Aconseguits els permisos envia els col·laboradors a Mallorca. Des del cim del Puig Major de Mallorca per la nit, quan disminueixen les boires superficials i millora la visibilitat, encenen el foc dirigint la llum amb cap a Montjuic amb els reverbers. El 16 de desembre de 1792 Méchain pot veure la llum del foc amb el seu telescopi, però no amb els petits telescopis del cercle repetidor. No era possible de moment unir Catalunya i les Balears.

El 1793, el rei de França Luis XVI va ser jutjat, sentenciat i guillotinat, França entra en guerra amb Espanya. Les autoritats militars espanyoles permeten a Méchain continuar fent mesures però li prohibeixen abandonar terres catalanes mentre dure la guerra. El 3 de novembre de 1793 acaba les mesures en Catalunya.

Reclòs en Barcelona s'allotja en la posada la Fontana d'Or. Se li nega l'accés al Castell de Montjuic convertit en fort militar. Com que no podia continuar amb la tasca del meridià i aprofitant el solstici d'hivern es proposa calcular l'obliquïtat de l'eclíptica (l'angle que forma l'eix de rotació de la Terra amb el pla de l'òrbita de la Terra al voltant del Sol). Per a aquesta tasca es necessita un càlcul molt exacte de la latitud del lloc, en aquest cas la Fontana d'Or. Durant l'hivern de 1793-1794 realitza nou-centes deu lectures d'estrelles amb 10 repeticions cadascuna, un total d'unes 10.000. Méchain, per verifi-

car les mesures, decideix comparar els resultats obtinguts de la latitud calculada en Montjuic amb els de la Fontana d'Or. Fent una triangulació utilitzant la Catedral, la Fontana d'Or i Montjuic (després d'aconseguir un permís d'un dia per fer les mesures al Castell) va obtenir que Montjuic estava localitzat a 59,6 s d'arc al sud de la Fontana d'Or. Aquest resultat havia de coincidir amb l'obtingut restant les dues mesures de la latitud calculada a partir de les estrelles: 41° 22' 47,91" (de la Fontana d'Or) i 41° 21' 45,10" (de Montjuic), però en restar va obtenir 62,8 s. Un error de 3,2 s en un arc de 59,6 s, és a dir, una discrepància del 5,4 %.

Aquest error de Barcelona ha portat molta polèmica. Ken Alder en el seu llibre "La Medida de todas las cosas" el qual porta com a subtítol "La odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo", atribueix una importància extrema a aquest error, al qual dedica bona part del seu llibre. Alder afirma que Méchain va ocultar aquest error (afirmant que no es va descobrir fins després de la mort de Méchain) i també que aquest error va ser el motiu secret de la segona expedició de Méchain a Espanya, ja que d'aquesta forma es mesuraria la latitud del meridià més al sud, amb la qual cosa es botaria les discrepàncies de Barcelona.

Antoni E. Ten (Professor d'Història de la Ciència en la Universitat de València, expert mundial en la història del metre i autor de nombrosos treballs i del llibre: "Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal") afirma: "La història que Méchain torna a Espanya a ocultar aquest error és per a mi una història absurda, perquè les dades estaven allà i hagueren aparegut en qualsevol moment". Igualment Ten afirma en el seu llibre: "L'explicació de Delambre sobre la insistència de Méchain en ser ell mateix qui tornara a Espanya el 1803 és insostenible, per quan aquest no va ocultar que havia fet la determinació menyspreada i a més haguera sigut impossible d'ocultar amb la realització de les següents mesures. Ten, en l'entrevista que ens va concedir i que podeu llegir en el número anterior de DAUALDEU, ens va dir que Méchain va comunicar a Borda la discrepància de Barcelona (disposa de tres cartes fotocopiades que ho acrediten). En una d'aquestes cartes, Méchain atribueix l'error de Barcelona a la verticalitat del cercle repetidor i a la refracció atmosfèrica, li li envia totes les mesures. Borda li respon dient que les observacions s'ajusten, si es té en compte l'error de la refracció. Delambre escriu a Borda comentat les observacions de Méchain. Per tant, Delambre era coneixedor del tema.

Després de dos anys en Catalunya, Méchain obté un passaport per a embarcar cap a Itàlia des d'on finalment tornarà a França.

El 1795 es restaura l'Acadèmia de les Ciències, recuperant els seus llocs quasi tots els acadèmics supervivents, inclosos Delambre i Méchain que reprenen les mesures (juny i setembre del 1795 respectivament). A conseqüència de la demora en les mesures, el 7 de juny 1795 s'estableix un metre provisional basat en mesures del meridià de feia 50 anys.

L'orografia i el mal oratge fan que Méchain en



sis mesos sols mesure tres triangles. El seu estat d'ànim i les forces anaven decaient, entrant en una depressió. Li escriu a Delambre: "O recupere prompte l'energia que mai havia d'haver perdut o prompte deixaré d'existir".

El 26 d'agost de 1797 Delambre arriba a Rodez.

El gener de 1798 l'Acadèmia de Ciències de París convoca un Congrés Internacional per a setembre del mateix any al que assistirien savis d'altres països per a verificar les mesures i els càlculs dels expedicionaris i preparar definitivament la resolució del metre. Una idea excel·lent per a llevar-li tot el protagonisme a França i implicar a altres nacions en el naixement del metre, la qual cosa augmentaria la seua acceptació internacional.

El 3 de juny de 1798 Delambre acaba la mesura de la base de Melun, al Nord de París, de quasi 10 km, tarda quaranta un dia, treballant de l'alba a la nit. Delambre ha conclòs la seua tasca.

Davant del retard que porta Méchain en les seues mesures, Delambre convenç a madame Méchain per anar a animar al seu marit. El 7 de juliol 1798 tots dos es retroben després de sis anys de separació. Quedaven dos mesos pel Congrés i a Méchain li faltaven 5 estacions per a mesurar. Delambre s'ofereix a ajudar-lo, però Méchain es nega. Rep una carta de l'oficina de longitududs en la qual l'insten a tornar, promentent-li la direcció de l'Observatori de París. Finalment es posen en camí cap a París, arribant a finals de novembre, els savis del congrés portaven dos mesos esperant.

Méchain és rebut amb grans felicitacions com un heroi i és anomenat director de l'Observatori de París, màxim honor de l'astronomia francesa. Delambre i Méchain havien de presentar els resultats de l'expedició per tal que la Comissió els verificara, tres mesos després d'arribar a París encara no havien presentat les dades. El 2 febrer de 1799 Delambre presenta les dades dels seus triangles de Dunkerque a Rodez, les quals reben l'aprovació de la Comissió. Després de rebre un ultimàtum, el 22 de març Méchain presenta les seues dades. La Comissió queda meravellada i considera el seu treball com una obra mestra. Els càlculs es fan amb la latitud de Barcelona corresponent al Castell de Montjuïc. Sols quedava reduir totes aquestes dades a un valor únic: el metre. En analitzar amb més detall les dades es descobreix que tots els meridians de la Terra no eren iguals, el meridià que passava per

Greenwich no era el mateix que el que travessava París. S'havia enviat a Delambre i Méchain a mesurar el món partint d'un meridià que representara a tots els de la Terra i resulta que la Terra era massa irregular.

Després de 7 anys el 22 de juny de 1799 en una gran cerimònia es presenten el metre patró i el quilogram patró, una barra i un cilindre construïts amb platí i iridi. A cadascun dels savis estrangers se li va donar un facsimil de ferro. Ningú va dir res sobre la inesperada irregularitat del món. El metre definitiu era 0,325 mil·límetres més curt que el metre provisional. Actualment el metre i el quilogram patró es conserven en l'Oficina Internacional de Pesos i Mesures ubicada en Sèvres en les afores de París.

Una vegada definit el nou sistema mètric el problema va ser la seua implantació, ja que va tindre poca acceptació entre la població.

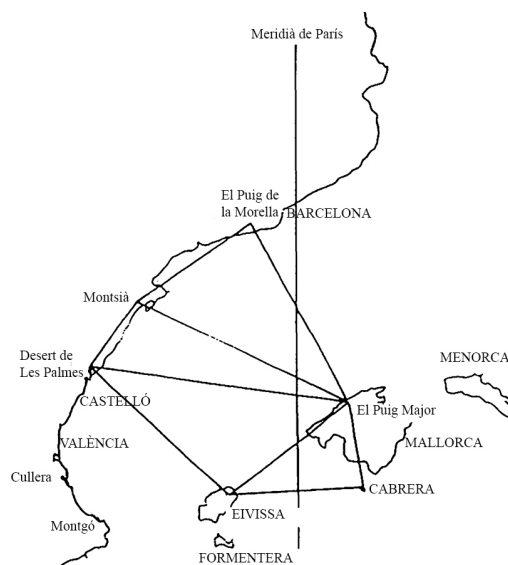
Després de la conferència del metre Méchain tenia el càrrec astronòmic més important de França i el reconeixement d'amics i col·legues. Delambre va ser l'encarregat de publicar l'informe oficial de l'operació, l'obra magna: Base du système métrique decimal.

### La segona expedició de Méchain a Espanya (abril 1803- setembre 1804)

El 31 d'agost de 1802 un membre (no sé sap qui) del Bureau des longitudes, organisme francès encarregat de l'astronomia i la geodèsia, proposa continuar la mesura del meridià de Barcelona fins a les Illes Balears. Aquesta ampliació augmentaria els coneixements sobre la forma de la Terra i augmentaria l'exactitud del metre al prolongar les mesures al sud del paral·lel 45. Li demanen opinió a Méchain, el qual elabora un informe que presenta al ministre de l'Interior. Méchain proposa baixar per les costes catalanes a Tortosa buscant punts en què es poguera triangular amb Eivissa. Méchain, amb cinquanta-set anys i responsable de l'Observatori de París, volia i va dirigir aquesta nova expedició,



Metre i quilogram estàndards.



Projecte elegit per Mecháin abans de rebre les instruccions de París

Últim pla elaborat per Mecháin per triangular les illes i la costa abans de rebre les instruccions definitives de París.



a pesar de les protestes dels seus col·legues que consideraven que convenia enviar a algú més jove. Era un repte, ja que s'haurien de mesurar triangles sobre la mar amb quasi dos-cents quilòmetres de costat.

Acompanyarien a Méchain el seu fill Agustí i dos ajudants. Espanya també col·labora en l'expedició. S'incorporen lents més potents al cercle repetidor i es procuraren potents reflectors parabòlics per a poder fer lectures per la nit.

El 5 de maig de 1803 Méchain arriba a Barcelona. Des de l'inici de la missió tot són inconvenients. Hi ha problemes i retards amb els permisos i els vaixells que l'havien de transportar a les illes. Mentre esperava, es dirigeix cap a les muntanyes del Sud de Catalunya: Montsià, Lleberia, San Joan, Montagut, el Puig de la Morella, Montserrat i Mont Alegre de Mates, establint així una nova cadena de triangles que s'unirien als de la cadena mesurada el 1792.

Continua baixant cap a terres valencianes on rep l'ajuda d'un astrònom aficionat, Fausto Vallés, baró de la Pobla Tornesa, amb qui farà una gran amistat. El baró és propietari del massís del Desert de les Palmes, des d'on es pot albirar a sovint Eivissa. En comunicar-li la disponibilitat d'un vaixell torna a Barcelona i el 8 de gener de 1804 embarca cap a Eivissa. Una vegada en l'illa s'endú una decepció: des de les seues muntanyes no es veuen les estacions de la costa catalana que ja tenia mesurades i no pot unir Eivissa amb el Montsià (l'estació catalana més al sud). Méchain elabora dos projectes alternatius. El primer consistia en unir amb un triangle les illes d'Eivissa, Cabrera i Mallorca i amb un altre unir Mallorca amb el Montsià i el Desert de les Palmes. El segon projecte seria unir l'illa d'Eivissa al continent a través de la costa valenciana fins a Cullera i inclús arribant al Montgó.

El 27 de gener de 1804 ix d'Eivissa i arriba a Mallorca. Uns dies després puja al Puig Major (que ell anomena Silla Torrellas) on es troben amb restes

de l'expedició de feia deu anys que el va permetre divisar Mallorca des de Montjuic. Des del cim es podien veure Barcelona, les estacions de la costa catalana, molts punts de la costa valenciana i la resta de les Illes Balears. Méchain es decideix per unir Mallorca amb els pics del Desert de Les Palmes, Montsià i el Puig de la Morella, després uniria les illes amb un triangle i mesuraria una base de comprovació a Mallorca. El 13 de Març de 1804 rep instruccions de París d'unir la cadena costanera amb les illes a través d'Eivissa i Cullera, mesurant una base prop d'aquesta població. En aquest projecte sols s'havia de mesurar un gran triangle marí, era més fàcil mesurar una base al llarg de la costa que en una illa i també com demostrava matemàticament Delambre la desviació a l'oest del meridià no alteraria els resultats. Méchain està cansat i no discuteix les ordres.

Méchain torna a València on arriba a finals d'abril de 1804, de nou hi ha retards amb els permisos. Méchain amb la ajuda del Baró de la Pobla busca llocs idonis per mesurar la base prop de l'Albufera i en la marjal del Puig de Santa Maria, al Nord de València. Quan obté els permisos torna a Cullera el 28 de juny, però es estiu i és impossible veure les muntanyes d'Eivissa. Les terres valencianes estan afectades de malària. Comença a fer mesures de la cadena valenciana. Mentre passa de l'estació de la Cassoleta (Xiva) a la del Puig de Santa Maria contrau la malaltia. El 5 de setembre mentre està mesurant a l'Espadà apareixen els primers símptomes. El seu estat empitjora i es trasllada a Castelló a la casa del Baró on mor el 20 de setembre de 1804. Es soterrat en una caixa de plom per si França vol reclamar el cadàver, cosa que no ocorre. La caixa va ser profanada el 1808 per a fer bales per a la guerra contra França.

Pocs dies abans de la seua mort Méchain escriu:

“Estic exhaust, fins ara no he aconseguit cap èxit i la meua mala estrella, o més ben dit, la fatalitat que sembla vinculada a aquesta empresa, gairebé no em proporciona esperances per arribar a coronar-la feliçment. Tal vegada un savi més capaç, menys inepte i més afortunat que jo, puga substituir-me”.

#### Bibliografia

- ALDER, Ken. *La medida de todas las cosas*. Editorial Taurus. Madrid, 2003.
- GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Anagrama 2003.
- MULET Cesc, VICENS Alícia. Documental “El Metre, la mida del Món”. La Perifèrica Produccions”
- TEN ROS, Antoni. *Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal*. Institut d'estudis documentals i històrics sobre la ciència Universitat de València - C.S.I.C. València 1996.
- TEN ROS, Antoni. *La Ciència i la Tragèdia, Pierre Andrés Mechain (1744-1804)*. Revista Mètode 43. Universitat de València, 2004.

Els segells pertanyen a la col·lecció del mateix autor.



Placa en memòria de Mecháin a Castelló.

# Implantació del Sistema mètric decimal i noves definicions del metre

## Pepe Pedro

A pesar de la poca acceptació inicial del nou sistema, aquest aniria incorporant-se gradualment en els països europeus (a excepció de Regne Unit) i la resta del món.

El 1875, en la “Convenció del metre” desset països creen la “Conferència General de Pesos i Mesures”, la qual es reuniria periòdicament a fi d’assegurar i millorar el sistema mètric, hui conegut com el Sistema Internacional d’Unitats (S.I.).

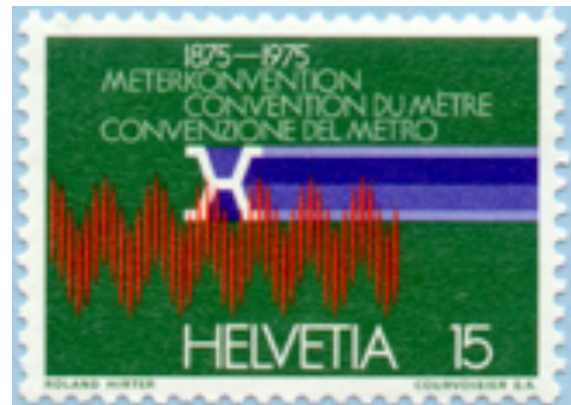
L’1 de gener del 2000 el govern anglès obliga a tots els comerços a vendre en unitats mètriques, la resta de països de la Commonwealth segueix l’exemple.

Estats Units és un dels pocs països que continua fora del sistema mètric, tot i la seua influència econòmica i cultural sobre la resta del món. Una conseqüència d’aquest fet es produeix el 1999 quan la sonda espacial “Mars Climate” de la NASA s’estavella en Mart. La sonda construïda per utilitzar el sistema anglès (milles) va rebre les instruccions de vol en el sistema mètric decimal (quilòmetres) perdent-se un projecte que va costar 120 milions d’euros.

A fi de no dependre d’un patró que poguera perdre’s o patir deformacions el 1960 la XI conferència general de pesos i mesures defineix el metre igual a 1.650.763,73 vegades la longitud d’ona, en el buit, de la radiació corresponent a la línia ataronjada de l’espectre de l’àtom de criptó-86.

Actualment s’està buscant definir les unitats a partir de les constants de la natura. El 1983 la XII Conferència General de Pesos i Mesures defineix el metre com la distància que recorre la llum en el buit durant un temps igual a  $1/299792458$  s. La velocitat de la llum en el buit és una constant física d’un valor conegut amb una exactitud extraordinària (l’error és d’ $1/10^{13}$ )

A banda del metre, segon, quilogram, les altres quatre unitats que completen el sistema Internacional d’unitats són el Kelvin (temperatura), la candela (Intensitat lluminosa), el mol (quantitat de substància) i l’Amper (intensitat del corrent elèctric).



# Baixada al forat de Pedreguer

**Jordi Doménech**

Centre Excursionista de Pedreguer

Abans de contar com va ser la baixada al Forat, caldria explicar com es va fer el forat i de què es tracta, per la qual cosa ens traslladarem al diumenge 28 d'agost de 1982, al voltant de les set del matí.

Segons va relatar un veí, que estava en una caseta de camp, situada a poc més de cinquanta metres d'on es va produir el fenomen, es va sentir un tro fort, com si hagués caigut un llamp i de seguit un soroll com si estigués plovent. Quan va eixir de casa s'adonà que el terreny estava sec, però hi havia una gran boira roja, i que queia terra del cel. Aleshores, s'aproximà cap a on semblava seguir escoltant-se sorolls i d'on eixia el fum, i va descobrir un forat de dimensions grans; un forat que s'havia engolit quasi un bancal de tarongers sencer.

El forat, popularment conegut com *el Clot del Lirio* (anomenat així perquè el propietari del bancal tenia aquest malnom), es va produir per l'enfonsament de la coberta superficial que tapava un avenc produït per l'acció de l'aigua, quan se'n va retirar tota la terra que omplia una gran escletxa produïda en les eres de la formació de la Terra.

La notícia va arribar aviat a la secció d'espeleologia del Centre Excursionista de Pedreguer, de la qual jo era membre. Aquell mateix matí, ja férem les primeres mesures del forat que

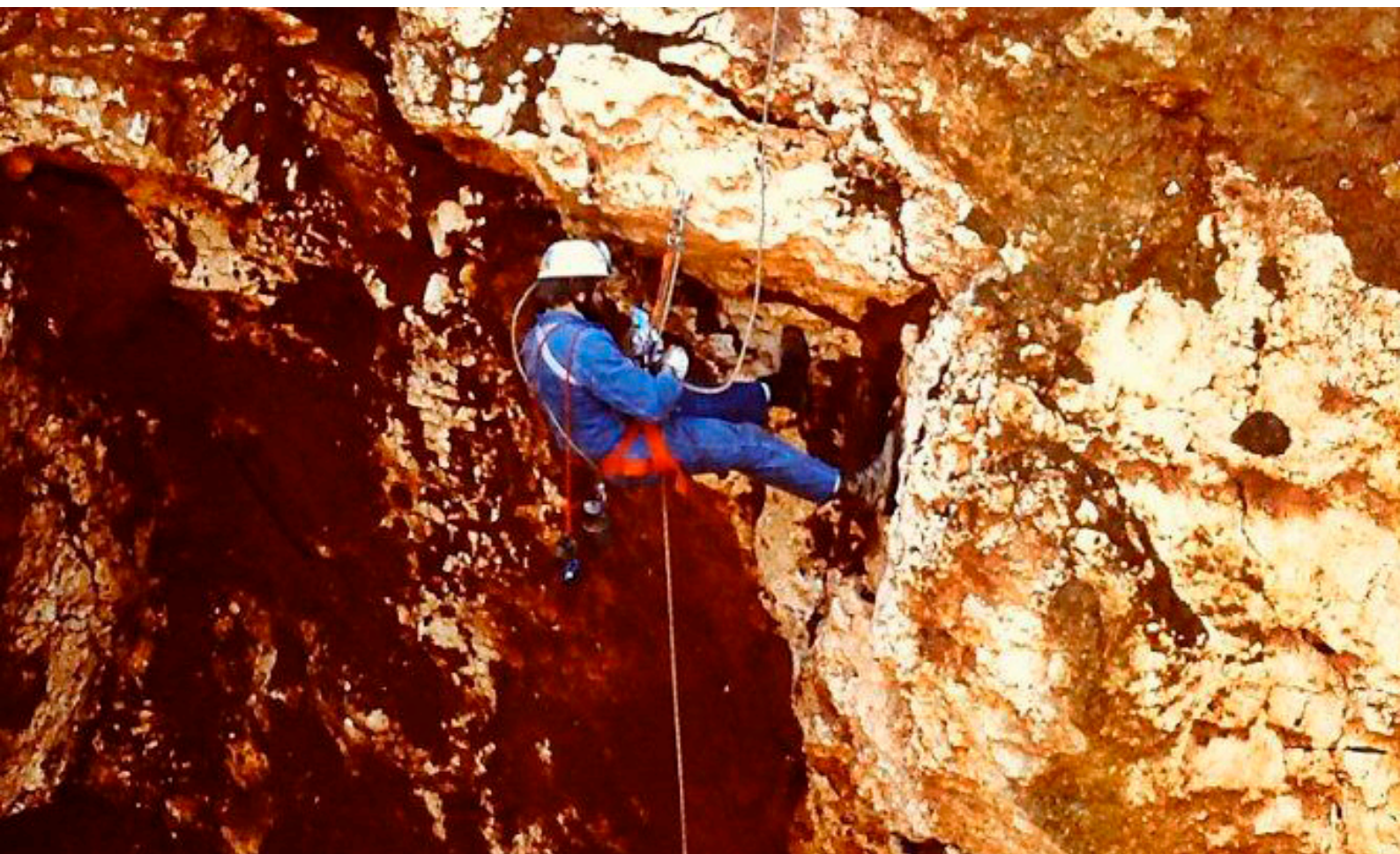
varen donar 9,50 m d'ample per 12 m de llarg i 52 de fondària, amb una rampa lateral de més de 5 m. Després es demostraria que ens quedaren curts mesurant.

El fenomen va ser àmpliament divulgat per premsa i televisió, la qual cosa va produir un pelegrinatge de persones de tot arreu, no sols de la comarca, també vingueren de províncies veïnes, fins a tal punt que l'ajuntament va haver de comprar el bancal i barrar el pas amb una tanca metàl·lica per tal d'evitar accidents. Amb el temps, la tanca ha hagut de ser ampliada. I això tant perquè el clot s'ha fet més gran a causa de l'arrossegament de terres per la pluja, com perquè la primera la varen fer malbé de tant de botar-la per acostar-se al forat.

L'interès per iniciar el descens i l'exploració del Clot del Lirio, s'hagueren d'ajornar, atesa la inestabilitat de la terra del voltant, ja que constantment se sentien sorolls produïts per la caiguda de terra. Així que esperàrem que el temps i les pluges afermaren un poc la boca per a iniciar amb més garanties la davallada.

Finalment, va arribar el dia d'iniciar les exploracions: va ser el 27 de febrer de 1983, mig any després de l'enfonsament.

Després de negociacions amb la Federació Va-





lenciana de Muntanya (aleshores l'espeleologia no comptava amb federació pròpia i estava englobada dins de la de muntanya) es va decidir que els primers que baixarien al Clot, serien els de Pedreguer i el primer *pedreguero* a baixar seria jo, assistit per membres de l'Escola Valenciana d'Espeleologia. Al final vaig ser jo l'únic de Pedreguer que va baixar en companyia de dos companys de l'Escola d'espeleologia.

Eixe dia, sobre les huit del matí ja érem al lloc, per tal de fer noves medicions superficials (la boca havia augmentat fins als 14 m de llarg per 12 d'ample), buscar el lloc més escaient per a col·locar les cordes per al descens, revisar mesures de seguretat, etc.

A poc a poc, assabentat el veïnat que anava a tenir lloc la primera exploració, va anar congregant-se un munt de gent que la policia municipal s'encarregà de mantenir fora de la tanca metàl·lica: dins sols hi havia els membres del centre i els companys de l'escola d'espeleologia.

Cap a les nou del matí el primer membre de l'Escola, Paco li deien, si no recorde malament, va començar a fer el primer ancoratge, a uns cinc metres de la superfície, pel primer fraccionament de la corda d'uns 100 m que utilitzaríem per baixar. Es tractava de fer un forat a la roca on col·locàvem un cargol i una anella de seguretat i donàvem un poc de vol a la corda per tal que no refregara la roca. Esta feina es devia fer cada cop que la corda tocava la roca, però no va fer falta cap altre ancoratge, anàrem directes al fons. S'hi feia servir una corda estàtica (una corda no elàstica), com les d'escalada, que estan dissenyades per absorbir tensions fortes. La corda estàtica manté quasi constant la llargària i el grossària.

Quan Paco va arribar baix, em va tocar el torn. Superat el fraccionament, m'esperava un descens del qual no veia el final; havia baixar per la corda amb un descensor (un instrument amb una sèrie de corrioles, que segons comprimeixes una palanca, baixes més o menys ràpid). El sentit comú em feia anar a poc a poc. Feia molt de respecte, tan la grandària de la cavitat, com la fondària, la foscor i el silenci que es percebia a dalt.

Després d'un temps que em va semblar una hora (s'havien escolat no més de 10 minuts des del fraccionament), vaig arribar al capdamunt del munt de runes que havien caigut des de la superfície. S'hi podien vore una gran quantitat de branques i arrels dels tarongers engolits i una impressionant muntanya d'argila que arribava fins als 73 m des de dalt. Aquesta era la fondària del forat.

Una vegada a peu pla i alliberat de la corda, vàrem esperar el tercer espeleòleg i vàrem intentar explorar un poc el fons, cosa que va resultar pràcticament impossible, atesa la quantitat de fang que hi havia, i on ens enfonsàvem fins els genolls.

Tot i això, vàrem comprovar que hi havia una gran bòveda, perfectament arrodonida per l'acció de l'aigua; igual que les parets del avenc i que cap a la part sud-est s'hi trobava una galeria amb aigua, a la qual no poguérem accedir per culpa de l'esmentat fang i també perquè no portàvem l'equip adequat.

Va arribar l'hora de tornar a eixir. Primer, va pujar l'últim dels espeleòlegs que va baixar, després Paco i per últim jo. L'ascens es feia per la mateixa corda, mitjançant un aparell que anava al pit, enganxat a un arnés, que feia que cada vegada que feies un botet cap amunt no pogueres tornar avall i a uns estreps als peus enganxats a uns altres aparells que

nosaltres déiem *punyets*, i que anaven també a la corda i amb les mateixes característiques que el del pit, pujaven però no tornaven a baixar. Així a base de pujar els punyets enganxats als peus i després estirant el cos cap amunt anaves pujant.

Tot va anar bé fins arribar al fraccionament. Allí, bé per l'acció del fang que duia la corda, i es va transferir al bloquejador de pit, bé perquè aquest tenia un defecte, em vaig quedar bloquejat i m'era impossible superar l'últim obstacle. Va ser una estona de bastant tensió, sobretot, pels espectadors i companys que no sabien exactament què era el que passava. Jo em trobava bastant segur, perquè estava assegurat a la corda i a l'anella que hi havia clavada a la paret, així que jo veia el problema i la solució, però el companys no massa. Els vaig demanar que em passaren una altra corda, em vaig assegurar a l'arnés meu i, per l'altra banda, a dalt, per tal que si alguna cosa no anava bé, no caigués. I em vaig posar a traure el cargol que hi havia a la roca. Quan ja estava quasi tot fora, els vaig dir que aguantaren fort, i una vegada treia del tot la rosca em varen ajudar a pujar els últims metres.

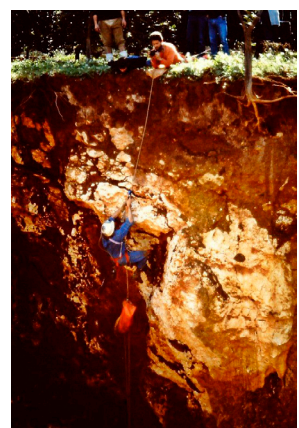
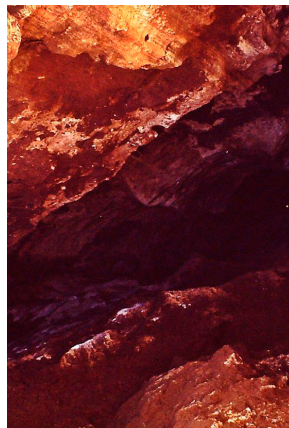
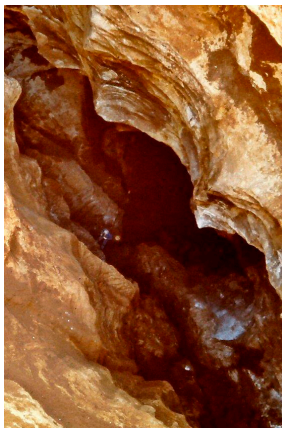
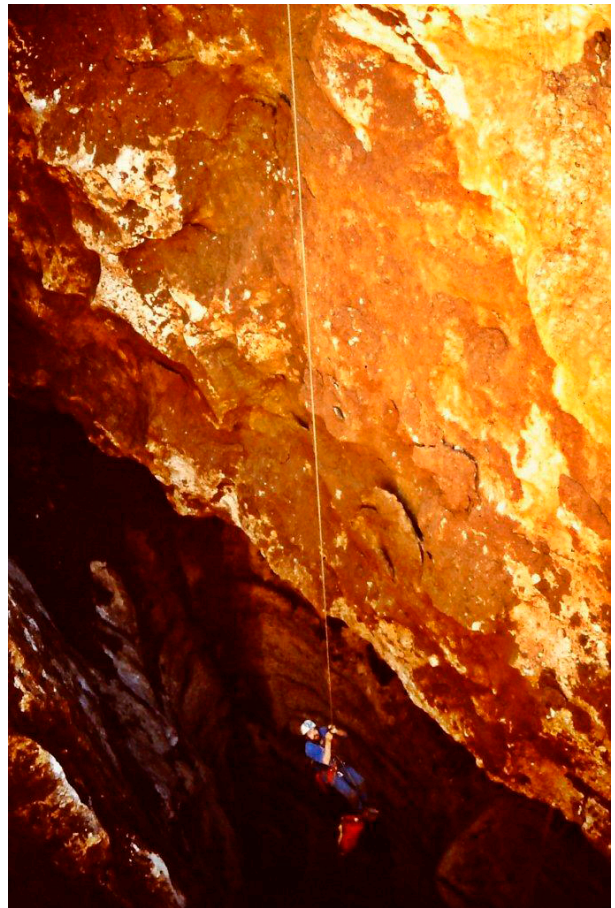
El públic va esclatar en aplaudiments com si estigueren mirant un número de circ amb suspens i tot.

Vàrem tornar a baixar els dies 13 de març del 1983 i l'11 de setembre del mateix any. En esta última davallada vaig tornar a baixar jo.

L'1 de juliol de 1984, membres del grup espeleològic Vilanova i Piera de València, dirigits pel geòleg Poly Garay, varen fer un estudi científic sobre el forat i la seua formació, i n'alçaren plànol. Les mesures del Clot del Lirio eren semblants a les tretes pels espeleòlegs del Centre Excursionista de Pedreguer.

Actualment les mesures de la boca han superat els 25 m de llarg i els 15 d'ample; els voltants estan plens de vegetació, un gran matollar i arbres .

Anys posteriors de molta pluja, l'aigua ha arribat, pràcticament dalt, fins on estava la coberta original. Era una aigua d'un color maragda intensíssim, com no n'havia vist mai. No fa molt de temps amb un dron s'ha sobrevolat el forat i s'ha pogut veure al fons: com roques llavades, senyal que l'aigua s'ha emportat el munt d'argila que feia impossible l'exploració. Pot ser es l'hora de tornar a baixar.



Fotografies de la primera davallada a l'avenc de Pedreguer, el 27 de febrer de 1983, a càrrec del CEP.  
Fotografies de JORDI DOMÉNECH

# Nova perspectiva sobre l'origen del Forat de Pedreguer

Policarp Garay Martín

Espeleòleg · Departament de Geologia · Universitat de València



Vista des de l'interior durant el descens d'un espeleòleg en 1984. P. GARAY.



Vista de la base del pou. Fotògraf situat a uns 60 m de profunditat. P. GARAY.

A la comarca, tothom ha sentit parlar del *Forat de Pedreguer*, un clot enorme, de 8 m de diàmetre i més de 70 m de profunditat. Es va formar de sobte, per un col·lapse, la matinada del dia 7 d'agost de 1982. En les primeres notícies que van córrer pels diaris, el periodistes recollien el parer d'alguns professionals que relacionava el col·lapse amb la pensada d'alguns terratrèmols en la zona. No obstant això, prompte va resultar evident que era un avenc d'enfonsament o *col·lapse càrstic* no molt diferent en la forma i en la ocurrència als casos coneguts en molts altres indrets de dins i fora del País Valencià. Així, un article que publicàvem alguns anys després (Garay, 1990) recollia notícia d'altres enfonsaments, com ara, el Forat de Benifaió (ocorregut el novembre de 1983), el de Castelló de la Ribera (novembre del 1987), els dos de Llanera de Ranes (l'un pel setembre de 1989 i l'altre el maig

de 1990), entre altres més antics i no menys espectaculars. Un any més tard, publicàvem un inventari de col·lapses on es deixàvem palés que en si fa no fa una trentena d'anys s'havien produït més de 30 col·lapses (Garay, 1991), cosa que ens duia a la conclusió que, dins l'àmbit territorial valencià, quasi cada any s'havia pogut documentar almenys un col·lapse càrstic de certa entitat i impacte social.

El de Pedreguer era, de tota manera, el més profund de tots els enregistrats i, a més a més, responia a unes característiques que no es repetien en la resta, com era el buidatge complet d'una gran cavitat preexistent, l'origen de la qual sabíem que era anterior al Quaternari perquè en els nivells argilosos més baixos havíem trobat restes fòssils (amb *Prolagus*, sp.) que apuntaven a una edat Vilafranquià inferior. Es tractava, per tant, d'una cavitat formada feia més de 2 milions d'anys, posteriorment





farçada d'argiles, de baix cap amunt (un tap de més de 70 m) i finalment buidada en relativament pocs anys (Garay, 1986).

Les fortíssimes pluges caigudes a la tardor del 1985 van fer que es recuperés quasi per complet un nivell freàtic que havia estat durant molts anys a més de 50 m i de 80 m de fondària. Ara ens sorprenia arribant a estar menys de 10 m de la superfície. L'any següent, pluges noves feren que el nivell pujara encara més, fins a estar molt a prop de la superfície (poc més de 2 m de profunditat). Ara entenem el funcionament de *les galeries dels moros*, conduccions d'aigua que alguns agricultors ens havien explicat que existien en aquelles hortes a pocs metres de profunditat i no massa lluny del Forat.

### Exploració del Forat i primeres hipòtesis sobre la seua formació

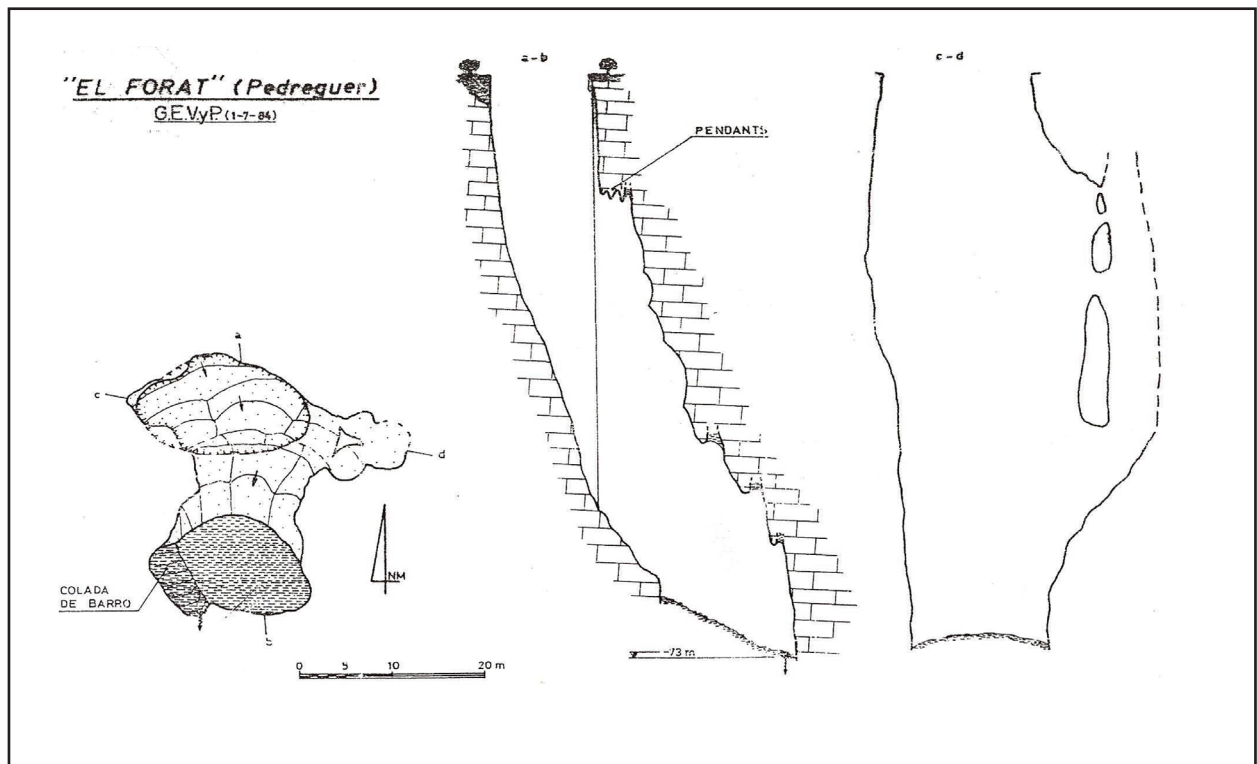
Casualment, a les poques setmanes d'haver-se obert el Forat, es va celebrar a Pedreguer una assemblea ordinària de la Federació Valenciana d'Espeleologia. Per aquells anys, aquestes assemblees solien fer-se a Pedreguer, d'una banda, per l'oferiment del seu centre excursionista, i, de l'altra, per entendre que aquest municipi estava prop del *centre de gravetat* geogràfic dels espeleòlegs valencians, aleshores.

Espeleòlegs d'Alcoi, com també d'altres localitats, estaven ansiosos per baixar el Forat, exploració certament perillosa perquè la boca no estava estabilitzada i, a més a més, se sentien solses i col·lapses dins del Forat. En aquella assemblea es va acordar que, per deferència, havien de ser els espeleòlegs de Pedreguer els primers que tindrien l'honor de baixar a aquell gran avenc, i ho

farien quan ho cregueren convenient, per raons d'estabilitat i de seguretat. Tenim entès que aquell primer descens tingué lloc el dia 27 de febrer de 1983, o siga, més de mig any després del col·lapse original. Les dimensions de la boca eren ja de 12 m x 12 m, contra els escassos 8 m que tenia quan es formà. El descens consistia en una vertical en aeri de 51 m i un fort pendent fins arribar al nivell de l'aigua, que negava tot el pou a uns 70 m de profunditat. Altres grups espeleològics exploraren també el forat en els mesos següents.

El Grup Espeleològic Vilanova i Piera, del qual formava part l'autor d'aquestes notes, explorà la cavitat en dues ocasions, una d'elles per fer una filmació en vídeo. El juliol de 1983 la boca tenia 18 m x 12 m, que era pràcticament l'amplària quasi definitiva, tenint en compte que coincidia ja amb les mides del tub de roca que formava l'avenc. El descens aeri era ara de 53 m fins tocar la paret oposada al punt de descens, ja que es tracta d'un tub clarament inclinat. El pou seguia sobre la paret inclinada fins a la cota -65 m, on apareixia una base d'argila en forta inclinació cap a l'extrem contrari, on arribàrem a -73 m i sondejàrem encara un estret pou d'uns 5 m tot d'argila, però sense arribar al nivell freàtic.

Al nostre parer (Garay, 1986), aquell gran avenc devia ser l'engolidor d'un gran poljé que ocuparia la plana agrícola on s'havia obert el Forat. Aquest suposat poljé era semblant a altres més o menys evolucionats i capturats, com els que havia citat en la zona l'hidrogeòleg Pulido-Bosch (1979), com eren el de Forna o el de la Marxuquera Baixa (Gandia). El sediment que omplia el forat reflectia una sedimentació varvada i, a més a més, hi havia un sostre lateral amb *pendants* que destacàrem en la topografia (FIGURA 1) i que explicàrem en relació



Topografia de 1984. P. GARAY.

## A FONTS · L'Avenc de Pedreguer

amb el farciment d'argiles i una circulació forçada que ens resultava sorprenent, dins de la seua evidència. Aquella interpretació va resultar raonable i adient, no solament en aquell moment sinó encara avui (IGME-DPA, 2015), tenint en compte que s'ajusta i encaixa bé en la concepció normal que hom té del funcionament i l'estructura dels aquífers càrstics en aquesta regió del Prebètic.

### Nova interpretació sobre la formació del Forat

A partir de l'any 2000, començaren a cridar-nos l'atenció les teories i evidències dels processos de l'espeleogènesi hipogènica en el camp de la Hidrogeologia càrstica. Aquells, que no eren conceptes nous, semblaven restringits, però, a certes regions d'EUA, a l'entorn de Budapest, i poc més. El model natural representat per aquell carst hipogènic coincidia també amb el de les quilomètriques xarxes subterrànies desenvolupades en formacions de guixos d'Ucraïna. A partir d'aquell moment, l'ucranià Alexandre Klimchouk i altres investigadors d'arreu del món començaren a posar de moda aquest nou enfocament.

D'aquesta manera, al llarg del que portem de segle, aquest model natural ha permès donar explicació a molts aspectes que realment no acabaven d'encaixar bé en els models clàssics del *carst clàssic* o epigènic.

En l'àmbit valencià, també vam fer una revisió al respecte (Garay, 2013), posant de relleu que algunes de les majors coves conegudes podien ser hipogèniques, entre elles la Cova de les Calaveres, de Benidoleig.

Amb la present col·laboració estem aportant *l'exclusiva* sobre un suposat origen hipogènic

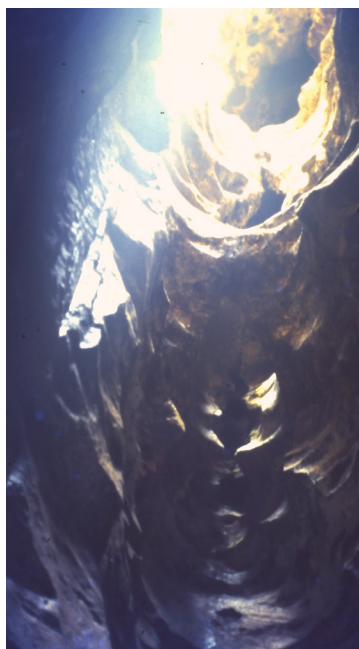
de l'avenc de Pedreguer. Un dels aspectes que ens porten a considerar aquesta possibilitat és el caràcter tan inclinat i net de les parets del tub: pràcticament, és un conducte que puja de sud a nord, o siga, en el sentit ascendent de l'estructura del aquífer confinat d'on procedien les aigües que el formaren. Un altre aspecte evident és la prolongació irregular de la seua paret est, formant un entramat característic de tubs coalescents formats al mateix temps i amb molt poc flux o amb fluxos molt lents i corrosius. La tercera evidència són els diferents *outlets* que es troben sobre la paret superior i que tan ben reflectits férem constar en la topografia de 1984 que novament adjuntem a més d'unes fotografies que realitzàrem en aquella ocasió.

Per acabar, explicarem que la gènesi hipogènica del Forat i la formació d'aquestes formes que acabem de descriure tindrien el seu origen en un ascens molt lent però persistent de fluxos àcids, molt corrosius dins una massa d'aigua quasi estable o de molt escassa mobilitat.

Per entendre de manera senzilla aquest mecanisme, podríem pensar en els gasos que a sovint observem que s'alliberen d'una beguda carbònica quan s'obri la botella (quan es despressuritza) o tal com passa en la copa de xampany. Del mateix mode, podem pensar que la fuita de pressió i d'aigües termals que experimenta un aquífer confinat profund és l'agent corrosiu que pot formar cavitats surgents com la Cova de les Calaveres (recordeu les espectaculars formes corrosives del seu sostre?) o, ara, el Forat de Pedreguer.



Esquerra: Coalescència de tubs en la paret oriental; vista cap avall, durant el descens.



Dreta: Coalescència de tubs en la paret oriental; vista cap amunt, durant el descens.

#### Referències

- Garay, P. (1986). Informe geológico de la sima de hundimiento de Pedreguer. *Actes de les Jornadas sobre el Karst en Euskadi*, vol 1: 323-332. Donostia-San Sebastián.
- Garay, P. (1990). Simas de hundimiento reciente en el País Valenciano. *Actas del V Congr. Español de Espeleología*: 436-441. . Camargo, Santander.
- Garay, P. (1991). *El riesgo de colapso kárstico y su incidencia en la Comunidad Valenciana*. *Lapiaz*, 20: 25-30.
- Garay P. (2013). Consideraciones sobre karst y cuevas hipogénicas, con referencias al ámbito valenciano. *Bol. Soc. Española de Espeleología y Ciencias del karst*, 9: 16-29.
- IGME - DPA (2015). *Rutas Azules por el Patrimonio Hidrogeológico de Alicante*. Ed. Inst. Geol. y Minero de España - Diputació Provincial d'Alacant.
- Pulido Bosch, Antonio (1979). Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nororiental. *Mem. del Inst. Geol. Min. de España. t. 95*. IGME.

# El Forat de Pedreguer

## Un exemple de col·lapse càrstic

Vicent Carrió

Estudiant de Geologia · Universitat de València

Al voltant de les 7:00 h del diumenge 8 d'agost de 1982, Fernando Berenguer, veí de Pedreguer, es dirigia amb cotxe cap al seu bancal de la partida la Torre de Benimarmut. El Sol encara no havia fet acte de presència i l'objectiu era aprofitar la frescor d'eixes hores per tal de cremar unes restes de poda de taronger que encara hi quedaven escampades. Una vegada agafat el camí de terra en direcció cap a l'hort, a l'alçada del bancal de Jaume Martí, *el Lirio*, el sorprén una gran polseguera. L'escassa claredat del dia i les llums del cotxe li deixen entreveure una cosa estranya just al costat del camí. Ell pensa que pot ser un solc excavat per construir una sèquia, però, de sobte, observa a través del cristall davanter de l'automòbil un home fent-li senyals molt insistents. Va baixar ràpidament del cotxe per preguntar-li què passava a aquell home, Vicent Rosselló, també veí de Pedreguer. Li indicava que fera immediatament marxa enrere, urgentment. Quan els dos homes encara no havien aconseguit allunyar-se una desena de metres camí enrere, quatre dels tarongers situats a prop del camí, desapareixien sorprenentment engolits per la terra.

No donaven crèdit a allò que estaven veient. Estupefactes, es desplaçaren fins a la caseta de camp

de Francisco Ballester, situada a prop, per informar-los del cas. Allí els contaren que durant la matinada havien sentit forts sorolls, semblants a trons, i en alguns moments com si ploqués, malgrat que el cel era totalment estelat.

Així fou com es va formar el Forat de Pedreguer, col·loquialment conegut com *el Clot del Lirio*. Aquesta cavitat gran i profunda, amb parets verticals, anomenada també *avenc*, es presentava com un fenomen insòlit, ja que fins aleshores era desconegut per la gran massa social. La incertesa al voltant de les possibles causes va generar tota mena d'especulacions, algunes d'elles realment exagerades i d'altres incertes o inexactes respecte a les mesures i dimensions del forat -suposicions que apuntaven una fondària de fins 300 m- i a les causes del mateix -per aigües subterrànies provinents de la mar, a causa d'un terratrèmol o, fins i tot, per la caiguda d'un meteorit [1].

Un fenomen de què també es feren ressò durant els dies posteriors al succés els diferents mitjans de comunicació tant regionals (periòdics com la Hoja del Lunes, els diaris Información, Las Provincias, etc.), com estatals (per exemple, el periòdic ABC i TVE).



El forat l'agost 1982. Foto: Centre Excursionista Pedreguer.

## A FONTS · L'Avenc de Pedreguer

Des d'aquell dia, s'inicià un pelegrinatge constant fins al forat per part d'un gran nombre de curiosos, veïns de Pedreguer i d'altres pobles. Això va obligar la policia municipal i la guàrdia civil a establir un control en la zona, atés el risc que suposava apropar-se massa a la boca de l'avenc. Fins i tot, per seguretat, algunes famílies que hi estiuaven a les casetes de més a prop del forat, decidiren fer les maletes i tornar-se'n a la casa del poble.

Pocs dies després, el Centre Excursionista de Pedreguer (CEP) aportà les primeres mesures del forat: 9,5 m x12 m en la boca, 52 metres de vertical amb una lateralització que podia suposar 5 m més (57 m en total, visibles des de dalt).

El 13 de setembre de 1982, l'Ajuntament de Pedreguer, reunit en plenari, va decidir comprar 900 m<sup>2</sup> de terreny al propietari del bancal per l'import de 500 000 pessetes i va tancar el perímetre del forat mitjançant la fixació d'unes tanques de tela metàl·lica de seguretat [2].

El primer descens a l'interior de l'avenc el va fer un equip d'espeleòlegs del CEP el 27 de febrer de 1983. Aportaren la mesura exacta: 70 m de fondària, amb una pendent lateral que arribava fins a 20 m. En el fons trobaren dos forats d'1,50 m i 2 m, respectivament, que estaven totalment inundats. Aquell mateix any, els membres del CEP hi descendiren tres vegades més. En una de les davallades portaren colorant blau inofensiu per tirar-lo a l'aigua i poder veure, així, les fonts de surgència, però no



El Forat en l'actualitat. Foto: VÍCTOR GARCIA RIBES.

ho pogueren dur a terme perquè trobaren els dos forats interiors coberts de fang.

Posteriorment, l'any 1984, el geòleg i espeleòleg especialista en *karst*, Policarp Garay Martín, i altres membres del grup espeleològic Vilanova i Piera de la Diputació de València, realitzaren uns quants descensos més, per tal d'estudiar el succés i redactar un informe geològic que establira les causes de l'enfonsament i pogués servir per a previndre altres fenòmens semblants.

D'aquest estudi hom conclou que, en realitat, allò que ocorregué entre les partides de la Torre de Benimarmut i el Campell, situat a les coordenades UTM X=240789.571 m Y=42983301.048 m FUS 31, a una distància d'uns 1 200 m en línia recta des del nucli urbà de Pedreguer i a 66 m sobre el nivell de la mar, fou el que s'anomena *procés de subsidència*. Es tracta, per tant, d'un fenomen natural que origina afonaments verticals de la superfície del terreny. *A priori*, pot semblar poc usual, però n'hi ha molts casos, tant en el nostre territori -si bé no tan espectaculars com el Forat de Pedreguer- com arreu del món.

En el procés de subsidència, el moviment vertical d'enfonsament sol ser lent o molt lent (metres o centímetres/any) i la superfície molt ampla (km<sup>2</sup>). Per exemple, a Bangkok el sòl s'afona uns 10 cm l'any i la ciutat de Venècia pateix un afonament progressiu que la deixa cada vegada més desprotegida de la mar [3]. Però, quan el moviment vertical ocorre de forma molt ràpida (m/s) hom fa servir el terme *col·lapse càrstic*, que fa referència al procés d'enfonsament sobtat o ràpid del terreny calcari, produït per l'esfondrament remuntant d'una volta de galeria o cavitat subterrània. El resultat d'aquest procés és la formació d'un avenc d'enfonsament, en alguns casos també anomenat *dolina*.

Tot i que la formació d'avencs d'enfonsament constitueix en si un fenomen natural, pot estar afavorit o ocasionat directament per l'acció dels humans mitjançant diverses activitats de tipus extractiu (aigües subterrànies, combustibles fòssils o minerals) i, també, per la sobrecàrrega del terreny per edificacions, per la dessecació de conques lacustres, etc. Aquestes accions produeixen tensions o deformacions en els sòls adjacents i poden ocasionar una subsidència més o menys generalitzada en la superfície del terreny o bé donar lloc a avencs d'enfonsament molt profunds, com és el cas del Forat de Pedreguer [4].

Els avencs d'enfonsament es poden produir de diferents maneres [5]:

1. **Per dissolució de la roca.** A les roques més solubles (guixos, sals i calcaris) l'origen i desenvolupament de galeries i cavitats es produeix com a conseqüència de la circulació de les aigües subterrànies o també per la infiltració puntual d'aigües superficials al subsòl. A més de les causes naturals, n'hi ha d'antròpiques com, per exemple, la transformació agrària a regadiu o les pèrdues d'aigua en els canals de reg.

2. **Per erosió interna (tubificació).** En els terrenys detrítics, amb roques sedimentàries formades per fragments de minerals o roques preexistents, s'hi





El primer descens a l'avenc de Pedreguer, realitzat per Jordi Doménech. Fotografia del CEP.

poden formar conductes o buits en forma tubular d'uns pocs mil·límetres de diàmetre fins a metres. La formació pot ser causada tant per mecanismes físics (com, per exemple, la dispersió del ciment que uneix les roques sedimentàries per causa de la circulació d'aigües subterrànies), com biològics (per exemple, la perforació d'organismes excavadors: cucs, talps, etc).

3. Per buidatge del rebliment de cavitats. Tot i que la gran resistència de les roques carbonatades redueix considerablement la possibilitat de col·lapse, quan s'exposa el terreny a tensions elevades, com ara, la construcció d'edificacions grans, les barrinades a les pedreres i mines, o les vibracions produïdes, per exemple, pel pas del ferrocarril, el risc d'enfonsament augmenta exponencialment. A més a més, el buidatge del rebliment de cavitats ja existents però fossilitzades o obstruïdes per materials detrítics (col·luvials o lutítics) afavoreix la possibilitat de col·lapse. Aquest fou el cas del Forat de Pedreguer.

En els aqüífers subterranis de tipus càrstic, de vegades es donen afonaments localitzats, que es produeixen de manera sobtada al final d'estiatges llargs, immediatament després de pluges fortes, o per la rebaixada del nivell d'aigua subterrània com a conseqüència de bombejos intensius. A l'estiu de 1982, quan es va produir el col·lapse, Pedreguer travessava un període de sequera llarg, sense pluges d'importància, a conseqüència del qual es va produir, també, una major sobreexplotació dels aqüífers subterranis per a abastir els conreus de regadiu del terme, cosa que impedí la seua renovació natural. En ser rebaixats els nivells piezomètrics d'aigua, va disminuir la pressió hidrostàtica estabilitzadora de les forces gravitacionals del massís, circumstància que va afavorir el col·lapse.

*El Libro Blanco de las Aguas Subterráneas* de 1994 recalca que l'incident d'aquest tipus d'afonament més conegut a Espanya és el Forat de Pedreguer i fa referència a l'informe geològic que Policarp Garay va realitzar del succés. Allí relaciona directament la sobreexplotació de l'aqüífer subterrani amb el col·lapse càrstic que provocà l'enfonsament: «se supone que la inestabilidad se debió a la extracción intensiva del acuífero kárstico, puesto que en las proximidades del lugar el nivel del agua subterránea se situó en algunos pozos durante varios años a cincuenta metros de profundidad. Las intensas lluvias acaecidas en noviembre de 1985 hicieron subir el nivel del agua en el agujero hasta sólo 0,5 m de la boca, lo que demostró las fuertes oscilaciones del nivel freático, posible causa adicional del suceso».

A hores d'ara, el Forat de Pedreguer roman encerclat per una vegetació espessa, que ha anat creixent al llarg dels anys i que deixa entreveure pel costat oest (per on més creix) la boca de l'avenc. Una boca que, com sol ser normal en aquests fenòmens, ha continuat eixamplant-se, de tal manera que amb unes mesures aproximades de 20 m x 35 m gairebé ha multiplicat per sis la superfície inicial -a mesura que passa el temps, l'avenc va agafant forma d'embut- i ha obligat l'Ajuntament a ampliar varies vegades el perímetre de les tanques de seguretat.

La part del camí empedrat que aquells dos veïns de Pedreguer intentaren creuar amb els seus vehicles la matinada del 8 d'agost de l'any 1982 fa ja molts anys va desaparèixer engolida per les entranyes de la terra.

### Notes bibliogràfiques

- [1] Article del Centre Excursionista de Pedreguer. *Programa de festes de Pedreguer de 1986*.
- [2] Costa. P., Ballester T., Garcia P. 2009. *Pedreguer, memòria d'un poble*. p. 24-25.
- [3] *El Libro Blanco de las Aguas Subterráneas*, MOPT-MA – MINER, 1994 –pàg. 54.
- [4] Garay Martín, Policarp, El riesgo de colapso kárstico y su incidencia en la Comunidad valenciana. *Revista Lapiaz*, juliol de 1991, p. 25- 30.
- [5] *Història Natural dels Països Catalans*, T.3 Recursos geològics i sòl, p. 229-233. Enciclopèdia Catalana, 1985.



## Col·lapses càrstics

# El Forat de Pedreguer (1982)

**Sergio Rosa**

Professor de Física i Química. IES Núm. 1 · Xàbia

L'agost del 1982 succeí un col·lapse càrstic imponent en un bancal de tarongers de les partides de les Torres de Benimarut, pertanyent al terme municipal de Pedreguer (Marina Alta). Com a conseqüència del col·lapse, s'originà un avenc de dimensions considerables, amb una entrada ovalada de 30 m x 10 m (orientada E-O), una profunditat de fins a 80 m i una inclinació de 70° cap al Nord.

Les característiques i l'origen possible de la cavitat foren estudiats per Policarpo Garay Martín i el Grup Espeleològic de Vilanova i Piera, de la Diputació de València, mitjançant un reconeixement espeleològic minuciós i una anàlisi de les característiques geomorfològiques i hidrogeològiques del seu entorn, que fou presentat el 1986.

El sector on es troba la cavitat pertany als contraforts nord-orientals del sistema Prebètic, l'estructura geològica de la qual es caracteritza per una successió de plecs cavalçants de direcció aproximada NE-SE. Aquesta estructura origina un relleu característic d'alternança entre serres, amb predomini de litologies carbonatades del Cretàcic (70-140 M.a.) i valls farcides de materials margosos d'origen marí i d'edat Tortoniana (Miocè superior, 7-12 M.a.).

Per aquest enclavament geològic s'escampa la vall del riu Girona, que s'estén entre les serres de Segària, pel Nord, i Castell de la Solana pel Sud. El seu substrat és de naturalesa molt variable, alternant zones àmplies de margues impermeables i carbonats cretàcics. Aquestes formacions rocalloses carbonatades constitueixen també els relleus propers del massís de la Solana de la Llosa, on s'origina l'aqüífer carbonatat del mateix nom, amb una superfície que aflora uns 25 km<sup>2</sup>. A la part NE d'aquesta àrea s'estenen 5 km<sup>2</sup> que es corresponen amb la vall on s'ubica el Forat.

L'aqüífer estigué sotmés a una explotació intensa des de principis dels anys 70, amb un descens important del nivell freàtic. Aquest fet sens dubte contribuï a l'acceleració del procés de col·lapse, en produir-se un arrossegament progressiu de la massa càrstica pel bombeig de l'aigua per al reg de la zona. Per una altra banda, l'existència de farciments argilosos importants impermeables al carst, alhora que redueix la permeabilitat de l'aqüífer, afavoreix el lliscament d'uns blocs carbonatats sobre els altres.

Les estructures càrstiques en carbonats es produeixen com a resultat d'un procés lent de dissolució en àrees d'infiltració d'aigües superficials. La dissolució es produeix per l'acció de l'aigua enriquida en diòxid de carboni, la qual cosa genera àcid carbònic, que flueix pels forats i fissures de les roques, i amplia les seues dimensions.

La morfologia profunda i pràcticament vertical de l'avenc càrstic, com un pou, s'origina a patir d'un gran nombre de tubs subverticals de diàmetre menor que acaben col·lapsant conjuntament. Les evidències arreplegades semblen indicar que la cavitat hauria començat la seua gènesi en el Quaternari antic o, potser, en el Pliocè mitjà, fa 3 o 4 M.a.

El Forat de Pedreguer no constiuteix un cas aïllat al nostre entorn, ja que la Comunitat Valenciana és un dels territoris que ha enregistrat un major nombre d'enfonsaments càrstics en superfície, en la història recent de la Península Ibèrica. La gran majoria d'ells relacionats amb materials triàsics rics en algeps (80%) i en menor quantitat en carbonats (20%), com és el cas que ens ocupa.

El col·lapse de 1982 no ocasionà grans danys en vivendes particulars ni en infraestructures, per la seua localització apartada de nuclis de població urbana (1,5 km fins a la localitat més propera). Tanmateix, sí que suposà un desafiament important en termes de seguretat i control, per prevenir situacions possibles de perill davant el nombre elevat de curiosos que acudiren a la zona. A més pel que fa a la dificultat per pronosticar i anticipar l'evolució de l'avenc en el temps més immediat, fins a l'estabilització relativa de la zona.

Per tot això, resulta d'interès vital aprofundir en el coneixement de les causes i condicionants que originen els col·lapses càrstics. Una informació que pot resultar útil, especialment, per al desenvolupament dels plans d'ordenació territorial. En aquest sentit, tant nuclis de població urbana, com àrees industrials i traçats d'obres lineals haurien de mantenir-se allunyats de les zones càrstiques.

Per desgràcia, això no succeeix en molts casos, bé pel desconeixement inicial dels nostres avantpassats a l'hora d'establir-se en una regió determinada, i/o bé per l'expansió desmesurada posterior de pobles i ciutats que els porta a ocupar llocs de risc geològic elevat. Zones de risc que comprenen, a més d'àrees càrstiques, també: vessants inestables, faldes de volcans (vegeu el cas de Nàpols i del Vesubi), llits de rius i zones inundables, zones de falla actives, etc.

La propensió de la humanitat a establir-se a prop d'àrees càrstiques i/o inundables està directament relacionada amb la necessitat d'obtenir aigua per a la vida diària, per la qual cosa és una problemàtica que sempre estarà present. Més greu és, tanmateix, quan el traçat d'obres lineals, com carreteres o línies ferroviàries, es projecta travessant terrenys càrstics. Com és el cas, per exemple, de la línia d'AVE entre Madrid i Barcelona al seu pas per Saragossa (1). Casos com aquest posen de manifest la





Dibuix de la sima.

disjuntiva entre triar un traçat no ideal i inicialment més car, però més estable i segur: o decantar-se per l'opció tècnicament més avantatjosa, però que a la llarga resulta més perillosa, tant per als passatgers com per a la pròpia infraestructura.

(1) Possible lectura relacionada d'interés: [Riesgo de subsidencia kárstica en áreas urbanas: El caso de Zaragoza](#). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2009.



Guatemala, juny de 2010.



Guatemala, juny de 2010.



Guatemala, juny de 2010.



Dolina. Autovia de Logronyo a Saragossa.

# AMJASA

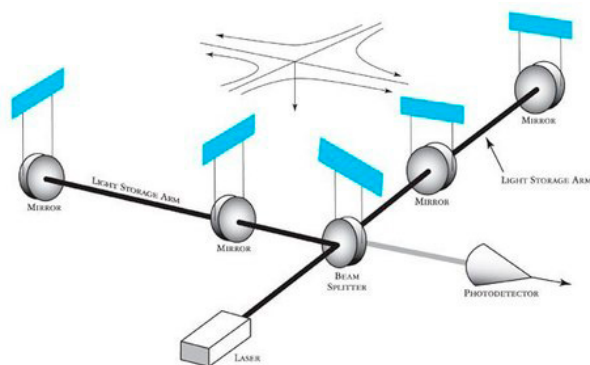
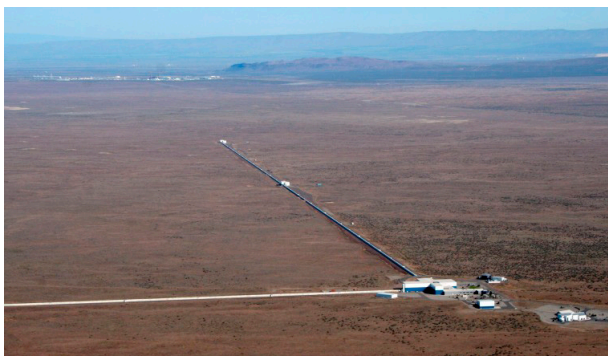


# Ones gravitacionals

## La predicció d'Einstein confirmada

EVA GINÉS

2n Batxillerat · IES Antoni Llidó · Xàbia



Fa 100 anys, Einstein va predir l'existència d'aquestes ones com a part de la Teoria de la Relativitat. Durant aquest temps els físics han intentat sense èxit detectar-les, fins enguany. La detecció d'aquestes ones és decisiva per a entendre l'Univers i com els astres distorsionen l'espai-temps.

Segons els investigadors, l'ona detectada prové de la col·lisió de dos forats negres, un unes 30 vegades més massiu que el Sol i l'altre aproximadament 36 vegades superior. La col·lisió va crear un forat negre unes 60 vegades superior a la massa del Sol, la resta de la massa es va convertir en energia, una part de la qual hem detectat en arribar a nosaltres.

Segons la Relativitat d'Einstein, els cossos en moviment emeten ones que viatgen per l'espai, al igual que ocorre quan soltem una pedra en un embassament d'aigua. Aquestes ones estan a la base de la seua teoria, una teoria que ens ha permès entendre coses, com ara l'expansió de l'Univers, l'existència de forats negres, etc.

Les ones són essencialment ondulacions d'energia que distorsionen l'estructura del temps i l'espai, qualsevol objecte amb massa i en moviment les produeix, fins i tot nosaltres. A més massa i moviment, més grans son energètiques són i més fàcils de detectar.

Els astrònoms tenien evidència indirecta de la

seua existència, però fins ara ningú les podia haver observat.

El procés empleat per a detectar-les va començar amb la construcció d'un làser que després es divideix en dos: una part viatja a través d'un túnel i l'altra per altre perpendicular a aquell.

En cada túnel hi ha un espill que fa rebotar els rajos moltes vegades fins que es tornen a recombinar. Si l'espai es deforma en alguna direcció, el làser viatjarà a través d'un dels túnels una distància diferent a l'altre, de manera que quan es recombinen els rajos, la figura d'interferència serà menor. El canvi en la figura d'interferència ocorregut es correspon a un canvi en la distància recorreguda pel làser en una de les direccions de tan sols una fracció del que seria l'amplària d'un àtom.

Fins ara els objectes astrofísics s'havien estudiat a partir de la radiació emesa, és a dir, a partir d'ones electromagnètiques, però a partir d'ara els físics podran mirar els objectes amb les ones electromagnètiques i escoltar-los amb les ones gravitacionals. Ara hi hauran dos fonts diferents per a estudiar l'espai, cosa que ens podria donar més informació s.

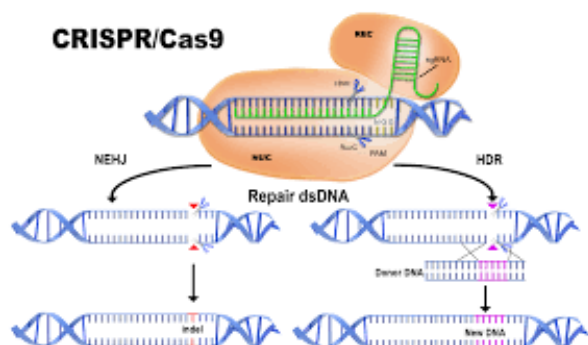
Aquest descobriment a suposat una data històrica, a partir d'ara comença una nova era astronòmica.



# CRISPR: Edició genètica

## La revolució científica de 2015

VÍCTOR BAILO i TERESA MERLE  
1r Batxillerat · IES número 1 · Xàbia



El Dr. Francisco Juan Martínez Mojica, de la Universitat d'Alacant.

Cap a l'any 1987, l'investigador Dr. Francisco Juan Martínez Mojica, professor de la Universitat d'Alacant, va observar com el genoma del bacteri *Escherichia coli* tenia una part del codi genètic repetida diverses vegades, a la mateixa distància, i separada per uns «espaiadors», d'origen víric, entre elles. Mojica va decidir anomenar aquestes repeticions CRISPR, que significa *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, en valencià, “repeticions palindròmiques curtes agrupades i regularment interespaïades”. Alhora es descobreix una proteïna que acompanya al CRISPR, anomenada Cas9, que detecta els virus que s'introdueixen en un bacteri i que el converteixen en immune a aquest virus. La combinació de totes dues coses crea un mecanisme de defensa del bacteri que evita la infecció del virus en l'ADN, la propagació de la infecció a altres bacteris i pot arribar a constituir una vacuna per a altres bacteris contra el virus considerat.

En l'any 2012, les investigadores Jennifer Doudna i Emmanuël Charpentier, americana i francesa respectivament, basant-se en el mecanisme descrit, dissenyen un altre mecanisme semblant per a provar a utilitzar-lo en el genoma humà. Fan servir el Cas9 per tallar l'ADN i introduir nou ADN a la zona tallada, controlant així el destí de la seqüència introduïda. Més tard, els investigadors Feng Zhang i George Church fan ús d'aquesta tècnica per editar el genoma per primera vegada. A partir d'aquest any la tecnologia CRISPR-Cas9 es desenvolupa i es pot trobar disponible en qualsevol laboratori, ja que és barata, precisa i ràpida. Se sospita que es pot utilitzar en qualsevol lloc del genoma i això ajuda a evitar malalties hereditàries o el càncer.

Encara que la tècnica avança amb una velocitat vertiginosa, on més soroll està fent aquest *boom* biotecnològic és en EUA, Xina i Regne Unit. El 23 de

novembre de l'any passat, científics de la Universitat de Califòrnia van presentar un mosquit modificat per a evitar la transmissió de la malària. També a Xina s'ha fet un gran avanç, els asiàtics han provat sort amb la nostra espècie i han modificat un embrió humà, encara que era un embrió sense possibilitat de desenvolupar-se. Al Regne Unit els segueixen de prop i han sol·licitat permís per a modificar genèticament embrions humans amb motiu d'investigació del desenvolupament embrionari.

El fet de ser un descobriment tan novedós, provoca dubtes sobre el seu ús i limitacions, que porten a la divisió d'opinió entre la comunitat científica. Com que és necessària una legislació global immediata el comitè de bioètica de la UNESCO va haver d'intervenir-hi l'octubre passat. Va proposar una moratòria que de moment exclou aquesta pràctica en espermatozous, òvuls i embrions humans. Tanmateix, alguns científics no estan d'acord amb aquesta elecció. Pensen que la llei no ha de ser tan restrictiva, ja que els beneficis d'aquesta tècnica, si s'estudia més a fons, poden ser molts. És per això que es va celebrar la Cimera Internacional d'Edició Genètica Humana, en què van participar investigadors de més de vint països. Ací es va intentar arribar a un acord mundial.

Segurament, dins d'alguns anys, amb aquesta tècnica s'hauran aconseguit grans fets, entre ells la desaparició de la malària, transplants més segurs amb òrgans animals, etc. Però tots aquests fets només tindran lloc, si finalment es decidix utilitzar aquesta tècnica èticament. Mentrestant, si no l'any que ve al següent, s'espera que Doudna i Charpentier rebran el Premi Nobel per la seua investigació, i molts investigadors i divulgadors de les ciències opinen que Mojica també deuria rebre'l per haver impulsat la investigació del CRISPR-Cas9.



# Fukushima i Txernòbil ara

## Els efectes de la radiació 30 anys després

SALIMA EL IMRANY REGANI  
1r Batxillerat · IES número 1 · Xàbia

Recentment s'han complert 30 anys de l'accident nuclear de Txernòbil i 5 anys de l'accident nuclear de Fukushima. Aquests accidents van escampar una gran quantitat de material radioactiu que va portar a establir una zona d'evacuació de 30 km i 20 km, respectivament. Tanmateix, aquests dos esdeveniments no van limitar la curiositat de diferents investigadors que, malgrat l'escassa informació, han investigat sobre els efectes de la radiació en els éssers vius que actualment habiten aquests paratges.

Anys després de l'accident de Txernòbil, el científic Jim Smith ha investigat les zones radioactives i, lluny del que es pensava, va descobrir que la població d'algunes espècies animals havia augmentat, i havien repoblat les zones abans habitades per humans. Mentre investigava, va observar un augment en les poblacions d'ants, cabirols i cérvols, tot i que s'han descobert possibles efectes radioactius en animals individuals. Els efectes de la presència humana havien limitat la llibertat i el desenvolupament de les plantes i els animals en les zones de Txernòbil, ja que la vida salvatge és més diversa i abundant ara (el nombre de llops és set vegades superior a la d'altres zones, per exemple).

«L'àmplia gamma d'animals que prosperen dins de la zona evacuada pels humans després de l'accident nuclear de Txernòbil il·lustra la capacitat de recuperació de les poblacions de fauna silvestre quan es veuen alliberades de la pressió de les activitats humanes», afirma Jim C. Beasley, investigador de la Universitat de Geòrgia (EUA). «El nostre estudi no revela que la radiació siga bona per als animals, sinó que els costums humans, sumats a l'explotació de la terra i l'agricultura, la caça i la silvicultura, perjudiquen les espècies més que no la radioactivitat», aclareix Smith.

L'investigador Timothy A. Mousseau també porta anys analitzant l'evolució de la fauna i flora als

voltants de la central nuclear de Txernòbil. A més de descobrir que algunes espècies d'ocells s'estan adaptant de nou a l'entorn, Mousseau ha registrat les desenes de mutacions que provoquen les radiacions i els efectes negatius que tenen sobre els animals: des de canvis en els patrons de les teranyines (també trobats a Fukushima) fins a les marques que apareixen als troncs dels arbres a partir de 1986.

Mousseau proposa la hipòtesi de la diversitat en la sensibilitat de cada espècie a la radiació: considera que les conseqüències que pateix cada animal depenen de la seua constitució. Mentre que les orenetes trobades a Fukushima tenen una esperança de vida més baixa, una fertilitat reduïda, un cervell més menut, tumors, albinisme parcial i cataractes, les papallones presenten malformacions a les ales, els peus i les antenes. Així doncs, Mousseau afirma a partir d'aquestes dades que l'exposició a dosis baixes de radiació ha repercutit de manera negativa en tota la biosfera de la regió, des dels microorganismes als mamífers i des dels insectes a les aus.

Les conseqüències d'aquestes investigacions, encara no estudiades profundament, suposen un repte per als científics. No només se n'han obtingut dades inesperades, sinó que també s'ha descobert informació sobre la qual ara s'especula intensament: el vincle entre les taxes de mutacions i l'exposició a la radiació. Tanmateix, queden per esbrinar els efectes d'una exposició multigeneracional.

Com veiem, queden encara moltes incògnites per resoldre. Potser els accidents de Txernòbil i Fukushima no siguen més que una amonestació per als humans, una mena d'advertiment sobre les conseqüències -molt sovint imprevisibles- de les nostres decisions. I qui sap, segurament aquests esdeveniments no siguen sinó la porta que ens introduirà a avanços científics nous amb què conformarem un món basat en la racionalització i la responsabilitat.



Txernòbil 2016. La població de porcs senglars s'hi ha multiplicat per cer des de l'accident nuclear de 1986.

# L'airbag

ANNA GANDIA

2n BAT · IES Antoni Llidó · Xàbia



Sovint sabem d'accidents de trànsit en què, per sort, la gent aconsegueix sobreviure. Aquesta sort pot ser explicada per diversos factors, però en el cas del conductor i el copilot, la major part de les vegades és deguda a l'airbag. S'estima que en cas de impacte frontal, el seu ús pot reduir el risc de mort en un 30%.

Tots coneixem aquest dispositiu de seguretat, però de veritat sabem com funciona?

L'airbag és un dispositiu de seguretat col·locat al voltant del conductor i passatgers d'un automòbil consistent en una bossa que s'unfla en cas de col·lisió.

Els cotxes disposen de diferents sensors distribuïts per tota la carrosseria o un únic microsensors connectat a un centre de càlcul, que és l'encarregat d'analitzar i identificar si l'airbag s'ha d'activar. El centre dona l'ordre d'activació quan la força de desacceleració del cotxe li comunica una acceleració de 3g (tres vegades l'acceleració de la gravetat).

El sistema de l'airbag es compon de:

- Detectores d'impacte situats en la part interior del vehicle, la part que començarà a desaccelerar-se abans de la col·lisió.

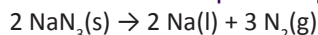
- Dispositiu d'inflat, que gràcies a reaccions químiques produeixen en molt poc de temps una gran quantitat de gas.

- Bosses de nylon que s'inflaran amb el nitrogen produït en les reaccions.

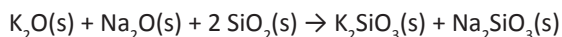
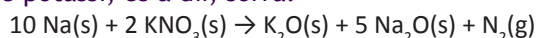
Quan xoca, el centre de càlcul reconeix l'activació del sistema de seguretat i origina un impuls elèctric sobre una petita quantitat de pólvora negra. La flama, produïda al inflamar la pólvora, i la calor encén l'azida de sodi ( $\text{NaN}_3$ ), un compost tòxic i explosiu. Açò provoca una reacció explosiva en la que s'alliberen uns 30 litres de nitrogen gas que van a la bossa de nylon.

El temps que transcorre des del moment de l'accident fins a que l'airbag s'unfla per complet està entre 30-40 ms. Si l'airbag s'unflara més lentament no serviria de res, ja que al xocar nosaltres contra la bossa, aquesta estaria desinflatada.

Pel que fa a l'àmbit químic, com hem dit, el producte utilitzat en el funcionament de l'airbag és el  $\text{NaN}_3$ . Quan la temperatura del compost sobrepassa  $275^\circ\text{C}$ , té lloc la seua descomposició química:



Com que el sodi és molt reactiu, junt a l'azida de sodi s'hi posa nitrats de potassi i sílice, de manera que, inicialment, es formen òxids de sodi i de potassi (molt reactius, també) i, finalment, silicats de sodi i de potassi, és a dir, sorra:



Uns segons després d'inflar-se, la bossa comença a desinflar-se per tal d'evitar l'ofegament del tripulant Donada la toxicitat de l'azida de sodi, hi ha recerques per a trobar compostos alternatius que puguen ser utilitzats en els airbags.

# El bes de Times Square



MADALINA SIDOR

2t ESO

IES Pedreguer

Possiblement la fotografia de Times Square és una de les imatges més famoses i llegendàries del nostre temps. Però, coneixes la història que s'amaga darrera d'aquesta imatge? o pot ser el nom dels protagonistes? o l'hora exacta en què es va prendre la fotografia? La ciència i a altres mitjans, han permès respondre aquestes preguntes.

El nom d'Edith Shain a la majoria de vosaltres no vos dirà res, però el fogós bes que li va donar un mariner en Times Square s'ha convertit en una de les fotografies més importants de la història. Sí, heu llegit bé: "que li va donar", perquè Edith i el misteriós mariner no es coneixien de res, simplement el mariner eufòric (per la derrota del Japó) anava besant a tota dona que l'hi ho permetés i així va ser com una sorpresa Edith es va deixar besar pel rialler jove, com a signe d'agraïment perquè havia estat en la guerra, lluitant per tots els nord-americans.

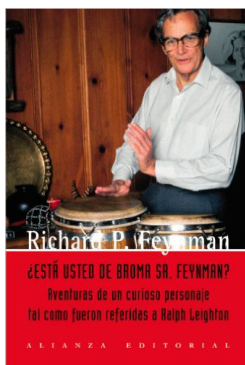
La identitat de la dona va ser desconeguda fins a finals dels anys setanta, quan ella mateixa va escriure al fotògraf per dir-li que era la protagonista del moment grandios del 14 d'agost de 1945 quan la gent va eixir al carrer a celebrar el fi de la guerra. Shain tenia 27 anys i en aquell temps treballava en el Doctor's Hospital de Nova York. No obstant això, la identitat del mariner segueix sent un misteri. Per desgràcia ella va morir als 91 anys d'edat.

Gràcies al treball de diversos investigadors de la Texas State University, l'enigma de l'hora a què es va realitzar la imatge s'ha resolt: exactament a les 17:51 hora local. Faltava poc més d'una hora per tal que Truman fera oficial l'anunci de la rendició del Japó.

I com s'ha pogut conèixer l'hora exacta a la que es va prendre la fotografia? Analitzat tant els esdeveniments històrics com la fesomia de la ciutat i les condicions meteorològiques i del Sol.

Els edificis funcionen com a grans rellotges de sol que poden servir per calcular el moment exacte de la fotografia. Per això, els científics van estudiar mapes dels anys 40 per conèixer la fesomia de la ciutat i reconèixer els diferents edificis circumdants. I més precisament, per calcular l'hora exacta ha estat el jardí de la teulada de l'edifici Astor, ja que llançava una ombra de L invertida. No contents amb això els científics Donald Olson i Russell Doescher, van reconstruir a escala els edificis de Times Square al 1945 i van utilitzar un mirall per projectar els raigs del Sol. I això fins que el model va correspondre perfectament amb les ombres de la fotografia. Si un físic, un astrofísic i astrònom semblen candidats improbables per a resoldre aquest misteri, és una sorpresa saber que han estat treballant durant més de 25 anys. Olson té un passió per la dissecció dels moments claus de la història, l'art i la literatura.





R. P. FEYNMAN

*¿Está usted de broma Sr. Feynman?*

Alianza Editorial

VIKTORIJA YONKOVA PETKOVA

1r Batxiller · IES Núm. 1 · Xàbia.

Richard Feynman (1918-1988) va rebre el Premi Nobel de Física l'any 1965 pel treball fonamental en el camp de l'electrodinàmica quàntica. La seua contribució més destacada consistí en la introducció dels anomenats diagrames de Feynman, una representació gràfica de la interacció entre partícules elementals. Però, allunyant-se de l'àmbit purament científicotècnic, "¿Está usted de broma, Sr. Feynman?" arreplega anècdotes de la vida d'aquest científic.

Escrita en forma d'autobiografia per Ralph Leighton, gràcies a les converses que aquest va tindre amb Feynman, podem observar les vivències d'un dels majors físics teòrics des d'una perspectiva totalment diferent. És així com descobrim que va ser durant la seua infantesa, arreglant les ràdios del veïnat, quan va descobrir la seua passió per la física i el coneixement, la qual l'acompanyaria tota la vida.

Després de graduar-se a Far Rockaway High School va estudiar física i es va doctorar a Princeton l'any 1942. El llibre ens conta poc d'aquesta etapa de la vida de Feynman. No obstant això, ofereix molts detalls de les experiències que va viure en el que seria el seu primer gran treball. I és que acabada l'etapa d'estudiant Feynman va començar a treballar en el projecte que portaria a la construcció de les primeres bombes atòmiques, conegut com a Projecte Manhattan, en la ciutat Los Álamos. Encara que el seu treball en el projecte va ser de gran importància, arribant a ser el màxim responsable del Departament de Càlcul, l'obra ens mostra les seues peculiars relacions amb els companys investigadors i les polèmiques amb els militars. Tanmateix, i a pesar de tots els fets alegres i feliços en què va participar, finalment va patir una xicoteta depressió en assabentar-se dels bombardejos atòmics sobre Hiroshima i Nagasaki.

Més enllà de l'interès per la ciència, una de les aficions de Feynman era resoldre tot tipus de puzles i ende-

vinalles. Mentre treballava en el Projecte Manhattan, va descobrir que tot allò referent al projecte s'arxivava en caixes fortes. Cada militar i cada investigador disposava d'una, encara que amb uns panys prou simples. Va trobar la manera d'obrir-los, i quan renovaven les caixes per altres suposadament més segures, tornava a resoldre les combinacions i aconseguia trencar novament la seguretat, i així una vegada i una altra. El seu afany per la controvèrsia era tal que, per a demostrar que els panys no funcionaven, va arribar a obrir l'arxivador d'algun company, agafar un informe secret i després tornar-li'l en mà, fent-li veure com de fàcil era arribar a ser aconseguir eixa informació.

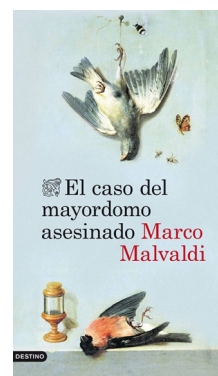
La seua relació amb l'exèrcit va acabar quan el van declarar deficient mental. I és que, una vegada acabat el Projecte Manhattan, alguns dels participants van ser entrevistats per a valorar la seua permanència en l'exèrcit. El nostre protagonista no es va prendre l'entrevista seriosament i es va dedicar a jugar amb l'entrevistador, a escandalitzar-lo, a jugar amb el doble sentit del llenguatge... fins guanyar-se la qualificació de deficient mental.

De nou en la universitat, no faltaran les anècdotes en la vida d'aquest científic sense igual. Les seues estades acadèmiques a Brasil el convertiren en una figura destacada del carnestoltes, la seua relació amb el món de l'art ens ofereix també una comprensió "peculiar", la seua actitud de rebuig de qualsevol tractament formal cap a ell no passa desapercebuda durant l'entrega del premi Nobel...

El llibre ens recorda que darrere dels resultats científics hi ha una persona, i que, igual que tots els altres, interacciona amb la resta de la gent que li rodeja, té interessos i aficions, i també prejudis. Lluny de presentar explicacions científiques, el lector trobarà en el llibre a tot un personatge, a un investigador que sagaç no sols per la seua obra sinó principalment per la seua actitud.

**Més de 120 Supermercats**

MARCO MALVALDI:  
*El caso del mayordomo asesinado.*  
Editorial DESTINO.



## Química, maionesa i Unità

Catalina Luque

Professora de Llengua i Literatura  
IES Antoni Llidó

En esta ocasió tornem a proposar una novel·la del prolífic Marco Malvaldi, químic i novel·lista. Ara, però, no ens retrobem el simpàtic i desvergonyat gerontocomi del BarLume ni el cambrer-matemàtic Massimo Viviani (per cert, les novel·les han tingut tant d'èxit que ja existeix una adaptació televisiva italiana que recomana encara que solament siga per sentir el dialecte amb tota la frescor de la llengua viva, malgrat que sempre hi ha puristes que rebujaran els canvis que les exigències del suport audiovisual ha imposat a la matèria narrativa, prou superior al producte televisiu), sinó que hem de retrocedir més de cent anys, concretament al 1895, per a seguir la trama de *El caso del mayordomo asesinado*.

L'elecció de l'any no és casual. El mateix autor ens ho aclareix en el epíleg: és l'any de la primera transmissió radiofònica de Marconi, de les primeres projeccions cinematogràfiques dels Lumière, l'any que Maria Montessori va ser la primera dona admesa en la Societat Lancisiana (creada pels metges i professors de medicina de Roma)..., es tracta, a la fi, d'un any que comença a mostrar-nos un món que canvia i que avança de manera imparabla cap el progrés, impulsat per la ciència i la tècnica.

En este context Malvaldi es basa en una figura real: Pellegrino Artusi, el qual va publicar precisament el 1895 el primer llibre seriós de cuina italiana: *La scienza in cucina e l'arte di mangiar bene*. Artusi serà el protagonista involuntari d'una novel·la negra a l'estil dels clàssics britànics del gènere, on allò més important és el mètode que porta a la solució del problema, i que té prou a veure amb la incipient aplicació de les ciències, especialment de la química, a la investigació policial. De fet, Artusi es presenta a la mansió de Roccapendente, on ha de passar uns dies invitat pel senyor baró i on es produeix una mort tràgica, amb un llibre del Sherlock Holmes del qual ell es declara fervent admirador.

Si us proposem esta novel·la, però, no és pel pes específic que té la ciència en el descobriment del culpable (el comissari Artisticò –quina troballa, el nom- viu en la seua pròpia carn el principi de Popper que estableix que una teoria correctament construïda és una teoria falsa ble molts anys abans del naixement de Popper), sinó per

una metàfora que conjuga química, cuina i unitat nacional.

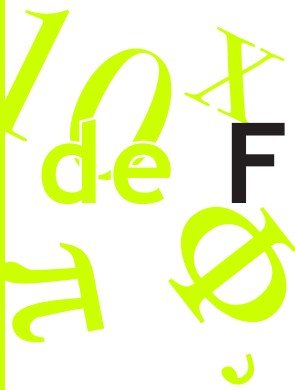
Itàlia era a finals del segle XIX una cultura vella en un país encara molt jove. La unificació nacional era una construcció prou artificial plena de tensions que encara continuen a dia de hui entre el Nord, europeu i industrial, i el Sud, endarrerit i agrícola. El doctor Bertini, socialista radical, s'enfronta a Lapo, el fill protofeixista del baró, en una discussió sobre si la verdadera unitat d'Itàlia és possible. El doctor creu que amb solament el rigor i la igualtat que estableix la llei es pot construir un país; el jove aristòcrata no està disposat ni a renunciar als seus privilegis de sang ni a compartir un estat amb els morts de fam del sud que els xuclen la sang. De fet, pensa que de dos elements tan antagònics no pot crear-se un tot comú, de la mateixa manera que no podem barrejar aigua i oli. Artusi, convençut defensor de que les nacions sobreviuen amb un esforç de voluntat i enteniment entre els pobles, ens explica mitjançant la descripció de la maionesa que sí és possible unir elements tant diferents. Les emulsions són això: partícules incompatibles entre sí que es barregen gràcies a un tercer element que dóna cohesió al conjunt. Però és un procés que s'ha de fer amb molta meticulositat, sense pausa però sense presa; d'altra manera es talla i no s'aconsegueix l'objectiu. Això és el que la jove Itàlia necessita, trobar l'element que pugui fusionar els dos elements incompatibles entre sí. El problema és que, de vegades, ningú no vol trobar eixa molècula amb forma de cap-gros que fica el cap hidròfil en una molècula i la cua lipòfila en l'altra i la maionesa es talla (la metàfora és de l'Artusi).

Malvaldi torna a fer girar esta novel·la al voltant d'uns eixos que són constants en la seua obra: la resolució d'un cas d'assassinat a l'estil Agatha Christie, l'humor (que actua sempre com a emulsionant), la química i la cuina. Esperem gaudir d'altres novel·les del mateix autor traduïdes al castellà o al català perquè ens donarien molt de joc per a esta secció (de fet estic esperant la traducció de *Milioni di milioni*, on una filòloga i un genetista han de trobar junts la solució a més d'un misteri per a compar-tir-la amb els bons amants de la ciència en la ficció sense que se'ns talle la salsa.)



# El racó de Fibonacci

Teresa Arabí  
Vicent R. Chorro



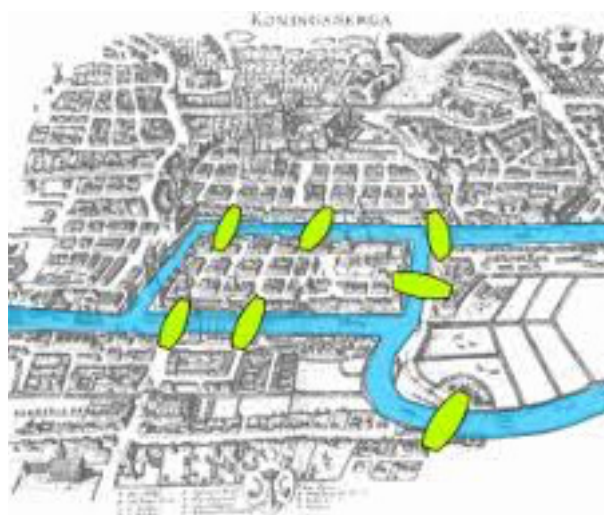
5,  
8,  
13, ...



**Els ponts de Königsberg** és un problema molt conegut i molt estudiat. Està considerat com el començament de la topologia, i, més particularment, de la teoria de grafs.

Königsberg (actualment, Kaliningrad, Rússia) era una ciutat de Prússia al segle XVIII. Aquesta ciutat era travessada pel riu Pregolya, que es bifurca per abraçar l'illa Kneiphof, dividint així la ciutat en quatre sectors, diferenciats, ensem que connectats pels set ponts: Pont del Ferrer, Pont Connector, Pont Verd, Pont del Mercat, Pont de Fusta, Pont Alt i Pont de la Mel. Vegem-ho en la imatge.

En el segle XVII, per tal d'organitzar una desfilada, els habitants de la ciutat es van plantejar si era possible **recórrer els set ponts**, passant només una volta per cadascun, i retornar al punt de partida.



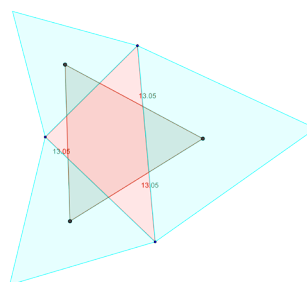
Mapa de Königsberg en l'època de Leonhard Euler, que mostra on es trobaven els set ponts (en verd clar) i les branques del riu (en blau).

## Series capaç d'organitzar la desfilada?



Solució al problema del TEOREMA DE NAPOLEÓ DAUALDEU 9

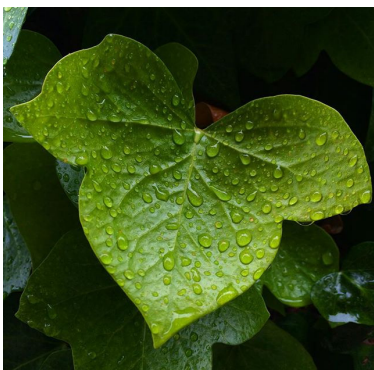
Solució gràfica:



Entra a <https://www.geogebra.org/material/show/id/yPVXhhAc> i podràs canviar el triangle original veient que sempre el nou triangle obtés amb els punts centrals és sempre equilàter.



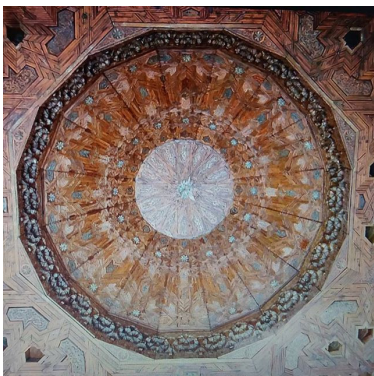
JAIME  
ALEIXANDRE



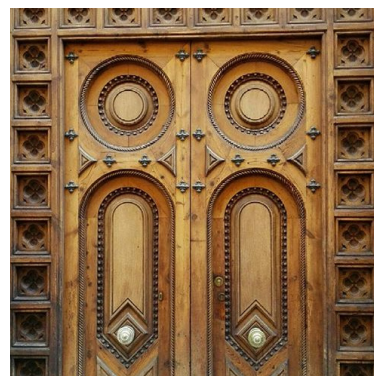
PASQUAL  
BUIGUES



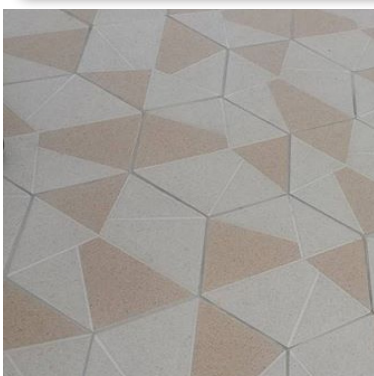
ANNA  
SERRA



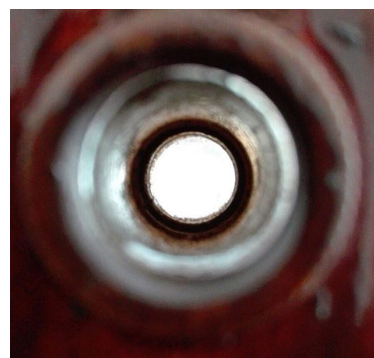
LAURA  
BUIGUES



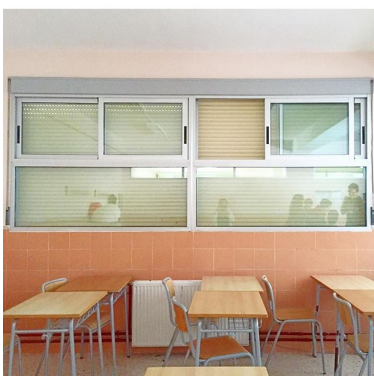
MARIA  
COLOMER



ANNA  
PASTOR



HANNA  
FERRY



ALÍCIA  
CHOLBI



MARTA  
BONET



ELENA  
ZHU



# DAUALDEU

Edició digital

<http://meridia-zero.jimdo.com>



Ajuntament de Pedreguer



AJUNTAMENT  
DE  
GATA DE GORGOS



Ajuntament de  
**Beniarbeig**



# XÀBIA

A J U N T A M E N T



ACADÈMIA  
VALENCIANA  
DE LA  
LLENGUA



innpulso

Ciudad de la Ciencia  
y la Innovación

Ministerio de Ciencia e Innovación

# AMPAS

IES Antoni Llidó - Xàbia

IES Historiador Chabàs - Dénia

IES Matemàtic Vicent Caselles - Gata de Gorgos

IES Número 1 - Xàbia

IES Pedreguer