

REVISTA DE DIVULGACIÓ científica i tecnològica
Núm. 31 · TARDOR DE 2026

CONJECTURES MATEMATIQUES

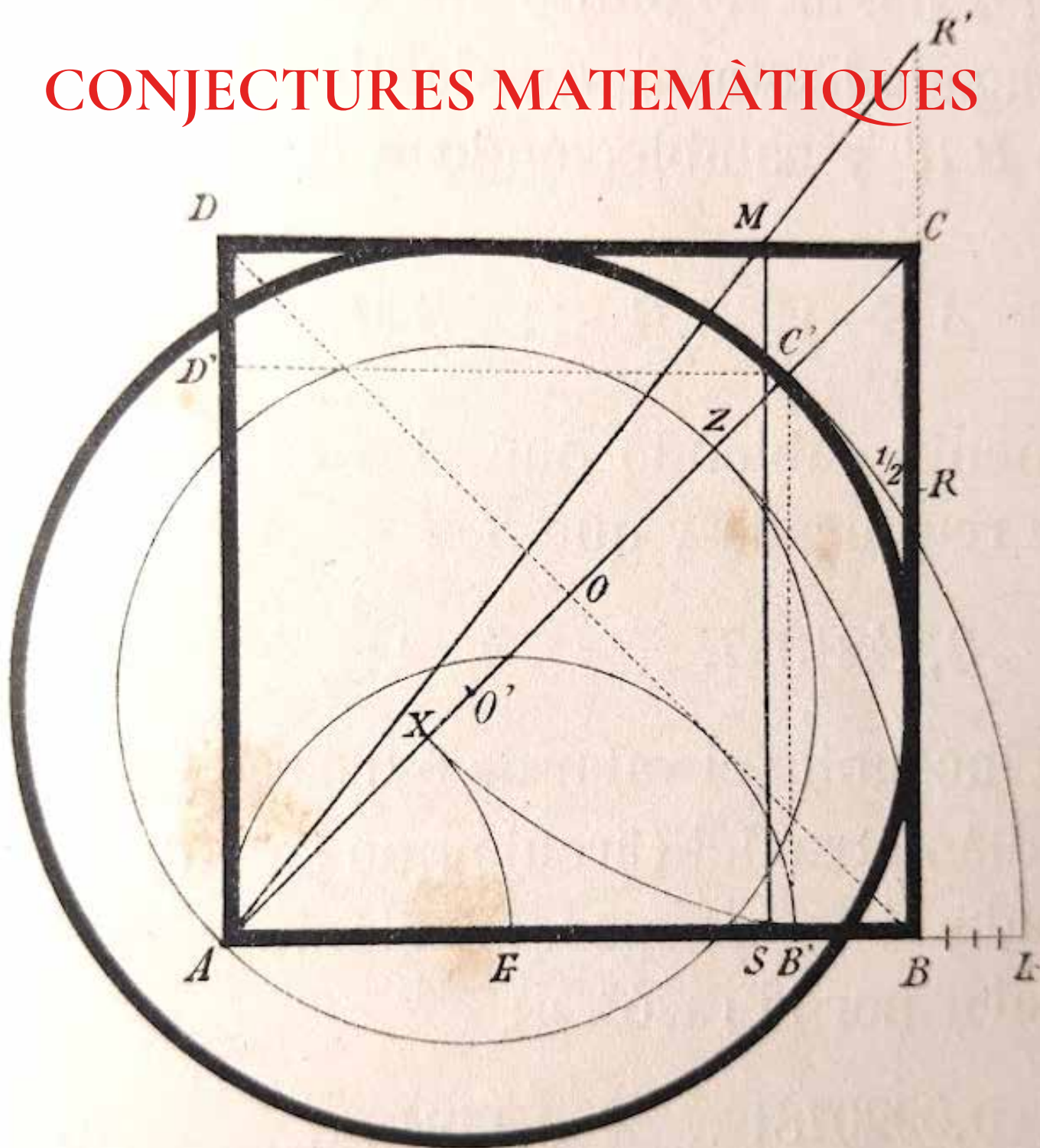
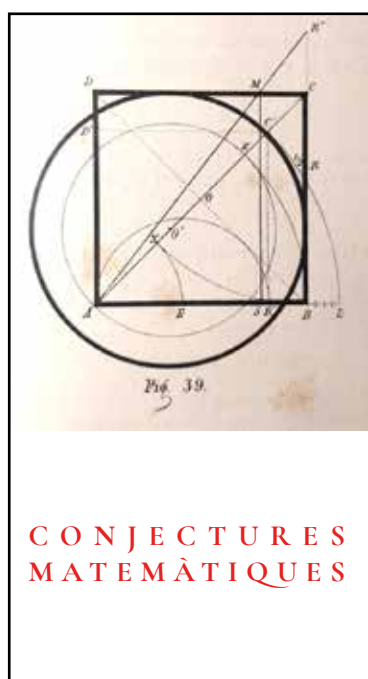


Fig. 39.



SUMARI

Editorial	3
Animal artificial	4
Sinestèsies	5
A carcasses	8
ObertaMent	10
Retalls de Física	12
La mirada ambiental	14
Serendípia	16
Desmuntar l'enginyeria	18
Conjectures matemàtiques	20
José Espí	32
Carreres armamentístiques	38
DANA 29 O	40
Estats de la matèria	42
Les aus del Montgó	44
IA	45
Llibres	46
Racó de Fibonacci	47



MERIDIÀ ZERO



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

REVISTA DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA
Primera època.

Número 31. Tardor de 2026. Marina Alta. Edita: MERIDIÀ ZERO.

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

Disseny, maquetació i revisió: Pep Marro.

Imatge de la portada: Nueva ciencia geométrica, José Fola Igurbide, Barcelona, 1897.

MERIDIÀ ZERO no es fa responsable de les opinions personals expressades pels col·laboradors de DAUALDEU.

Contacte: daualdeu@gmail.com

Patrocina: AMPA de l'IES Pedreguer. Ajuntaments: Beniarbeig, Dénia, Gata de Gorgos, Ondara, Pedreguer, Pego, els Poblets, el Verger i Xàbia. Acadèmia Valenciana de la Llengua.

Imprimeix: Imprenta Botella, SL.

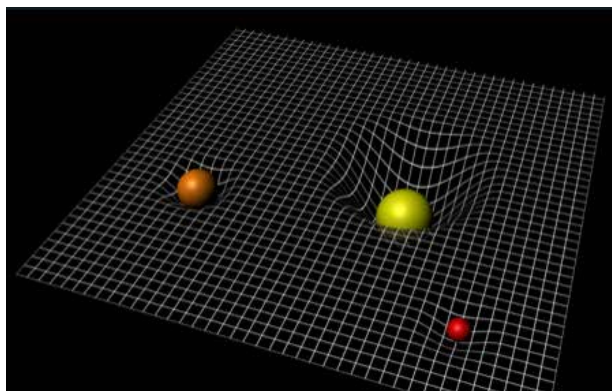
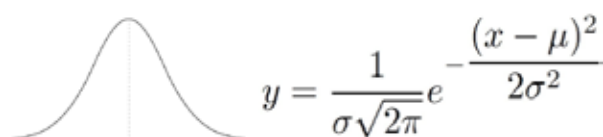
Dipòsit legal: A-837-2011. ISSN 2174-9914.

Matemàtiques i ciències

Josep Lluís Domènech

Doctor en Química

En un article de 1960, el premi Nobel de física **Eugene Wigner** plantejà la irracional efectivitat de les matemàtiques en les ciències naturals. Per a això s'ajudà d'una historieta entre dos amics. Un d'ells, que havia estudiat estadística, parlà a l'altre de la distribució gaussiana, segons la qual moltes variables d'una població (com ara, l'alçada dels ciutadans d'un país) presenten una distribució com la de la figura, en la qual els valors obtinguts es representen en l'eix horitzontal i les freqüències en el vertical. Com veiem, els valors es distribueixen regularment al voltant d'un valor central:



Corba de distribució gaussiana. Equació de la corba normal. Curvatura de l'espai-temps causat per la massa de tres objectes (ESA-C. Carreau. ESA, Standard License)

El segon amic, quan veié l'equació que descriu la corba gaussiana, va preguntar per un símbol que apareixia en l'equació.

- Ah! -Li va contestar l'estadístic.- Es tracta del nombre pi, π .

- I què és això? -va insistir l'amic.

- π és la relació entre la longitud de la circumferència d'un cercle i el seu diàmetre.

- Bé -rematà l'amic-, ara veig que t'estàs burlant de mi, perquè de segur que la població no té res a veure amb la circumferència d'un cercle i el seu diàmetre.

L'equació de la gaussiana és un exemple de com els conceptes matemàtics apareixen en relacions inesperades. **Albert Einstein** reconegué aquest problema quan es preguntà "com és possible que la matemàtica, un producte del pensament humà independent de la l'experiència, s'ajuste de manera tan perfecta als objectes de la realitat física?".

Un altre exemple: Per a explicar els moviments dels objectes, tant els terrestres com els celestes, **Newton** combinà les lleis de caiguda dels objectes, descobertes per **Galileu**, amb les lleis dels moviments planetaris que havia obtingut **Kepler**. A més, per a aconseguir la unificació desitjada, Newton introduí la llei de la Gravitació

Universal. I també, per a descriure amb precisió els moviments, desenvolupà una branca nova de la matemàtica, el càlcul diferencial i integral. En casos com aquest, en què els científics desenvolupen eines matemàtiques per a resoldre els problemes a què s'encaren no sorprèn l'eficàcia de les matemàtiques, ja que aquestes eines s'han desenvolupat per tal que s'ajusten a les observacions fetes, a les dades disponibles. Però no sempre és així. Trobem, de nou, un exemple en la teoria de la Gravitació. Newton assenyalà que els objectes s'atrauen pel fet de tenir massa, i anomenà "força de la gravetat" a aquesta força.

Ara bé, no explicà què és la gravetat, ni com funciona, ni com la gravetat del Sol, per exemple, afecta el moviment de la Terra -un objecte situat a quasi 8 minuts-llum, la distància que recorre la llum en 8 minuts, uns 150 milions de quilòmetres. Va ser Einstein qui s'encarà a aquest problema perquè la seua teoria de la Relativitat Especial, la de 1905, qüestionava la teoria de la Gravitació de Newton. Newton pensava que l'acció de la gravetat era instantània, de manera que en el mateix moment que el Sol experimentara una pertorbació, la Terra la notaria.

Tanmateix, un dels postulats de la relativitat posa límit a la velocitat de propagació d'un senyal: 300000 km/s, la velocitat de la llum en el buit. De manera que o aquest postulat és incorrecte o la gravetat no pot sobrepassar aquest límit. La solució vingué, el 1915, de la mà de la teoria de la Relativitat General d'Einstein. La idea bàsica d'aquesta teoria és que la gravetat no és altra cosa que deformacions en el teixit de l'espai-temps: de la mateixa manera que les pilotes de golf segueixen el relleu del terreny, els planetes segueixen trajectòries corbades en un espai deformat per la gravetat del Sol.

En bones paraules, i deixant a part l'important paper de la dimensió temporal, en absència de matèria l'espai seria pla, però la matèria el deforma, de la mateixa manera que una bola de ferro corba un llit elàstic. És així que els planetes es limiten a seguir els camins en un espai corbat per la gravetat. La velocitat a què es propaga la gravetat és la velocitat a què es desplacen les deformacions de l'espai, com una ona.

Einstein demostrà que la velocitat de propagació de la gravetat era la de la llum en el buit. La nova teoria física demanava una nova formulació matemàtica pera aquestes entitats geomètriques i Einstein recorregué a la geometria no euclidiana de **Georg Friedrich Riemann**, una geometria d'espais corbats no necessàriament tridimensionals. Aquesta era una teoria abstracta que s'havia creat sense cap intenció de trobar-li una aplicació pràctica, però sorprenentment ara era útil a Einstein.

Com afirmava **Wigner** "l'enorme utilitat de les matemàtiques en les ciències naturals és una cosa que fita amb allò misteriós i no hi ha cap explicació racional per a això".

La quiralitat i la **talidomida**

J. M. Mulet

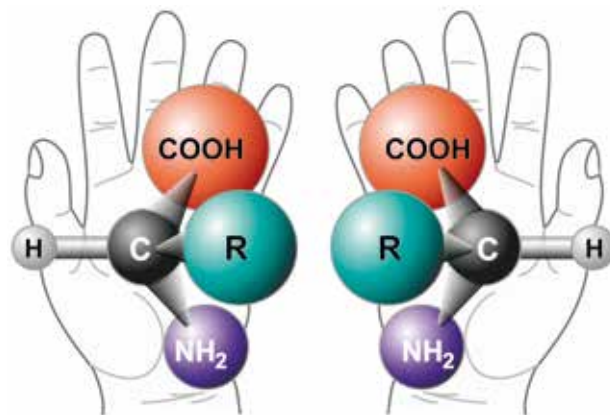
Institut de Biologia Molecular i Cel·lular de Plantes · UPV

Hi ha un clàssic de la divulgació científica d'Isaac Asimov, *L'electró és esquerrà*, que incideix en la idea que no tots els processos naturals conserven la simetria. En la vida quotidiana en tenim molts exemples. Conduïm per la dreta, encara que molts països ho fan per l'esquerra. Espanya al principi no ho tenia regulat i els primers cotxes anaven per on volien, fins que el parc mòbil va créixer tant que hom va haver de prendre una decisió. Hi ha un vestigi d'aquells temps d'inici de la circulació regulada... el metro de Madrid circula per l'esquerra. Biològicament també hi ha preferències. Aproximadament el 90% de la gent es dretana. L'origen genètic és incert. S'ha suggerit que seria per poder protegir el cor (que està a l'esquerra, altre trencament de la simetria) en cas de lluita. Fins i tot en física de partícules també es parla de la violació de la supersimetria, atès que cada partícula no té la seua antipartícula, com s'esperaria en un univers simètric.

Moltes de les dones que van prendre aquest fàrmac van veure com els seus fills naixien amb focomèlia, una alteració caracteritzada per un desenvolupament incomplet de les extremitats.

En bioquímica aquest concepte és fonamental. La base de la química orgànica és el carboni, un àtom que permet 4 enllaços químics. Si els 4 enllaços són en grups diferents es pot donar la circumstància que dues molècules tinguin la mateixa composició, però diferent disposició dels enllaços. Això farà dues molècules amb propietats molts similars en algunes circumstàncies, però no en altres. És semblant a les mans. Hi ha coses que pots fer indistintament amb la mà dreta o amb la mà esquerra, però no pots ficar-te el guant de la mà esquerra a la dreta, perquè la configuració del polze no coincideix. La majoria de molècules importants en bioquímica tenen quiralitat, és a dir, hi ha formes amb diferent disposicions. Per exemple, tots els aminoàcids que fabrica un organisme viu són forma L, en canvi els de síntesi química són una mescla de L i D, el que en bioquímica anomenem mescla racèmica. Si en la dieta ingerim aminoàcids essencials la forma D, probablement moriríem enverinats. La causa d'això és que la majoria de reaccions bioquímiques són catalitzades per enzims, que són (generalment) proteïnes que tenen un lloc molt concret on es fa la reacció... i ja sabeu, una mà dreta no entra en un guant esquerrà.

El que passa amb els aminoàcids també



s'aplica a qualsevol molècula amb efecte biològic, com els fàrmacs. I no tenir-ho en compte pot tindre conseqüències catastròfiques. Als anys 50 es va desenvolupar un nou fàrmac que en les proves clíniques va resultar molt efectiu per evitar les náusees i els efectes secundaris derivats de l'embaràs. El fàrmac va superar totes les proves i controls de seguretat i quan va tenir les autoritzacions va eixir al mercat. Ací va vindre el problema. Totes les proves es van fer a partir d'una síntesis bioquímica, que sols sintetitzava formes R (la nomenclatura canvia en cada molècula), però per fer-ho a gran escala hom va fer servir un mètode químic que produïa una mescla de formes R i S. I el fàrmac es va receptor a tort i a dret (mai millor dit) perquè veritablement era molt efectiu i feia la vida més fàcil a les embarassades, però sols la forma R. La forma S també era molt efectiva, però com un inhibidor de l'angiogènesi, és a dir, de la formació de nous vasos sanguinis, un procés essencial en el desenvolupament del fetus. Moltes de les dones que van prendre aquest fàrmac van veure com els seus fills naixien amb focomèlia, una alteració caracteritzada per un desenvolupament incomplet de les extremitats, tot per no haver previst que la bioquímica, igual que l'electró, és esquerrana. De bioquímics, en conec de les dues bandes.

La història té un curiós epíleg. La talidomida va ser prohibida, tot i que es va identificar l'origen del problema i amb una síntesi bioquímica s'haguera solucionat i no és un problema gaire greu perquè hi ha alternatives per a alleugerir els efectes secundaris de l'embaràs. En canvi, el bessó tenebrós, la forma S, continua sent un dels millors inhibidors de l'angiogènesi que tenim, cosa que és molt interessant quan un càncer està desenvolupant metastasi i ha de crear nous vasos sanguinis. La forma S de la talidomida, tot i no estar autoritzada com a fàrmac és de les que més s'utilitza per la via legal de l'ús compassiu del medicament.

Al voltant de l'informe PISA 2025

Daniel Climent

Professor de Ciències

Quan ja creia acabada la carta que anava a enviar a un futur assessor de ciències, han aparegut els resultats de l'informe triennal de PISA que elabora la OCDE. Impactat per la magnitud del desastre he optat per canviar la idea original i substituir-la per uns comentaris sobre els resultats que tan amargament ens han colpejat.

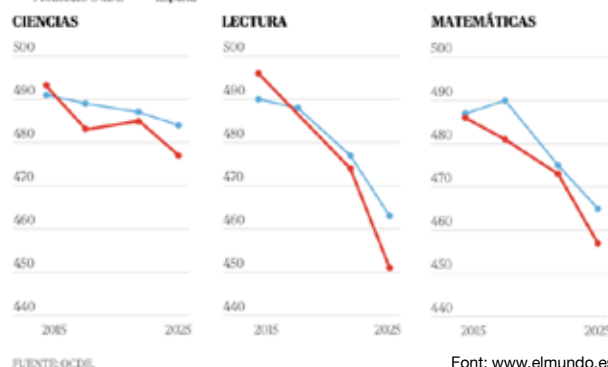
Per començar, cal recordar que les dades que han nodrit PISA 2025 es van prendre de març a maig de l'any passat entre alumnes de 90 països de 15-16 anys ($\approx$ 4t d'ESO); alumnes que havien començat l'escolarització obligatòria (Primària) el 2015.

En el cas d'Espanya (30000 alumnes en questats) els resultats són demolidors: els últims d'Europa, amb caigudes de 28, 26 i 16 punts en matemàtiques, competència lectora i ciències; la qual cosa significa vora un curs escolar perdut en totes eixes matèries (vint punts, un curs).

Desastre educativo en España, con el peor resultado de su historia en el informe PISA: hasta dos cursos escolares de retraso respecto a Reino Unido

España cae 23 puntos en Lectura, 16 en Matemáticas y ocho en Ciencias. La OCDE advierte de las pantallas y pone como ejemplo el "trabajo duro" de los alumnos asiáticos "haciendo deberes"

España se desploma en las principales disciplinas del Informe PISA
— Promedio OCDE — España



Això sí, amb diferències notables entre comunitats autònomes: mentre que Madrid i Castella-Lleó obtenen bons resultats, i superiors a la mitjana de l'OCDE i la UE, la darrera posició (d'Espanya i d'Europa) l'ocupa el País Valencià (amb Catalunya exclosa per "haver fet maganxes").

I si és cert això que "el nivell de formació d'un país correspon al dels seus docents", què hauria pogut passar si la prova (recordem-ho, de 4t d'ESO) s'haguera realitzat sobre una mostra de professors en exercici de les etapes obligatòries, Primària i Secundària?

En el cas d'Espanya els resultats són demolidors: els últims d'Europa, amb caigudes de 28, 26 i 16 punts en matemàtiques, competència lectora i ciències

Recorde que l'any 2011, el govern d'**Espanza Aguirre** a la comunitat de Madrid va introduir, en les oposicions per a mestres de Primària, una prova específica de coneixements generals de Primària. Es tractava d'un examen eliminatori amb preguntes de llengua, matemàtiques, història i ciències de nivell de sisè de Primària en escoles públiques (estem parlant d'oposicions, eh!); dit d'una altra manera, la prova intentava comprovar si el personal que aspirava a ser mestre tenia, almenys, el nivell d'allò que anava a impartir. Quan dos anys després es van conèixer els resultats va saltar l'escàndol: el 86 % dels aspirants a mestre (8200 de 9500 opositors) havien suspès la prova de coneixements elementals. Quatre anys formant-se en Facultats d'Educació i quasi el 90 % dels aspirants no passaven un examen de 6é de Primària.

Eixos resultats eren coherents amb els de la Universitat de Vic, que sistemàticament ve plantejant proves d'aptitud per accedir al grau de mestre. Doncs bé, només pel que fa als darrers quatre anys, més del 60 % dels aspirants suspenen la prova d'accés, tot i haver "superat" el segon de Batxillerat i les Proves d'Accés a la Universitat (PAU); quins coladors són eixos?

Malauradament, no disposem de cap Llibre blanc que informe sobre el nivell de coneixements del professorat, com si hi haguera por a encarar aquesta qüestió tan nuclear: tenim, en termes generals, un professorat capacitat per a la funció que estan desenvolupant? I, si no fora així, quines mesures caldria adoptar per a millorar la situació?

I ara, i abans de continuar amb les matèries, convindria recordar que, en el cas valencià, l'any en què van iniciar Primària els alumnes que ara han mostrat eixos nivells tan baixos van ser el mateix que el "Botànic" va començar

a governar; un govern que durant set anys (2015-2022) va tindre al front de la Conselleria **Vicent Marzà**, mestre diplomad en Magisteri, especialitat anglés; i de 2022 a juliol de 2023 **Raquel Tamarit**, també mestra diplomada en Magisteri i especialitat anglés. He de confessar que la idea que els encarregats de dirigir una Conselleria tan complexa, amb tants nivells educatius, tant de personal i recursos pressupostaris, siguen mestres sense experiència en gestió, ni reflexions conegudes sobre el sistema educatiu, i sense haver-se foguejat prèviament en faenes com les d'inspecció, planificació educativa o temes d'aquest nivell, sempre m'ha semblat una temeritat; però... En qualsevol cas, no ho oblidem, el 80 % del període analitzat per PISA 2025 ha sigut la coalició Compromís-PSOE els qui han estat al front de la Conselleria d'Educació (on, per descomptat, han deixat petjada, estil i col·locats).

I, ara, passem a les matèries. En pensar en les matemàtiques, m'ha astorat que la distància entre les comunitats valenciana (435 punts, l'última) i madrilenya (477; la primera) és de 42 punts, equivalent a dos cursos escolars. I de seguida m'ha vingut al cap que segons la llei educativa ara vigent, la LOMLOE [RD 217/2002, gener 2021], la programació d'eixa matèria ha de contemplar *sentido socioafectivo y perspectiva de género*; i si a això sumem que els aprovats són pràcticament generals "per llei", què podríem esperar, dels resultats? I, en el cas valencià (tan hipertrofiat d'ideologia woke, frívola i doctrinària) s'ha retrocedit 50 punts en una dècada! I pensar que en la del 85-95 del segle passat vam arribar a ser un referent de qualitat en didàctica de les matemàtiques!

Pel que fa a la comprensió lectora també ens situem en la part més baixa de la taula; i des del 2015 s'ha registrat una caiguda de més de 40 punts! (equivalent a dos anys d'escolarització!).

I estem parlant del castellà; perquè en català/valencià el resultat és pitjor; això sí, amb moltes "guies per al llenguatge inclusiu", "de gènere" i coses d'eixe estil imposades en l'administració i en el món educatiu i de conseqüències tan negatives per a la llengua; i no soc jo qui ho afirma: en el llibre *Som dones, som lingüistes, som moltes i diem prou*, escrit per lingüistes "de debebò" (i no per sindicalistes, activistes o mestres sense formació) ja s'advertia del problema que, malauradament, ara ja tenim constatat amb dades i constatacions més que lamentables.

Per finalitzar, les ciències. Segons els resultats generals només el 28 % arriba al nivell mínim; i pel que fa a distància entre Madrid i nosaltres la diferència és enorme: un alumne de 15 anys que estudia a Madrid obté 45 punts més (dos cursos!) que un d'escolaritzat ací; i en comparativa pròpia amb els últims 10 anys, hem retrocedit 44 punts!

Però és que des de ja fa molts anys, en diferents fòrums venim alertant sobre la perniciosa transformació de l'ensenyament de les ciències en una catequesi lògicament esterilitzant fins el punt que molts professors són incapaços de respondre preguntes com les següents:

Si el Sol "és" groc, com és que, de dia, el cel és blau i el núvols blancs?

Per què les dones tenen la menopausa, però els hòmens no?

Si dividir és "repartir", per què, en dividir entre 0,5 m'ix el doble?

Si els cotxes de gasolina poden incendiar-se, per què no els de gasoil?

¿Per què hi ha "blancs" i "negres"?

¿Com poden volar els avions, si pesen més que l'aire?

¿Com és que la mar està salada si els rius són "d'aigua dolça"?

¿Per què no ens cau la Lluna damunt, si és una roca molt pesada?

¿Com és que fa més fred dalt les muntanyes, si estan més prop del Sol?

¿Què són el formigó, el ciment, l'acer, la seda, la llana, o el vidre?

¿Hi ha perill en dormir amb plantes a l'habitació? ¿De dia o de nit?

¿Què és el foc?

¿Per què les cel·les d'abelles són hexagonals, les trapes redones, els pots de conserva cilíndrics, el tetrabrics prismàtics i el planetes esfèrics?

¿Per què l'aire que tirem per la boca pot calfar però també refredar?

I si en el cas de les ciències fisicoquímiques el problema és greu, en el de les ciències "de la natura" és encara pitjor: tant els programes com els llibres i els professors solen ignorar els paradigmes (evolució, relacions ecològiques, termodinàmica, descodificació de la

ESCOLA PÚBLICA

garantia de qualitat



Procés d'admissió a les escoles
per al curs 2017-2018
del 22 al 29 de maig



Informa't sobre les escoles
plurilingües, inclusives, saludables,
sostenibles i creatives que t'ofereix
el sistema educatiu valencià:

A l'espai web:
www.ceice.gva.es/va/escolaqualitat
Als centres educatius

informació genètica, tectònica de plaques) que permetrien articular l'assignatura i poder entendre, considerant cada nivell educatiu, des de la biodiversitat als fenòmens naturals; i sense cap fil conductor s'ha optat per una mena de calaix de sastre, un *totum revolutum* on es pot camuflar molt bé qualsevol adoctrinament carregat d'ideologia en què l'ús d'una xarrameca de moda (sostenible, saludable, ecològic, de proximitat, inclusió, natural, benestar emocional...) o alarmista (emergència climàtica, transgènics, additius químics, nuclear) els alliberen de d'oferir amb rigor i ben organitzada la seua matèria.

I, ara, la pregunta del milió: com a societat i com a professionals, estariem disposats a aplicar reformes en profunditat i a prescindir dels responsables del desastre? Això implica també posar al capdavant de l'educació, i de la formació del professorat, tant la inicial com la permanent, a personal apropiat i professionalment competent (que n'hi ha, eh!).

M. Carme Junyent (ed.)

Som dones, som lingüistes, som moltes i diem prou.

Prou textos incoherents
i confusos. Canviem el món i
canviarà la llengua

Eumo
Editorial

I ens calen dirigents preparats que sàpiguen i tinguen experiència en gestió educativa, economia, i coneixement dels reptes a què s'ensencaren la societat i l'educació, des de la formació dels docents a l'ús de la IA, els dèficits estructurals en lectura i biblioteques, o el sistema d'incentius per a valorar i estimular la millor docència; sí, uns dirigents capaços de mirar "a llargues" i d'aplicar mesures correctives intenses per tal de revertir el desastre en el qual, no per esperable menys dolorós, ens hem vist reflectits en l'informe PISA.

En qualsevol cas, i si tot va bé, continuarem parlant-ne.

NOTES

1 El 38 estats de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE) comparteixen com a principis bàsics la democràcia i l'economia de lliure mercat.

2 Segons l'OCDE, als 15 anys 20 punts equivalen a un any d'aprenentatge.

3 Lamentablement, ni els responsables de la formació optaran per canviar de paradigma ni els mateixos professors, víctimes i (amb honroses excepcions) corresponsables del fracàs; en lloc d'això, potser tornaran a posar-se samarretes verdes i a reclamar escola "en valencià"; però sense explicar com pensen fer-ho amb el "material humà" i metodològic disponible.

4 Van ser els governants autoanomenats "valencianistes" els responsables d'eliminar les línies en valencià [en la revisa Saó em van publicar set articles dedicats al fracàs de l'assignatura de valencià: "Ensenyança del valencià o teràpia d'aversion?" [<https://revistasao.cat/ensenyanca-del-valencia-o-terapia-daversio-vii/>]. I el frau anterior (dir-se una cosa i fer-ne la contrària) no és exclusiu dels valencianisme oficial; també és aplicable a tots els xiringuitos on s'han col·locat molts dels que no podrien guanyar-se la vida amb treballs "de veritat" i que s'amaguen darrere de noms tan pomposos com ara progressistes, feministes, ecologistes/verds, observatoris, i activismes diversos, noms que van molt bé per mantindre hipnotitzats crèduls, innocents i fins i tot fanàtics de tot tipus.

5 Davall títols com ara "S'assembla la didàctica de les ciències a la d'una religió? el meu fill major, aleshores estudiant d'enginyeria, i jo mateix vam presentar comunicacions al *Congreso de Didáctica de las Ciencias de Granada* (2005); i a les *Jornades Curie d'intercanvi d'experiències en l'ensenyament de les ciències físiques i químiques* (2006). I en una línia similar, vaig escriure un article en la revista de la *Asociación de Inspectores de Educación* (ADIDE): La formació del profesorado de ciències.

Sentits artificials

Joan Borja i Sanz

Director de la Càtedra Enric Valor · Universitat d'Alacant

De tant en tant m'agrada tafanejar quins són els neologismes que s'incorporen al llenguatge. Per això, cada cert temps m'abellix consultar les plataformes digitals del Portal Terminològic Valencià, i del Cercaterm i la Neoloteca del Termcat. M'atrau indagar quines són les noves paraules que s'encunyen i que la gent posa en circulació, perquè diria que són reveladores respecte de les noves perspectives, les noves conceptualitzacions, les noves preocupacions i els nous coneixements socialment assumits. Si, d'acord amb la lingüística cognitiva, acceptem la premissa que la condició humana categoritza el món per mitjà de les paraules de què disposem, resulta fàcil deduir que les paraules noves que a poc a poc anem forjant al si d'una llengua són reveladores respecte dels nous camins encetats per la cultura associada a la llengua en qüestió. «Dis-me les teues paraules i et diré qui eres», en seria el postulat principal. Però aquest postulat tindria aquest bell i suggeridor corol·lari: «Dis-me quines noves paraules necessites i et diré quins són els teus canvis principals.»

No soc, per descomptat, l'únic interessat a examinar amb ulls encuriosits les noves expressions que va adoptant la llengua. L'Observatori de Neologia (OBNEO) de la Universitat Pompeu Fabra, la Secció Filològica de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), el Termcat i 3Cat-ésAdir organitzen des de fa més d'una dècada la campanya «Neologisme de l'any», amb la intenció de fer visibles els temes que interessen a la societat i acostar la llengua als parlants. Amb aquest objectiu, la campanya en qüestió ofereix a la ciutadania la possibilitat d'opinar sobre el neologisme que voldrien veure incorporat al diccionari normatiu. La votació pública té lloc durant un parell de setmanes del mes de desembre, i la paraula finalment guanyadora és, lògicament, la que rep més vots. En els últims anys van triomfar, com a preferits entre els participants, neologismes com *dron* (2015), *vegà* (2016), *cassolada* (2017), *sororitat* (2018), *emergència climàtica* (2019), *coronavirus* (2020), *negacionisme* (2021), *birra* (2022), *viralitzar* (2023) o *dana* (2024). Enguany, entre les noves paraules candidates a «neologisme de l'any» hi havia *queer*, *crisi climàtica*, *influenciador*, *vespreig*, *IA*, *neurodivergent*, *salut mental*, *gazià*, *matxa* i *dejuni intermitent*. Finalment, la unitat lèxica guanyadora, amb 15.513 vots dels més de 62.000 vots emesos (un 25,6%), ha estat *vespreig*, amb el sentit —ja s'entén— d'«activitat social que consisteix a eixir abans de la nit amb amics o companys, generalment

M'atrau indagar quines són les noves paraules que s'encunyen i que la gent posa en circulació, perquè diria que són reveladores respecte de les noves perspectives, les noves conceptualitzacions, les noves preocupacions i els nous coneixements socialment assumits.

de vesprada, en bars, terrasses o altres espais d'oci, per compartir tapes, copes, música i conversa». A continuació, en segona, tercera i quarta posició, han quedat *IA*, *neurodivergent* i *salut mental*, amb percentatges respectius de vots de 22,5%, 11,8% i 11,5%.

No deixa de ser, la d'aquesta curiosa votació sobre la *paraula de l'any*, una molt precisa radiografia respecte de les direccions cap on es veu que camina el món: la reinvençió de les formes i els horaris de l'oci; el nou impuls de la revolució tecnològica i del coneixement de la mà de la intel·ligència artificial, l'estimació i la reivindicació de la diversitat quant a les maneres de pensar i de sentir (i també quant a l'orientació sexual) en un món que perillosament tendeix a l'anivellament i l'homogeneïtzació; les noves formes de la comunicació (i de la influència ideològica) que es produeixen de la mà de les xarxes socials (i de la vida digital en general); els problemes emocionals que es deriven del canvi de paradigma que s'està produint en les maneres de viure i de relacionar-nos; la increïble persistència de les guerres; les noves cultures del cos i de la gastronomia; etc.

Però és un altre neologisme, incorporat enguany al Portal Terminològic Valencià, de l'Acadèmia Valenciana de la Llengua, el que m'ha cridat poderosament l'atenció: el de *visió artificial*. Apareix definit en el referit Portal de la manera següent: «f. *TECNOL./INFORM.* branca de la intel·ligència artificial que s'ocupa de la programació d'ordinadors amb algorismes capaços d'interpretar el contingut de les imatges i que utilitza dades obtingudes amb sensors de visió que identifiquen especialment la forma, la ubicació, l'orientació i les dimensions d'un objecte.» Uf! De seguida —dic— m'ha cridat poderosament l'atenció perquè és una noció que remet, precisament, a una qüestió que em sembla nuclear respecte de les potencialitats de la IA: la facultat no solament per a identificar «la forma, la ubicació, l'orientació i les dimensions»

de les coses, sinó també —i sobretot!— per a «interpretar el contingut de les imatges».

«Interpretar les imatges...» Quasi res, diu el paperet! Va ser l'informàtic **Jordi Linares**, especialista en IA, qui al seu dia em va començar a despertar un interès punyent per les fronteres i els horitzons de les aplicacions digitals actuals [https://alicanteplaza.es/amb-anima-oberta-i-cor-de-poeta]. I una de les reflexions més estimulants que recorde que al seu dia va fer, l'amic Linares, és que, fins al moment actual, la IA s'havia alimentat essencialment a partir d'informació digitalitzada disponible en Internet, la qual cosa, evidentment, limitava la capacitat d'identificar patrons, d'inferir models, de deduir regularitats, d'adquirir experiències, de construir informació i de generar nous coneixements a partir d'estímuls sensorials. Dit d'una altra manera: que, en bona mesura, les capacitats privatives de les persones respecte de les aplicacions sostingudes amb xarxes neuronals artificials derivaven del fet que nosaltres disposem d'un cos dotat de sentits que ens permet d'interactuar físicament amb el món físic i d'inferir aprenentatges a partir de l'experiència. Però el mateix Linares ja advertia que aquesta limitació sensorial està començant a ser superada, perquè la robòtica està evolucionant amb passos de gegant en la capacitat de reconèixer els elements del món real, d'interactuar-hi i d'*aprendre'n* de manera directa.

Parlar de *visió artificial* apunta, justament, en la direcció d'aquest camí possible en què els dispositius electrònics comencen a poder

percebre, identificar, reconèixer i processar la realitat d'una manera *ressemblant* —no m'atreisc a escriure *equivalent*— a la que fem servir els humans per mitjà del sentit de la vista. I sobra dir que, en paral·lel al desenvolupament d'«algoritmes capaços d'interpretar el contingut de les imatges i que utilitza dades obtingudes amb sensors de visió», hi deu haver ara mateix qui també estiga treballant en el desenvolupament d'uns altres algoritmes capaços d'interpretar el contingut dels sons, i de les olors, i de les textures i dels sabors a partir de dades obtingudes per mitjà dels respectius sensors digitals d'oïda, d'olfacte, de tacte o de gust. I és segur que, de la mateixa manera que ja hem començat a parlar de *visió artificial*, prompte o tard començarà a ser pertinent parlar igualment d'*audició artificial*, d'*olfacció artificial*, de *tacte artificial* o de *paladar artificial*.

El pas següent, potser, serà que les màquines, amb tot el que hi aprendran, participaran també en l'aventura de fer evolucionar el llenguatge al costat dels humans. Ens ajudaran, tal vegada, a crear noves paraules: expressions estratègiques per a significar millor el matisos de la realitat; per a conceptualitzar millor el món —per a fer-lo més comprensible, més raonable, més ric. I qui sap si, una volta a l'any, fins i tot, també entre elles, entre vespreig i vespreig, es dedicaran a organitzar campanyes i votacions per a elegir el *neologisme de l'any*. Com li agradava de dir a **Bernat Capó**: «Tot pot ser, diu Caliu, menys una rata fer niu sota la cua d'un gat viu.»

amjasa
aigües municipals de xàbia, S.A.

Camí Cabanes, 88
Tel. 96 579 01 62 / Fax 96 579 38 81
Apart Postal, 56
03730 **Xàbia** (Alacant)
amjasa@amjasa.com

La memòria i l'art d'oblidar

Ana Noguera
Psiquiatra

“No me'n recorde ni què vaig dinar ahir”. La frase apareix en sobretaules, consultes, reunions de faena i converses entre amics amb una naturalitat gairebé còmica. Però darrere d'aquest comentari quotidià s'amaga una pregunta profunda: què és realment la memòria? Durant molt de temps hom la va imaginar com un gran arxiu interior, una mena de biblioteca on els records es guarden intactes esperant ser consultats. La neurociència, però, ens ha ensenyat una cosa molt més interessant: la memòria no és un magatzem passiu, sinó un sistema viu, canviant, selectiu i, en certa manera, creatiu. Recordar no significa reproduir la realitat tal com va passar. Significa reconstruir-la. Cada volta que evoquem un episodi, el cervell no obri una caixa tancada i en treu una còpia exacta; més aviat recompon fragments, completa buits, dona coherència a una història i l'adapta al moment present. Per això la memòria no només ens permet saber qui vam ser, sinó també sostindre qui som.

Unes pinzellades de neurociència

La memòria no és un constructe únic, hi ha diversos sistemes de memòria que treballen de manera coordinada, però no sempre al mateix ritme ni amb les mateixes regles.

La memòria sensorial reté durant un instant allò que entra pels sentits: una imatge, un so, una impressió fugaç. La memòria de treball sosté la informació el temps just perquè hi puguem pensar: recordar un número mentre el marquem, seguir una frase llarga, fer un compte mental. És una memòria fràgil i limitada, molt dependent de l'atenció.

Després hi ha la memòria a llarg termini, on distingim diversos grans territoris. La memòria episòdica guarda experiències viscudes en un temps i un lloc concrets: un sopar especial, una mudança, un viatge, una discussió que encara pesa.

La memòria semàntica, en canvi, emmagatzema coneixements generals: que el mar és salat, que França és a Europa, que l'hivern segueix la tardor. Una conserva escenes; l'altra significats.

Hi ha també una memòria procedimental, discreta, però poderosa, que ens permet aprendre habilitats i automatitzar-les: anar amb bicicleta, conduir, tocar un instrument, cuinar una recepta ja dominada.

I, en un pla especialment important per a la vida diària, hi ha la memòria prospectiva, la que ens ajuda a recordar què hem de fer en el futur: prendre una medicació, cridar algú, acudir a una cita, treure el pa del congelador abans del sopar.

La memòria no rau en un únic lloc del cervell. És una funció distribuïda, feta de xarxes. En aquesta xarxa, l'hipocamp i el lòbul temporal medial ocupen un lloc central, especialment quan es tracta de formar nous records i donar-los cohesió. L'hipocamp no actua com un dipòsit on es guarden records acabats, sinó, com un gran organitzador que ajuda a enllaçar elements fragmentats d'una experiència: una persona, una emoció, un lloc, una data, una seqüència. Amb el temps, part d'aquest coneixement es consolida en la neocòrtex, com si el cervell fos traslladant allò més estable de l'experiència a un sistema més ampli i estable. El que canvia no és que el record es moga d'una regió a una altra, sinó que s'estabilitzen i s'enfortixen connexions entre àrees corticals i augmenta la capacitat que certs aspectes del record, es reactiven i es recuperen amb menys dependència de l'hipocamp. Per això, les alteracions del lòbul temporal medial poden produir dificultats per fixar informació nova, mentre que altres regions (incloent-hi xarxes prefrontals i neocorticals) participen en la recuperació, l'atenció, la selecció de records i el control del que evoquem.

El curiós món dels oblits

Molts dels oblits més freqüents no són senyals de malaltia, sinó el resultat de quelcom molt més simple: una atenció incompleta. Perquè un record es forme, primer s'ha de registrar bé, i per registrar-se bé, el cervell necessita estar mínimament present. Per això oblidem tant el més rutinari. Quan fem alguna cosa en mode automàtic (tancar la porta, agafar les claus, respondre un missatge, ixir de casa) el cervell estalvia energia i no deixa una empremta especialment intensa. Si després no recordem si apaguem la llum o on deixem el mòbil, no vol dir necessàriament que la nostra memòria estigui fallant; potser simplement no hi ha hagut prou atenció en el moment en què va passar l'acció.

A això se suma la interferència: els records semblants competeixen entre sí. Dates similars, noms propers, tasques repetides, horaris semblants. El cervell no treballa com una agenda perfectament ordenada, sinó com una xarxa viva on unes informacions se superposen amb les altres. De vegades recordem menys perquè hem après molt; unes altres, perquè hem après massa de pressa.

En els darrers anys, a aquesta interferència quotidiana s'hi ha sumat una presència nova i constant: la dels dispositius mòbils i les pantalles. El seu impacte no es limita al temps que els utilitzem; també afecta la

manera com atenem, aprenem i recordem. La simple presència del telèfon intel·ligent, fins i tot sense fer-lo servir, pot competir pels recursos cognitius en tasques que exigeixen concentració sostinguda o memòria de treball.

Això té una lògica molt reconeixible a la vida diària. Navegar d'una notificació a una altra, contestar missatges mentre fem una altra tasca o mantenir el mòbil a la vista fragmenta l'atenció i dificulta que l'informació es consolidi amb profunditat. El cervell necessita certa continuïtat per fixar allò que viu; quan el focus canvia constantment, el registre es torna més superficial.

A més, les pantalles afavoreixen una relació accelerada amb la informació. Veiem molt, però retenim menys; llegim ràpid, però processem de manera més breu; passem d'un estímul a un altre abans d'haver acabat d'integrar l'anterior. No es tracta de demonitzar la tecnologia, sinó de reconèixer que el disseny, basat en la interrupció, la novetat i la recompensa immediata, no sempre encaixa bé amb l'arquitectura de la memòria.

El pes de l'emoció

La memòria no funciona al marge de com ens sentim. L'ansietat, la depressió i la manca de son poden alterar molt la manera com atenem, registrem i recuperem la informació. De vegades la persona té la sensació que "ha perdut memòria", quan en realitat el que està passant és que el cervell està treballant en condicions menys favorables.

L'ansietat tendeix a dispersar l'atenció. Una ment en alerta constant s'enganxa més fàcilment amb la preocupació que amb allò que té davant, i així el registre de la informació es torna més pobre. La depressió, d'altra banda, sol enlentir el pensament, disminuir la concentració i reduir l'energia mental disponible, de manera que recordar exigeix més esforç i l'experiència subjectiva és una memòria apagada o poc fiable. Dormir poc també deixa empremta: sense prou descans, el cervell consolida pitjor el que s'ha viscut i l'endemà costa més sostenir l'atenció, organitzar idees i accedir als records amb claredat.

Quan els metges explorem un pacient, això és important perquè no tot oblit apunta a un deteriorament neurodegeneratiu. Molt sovint, darrere de les queixes de memòria hi ha un estat emocional alterat, un període d'estrès intens o una mala qualitat de son. Entendre'l no només tranquil·litza: també ajuda a mirar el símptoma amb menys por i amb esperances de poder posar-li solució.

Quan oblidar és normal

Hi ha oblits que formen part de la vida ordinària. No recordar què vam sopar fa dos dies, confondre el nom d'una persona recent presentada o entrar en una habitació i oblidar a què anàvem són fenòmens comuns, sobretot quan estem cansats, preocupats, distrets o emocionalment saturats.



Font: IA

A voltes, el problema no és la memòria sinó el context en què intentem fer-la servir. Dormir poc, viure amb estrès mantingut, fer moltes coses alhora o sostindre una càrrega mental intensa poden fer la sensació que "tot s'oblida". En realitat, sovint el que falla és la qualitat de l'atenció i de la consolidació, no la capacitat global de recordar.

Això és especialment visible a la vida quotidiana dels qui realitzen tasques repetitives sota pressió. Com més automatitzada és una seqüència, menys conscient es torna. I com menys conscient és una acció, menys probable resulta que la recordem amb detall després.

No tot oblit és innocent, però tampoc tot oblit és alarmant. La diferència sol ser el patró: la freqüència, la progressió i l'impacte a la vida diària. Un descuit aïllat pot ser banal. Un descuit persistent, creixent i amb conseqüències funcionals ja mereix ser explorat.

Convé parlar d'atenció quan apareixen oblits repetits d'informació recent, preguntes reiterades, desorientació en llocs coneguts, dificultat per organitzar tasques que abans es resolien sense problema o canvis en el llenguatge i en l'autonomia. En aquests casos, la memòria deixa de ser una anècdota i passa a ser un símptoma que requereix context clínic. La memòria humana no és impecable. Selecciona, simplifica, barreja, oblida i prioritza.

Gràcies a aquesta imperfecció, el cervell pot manejar l'excés d'informació del món i conservar només allò que necessita per seguir endavant.

Oblidar, doncs, no és només una pèrdua, també és una forma d'ordre. El cervell descarta l'accessori perquè l'important tinga espai. En aquest equilibri delicat entre recordar i oblidar es juga bona part de la nostra vida mental, les nostres relacions i la nostra identitat.

Velocitat de la llum i relativitat dels moviments

Albert Gras Martí

Físic · Membre de l'IEC

Els moviments són relatius

Si la **xiqueta** camina mentre bufa, veu la pilota quieta, a sobre de l'embut. Nosaltres, però, veiem que la pilota es mou en línia recta.

Quan viatgem en un tren sembla que els arbres del paisatge es mouen en sentit contrari. Si un tren ràpid ens avança, sembla com si nosaltres estiguérem parats. Tampoc notem que la Terra viatja a 100-mil km/h! al voltant del Sol. Diguem que els moviments són relatius, i que la descripció del moviment depèn de l'observador: per a un arbre, els trens es mouen; vist des de la Lluna, l'arbre es mou. Si anem en un tren a 70 km/h i llancem una pilota cap endavant a 10 km/h, un observador a l'andana dirà que la pilota es mou a 80 km/h.

Per a la llum, la regla de sumar la seua velocitat amb la del tren en marxa, com la de la pilota i el tren, no s'aplica perquè la llum té la mateixa velocitat independentment de quin observador inercial la mesure. Així, si engegum una llanterna dins d'un tren en marxa tant nosaltres, com l'observador de l'andana, com un observador que viatge en qualsevol altre tren, tots veurem que la llum es mou a la mateixa velocitat.

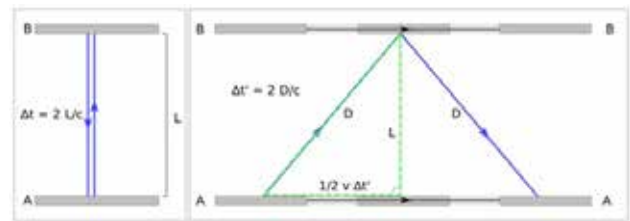
Quan les velocitats de què parlem són comparables a la velocitat de la llum, 300-mil km *per segon*, les nostres intuïcions fallen i les descripcions dels moviments han de ser ben diferents. A més a més, des del punt de vista de la llum, aquesta *no es mou, no 'viatja' entre dos punts*.



Xiqueta camina bufant. (Font: <https://www.mombrite.com>)

Relativitat Especial: Dilatació del temps, i contracció de les longituds

Einstein ens va explicar les conseqüències del fet experimental que la velocitat de la llum és la mateixa per a tots els observadors que es mouen a velocitat relativa constant: tant les distàncies entre dos punts com els intervals de temps que transcorren entre dos fets són relatius, i els resultats de les mesures depenen de quin observador les faça. Vegem-ho.



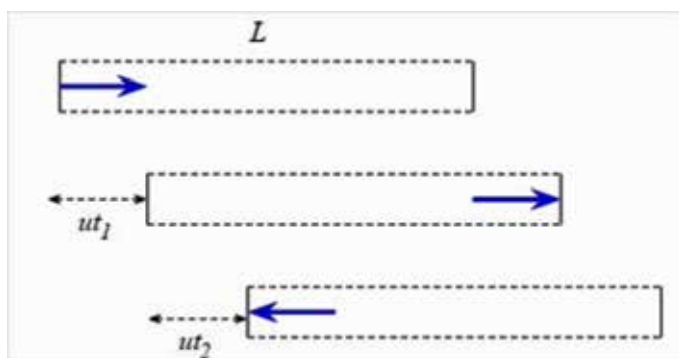
Relotge de llum. (Font: <https://en.wikipedia.org/>)

La figura representa un 'rellotge de llum': El viatger d'un tren engega una llanterna des del punt A cap al sostre, B, a distància L , on hi ha un espill que reflecteix la llum cap avall. La llum recorre dues vegades la distància al sostre i triga un temps $\Delta t = 2 \cdot L/c$, que depèn de la velocitat de la llum, c . Tanmateix, una persona que ho observa des de l'andana de l'estació veu que la llum recorre un trajecte més llarg, $2 \cdot D$, perquè el tren està en marxa i la llum arriba al sostre del vagó quan aquest s'ha desplaçat una mica, i torna al terra del vagó que es troba una mica més endavant. Per a la persona de l'andana, el temps que transcorre és $\Delta t' = 2 \cdot D/c$. Com que la velocitat de la llum ha de ser la mateixa per a la persona del tren i la de l'andana, i $D > L$, l'interval de temps entre que la llum ix de la llanterna i torna al terra, mesurat des de l'andana, és més llarg que el que mesura la persona que està en moviment. La persona de l'andana ho anomena dilatació del temps: el pas del temps és més lent per a l'observador en moviment.

D'aquest efecte relativista ve l'anomenada paradoxa dels bessons: si un bessó viatja en una nau espacial a gran velocitat (per exemple, a 99 % de c), quan aquest bessó torna a la Terra troba el seu germà molt envellit: si per al bessó viatger han passat 10 anys (el seu rellotge va més lent), per al terrestre n'han passat 70.

Si ara s'enfoca la llanterna cap a la paret davantera del vagó, on hi ha un espill, la distància que recorre la llum fins que torna

a la llanterna és el doble de la distància de la llanterna a la paret. Tanmateix, per a un observador a l'andana, la llum ha de recórrer una distància una mica més gran que la distància entre la llanterna i la paret (perquè la paret s'allunya) i una distància més curta que la del vagó en el viatge de tornada de la llum rebotada, perquè la llanterna s'està movent en sentit contrari a aquesta llum. Com que la velocitat de la llum ha de ser la mateixa per a les dues persones, resulta que l'observador del tren mesura una longitud del vagó més curta. S'anomena contracció de longituds: les distàncies entre dos punts que mesura un observador en moviment són més curtes que les que mesura un observador a l'andana.



Un raig de llum observat des d'un vagó en marxa i des de l'andana.
(Font: <https://physics.stackexchange.com>)

La relativitat dels temps i de les distàncies són conseqüència del fet experimental que la velocitat de la llum és la mateixa siga qui siga qui la mesure.

Aplicació: Vida d'un muó

Podem veure les conseqüències de la Relativitat Especial amb unes partícules elementals, anomenades muons, que són inestables: al cap d'una vida mitjana ($T_{1/2} = 2.2$ milionèsimes de segon) només en queden la meitat. Al cap de dues vides mitjanes s'hauran desintegrat la meitat de la meitat dels muons, etc.

Els muons que impacten sobre la Terra són creats pels raigs còsmics a les capes altes de l'atmosfera i viatgen a velocitats properes a la de la llum. Si multipliquem aquesta velocitat per la seua vida mitjana, obtenim que en uns 600 m se'n desintegraran la meitat. L'extensió de la capa atmosfèrica, L , d'uns quants quilòmetres, equival a moltes vides mitjanes i, per tant, s'haurien de reduir a gairebé zero el nombre de muons que ens arriben a la superfície. Tanmateix, cada metre quadrat de superfície terrestre (inclòs el nostre cos) és colpejat per deu-mil muons cada minut, un nombre semblant al de muons creats en les capes altes de l'atmosfera.

La teoria d'Einstein permet entendre el fet experimental que sobreviuen moltíssims més

muons dels que esperariem. Posem que es un factor que cal aplicar per dilatar el temps o per contraure longituds és 10. Aleshores:

- Des del punt de vista dels muons, el seu temps de vida és $T_{1/2}$, però el gruix de l'atmosfera s'acurta molt, $L/10$ (contracció de longituds) i poden recórrer-la sense desintegrar-se apreciablement.

- Des del punt de vista d'una persona a la Terra, el gruix de l'atmosfera és L però la vida mitjana dels muons s'allarga molt, $10 \cdot T_{1/2}$ (dilatació del temps) i viuen molt més temps que quan no viatgen a velocitats tan elevades. Tenen temps, per tant, de travessar la capa atmosfèrica L i arribar a la Terra.

Des dels dos punts de vista obtenim la mateixa conclusió, que molts muons arriben a la Terra sense desintegrar-se, tot i que les explicacions del mateix fet varien en funció de quin observador en parle.

La llum no "viaja", el temps no passa per a la llum

La llum és un viatger molt peculiar. Què passa si un vehicle es mou a la velocitat de la llum i engega els fars? L'acció d'engegar els fars no té sentit: des de la perspectiva de la llum, el temps no passa. No transcorre temps entre que el 'cotxe' surt del garatge i arriba a la seua destinació.

El factor que permet calcular quant es contrau una longitud o quant es dilata el temps creix quan augmenta la velocitat d'allò que estem observant. Si els muons de l'exemple anterior es mogueren a la velocitat de la llum, el factor esdevindria infinit. I això li passa a la llum. Des del sistema de referència de la llum, el temps es dilata de manera infinita, i els rellotges s'aturen. El temps s'atura i, des del punt de vista de la llum, l'espai (l'Univers) es contrau a un punt, no hi ha distàncies a altres punts de l'Univers. Per a un fotó, tot l'Univers està concentrat en un punt i l'edat de l'Univers és zero. Per això la llum no 'viaja', arriba de manera 'instantània', perquè no ha d'anar enlloc.

Si engegum una llanterna, podem dir que ha trigat un temps en viatjar cap a l'altre extrem de la cambra. Per a la llum, però, el temps que ha trigat és zero perquè el temps que transcorre entre que engegum la llanterna i la llum 'arriba' a l'altre extrem és zero: el punt on hem engegat la llanterna i l'altra paret estan al mateix lloc.

Nosaltres diem que la llum s'emeta i viatja del Sol a la Terra i triga 8 minuts. Aquests fets es narren des d'una perspectiva externa, la nostra, la dels observadors per als quals el temps sí que passa. La llum és la part de l'Univers que és absoluta. La resta, l'espai, el temps, la massa, són totes relatives, depenen de la velocitat a què es mouen. El temps és allò que li passa a la matèria quan es mou per l'espai. La llum, però, no experimenta el pas del temps. La llum no té massa, pots moure's instantàniament entre qualsevol dos punts.

Són les **dessaladores** una bona opció per garantir l'abastiment d'aigua?

Elisa Pedro i Segura

Professora de Química i Salut Ambiental · IES L'Almadrava · Benidorm

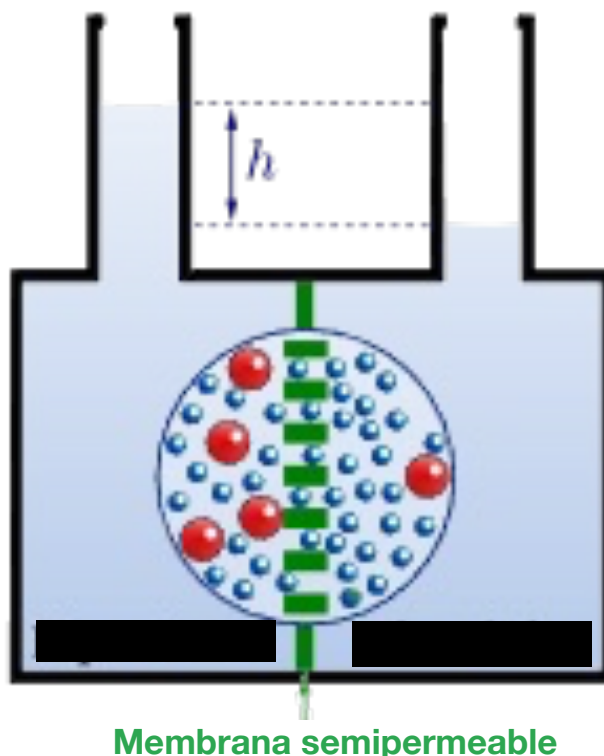
Moltes zones del Mediterrani pateixen des de fa temps, i cada vegada de manera més agonitzant, una situació d'estrès hídric que és especialment greu al sud de la Península Ibèrica. No debades, l'Estat Espanyol compta amb més de 770 plantes dessaladores, la meitat, aproximadament, de les quals d'aigua de mar i ocupa el 5è lloc mundial en capacitat de dessalinització. La major part d'aquestes dessaladores es troben ubicades en el vessant mediterrània i tenen una capacitat potencial per produir 5 milions de m³ d'aigua dessalada al dia.



Tren de producció dessaladora per osmosi inversa. Per Twhair (Treball propi, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36829194>)

Ara com ara, ningú no discuteix la necessitat d'utilitzar aquestes infraestructures per a abastir d'aigua potable a les poblacions en risc de sequera, però l'impacte ambiental, econòmic i social que generen sí que continua essent tema de debat.

La principal controvèrsia entorn a aquestes indústries de l'aigua gira entorn al consum energètic necessari per a eliminar la sal de l'aigua. Com que termodinàmicament és una reacció desfavorable, per a concentrar la sal en un volum d'aigua i eliminar-lo d'un altre, cal aportar energia. Tradicionalment, el mètode utilitzat en la majoria de les plantes per a obtenir aigua dessalada és l'osmosi inversa. Aquest mètode força a passar l'aigua a través d'una membrana semipermeable de manera que els soluts romanen a un costat de la membrana mentre l'aigua aconsegueix passar. Per tal de vèncer l'oposició de l'aigua a creuar la membrana (pressió osmòtica) cal fer una pressió superior que, evidentment, requereix una aportació energètica.



- **Molècula en solut**
- **Molècula en aigua**

Procés osmosi inversa. Per WYassineMrabetTalk. (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8700674>)

Les primeres dessaladores a Espanya als anys 70 utilitzaven mètodes tèrmics com la destil·lació que requerien grans consums energètics, de l'ordre de 55 kWh/m³, però amb l'osmosi inversa i altres tecnologies de recuperació energètica s'ha aconseguit abaixar el consum a 2,9 kWh/m³, el qual, si agafem un preu mitjà de l'energia de 0,15 €/kWh situa la producció del m³ d'aigua dessalada en 0,435 €. Aquest preu s'abarateix quan la font és aigua salobre, ja que el consum energètic de la dessalació és menor, al ser menor la concentració de sals. Per tant, podem afirmar que el preu d'un litre d'aigua dessalada és situaria, aproximadament, entre els 0,0003 i 0,0006 euros. No sembla massa car.

Però, i mediambientalment parlant? Com és de cara l'aigua dessalada? Aquest consum energètic quin impacte ambiental té? És assumible? Segons la Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC) l'impacte del mix elèctric en l'estat per a 2025 és de 283 gCO₂eq/kWh. De manera que per a una producció global de 5 milions de m³ d'aigua dessalada al dia suposa una xifra total d'1,5 milions de TmCO₂eq/any. És tracta d'una xifra gens menyspreable. Per fer una comparació, el transport per carretera a l'estat en 2024 va generar al voltant de 80 TmCO₂eq/any segons el Ministeri de Transició Ecològica. No obstant això, val a dir que amb la implantació de més fonts d'energia renovables podria disminuir notablement l'impacte ambiental de la dessalació.

Tabla 3.8.2. Emisiones de CO₂-eq de la categoría de transporte por carretera (1A3b): valores absolutos, índices y ratios

	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2023	2024
CO ₂ -eq (kt)	51.289	93.424	84.682	79.526	84.535	69.545	81.240	83.623
Variación % vs. 1990	100,0 %	182,2 %	165,1 %	155,1 %	164,8 %	135,6 %	158,4 %	163,0 %
1A3b / INV (CO ₂ -eq)	18,0 %	21,2 %	23,7 %	23,9 %	27,2 %	25,6 %	30,1 %	31,2 %
1A3b / Energía (CO ₂ -eq)	24,4 %	27,2 %	31,9 %	31,8 %	36,2 %	35,5 %	40,6 %	42,5 %

Tabla 1. Emisiones de CO₂eq del transport per carretera a Espanya. (Font Ministeri de Transició Ecològica)

L'altre gran punt de controvèrsia que genera l'obtenció d'aigua dessalada és la formació de quantitats ingents de salmorra, és a dir, aigua amb una concentració del sal molt major que l'aigua de la mar. Mentre aquesta és situa al voltant de 35 g/L, la salmorra presenta entre 50 i 75 g/L. Quan aquesta aigua torna al medi marí incrementa la concentració de sals de l'aigua de la mar generant efectes negatius en aquest ecosistema, sobretot en espècies sensibles com la posidònia oceànica. Per tal de minimitzar aquest efecte, el vessament de la salmorra s'ha de fer de manera que es disperse ràpidament, amb un flux que es dirigeix a la superfície i inclòs es pot diluir amb aigua de la mar per minimitzar l'efecte. Segons l'Associació Espanyola de Dessalació i Reutilització (AEDYR) els efectes sobre els ecosistemes són pràcticament innocus. La dessaladora de Xàbia és un bon exemple en aquest sentit, ja que, segons explica l'investigador **Juan Manuel Ruiz Fernández** del Centre Oceanogràfic de Múrcia en el seu article *Impacto ambiental de las desaladoras sobre las comunidades bentónicas marinas*, prèviament a l'alliberament de la salmorra a la mar, aquesta es dilueix amb aigua de la mar, reduint la seua concentració a 44 g/L i a més, el canal que allibera la salmorra compta amb uns difusors que dilueixen encara més aquesta dissolució salina.



Planta dessaladora. Por Andrés Nieto Porras from Palma de Mallorca, Espanya. CC BY-SA 2.0 (Font: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24333594>)

En conclusió, per combatre les situacions d'estrès hídric i desertificació agreujades pel canvi climàtic és necessiten mesures de mitigació i adaptació i en aquest segon grup entren mesures com la dessalació de l'aigua de la mar per poder abastir a la població d'una costa, cada vegada més sobreexplotada. L'impacte ambiental de la dessalació no és menyspreable, però també és cert que les tecnologies al voltant d'aquest procés cada vegada minimitzen més l'impacte inherent. L'estalvi d'un recurs tan preat com l'aigua potable ha de ser punt de referència en la gestió de l'aigua en les zones d'estrès hídric, però solucions tecnològiques com la dessalació ens ajuden a superar el problema.

Davy i l'òxid nitrós: el gas del riure

Francesc Lloret i Pastor

Catedràtic de Química Inorgànica · Institut de Ciència Molecular · UV

Thomas Beddoes, metge de Bristol, va fundar la *Medical Pneumatic Institution* (*pneuma* en grec antic significa respiració) i el 1798 va contractar el jove **Humphrey Davy** (1778–1829), de 18 anys, perquè l'ajudés a estudiar les aplicacions terapèutiques dels gasos. Estava convençut que alguns gasos podrien curar malalties, sobretot, la temuda tuberculosi. En certa manera, la idea tenia força sentit. Uns anys abans, el 1778, l'any en què va néixer Davy, el químic francès **Antoine Lavoisier** i l'anglès **Joseph Priestley** havien descobert l'oxigen, i s'havia mostrat que l'oxigen tenia un cert poder restaurador dels pulmons, i la tuberculosi afectava els pulmons.

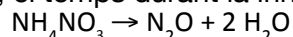
Davy (Fig. 1) era un jove apassionat i imprudent que provava amb si mateix tota mena de gasos per a descobrir els seus efectes en el cos humà. Per això havia construït una sèrie d'artefactes amb broquets metàl·lics, màscares i tubs que s'inserien directament al nas i a la boca. L'abril de 1799, el temerari i curiós jove, amb només 20 anys, va decidir fer un experiment: provar el gas anomenat, aleshores, hidrocarbonat (actualment el verinós monòxid de carboni, CO). Sota la vigilància d'un parell d'assistents, es va posar una màscara a la cara i a través d'una broqueta de fusta va començar a inhalar uns cinc litres de gas, aproximadament. Després del tercer litre va perdre el coneixement.

Va tenir sort d'haver sortit viu d'aquella experiència. No tothom podia comptar-ho. I és que el monòxid de carboni no perdona. A mi em recorda les històries dels brasers de carbó que es contaven als pobles. A la meua infantesa, el braser era la forma més comuna de calefacció de les cases. Un recipient, en

forma de palangana, on es col·locaven brases calentes fetes a la xemeneia o a la cuina de llenya. Un mètode modest que alleujava el dur hivern. Tots coneixíem l'advertiment, el llibre d'instruccions, de no tancar les portes de l'habitació ni adormir-se mentre estigués encès el braser. En general, aquest consell es respectava, encara que no es tingués una idea clara del perquè. Durant la combustió de les brases es va consumint oxigen i generant el diòxid de carboni, CO₂. Tanmateix, sempre es forma una mica de CO a causa de la mala combustió, molt especialment quan comença a escassejar l'oxigen. El monòxid de carboni és traïdor perquè la seva forma i mida s'assembla molt a l'oxigen. Tant, que es cola a l'hemoglobina i s'hi uneix amb més força que el mateix oxigen. Resultat: la sang deixa de transportar oxigen, sobrevé l'asfíxia... i la mort. No era rar, en aquella època, escoltar la notícia d'algun veí que havia mort per quedar-se adormit sobre una tauleta calenta per un braser i amb les portes de l'habitació tancades.

El primer col·locó de la història

Gràcies als imprudents experiments que Davy va realitzar, avui coneixem els efectes de l'òxid nitrós, N₂O. Davy va escalfar nitrat d'amoni en presència de llimadures de ferro i va recollir el gas després en bosses. Com era habitual en ell, era el seu propi conill d'Índies. Mai els donava als pacients algun gas que no hagués provat ell mateix. Mentre un assistent li prenia el pols, va començar a inhalar-lo. Malgrat la seua temeritat, era molt metòdic en els seus experiments. Media i anotava amb precisió les quantitats de gas inhalat, el flux, la temperatura, el temps durant la inhalació, etc.



Després d'inhal·lar cinc litres d'òxid nitrós, Davy va escriure al seu quadern: "... vaig sentir una emoció molt plaent, sobretot al pit i a les extremitats [...] els objectes del voltant es van tornar resplendents i la meua oïda es va aguditzar [...] aquest gas em va apujar el pols més de vint pulsacions, em va fer ballar pel laboratori com un llop i, des d'aleshores, tinc els ànims pels núvols..."

Davy es va tancar a la caixa de gas i va augmentar la dosi fins als dotze litres. L'experiència va ser intensa: "... mentre les sensacions plaents incrementaven, vaig perdre tota connexió amb les coses externes [...] multitud d'imatges vívides van passar per la meua ment i es connectaven amb les paraules de tal manera que produïa percepcions totalment innovadores [...] les meues emocions eren entusiastes i sublimes, i per un minut vaig



Fig. 1. Humphrey Davy. Domini públic (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3651585>)

caminar per l'habitació sense importar-me en absolut el que em deien... Res existeix, només els pensaments!".

Era oficial: Davy va protagonitzar, sense proposar-s'ho, el primer *col·locó* de la història.

Les festes del nitrós: la primera droga de laboratori

En descobrir els efectes euforitzants del òxid nítrós, va convidar els seus amics a provar-ho. No cal oblidar que amb prou feines tenia 20 anys, i entusiasmat amb el nou gas, l'audaç científic va començar a celebrar festes nocturnes amb els seus col·legues i altres personatges influents. El gas va assolir una enorme popularitat com a gas hilarant o gas de la rialla en reunions de l'alta societat (Fig. 2). Entre els assistents trobem el poeta i filòsof anglès **Samuel Taylor Coleridge** (1772-1834), qui declarava: "un plaer pur, sense barreja" o el poeta **Robert Southey** (1774-1843) que confessava: "Estic segur que l'aire del cel ha de ser aquest plaent gas de les meravelles!". Southey, que llavors comptava amb 23 anys, li va escriure al seu germà: "Ai, Tom! Davy ha descobert un gas, el monòxid gasós. Vaig provar una mica, em va fer riure i sentir un formigueig a cada dit del peu i de les mans. Davy ha inventat en realitat un nou plaer per al qual la llengua encara no té nom. Ai, Tom! Vaig provar més aquesta nit! Ho torna a un de fort i feliç! Tan gloriósament feliç!"

Es tractava d'una cosa nova. Un gas que afectava les emocions i els pensaments. Davy no havia trobat la cura per a la tuberculosi, però sí que havia inventat la primera droga de laboratori. Des de fa alguns anys, l'òxid nítrós ha començat a tornar-se a posar de moda com una droga recreativa en alguns països.

De les festes nocturnes del XVIII als parcs del XXI

Avui, més de dos segles després, l'òxid nítrós segueix present, tant en medicina com en la vida quotidiana. Es fa servir en anestèsia, en aerosols alimentaris (sí, a la crema de llet muntada que comprem al súper) i a la indústria. Però també, com llavors, se n'ha estès el consum recreatiu. Els anomenats Whippets, globus o petites càpsules de N_2O , són fàcils d'aconseguir (fins i tot en botigues d'alimentació), barats i percebuts com a "relativament segurs". No és rar trobar en parcs públics venedors de petites ampolles o globus plens d'òxid nítrós, així com colles de joves inhalant-lo, repetint, sense saber-ho, les experiències de l'intrèpid Humphrey Davy.

L'analgèsic dels dentistes

Avui, això d'anar al dentista i que et posen anestèsia abans de treure un queixal ens sembla el més normal del món. Però durant segles, visitar el dentista era gairebé un acte de valentia: crits, llàgrimes i, si hi havia sort, un glop de rom per alleujar. El canvi va arribar gràcies a aquest gas de Davy: l'òxid nítrós, o



Fig. 2. Retaule al·ludint a les festes del gas del riure. A l'esquerra es pot observar una retorta generant l' N_2O amb una broqueta per inhalar-lo. Font: Wellcome Collection, Public Domain Mark.

gas hilarant. Tot i que Humphry Davy l'havia descobert a finals del segle XVIII, van passar gairebé 50 anys fins que algú va pensar: "i si el fem servir per no sentir dolor?". Aquest algú va ser **Horace Wells** (1815-1848), un dentista nord-americà amb ull clínic... i una mica de sort. La inspiració li va venir, el 1844, en un lloc inesperat: el Circ Barnum, famós pels seus espectacles peculiars. Allà oferien sessions de gas hilarant, perquè el públic es marejara, riguera i acabara en escena. En una d'aquestes funcions, un voluntari es va donar un bon colp i, per a sorpresa de tots, no va mostrar ni una ganyota de dolor mentre estava sota els efectes del gas. Wells, que estava entre el públic, es va il·luminar: aquest gas podia ser la clau per a treure queixals sense patiment!

Pensat i fet, va decidir provar-ho amb si mateix (el de l'ètica mèdica encara era bastant... flexible). Es va aplicar gas, va agafar les seues eines i es va extreure un queixal. I, efectivament: ni un gemec. Atés l'èxit de la intervenció, tant Wells com altres dentistes, van començar a fer servir habitualment l'òxid nítrós en les seves extraccions dentals. Des d'aleshores va començar a fer servir l'òxid nítrós en els seus pacients, revolucionant l'odontologia.

Fins aquell moment es coneixien remeis vegetals com l'opi, la marihuana o la mandràgora per alleujar dolors, però l'arribada de l'anestèsia inhalada va marcar l'inici de la cirurgia moderna sense patiment. Això sí, no tots estaven contents. Certs grups religiosos clamaven que els éssers humans havien de suportar el dolor com a càstig diví i criticaven ferotgement els metges que feien servir anestèsia. En resposta a aquests devots del dolor, diversos científics de l'època van haver de treure artilleria bíblica per defensar-se i demostrar que Déu no era un fervorós del dolor. I ho van fer amb un argument magistral: al Gènesi es conta que, abans de treure una costella a **Adam** per crear **Eva**, **Déu** el va fer caure en un somni profund. En altres paraules: el mateix Déu va aplicar la primera anestèsia de la història!

L'art de sostenir el buit

Com funcionen els ponts en ménsula

Belén Ferrer

Departament d'Enginyeria Civil · Universitat d'Alacant

Heu provat mai de mantenir el braç estirat horitzontalment durant diversos minuts carregant un llibre? Al principi sembla fàcil, però aviat comences a sentir com el teu múscle i la teua esquena fan un esforç titànic per a evitar que el llibre caiga a terra. Sense saber-ho, acabes d'experimentar en el teu propi cos el principi físic que sosté a algunes de les estructures més colossals i sorprenents del planeta: els ponts en ménsula (o ponts *cantilever*).

A diferència dels ponts penjants, que semblen surar sostinguts per cables invisibles des de la distància, o els ponts d'arc, que transmeten el seu pes cap als extrems recolzant-se en el sòl, els ponts en ménsula desafien la gravetat projectant-se cap al buit. Són els equilibristes de l'enginyeria civil.

En aquest text ens endinsarem en els secrets d'aquestes megaestructures: com funcionen, per què no cauen i com es va provar experimentalment el seu funcionament.

Per a entendre un pont en ménsula, primer hem de definir què és una ménsula (o volada). En arquitectura i enginyeria, una ménsula és qualsevol biga o element estructural que sobresurt d'una paret o d'un pilar i que està recolzat en un únic extrem. L'exemple més quotidià és un trampolí de piscina. Un extrem està fermament ancorat al sòl de formigó; l'altre extrem vola lliure sobre l'aigua. Quan et poses en la punta del trampolí per a saltar, tot el teu pes intenta doblegar la taula cap avall.

Per què no es trenca ni es bolca? Perquè l'ancoratge de l'extrem terrestre exerceix unes forces que l'equilibren: una força igual i oposada al pes del saltador (P) i un moment flector (M) que evita que la taula gire. Amb tot i això, la taula estarà sotmesa a unes tensions internes que, depenent del material i del valor de les forces, faran trencar la taula o no i que aconseguirien el seu valor màxim prop del suport. Aquest suport ha de tenir un ancoratge al terreny prou resistent com per a resistir aquesta força vertical que tendeix a arrencar la taula del seu ancoratge (Fig. 1).

Les tensions internes fan que, en una biga en volada, les fibres superiors sempre estan sotmeses a tracció (s'estiren), mentre que les inferiors sofreixen compressió (s'aixafen). Això és exactament el contrari del que ocorre en una biga recolzada en tots dos extrems (com un pont de troncs tradicional), on l'esforç de tracció ocorre a la part de baix i la compressió a la de dalt.

De qualsevol manera, construir un sol voladís que travessés un riu ample seria inviable; la tensió en el punt de suport seria descomunal. Per això, els enginyers recorren a una genialitat del disseny: el pont de ménsula equilibrada.

Imagina un puja i baixa (balancí) en un parc infantil. Si col·loques dos xiquets d'identificació pes a banda i banda, el balancí es queda perfectament horitzontal i en equilibri sobre el seu eix central, que no estaria sotmés més al fet que tensions de compressió. En un pont, aquest eix central és una gran pila o pilar de formigó plantat en el llit del riu. Des d'aquest pilar, els enginyers construeixen dos braços idèntics que s'estenen en direccions oposades al mateix temps. En construir-se de manera simètrica, el pes d'un braç contraresta exactament el pes de l'altre de manera que no hi ha perill de trencament del pilar central per un desequilibri cap a algun dels costats.

En realitat, els trams a cobrir són tan grans, que amb un sol pilar i dues mènules tampoc seriem capaces de creuar des d'una riba a l'altra del riu. Això se soluciona replicant el sistema diverses vegades. Però llavors, si dues mènules s'estenen des de pilars oposats i es troben en el centre, com s'uneixen? Aquí ve el truc mestre. En molts ponts en ménsula, els dos braços no es toquen directament. En el seu lloc, deixen un espai en el centre que es cobreix amb una tercera estructura més petita i lleugera anomenada tram suspès. Aquest tram central simplement es "recolza" en els extrems de les dues mènules (Fig. 2). D'aquesta manera, el pont pot expandir-se i contreure's amb els canvis de temperatura sense acumular tensions internes que podrien

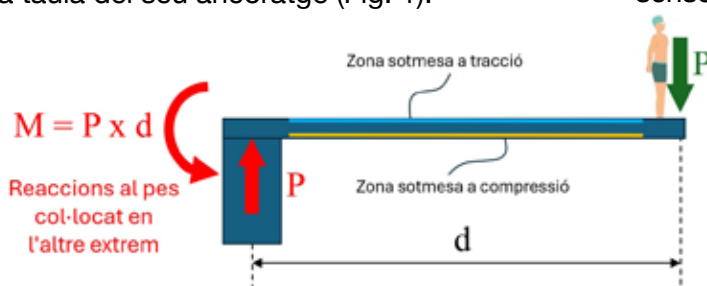


Fig. 1. Forces (verda), reaccions (vermell) i tensions (línies blava i taronja) al que es veu sotmés un trampolí, com a exemple de biga en ménsula.

trencar el material. Els extrems del pont hauran d'estar molt ben ancorats al terreny per a evitar les tensions internes en el pilar donades pel desequilibri de forces que provocaria tenir este extrem lliure mentre que en l'altre extrem se suporta el pes del tram suspés.

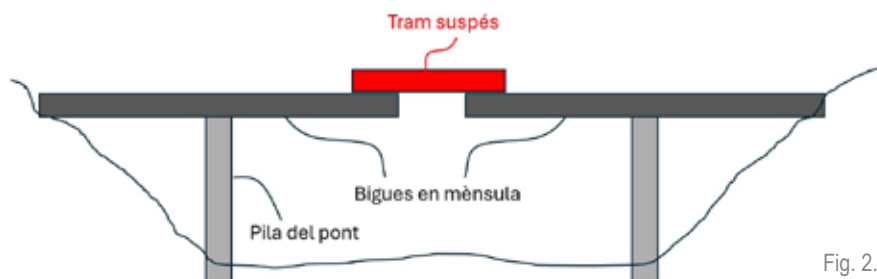


Fig. 2. Esquema simplificat d'un pont en mènsula.

Relacionat amb el funcionament d'aquesta mena de ponts, hi ha una història molt curiosa que va donar lloc a un experiment i una fotografia per a la posteritat.

A la fi del segle XIX, els enginyers britànics es van encarar a un repte colossal: creuar l'estuari de Forth a Escòcia per a donar pas a la línia ferroviària. Després del tràgic enfonsament del pont de Tay l'any 1879 (un pont de bigues tradicional que es va ensorrar per culpa del vent), el públic desconfiava profundament de les noves construccions.

Per tal de convèncer el Parlament i a l'opinió pública que el nou disseny en mènsula proposat era absolutament segur, l'enginyer **Sir Benjamin Baker** va idear una de les demostracions pràctiques més famoses de la història de la ciència en 1887.

Va reunir tres homes per recrear el pont amb els seus cossos:

1. Dos d'ells es van asseure en cadires, estenent els seus braços cap a l'exterior. Cadascun sostenia dos bats de beisbol que es recolzaven en la cadira en la qual s'asseien (els bats faran d'elements a compressió). A més, de la part alta de cadascun dels bats que estan en els extrems exteriors es va penjar una pila de maons (els ancoratges de terra) per tal d'evitar que els cossos dels homes giraren cap a la part central del pont.

2. Un tercer home (el japonès **Kaichi Watanabe**, un jove enginyer que estudiava a la Gran Bretanya) es va asseure en una petita taula penjada just en l'espai entre els braços estesos dels altres dos.

El pes de Watanabe en el centre era suportat per la tensió (tracció) als braços dels homes de les cadires i la compressió en els bats de beisbol que baixaven cap als seients (Fig. 3). L'estructura humana no es va moure ni un mil·límetre. La demostració va ser un èxit rotund i va donar llum verda a la construcció del majestuós Pont de Forth, que avui segueix en peus i és Patrimoni de la Humanitat (Fig. 4).

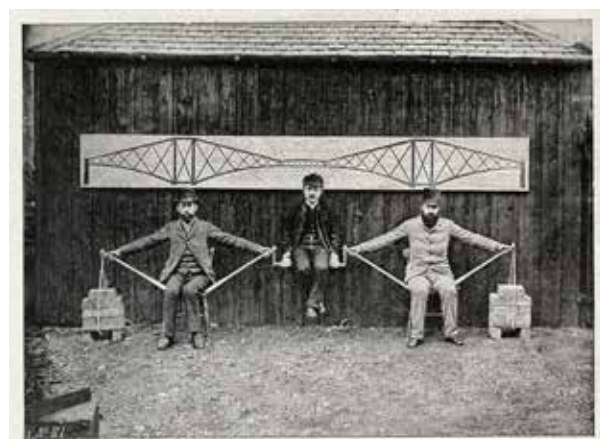


Fig. 3. Famosa fotografia il·lustrant el funcionament d'un pont en mènsula i amb persones actuant com a part de l'estructura. Imatge tretada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cantilever_bridge_human_model.jpg



Fig. 4. Pont ferroviari de Forth. Per Andrew Bell, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37962>

La pròxima vegada que travesses un pont, fixa't bé en la seua estructura. Darrere del soroll dels motors i del vent, hi ha una coreografia silenciosa de forces invisibles que treballen sense descans. Els ponts en mènsula són el recordatori perfecte que, en la ciència i en la vida, l'equilibri no consisteix a evitar les tensions o les pressions, sinó a saber distribuir-les de manera intel·ligent per mantenir-nos fermes sobre l'abisme.

Introducció a les Conjectures

Miguel Ángel Sanchis Lozano

IFIC, Centre Mixt Universitat de València-CSIC

La formulació de conjectures ocupa un lloc molt rellevant en les ciències, i en les matemàtiques molt especialment: no es tracta de simples problemes oberts, sinó de motors intel·lectuals que inspiren noves idees, obrin camins inesperats i marquen el rumb de futurs descobriments. Algunes, com la hipòtesi de **Riemann** (1859), un dels grans misteris i reptes per a la ment humana, busquen desvelar com es distribueixen els nombres primers entre els nombres naturals a través dels intrigants zeros de la funció zeta de Riemann. Altres, com la conjectura de **Goldbach** (1742), afirmen que tot nombre parell major que 2 es pot escriure com la suma de dos nombres primers; un enunciat d'una senzillesa sorprenent que, tanmateix, ha resistit durant segles sense que fins ara s'haja trobat una demostració (vegeu l'article de **Miguel Ángel Sanchis Lozano**). La conjectura de **Polignac** (1849) amplia aquest misteri en suggerir que existeixen infinits parells de nombres primers separats per qualsevol nombre parell donat. Com a cas particular, inclou la cèlebre conjectura dels nombres primers bessons (vegeu l'article de **Marc Noy**), segons la qual existeixen infinits parells de primers que difereixen en dues unitats, com ara 5 i 7, o 11 i 13. Mentre que el teorema dels nombres primers descriu la densitat mitjana dels primers, la conjectura de Polignac aborda com es distribueixen localment. Resoldre-la suposaria un avanç decisiu en la nostra comprensió de la distribució dels nombres primers.

No totes les conjectures tenen, però, el mateix abast: al costat de les grans conjectures que poden afectar tota una disciplina, n'hi ha moltes altres, de caràcter més específic, i menys conegudes, però que exerceixen un paper important en la investigació matemàtica. Per exemple, la conjectura de **Legendre** (1808) afirma que entre dos quadrats consecutius, n^2 i $(n+1)^2$, sempre existeix almenys un nombre primer. Per exemple, si prenem $n=4$, entre els nombres 16 i 25 trobem els nombres primers 17 i 23. La seua importància rau en el fet que estableix una cota concreta sobre la separació dels nombres primers que no poden quedar mai massa allunyats, estant relacionada amb qüestions profundes de la teoria de nombres, com la hipòtesi de Riemann ja comentada.

D'altra banda, i pel que fa a les conjectures importants que han estat resoltes, podem citar el darrer teorema de **Fermat**, formulat el 1637, que durant més de 350 anys va constituir un dels grans enigmes de les matemàtiques. Fermat va afirmar que l'equació $x^n + y^n = z^n$ no admet solucions enteres no trivials (diferents de zero)



Adrien Marie Legendre (1752-1797). / Unknown source)



Jules Armand de Polignac (1780-1847). (http://www.bradburycollection.com/store/index.php?main_page=popup_image&plD=482)

per a $n > 2$, i va deixar escrit al marge d'un llibre que posseïa "una demostració veritablement meravellosa", encara que massa extensa per a aquell marge... una demostració que mai no va aparèixer. Finalment, el 1994, **Andrew Wiles** va aconseguir demostrar el teorema, tancant un capítol històric i obrint noves connexions entre la teoria de nombres i la geometria aritmètica. Un altre exemple emblemàtic ja resolt és la conjectura de **Poincaré** (1904), que va desafiar els matemàtics durant gairebé un segle fins que va ser demostrada el 2003 pel matemàtic rus **Grigori Perelman**, qui va rebutjar la Medalla Fields per motius personals. La seua demostració va mostrar com una sola idea pot transformar profundament tota una disciplina.

Cal dir també que hi ha problemes que, després d'un llarg període de temps, s'han demostrat irresolubles. És el cas del problema de la quadratura del cercle (vegeu l'article de **Ramon Esteban Romero**), plantejat pels matemàtics grecs antics i que va quedar definitivament resolt com a impossible l'any 1882, quan **Ferdinand von Lindemann** va demostrar que π és transcendent. El problema ha quedat en l'imaginari col·lectiu com a sinònim de problema irresoluble.



Bernhard Riemann (1826-1866). (Familienarchiv Thomas Schilling)



Henri Poincaré (1854-1912). (<http://www.mlahanas.de/Physics/Bios/images/HenriPoincare.jpg>)



Grigori Perelman (1966). https://opc.mfo.de/detail?photo_id=12890

En física, les conjectures exerceixen un paper rellevant a l'hora d'orientar el pensament creatiu i estimular avanços conceptuals de gran abast. Així, la correspondència AdS/CFT, proposada per **Juan Maldacena** el 1997, planteja que certes teories gravitatòries definides en un espai de dimensió superior són equivalents a teories quàntiques sense gravetat formulades en una dimensió menys, i ofereix una de les vies més prometedores per a comprendre conjuntament la gravetat quàntica i la física dels forats negres. Per la seua banda, en astrofísica, la hipòtesi de la censura còsmica, formulada com a conjectura per **Roger Penrose** el 1969, sosté, en termes generals, que les singularitats gravitatòries (regions on la curvatura de l'espai-temps esdevé infinita segons la relativitat general) no haurien de ser observables directament des de l'exterior, sinó que quedarien ocultes darrere d'un horitzó d'esdeveniments. Aquesta hipòtesi evita així l'aparició de singularitats nues, que podrien posar en qüestió la predictibilitat de les lleis físiques conegudes.

Les conjectures no es formulen exclusivament en les ciències fisicomatemàtiques; també es proposen en altres branques científiques, encara que la seua resolució no es base tant en la lògica i la deducció formal com en la comprovació empírica. En aquest sentit, la homoquiralitat és una de les grans singularitats de la química de la vida: molts aminoàcids presents en els éssers vius pertanyen gairebé exclusivament a una de les dues possibles formes (quirals) especulars (a dreta i a esquerra), mentre que els sucres biològics mostren la preferència oposada. Una conjectura suggeridora és que aquesta asimetria podria haver estat preseleccionada per processos fisicoquímics anteriors a l'aparició de la vida, associats a la radiació ionitzant polaritzada i a la formació de molècules orgàniques, tant en el medi interestel·lar com en entorns terrestres primitius. La idea guarda una interessant analogia amb la violació de la paritat en física: de la mateixa manera que les interaccions febles entre partícules elementals distingeixen entre esquerra i dreta, algun mecanisme fisicoquímico primordial podria haver introduït una diminuta preferència inicial per una de les dues quiralitats moleculars, que l'evolució posterior hauria amplificat.

En resum, les conjectures constitueixen una manera de progressar en el coneixement present en una gran varietat de disciplines. Són especialment nombroses i conegudes en matemàtiques, i en particular en teoria de nombres, on algunes grans conjectures fan referència a qüestions fonamentals com la distribució dels nombres primers entre els naturals. Però també tenen un paper important en altres camps, com la física, on poden plantejar-se sobre la naturalesa de fenòmens encara no explicats, o la bioquímica, on encara es formulen hipòtesis sobre qüestions tan fonamentals com l'origen de la quiralitat de les molècules de la vida.

Els valencians i la **quadratura del cercle**

Antoni Espinós Quero

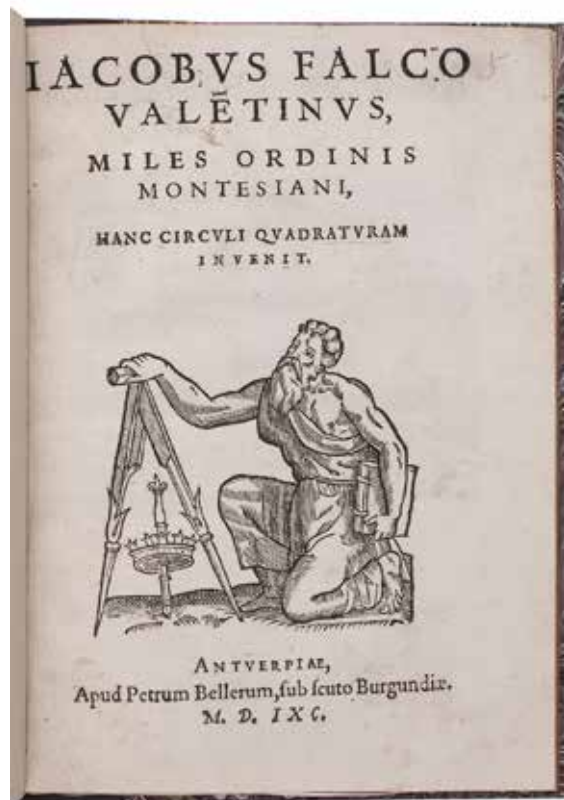
Fundació Cirne

Si avui la investigació científica és pragmàtica i destinada més que res a la solució lògica i funcional de problemes relacionats amb interessos polítics, econòmics i la qualitat de vida, en el món antic el coneixement va estar destinat també, com una elucubració de l'enginy, a l'adquisició del saber ideal i teòric i a la resolució de qüestions inútils i utòpiques. Després que **Arquimedes** aconseguira la rectificació parcial de l'àrea de la paràbola, la qüestió era completar el repte de la quadratura del cercle, un dels afanys intel·lectuals per a la solució d'aquest problema que des de ben antic ningú havia resolt, com també els trencaclosques geomètrics de la duplicació del cub i la trisecció de l'angle utilitzant únicament regle i compàs.

Dins d'aquest bull matemàtic, la quadratura del cercle ha sigut -i és- una de les qüestions més emprades en el món especulatiu i pensarós d'ençà que tenim constància escrita la resolució de la qual ha perseguit sempre guanyar crèdit i fama, encara que siga una tasca impossible segons les conclusions matemàtiques de **Lambert** en el segle XVIII en considerar que el resultat de pi era irracional i no un nombre enter, cosa que corroborà Lindeman a final del segle XIX. Tot i això, la persistència, abans i després de la contundent asseveració científica, ha donat a la història d'aquesta obsessió intel·lectual nombrosos noms, entre els quals hem trobat alguns valencianets dels quals pretenem exposar una breu biografia, sense entrar en les explicacions de cadascuna de les solucions proposades, perquè "ser de lletres" ens limita a endinsar-nos en aquest núvol científic propi de matemàtics amb preparació específica per als quals queda oberta aquesta tasca.

Dos són els geomètres que aporta l'historiador **Rey Pastor** en estudiar la ciència matemàtica en el segle XVI espanyol: **Molina Cano**, famós per descobrir quan es converteix en línia recta la corba d'un arc, i **Jaume Joan Falcó**, "otro pobre iluso" entossudit a descobrir la quadratura del cercle.

Jaume J. Falcó (1522-1594), nascut a València, humanista, científic i també esclavista, des de ben jove deixà constància de la seua precocitat intel·lectual, que demostrà en els escacs i altres jocs tavernaris com els daus, però, sobretot, destacà pel seu enginy literari en poètica llatina lloat en el seu temps per **Cervantes** (*La Galatea*) i **Gracián** (*Arte de ingenio*). L'hàbit monacal i els oficis públics no sempre ben remunerats l'abocaren al comerç esclavista durant els dos anys destinat a Orà, des d'on va abastir de "negrillos y negrillas..."



Falcó, 1591

arto bonicos..." la societat benestant civil i eclesiàstica valenciana, i fou el canonge Gombau el seu agent en aquest tràfic humà, aleshores admès i usual.

A Madrid es guanyà l'afecte i la confiança de **Felip II** per a confeccionar-li un llenguatge críptic destinat a les comunicacions militars. I ja a València es dedicà de ple a resoldre el famós problema de la quadratura. **Josep Rodríguez** ens descriu aquesta entossudida obstinació: "...Puso tan gran fuerza en ello que lo consiguió! Pero enagenado del trabajo, de la parsimonia, y de el gozo de aver alcanzado, casi, un imposible: salió de su casa, en cuerpo, diciendo a voces: Circulum quadravit Falco, quem nemo quadravit!"

Tan convençut estava que publicà la solució, primer a València (*De quadratura circuli*, 1587) i després a Anvers (*Jacobus Falco valentinus, miles ordinis montesiani, hanc circuli quadraturam invenit*, 1591), i continua relatant Joseph Rodríguez que "...divulgose la Quadratura del Círculo por todo el Orbe, como cosa la más rara y singular, que podía suceder; y escribieron contra N. héroe los más inteligentes matemáticos de Europa, y a todos satisfizo con singular erudición y profundidad".

Res sabem de la correspondència crítica en aquells temps esmentada per Rodríguez, i

menys en l'actualitat si no fora per la breu menció de **Morales Guerrero** per citar una de les publicacions actuals més serioses sobre el tema.

En el segle XVIII tenim altre valencià, **Eusebio Montón**, apuntador de la Universitat, el qual també va dir que havia trobat i demostrat geomètricament la quadratura del cercle "... baxo la garantía de dos mil pesos, contra igual cantidad; y baxo la misma afirmo, ser falsas todas las razones aritméticas descubiertas hasta hoy 24 de Febrero de 1770".

No sabem si algú arriscà els diners per contradir la troballa, bé presentant una quadratura, bé demostrant la invalidesa de la presentada per Montón, de la qual hem trobat fins ara quatre edicions distintes:

Eusebius Montón, hispanus valentinus, quadraturam circuli, hucusque temporis desideratam invenit, demonstravit, usui accomodavit anno 1767: Valentiae, 1768.

Eusebio Montón, Español Valenciano, en el año 1767, encontró, demostró, declaró y acomodó a la práctica la Quadratura del Círculo (no hallada hasta ahora)... Valencia, 1768.

Sembla que aquesta impressió del mateix any i impremta és una traducció al castellà de la tirada anterior.

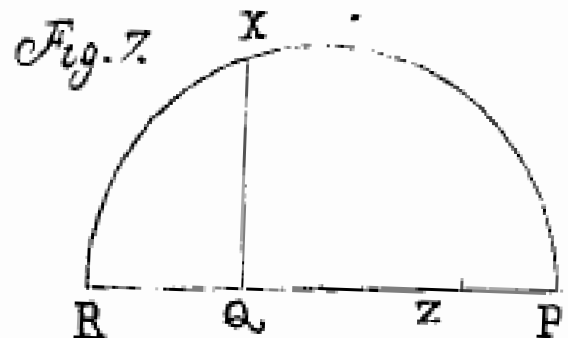
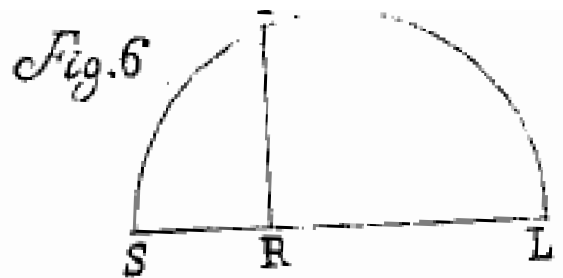
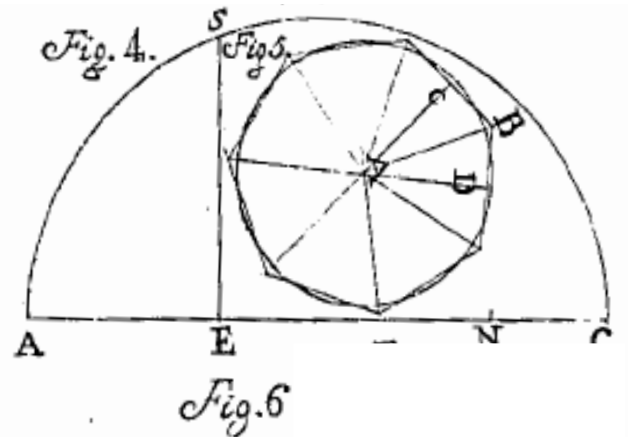
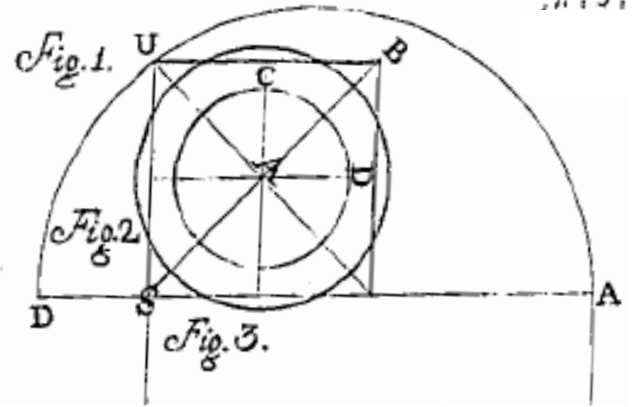
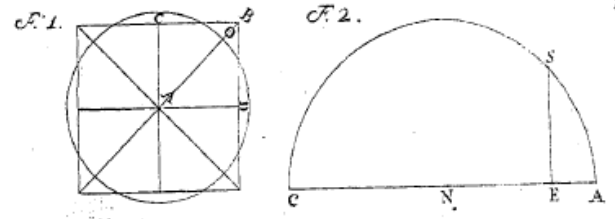
EUSEBIO MONTON, ESPAÑOL VALENCIANO, en el año 1767 encontró la quadratura del círculo, ó que la superficie de un quadrado era igual a la de un círculo; y ahora con toda brevedad y exactitud la demuestra; pero antes, para proceder con claridad, se ha de suponer lo siguiente... Valencia, 1768.

DEMOSTRACIÓN ARITHMETICA ; (que hace Eusebio Montón, Español Valenciano) de la Quadratura del Círculo, encontrada, y demostrada geométicamente por el mismo en el año 1767: Valencia, 1770.

No hem trobat cap referència crítica d'aquest valencià i la seua troballa. Sembla que ja en aquells moments la qüestió degué estar poc acollida en ambients universitaris, com deixà constància escrita en una plana de respecte de la primera edició llatina algú poc amic d'elucubracions geomètriques: "Nota: Eusebio Montón, quando publicó este papel era apuntador de la Universidad y la honró mui poco con este discurso que acabó de confirmar su simpleza y dio que reir al mundo con ella".

I com també ja havia deixat escrit el catedràtic de matemàtiques de la Universitat de València, **Juan Bautista Corachán** (1661-1741): "No pretendo quadrar el círculo, porque aun no se ha hallado su quadratura, sino dar regla próxima a la verdad, que en la práctica no induzca a error sensible..."

Ja en el segle XIX trobem un valencià de Castelló, **José Fola Igúrbide** (s. XIX-1918), més famós en el seu temps com a dramaturg que pels coneixements capdavaners de

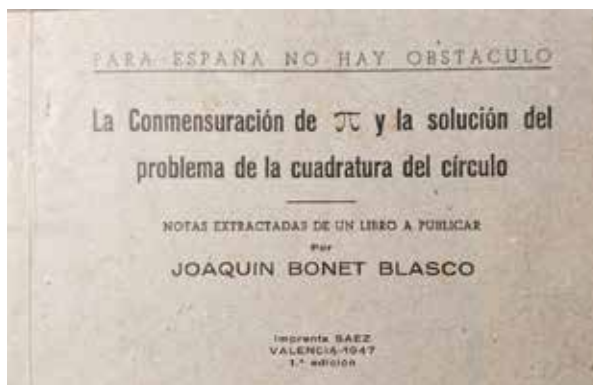


Extret de La nueva ciencia geométrica, 1897, José Fola, p. 193.

geometria. Fola destacà per les propostes i solucions de problemes publicats a partir de 1897 en tres obres fonamentals: *La nueva ciencia geométrica* (1897); *Teoría trascendental de la evolución del círculo* (1899) y *Lógica del infinito y evolución gradual del círculo* (1905). Era lògic que aquestes publicacions de contingut més seriós i elevat que les simples solucions a la quadratura del cercle arribaren també a coneixement dels estaments universitaris, sobretot a Barcelona, universitat on existia una gran tradició matemàtica i professorat ben preparat per a fer front a les nombroses solucions que el *morbis cyclometricus* havia contagiats entre alguns espanyols, Echegaray entre molts altres.

La publicació del primer treball de Fola provocà la controvèrsia entre els professors de la Universitat de Barcelona, **José Domènech Estapa**, catedràtic de Geometria Descriptiva; **Lauro Clariana Ricart**, professor de Càlcul; **Miguel Marzal Bertomeu**, professor d'Anàlisi Matemàtica, i el mateix Fola, a qui acompanyà l'escolapi **Eduardo Llanas**, autor de l'article que encetà la polèmica. Les rèpliques i contrarèpliques aparegueren en la premsa de Barcelona durant octubre i novembre de 1897 poc després de la publicació de *La nueva ciencia geométrica* i d'haver donat a conèixer aquest treball a la Reial Acadèmia de Ciències Exactes, Físiques i Naturals de Madrid sense rebre cap contestació. L'atreviment de Fola var ser, ni més ni menys, la rectificació de l'inqüestionable i universalment acceptat valor de pi d'Arquimedes: si fins aleshores era de 3,1415926... Fola l'ajustava a 3,14213562... segons demostrava en els plantejaments geomètrics aportats, i resolía així, segons l'ancestral problema de construir el quadrat equivalent a un cercle determinat. La publicació del llibre a final de setembre de 1897 va estar seguida d'un article encomiàstic (*Diari de Barcelona*, 5-10-1897) per part d'Eduardo Llanas, contestat l'endemà en el mateix diari per José Domènech, que qualificà l'obra de Fola de "ampulosa y resonante... completamente faltada de sentido filosófico ni matemático", i pel que fa a la quadratura qualificà d'errada i falsedat el valor donat a pi i que, a més a més, si així fora també seria incommensurable i, en conseqüència, indemostrable la quadratura del cercle. La ràpida i contundent contestació de Fola motivà rèpliques i contrarèpliques, algunes amb to violent i insultant, entre les dues parts i un insòlit rebombori en la premsa local -*La Publicidad*, *La Academia Calasancia*, *La Vanguardia*, *Diari Mercantil*- que va deixar en el seu lloc inicial el debat entre l'alambinada tradició científica i el novell concepte geomètric de Fola.

El catedràtic Domènech, defensor de l'essència geomètrica, publicava mesos després el *Tratado de geometría descriptiva* al mateix temps que impartia conferències sobre "el infinito matemático". Fola, cregut i segur del seu encert, no dubtava a publicar



Joaquín N. Bonet Blasco

de seguida tota la seqüència de premsa amb un colofó propi titulat *Revelación gráfica y analítica de la ley de solidaridad geométrica por el nuevo número expresivo de la relación del diámetro a la circunferencia* per tal de refermar la seua postura, i un article final del pare Eduardo Llanas amb el títol *La cuadratura del círculo demostrada por las categorías de la nueva ciencia geométrica*. Tot i això, José Fola i Eduardo Llanas són avui uns desconeguts per al gran públic.

En el segle XX assenyalarem, seguint el camí iniciat, altre valencianet quadrador, **Joaquim Bonet Blasco**, mestre de l'Escola del Casino d'Artesans del Grau de València, el qual l'any de glòria de 1947 publicà *La conmensuración de pi y la solución del problema de la cuadratura del círculo*. Notes, segons l'autor, extractades d'un llibre per publicar exposades ara en un fullet en octau de 20 planes. Del llibre no tenim notícia però sí de **José María Torroja**, aleshores secretari de l'Acadèmia de Ciències Exactes, Físiques i Naturals de Madrid, el qual remetia el 9 de juny de 1936 un saluda al mestre Bonet en contestació a l'escrit que aquest li havia tramès el 26 de maig. El saluda deia: "...esta Academia tiene tomado el acuerdo de no tratar ningún asunto que se refiera a la cuadratura del círculo, por estar completamente determinado la imposibilidad de semejante asunto". Tot i això, ni aquesta resposta tan contundent ni la Guerra Civil ni la fam posterior minvaren la convicció de Joaquim Bonet, el qual publicà la seua solució el 1947 per demostrar *urbi et orbi* que "España hará la más grande de las revoluciones que se registren en la historia de la humanidad. Desde ahora quedan abiertas las puertas a vastísimos e inexplorados campos que los hombres de ciencia de todas las edades y todas las razas trataron inútilmente franquea..."

Aquest mestre del Grau que llegà a la pàtria, a la ciència i als seus deixebles "el resultado triunfal del tema de todos los siglos, hijo del hercúleo esfuerzo de la Humanidad que nos precedió" tampoc ha passat a la història, no el recorda ningú, i el seu esforç, com el de tants i tants quadradors, ha sigut inútil per a la humanitat. *Sit transit gloria mundi*.

El regle, el compàs i la **quadratura del cercle**

Ramon Esteban Romero

Departament de Matemàtiques · Universitat de València

Els antics grecs tenien un interès especial en les figures que es podien construir fent servir un regle i un compàs. El regle dels grecs és només una línia recta, tan llarga com calga, sense marques de mesura, mentre que el compàs permet construir circumferències amb un centre donat i que passen per un altre punt donat, però no es pot fer servir per a traslladar distàncies. Suposem que ens donen uns quants punts. El problema és determinar quins són tots els punts que es poden construir aplicant un nombre finit de vegades les instruccions següents:

1.- Si A i B són dos punts diferents construïts, podem construir la recta r_{AB} que els conté.

2.- Si A i B són dos punts diferents construïts, podem construir la circumferència C_{AB} de centre A que passa per B .

3.- Si r i s són dues rectes diferents construïdes, podem construir els punts de la intersecció de r i s .

4.- Si C i D són dues circumferències diferents construïdes, podem construir els punts de la intersecció de C i D .

5.- Si C és una circumferència construïda i r és una recta construïda, podem construir els punts de la intersecció de C i r .

Quan diem que hem construït una recta o una circumferència, no diem que hem construït tots els seus punts, sinó que n'hem construït dos en el cas de la recta o el centre i un punt en el cas de la circumferència. Els únics punts que es poden construir corresponen a l'aplicació d'aquestes regles, es a dir, que apareixen a la intersecció de rectes construïdes, circumferències construïdes, o recta i circumferència construïdes.

Els antics grecs tenien un interès especial en les figures que es podien construir fent servir un regle i un compàs. El regle és només una línia recta, sense marques de mesura, mentre que el compàs permet construir circumferències amb un centre donat i que passen per un altre punt donat, però no es pot fer servir per a traslladar distàncies.

Considerarem el cas més senzill: que tinguem dos punts O i X . Podem suposar que O és l'origen d'un sistema de referència cartesià, amb coordenades $(0,0)$, i que X té coordenades $(1,0)$ en aquest sistema. A partir d'ara, identificarem cada punt amb les seues coordenades. El problema natural és determinar com poden ser les coordenades dels punts que es poden construir a partir de O i X fent servir les regles anteriors. Aquests punts es diran construïbles. Direm que el nombre real x és construïble si $(x,0)$ ho és. També podem treballar amb nombres complexos identificant (a,b) amb $a+bi$, però, per simplicitat, només treballarem amb nombres reals.

Un problema que ja es plantejaven els grecs és el de la quadratura del cercle: donat un cercle, és possible construir amb regle i compàs

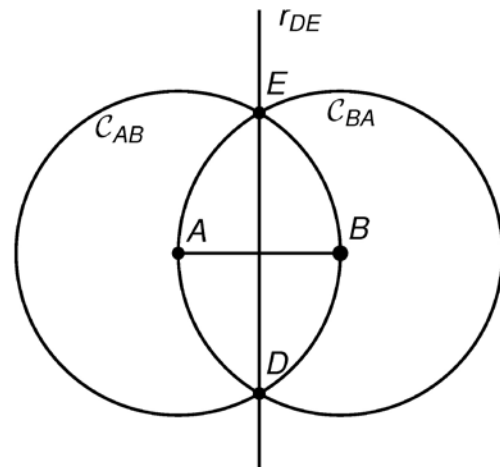


Fig. 1. Mediatriu (Proposició 1)

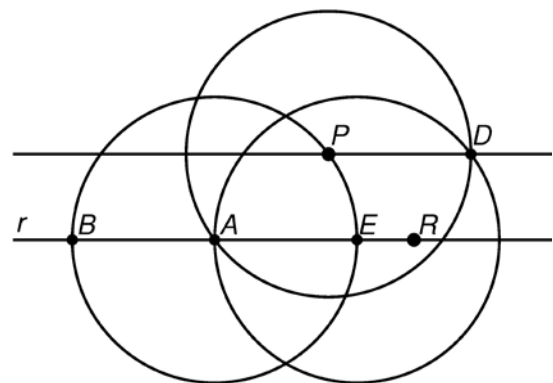


Fig. 2. Recta paral·lela (Proposició 2)

un quadrat que tinga la mateixa àrea que el cercle? En altres paraules, es pot construir un quadrat de costat $\sqrt{\pi}$? Volem provar que aquest problema no té solució. De fet, l'expressió «quadratura del cercle» s'associa a problemes irresolubles.

En els cursos de dibuix tècnic s'estudien algunes construccions amb regla i compàs.

Proposició 1. La mediatriu i el punt mitjà d'un segment AB són construïbles.

Demostració. Les circumferències C_{AB} i C_{BA} es tallen en D i E (Fig. 1). La recta r_{DE} és la mediatriu del segment AB. Aquesta recta talla la recta r_{AB} en el punt mitjà M de AB. Per tant, r_{DE} i M són construïbles.

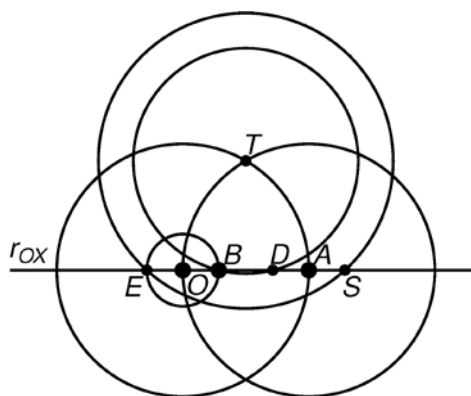


Fig. 3: Suma i diferència (Proposició 5)

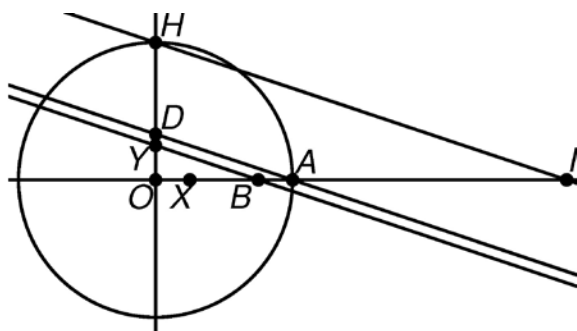


Fig. 4: Producte i quocient (Proposició 4)

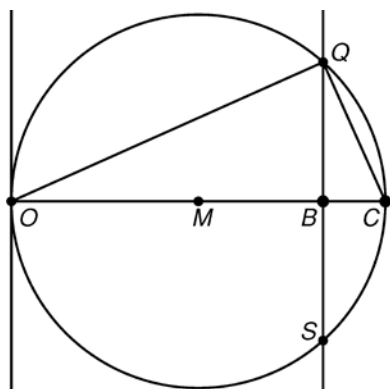


Fig. 5: Arrel quadrada (Proposició 7)

Proposició 2. La recta paral·lela a una recta construïble per un punt construïble és construïble.

Quan diem que hem construït una recta o una circumferència, no diem que hem construït tots els seus punts, sinó que n'hem construïts dos en el cas de la recta o el centre i un punt en el cas de la circumferència.

Demostració. Suposem que A és un punt construïble de la recta construïble r i que P és un punt exterior a r (Fig. 2). Considerem un dels punts de tall E de la circumferència C_{AP} amb r , el més proper a P (si els dos punts es troben a la mateixa distància, en comptes de A fem servir un altre punt construïble de r). Considerem ara el punt de tall D de C_{PA} amb C_{EA} que no és A. La recta r_{PD} és paral·lela a r (de fet, el quadrilàter AEDP és un rombe).

D'ara endavant, per a fer les construccions més comprensibles, farem servir directament algunes de les construccions prèvies, que sabem que es poden fer amb regla i compàs.

Proposició 3. El nombre x és construïble si, i només si, ho és $(0,x)$. En particular, $Y=(0,1)$ és construïble.

Demostració. Suposem que $x \neq 0$. Si $A=(x,0)$ és construïble, el punt A' pertany a la intersecció de r_{OA} i C_{OA} . La mediatriu m de AA' és construïble i un punt de la intersecció m amb C_{OA} és $B=(0,x)$. Recíprocament, si $B=(0,x)$ és construïble, un punt de la intersecció de C_{OB} amb r_{OX} és $(x,0)$.

La demostració anterior permet construir la recta perpendicular a una recta construïda que passa per un punt construït.

Proposició 4. El punt $P=(x,y)$ és construïble si, i només si, ho són x i y .

Demostració. Suposem que $P=(x,y)$ és construïble. Les rectes paral·leles a r_{OY} i r_{OX} que passen per P tallen r_{OX} i r_{OY} en els punts $(x,0)$ i $(0,y)$, respectivament. Recíprocament, suposem $A=(x,0)$ i $B=(0,y)$ construïbles. La rectes paral·leles a r_{OY} i r_{OX} per A i B, respectivament, es tallen en $P=(x,y)$.

Veurem ara que els resultats d'algunes operacions aritmètiques amb nombres construïbles són també nombres construïbles.

Proposició 5. La suma i la diferència de dos nombres construïbles és construïble.

Demostració. Podem suposar que O, A i B es troben en la recta r_{OX} i són construïbles (Fig. 3). Considerem un dels punts de tall T de C_{OA} i C_{AO} . Anomenem E el punt de tall de OB i r_{OX} que no és B. Si D és el punt de tall de C_{TB} i r_{OX} que no és B i S és el punt de tall de C_{TE} amb r_{OX} que no és S, aleshores $OD=OA-OB$ i $OS=OA+OB$. Concloem que D i S són construïbles.

Proposició 6. El producte i el quocient de dos nombres construïbles no nuls són construïbles.

Demostració. Ho mostrarem per a nombres positius (Fig. 4). Suposem que A i B són dos punts construïbles sobre la recta r_{OX} . Considerem la recta r_{BY} on $Y=(0,1)$, i construïm la recta paral·lela per A, que talla r_{OY} en D. Pel teorema de Tales, $OD=O \cdot AO/B$. Considerem ara el punt de tall H de C_{OA} amb r_{OY} i la recta paral·lela a BY que passa per H. Aquesta recta talla r_{OX} en un punt I que, pel teorema de Tales, satisfà que $OI=OA \cdot OB$.

Combinant aquestes proposicions, obtenim que tots els nombres racionals són construïbles.

Proposició 7. L'arrel quadrada d'un nombre real positiu x construïble és construïble.

Demostració. Els punts $B=(x,0)$ i $C=(x+1,0)$ són construïbles (Fig. 5). El seu punt mitjà M és construïble. La circumferència C_{MO} talla la recta paral·lela a r_{OY} que passa per B en dos punts Q i S. Si Q és al semiplà superior, $Q=(x,\sqrt{x})$ pel teorema de l'altura de triangles rectangles. Així, $\sqrt{x}$ és construïble.

Podem considerar el conjunt K de tots els nombres reals x per als quals hi ha una successió finita $x_1=0, x_2=1, \dots, x_n=x$ de manera que per a $3 \leq k \leq n$, x_k es pot calcular a partir de $x_1, \dots, x_{(k-1)}$ fent servir les operacions de suma, resta, multiplicació, divisió i arrel quadrada. Les proposicions anteriors mostren que tots els elements de K són construïbles i que $Q \subseteq K$.

Proposició 8. Suposem que $A=(a_1, a_2)$ i $B=(b_1, b_2)$ són dos punts amb a_1, a_2, b_1, b_2 en K.

La recta r_{AB} i la circumferència C_{AB} admeten equacions amb coeficients en K.

Els punts de la intersecció de dues circumferències diferents amb equacions amb coeficients en K, una recta i una circumferència amb equacions amb coeficients en K o dues rectes diferents amb equacions amb coeficients en K tenen coordenades en K.



Fig. 6: Carl Louis Ferdinand von Lindemann (1852-1939)

Demostració. La recta r_{AB} té equació

$$(b_1 - a_1)(y - a_2) - (b_2 - a_2)(x - a_1) = 0$$

i la circumferència C_{AB} té equació

$$(x - a_1)^2 + (y - a_2)^2 = (b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2$$

amb tots els coeficients en K. La resolució del sistema format per dues equacions d'aquests tipus es fa amb operacions de suma, resta, multiplicació, divisió i arrel quadrada amb els coeficients, per tant, les solucions tenen coordenades en K.

Un problema que ja es plantejaven els grecs és el de la quadratura del cercle: donat un cercle, és possible construir amb regla i compàs un quadrat que tinga la mateixa àrea que el cercle?

Com que O i X tenen coordenades en K, tot punt construïble té coordenades en K. Així:

Teorema 9. El conjunt dels nombres reals construïbles coincideix amb K.

Els nombres que són arrels de polinomis amb coeficients racionals s'anomenen algebriques (o algebraics). Una propietat coneguda dels nombres algebriques, que s'estudia en la teoria d'extensions de cossos, és que un nombre arrel d'un polinomi amb coeficients algebriques és algebriac (vegeu, per exemple). Per tant, de la proposició 8 i el teorema 9, obtenim:

Teorema 10. Tots els nombres construïbles són algebriques.

De fet, es pot comprovar que tot nombre construïble és arrel d'un polinomi irreductible amb coeficients racionals i grau una potència de 2. Açò és fonamental per a demostrar que, per exemple, el problema clàssic de la duplicació del cub amb regla i compàs (és construïble $\sqrt[3]{2}$?) tampoc no admet solució.

Tornem a la quadratura del cercle. Lindemann va demostrar l'any 1882 el resultat següent:

Teorema 11. El nombre π no és algebriac.

En conseqüència:

Teorema 12. El nombre $\sqrt{\pi}$ no és construïble. En particular, la quadratura del cercle no es pot fer amb regla i compàs.

Demostració. Dir que $\sqrt{\pi}$ no és construïble equival a dir que π no és construïble. Pel teorema 10, si π fora construïble, aleshores π seria algebriac, en contra del teorema 11.

Referències

- [1] J. R. Bastida. Field extensions and Galois theory, volum 22 de Encyclopedia of mathematics and its applications. Cambridge Univ. Press, New York, 1984.
- [2] T. W. Hungerford. Algebra, volum 73 de Graduate Texts in Mathematics. Springer-Verlag, New York, 2003. Reimpressió de l'original de 1974.
- [3] F. von Lindemann. Ueber die Zahl π . Math. Ann., 20:213-225, 1882.

La conjectura de **Goldbach**

Un enigma nascut d'una carta

Miguel Ángel Sanchis Lozano

IFIC, Centre Mixt Universitat de València-CSIC

El juny de 1742, el matemàtic prussià **Christian Goldbach** va escriure una carta al seu amic, el gran **Leonhard Euler**, amb una observació aparentment curiosa sobre els nombres primers. Goldbach afirmava que tot nombre enter major que dos podia expressar-se com a suma de tres nombres primers, considerant aleshores l'1 com a primer, tal com era habitual en aquella època. Euler va respondre pocs dies després assenyalant que, en excloure l'1 de la llista de primers, l'afirmació conduïa a una proposició molt més senzilla i elegant: tot nombre parell major que 2 pot escriure's com a suma de dos nombres primers. Aquesta reformulació, coneguda hui com la conjectura forta o binària de Goldbach, és la que ha passat a la història.

La conjectura sembla sorprenentment senzilla d'enunciar i fins i tot de comprovar per als primers nombres parells. Per exemple:

$$4 = 2 + 2$$

$$10 = 3 + 7 = 5 + 5$$

$$28 = 5 + 23 = 11 + 17$$

$$50 = 3 + 47 = 7 + 43 = 13 + 37 = 17 + 23$$

Observem que, a mesura que el nombre parell es fa més gran, augmenta el nombre de representacions possibles com a suma de dos primers. La conjectura afirma que, per a qualsevol nombre parell major que 2, sempre existirà almenys una d'aquestes representacions.

Una forma especialment suggeridora de visualitzar la conjectura de Goldbach és mitjançant l'anomenat cometa de Goldbach (vegeu la figura). Per a cada nombre parell es representa gràficament el nombre de representacions com a suma de dos primers, de manera que les diferents possibilitats de descomposició van dibuixant una estructura que recorda la cua d'un cometa. La figura permet contemplar, d'un colp d'ull, com es distribueixen les representacions dels nombres parells com a suma de primers i com, en general, el seu nombre augmenta a mesura que els nombres són més grans. La conjectura forta de Goldbach afirma que ha d'existir almenys una d'aquestes representacions per a qualsevol nombre parell, per gran que siga. Des d'aquest punt de vista, un contraexemple a la conjectura tindria una interpretació geomètrica molt senzilla: en algun lloc de la figura apareixeria una fila corresponent a un nombre parell completament buida; és a dir, el cometa presentaria de sobte un forat en la seua cua.

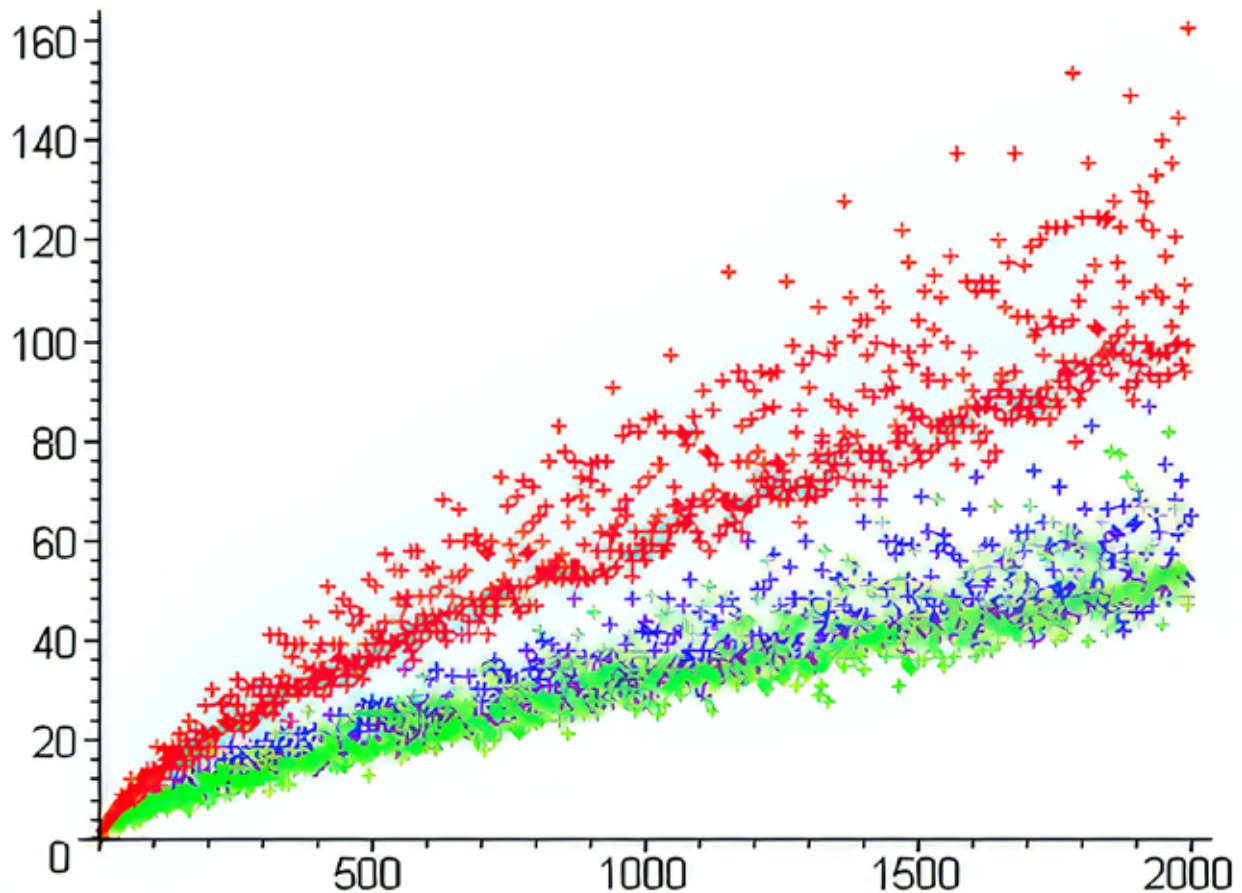


Tanmateix, demostrar que aquesta propietat es compleix per a tots els nombres parells constitueix un dels grans desafiaments de la teoria de nombres. Malgrat quasi tres segles d'esforços, ningú no ha trobat encara una demostració general, però tampoc no s'ha trobat un sol contraexemple.

Durant el segle XX es van obtenir importants avanços parcials. En 1937, el matemàtic rus **Ivan Vinogradov** va demostrar que tot nombre imparell prou gran pot expressar-se com a suma de tres nombres primers. Dècades més tard, en 2013, **Harald Helfgott** va completar la demostració per a tots els nombres imparells majors que 5, resolent així l'anomenada conjectura feble o ternària de Goldbach: tot nombre imparell major que 5 és suma de tres primers.

Pel que fa a la conjectura forta, el progrés també ha sigut notable, encara que insuficient. Gràcies a sofisticades tècniques de teoria analítica de nombres, mètodes de garbell i enormes verificacions computacionals, s'ha comprovat que la conjectura és certa per a tots els nombres parells fins a valors superiors a $4 \cdot 10^{18}$. Es tracta, sens dubte, d'un nombre enorme, però finit!

D'altra banda, resultats com el teorema de **Chen Jingrun**, demostrat en 1973, mostren fins a quin punt la teoria pot acostar-se a la conjectura forta. Chen va demostrar que tot nombre parell prou gran pot expressar-se com



El cometa de Goldbach. Representació gràfica del nombre de representacions de cada nombre parell com a suma de dos nombres primers fins a 2000 (font: Wikipedia). L'estructura resultant dona lloc a la característica forma de cometa. Segons la conjectura de Goldbach, per a cap nombre parell major que 2 el nombre de representacions pot ser zero. Aleshores, el cometa presentaria de sobte un forat en la seua cua. Els diferents colors distingeixen les tres classes aritmètiques dels nombres parells mòdul 6: els punts rojos corresponen als múltiples de 6, els blaus als nombres congruents amb 2 mòdul 6 i els verds als nombres congruents amb 4 mòdul 6. Curiosament, cadascuna d'aquestes classes defineix un cometa específic que ocupa majoritàriament una determinada regió del pla. (domini públic)

la suma d'un nombre primer i d'un altre nombre que és primer o producte de dos primers. Encara que aquest resultat no demostra la conjectura de Goldbach, constitueix un dels resultats parcials més pròxims coneguts a la seua formulació original.

La conjectura de Goldbach il·lustra com poques la diferència entre comprovar i demostrar. Encara que s'hagen verificat quantitats gegantines de nombres i tots els casos coneguts la confirmen, en matemàtiques una afirmació només es converteix en teorema quan es troba una demostració vàlida per a tots els casos possibles. Aquesta recerca d'una prova definitiva ha convertit la conjectura en un dels problemes oberts més cèlebres de les matemàtiques.

Una altra cèlebre conjectura, la conjectura de Polignac, planteja un problema relacionat amb la distribució dels nombres primers. Formulada el 1849 pel matemàtic francès Alphonse de Polignac, afirma que, per a tot nombre parell positiu escrit com $2k$, on k és un nombre enter major que zero, existeixen infinites parelles de nombres primers la diferència dels quals és exactament $2k$. En aquest sentit, les conjectures de Goldbach

i de Polignac poden considerar-se, en certa manera, complementàries: una estudia com es relacionen els primers mitjançant sumes, mentre que l'altra ho fa mitjançant diferències.

El cas $2k=2$ es correspon amb la conjectura dels nombres primers bessons, segons la qual existeixen infinites parelles de primers que difereixen en dues unitats, com les parelles (3, 5), (11, 13) o (17, 19). Altres valors de k donen lloc a altres famílies de primers. Així, per a $k=2$, tenim parelles de primers que difereixen en quatre unitats, com (3, 7) i (13, 17), que s'anomenen nombres primers cosins. Si la diferència és de sis unitats ($k=3$), com en les parelles (5, 11) o (7, 13), s'anomenen nombres primers sexis. La conjectura de Polignac engloba així una família infinita de problemes sobre la distribució dels nombres primers. Encara que s'han aconseguit avanços espectaculars en aquest terreny, la conjectura de Polignac continua oberta.

Les conjectures de Goldbach i de Polignac mostren fins a quin punt qüestions que poden formular-se de manera senzilla, fins i tot en una sola frase, poden amagar alguns dels problemes més profunds de la teoria de nombres i de les matemàtiques en general.

La conjectura dels primers bessons

Marc Noy

Professor emèrit de matemàtiques a la Universitat Politècnica de Catalunya

Recordem que un nombre enter és primer si és més gran que 1 i només pot ser dividit per 1 i per ell mateix. La llista dels nombres primers comença amb 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23 ... És infinita, tal com es prova a la Proposició 20 del llibre IX dels *Elements* d'**Euclides**:

Suposem que només hi ha un nombre finit de primers, siguin aquests $p_1 < p_2 < \dots < p_n$, on $p_1 = 2, p_2 = 3, p_3 = 5 \dots$. Considerem ara el nombre $N = p_1 p_2 \dots p_n + 1$. Si N és primer, llavors clarament és més gran que p_n , el suposat més gran, la qual cosa és una contradicció. Si no ho és, sigui p un divisor primer de N . Llavors p ha de ser un dels primers de la llista i, per tant, divideix el producte $p_1 p_2 \dots p_n = N - 1$. Com p divideix N i $N - 1$ ha de dividir la seva diferència, que és 1. Però això és una contradicció, ja que un primer no pot dividir 1.

Amb una diferència de llenguatge (els grecs ho pensaven tot geomètricament i els nombres eren longituds de segments), aquesta és la mateixa prova que expliquem avui als estudiants de primer any a la universitat i que té més de 2300 anys. Un altre resultat bàsic de l'aritmètica és que tot nombre positiu s'escriu de manera única com a producte de nombres primers. Quan arriben a la universitat, els estudiants pensen que aquest és un fet evident, i queden sorpresos quan aprenen que no és el cas i que cal demostrar-ho. Considerem, per exemple, el producte $2557889963 = 27449 \times 93187$, i suposem que hem comprovat que els dos factors són primers. Qui ens assegura que 2557889963 no es pot escriure com a producte d'altres (dos o més) primers? Doncs la Proposició 30 del llibre VII dels *Elements* d'**Euclides**, que diu que si un primer divideix un producte, llavors divideix algun dels factors. Les matemàtiques es van desenvolupar antigament a Mesopotàmia, Egipte, la Xina, i l'Índia, però el raonament matemàtic tal com l'entenem avui és, sense discussió, obra de la Grècia clàssica, entre el segle VI i III a.n.e.

Aquí parlarem d'un famós problema de nombres primers que encara no està resolt. Un parell de primers són bessons si difereixen en dues unitats, com per exemple (3, 5), (11, 13), (29, 31), (137, 139) o (461, 463). La famosa Conjectura dels Primers Bessons (que abregem com a CPB) diu:

(CPB) *Hi ha un nombre infinit de parells de primers bessons.*

La conjectura és deguda a **Alphonse de Polignac**, un obscur matemàtic francès del segle XIX. De fet, al seu treball de 1849, Polignac va conjecturar encara més: per a tot nombre parell $k > 1$, hi ha infinits parells de primers que difereixen exactament en k unitats. El cas $k = 2$ és la conjectura CPB. La dificultat del problema rau en el fet que els nombres primers es defineixen per una propietat multiplicativa (no tenir divisors propis) i ens interessem per una propietat additiva, que difereixin exactament en dues unitats. El mateix fenomen passa amb la famosa conjectura de Goldbach (que es tracta en un altre article d'aquest volum), segons la qual tot nombre parell més gran que 2 és suma de dos nombres primers.

Recordem que una sèrie infinita de nombres reals positius $a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ és convergent si totes les sumes parcials $a_1 + a_2 + \dots + a_n$ són menors que un nombre fix M ; altrament, la sèrie és divergent. Per exemple $1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + \dots$ (l'anomenada sèrie harmònica) és divergent, mentre que la suma dels inversos dels quadrats $1 + 1/4 + 1/9 + 1/16 + 1/25 + \dots$ és convergent.

Hi ha unes quantes proves de la infinitud dels primers, a més de la d'**Euclides**. Una molt interessant (lligada a la hipòtesi de Riemann, la conjectura més famosa de les matemàtiques) és que la suma $1/2 + 1/3 + 1/5 + 1/7 + 1/11 + \dots$ dels recíprocs dels primers és divergent, ja que si hagués només un nombre finit de primers la sèrie seria una suma finita. En canvi, l'any 1919 el matemàtic noruec Viggo Brun va provar que la suma $(1/3 + 1/5) + (1/5 + 1/7) + (1/11 + 1/13) + \dots$ dels recíprocs dels primers bessons és convergent. No sabem si la suma té infinits termes; aquesta és precisament la conjectura CPB. Tanmateix, que la suma siga finita reflecteix el fet que els primers bessons, encara que finalment n'hi hagi un nombre infinit, són molt escassos entre tots els nombres primers.

Després de 175 anys i d'innombrables esforços, la conjectura CPB resta oberta. Però no fa molt hi va haver un avenç sensacional. **Yitang Zhang** va provar l'any 2013 que hi ha infinits parells de primers bessons tals que la seva diferència és menor que 70 000 000. És un nombre molt gran però era la primera vegada que es provava un resultat d'aquest tipus amb un constant. Poc després, **James Maynard** va simplificar els mètodes de Zhang i va reduir aquesta enorme constant a 600. Al mateix temps, un projecte col·laboratiu liderat per **Terence Tao** la va reduir encara més, fins arribar a 246.



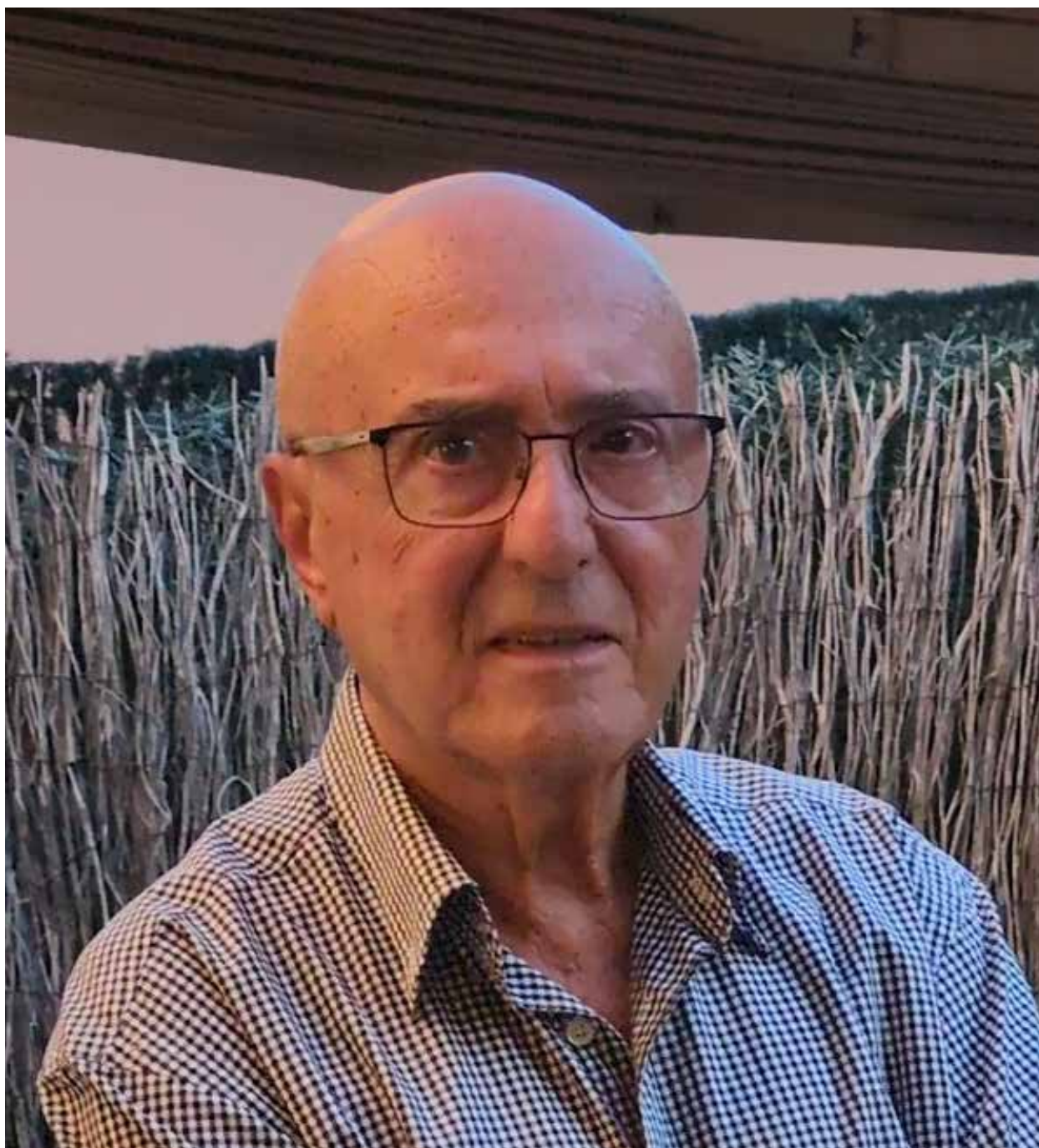
A dalt: a l'esquerra Yitang Zhang, la dreta James Maynard. A baix, Terence Tao a l'actualitat i una imatge de Tao quan tenia 10 anys amb Paul Erdős, un dels grans matemàtics del segle XX. (wikipedia)

El mètode de Zhang és massa complex per intentar explicar-ho i només pot ser entès pels especialistes en teoria analítica de nombres (no és pas el meu cas). En tot cas, direm que es basa en una versió molt refinada del sedàs d'**Eratòstenes** (el mateix que va mesurar la circumferència de la Terra amb una precisió del 98 %, un altre cop la Grècia clàssica!) per obtenir la llista dels primers fins a una certa quantitat N . Primer esborrem els nombres parells entre 2 i N , després els múltiples de 3, que és el primer nombre no esborrat. Després esborrem el següent encara no esborrat, que és el 5, i els seus múltiples, i així fins arribar a N . Al final del procés, al sedàs només queden els primers més petits que N . Zhang utilitza aquesta idea per estimar amb precisió la quantitat de primers dins una progressió aritmètica (una seqüència de nombres de la forma $a, a + d, a + 2d, a + 3d \dots$), un element clau en la seva solució.

Acabarem amb uns comentaris sobre els protagonistes més recents de la nostra història. Yitang Zhang va néixer a la Xina el 1955. Dels 10 als 20 anys, durant la Revolució Cultural, és forçat amb la seua mare a treballar al camp, de manera que no va poder cursar l'ensenyament secundari. Després d'aquest duríssim període, aconsegueix entrar a la Universitat de Pekín, on obté el títol de màster l'any 1984. L'any 1985 obté una beca per anar als Estats Units i es doctora el 1991. Durant

uns quants anys no aconsegueix trobar una plaça acadèmica i malviu amb treballs mal pagats. El 1999 és contractat com a professor a la Universitat de New Hampshire, on treballa en teoria de nombres, desconegut de tothom. L'any 2013 obté el seu resultat trencador i a partir d'aquí se li obren totes les portes. El fan catedràtic l'any següent i després d'uns anys a les millors universitats del país, el 2025 torna a la Xina com a professor a la Universitat **Sun Yat-sen** a Guangzhou (Canton). James Maynard ha tingut una carrera convencional. Nascut el 1987 a Anglaterra, estudia a Cambridge i es doctora a Oxford l'any 2013, universitat on actualment n'és professor. Cal remarcar que el seu resultat sobre els primers bessons el va obtenir mentre feia el doctorat. Després d'una progressió fulgurant, el 2022 guanya la medalla Fields (la màxima distinció en matemàtiques, que es concedeix cada quatre anys a matemàtics menors de 40 anys) per "avanços fonamentals en la comprensió de l'estructura dels nombres primers".

Terence Tao és considerat per molts com el més gran matemàtic de l'actualitat. Nascut a Austràlia l'any 1976, va ser un nen prodigi en matemàtiques. Professor a la Universitat de Califòrnia a Los Angeles, va rebre la medalla Fields el 2006, entre altres motius per demostrar amb **Ben Green** (Oxford) que la sèrie dels nombres primers conté progressions aritmètiques arbitràriament llargues.



José Espí López, Pepe Espí, ha sigut Catedràtic d'Electrònica de la Universitat de València, lloc on ha treballat com a docent i investigador 45 anys, sempre amb dedicació exclusiva. Ha exercit com a director del departament d'Informàtica i Electrònica i també director en funcions de l'Institut de Robòtica i degà de la Facultat de Física els anys 80. Ara, una vegada jubilat passa llargues temporades a Xàbia.

Miguel Ángel Sanchis,
per a DAUALDEU

Comencem pels records que conserves de la teua infantesa. Hi ha alguna experiència o persona que, vista amb perspectiva, cregues que va influir especialment en la teua trajectòria posterior?

Aquesta pregunta és molt important per una qüestió, i és que quan eres xicotet estàs en una família que t'influeix moltíssim per les coses, la mentalitat ... la meua és una família de lletres: periodistes, mestres, advocats... i, per tant, jo hauria de ser un home de lletres també. Però sempre, des de menut vaig estar interessat per la ciència. Hi ha un llibre famós de **José Comas Solà**, Astronomia, que crec que va estar publicat, fa moltíssims anys, a l'època de la República. Jo era molt xicotet i recorde que estava sempre llegint-lo i mirant les imatges.

També influí que el marit de la germana de ma mare era enginyer de telecomunicació. Aquella persona es va adonar de la meua vocació científica. Recorde que quan estava fent el batxillerat ja tenia inclinació cap a l'electrònica i la química. Un dia, a finals de curs, devia ser l'any 1955 o 1957, el meu tio em va dir: "Escolta, aquest estiu te'n vens al meu taller." I és que mon tio tenia una empresa, Crame es deia, no sé si encara existeix, que es dedicava al manteniment i reparació de sistemes electrònics dels vaixells que arribaven al port de València. Aquell estiu vaig passar molts dies, pel matí i la vesprada, treballant junt als empleats. Va ser una experiència meravellosa perquè vaig aprendre moltes coses d'electricitat i d'electrònica. Entre altres vaig fer una emissora de ràdio. Amb açò vaig adquirir un coneixement fantàstic d'electrònica pràctica, de fer coses, amb vàlvules electròniques, que era allò que s'estilava.

On vas estudiar el batxillerat?

Ma mare em va posar en una acadèmia, l'Acadèmia Sempere, que potser no la coneix ningú, on mestres i professors eren represaliats del franquisme.

Quan vaig acabar el batxillerat, vaig passar a l'Institut Lluís Vives per fer el Preuniversitari o PREU, que posteriorment seria COU. Allí em vaig trobar amb companys fantàstics, intel·ligents, i professors molt bons. Eixa va ser la meua formació abans d'ingressar a la universitat.

Quan decidires estudiar la llicenciatura de Física? Què et va atraure?

Això té una resposta històrica. Jo sempre havia tingut en ment la idea de fer químiques; era una matèria que m'encantava. A casa dels meus pares tenia un laboratori de química i em gastava els pocs diners que em donava mon pare cada setmana, per a comprar material de laboratori: matrassos, tubs d'assaig, metxero Bunsen, etc., amb què feia experiments. En

més d'una ocasió les coses no van acabar bé. Un dia quasi acabe ofegat perquè mentre intentava obtenir brom es va formar un gas roig que em va sufocar. De tota manera la cosa no va passar d'ací.

Sent això així, com és que vares estudiar Física?

Com he dit, la meua vocació era estudiar química. Això no era només perquè m'agradara sinó també perquè en la Facultat de ciències de València sols es podia estudiar aquesta matèria. En aquell moment no hi havia una altra opció i t'havies de desplaçar a Madrid.

Un es matriculava en primer, que era un curs selectiu, on s'estudiava matemàtiques, física, química, geologia i biologia. Cinc assignatures que havies d'aprovar entre juny i setembre. El que no tenia nassos per fer-ho, havia d'abandonar els estudis. Jo vaig aprovar-ho tot al juny i li vaig plantejar a mon pare que me'n volia anar a França.

Mon pare es va oposar en un principi, segurament per por que abandonara els estudis, però finalment accedí al viatge. Amb una motxilla a l'esquena i amb autostop, que era com en aquella època es desplaçava la gent jove que no tenia pasta, me'n vaig anar a França. Allí vaig passar un estiu molt feliç perquè en aquella època, a Espanya, no es podia parlar de res lliurement.

Tot molt fantàstic, però als quatre dies ja no tenia un duro. I vaig pensar, ara què faig? Me'n vaig anar a Avignon a una caseta que tenien uns amics de mon pare. Allí vaig treballar d'il·legal a la verema, per a tindre unes perres i poder menjar. La jornada de treball era de vuit hores, quatre de matí i quatre a la vesprada.

Un dia, una de les propietàries de la finca se m'acosta i em diu que mon pare està al telèfon i que vol parlar amb mi. Era una conferència des de València. Tot espantat per si havia passat alguna desgràcia, agafe el telèfon i sent que món pare em diu que "han ficat, a la facultat de Ciències, la carrera de física. De manera que ara es pot fer química i física. T'ho dic per si t'interessa". "Què si m'interessa? Clar que m'interessa! Apunta'm a física", li vaig dir.

Com vares viure els anys d'estudiant a la universitat, en els últims anys del franquisme?

Una persona molt important per a mi va ser Don Fernando Senent, qui va ser com un pare dins la universitat. Era una persona que explicava molt bé i atenia a tots els alumnes. Recorde que en cinquè vaig tenir un problema greu i vaig recórrer a ell. Una vegada analitzada la situació, em va dir: "Si a vostè li agrada la platja, se'n va a la platja, es fica cara a la mar i amb tranquil·litat pensa en la situació" i ho vaig fer. A més, ara que ja soc més vell que la boneta, quan tinc un problema, m'encare al mar i pense. I és que, escolteu, una altra cosa que la mar té al fons, una cosa molt important, molt científica, és l'horitzó.

Maximino [Rodríguez Vidal] fou el professor

que més influí en mi en l'etapa d'estudiant i és que em va donar classe els cinc cursos de la llicenciatura: Física general en primer, Equacions diferencials en segon, Electricitat en tercer, Electromagnetisme en quart i Electrònica en cinquè. S'ha de tindre molta capacitat per estar donant el que siga, cinc anys seguits.

En l'etapa d'estudiant m'agradava la Física teòrica; volia estudiar Relativitat General. I això perquè en segon curs havia entropessat amb el llibre Càlcul tensorial de **Lichnerowicz**, una matèria que no tocava estudiar, però que em va agradar molt. Era un llibret xicotet, però estava tres hores per a estudiar una pàgina. Al final del llibre hi havia unes nocions de Relativitat General i allò em va entusiasmar.

Durant l'època d'estudiant, la meua il·lusió fou anar-me'n a París a fer Relativitat General amb el Lichnerowicz. És per això que vaig parlar amb **Eliseo Borrás**, una persona molt coneguda que feia relativitat general a París i que estava junt a **Ramon Lapiedra**, a qui hem perdut fa uns mesos. Eliseo es va oferir a contactar amb Ramon per tal de veure si ell podia fer alguna cosa al respecte. Ramon em va recomanar alguns llibres, llibres que vaig començar a estudiar.

En aquell moment tenia novia i li vaig plantejar la possibilitat d'anar-me'n a París, però a ella no li féu massa gràcia, cosa que em va llevar un poc la il·lusió. És així que abandoní la idea de París. Llavors em preguntí, què faig? Soc físic, i en aquell temps, en els anys 66 o 67, quina faena tenien els físics a Espanya? Eren físics teòrics que havien estudiat Mecànica quàntica, matemàtiques per a la física, i coses per l'estil, no hi havia pràctica. És així que decidí donar classes particulars, sobretot perquè m'agradava la docència i també perquè ja n'havia donat en l'època d'estudiant.

La faena m'agradava però no em veia donant classes tota la vida. És així que vaig parlar amb **Senent**, per si ell em podia orientar. Només plantejar-li els meus dubtes, Don Fernando em va dir: "Espí, vostè ha arribat en el moment oportú". "Vaig a presentar-li a Don José **Luis Lloret Sebastián**, un catedràtic valencià que ha vingut de Salamanca i que no té ningú que l'ajude".

De seguida vàrem anar al laboratori i allí estava Lloret tot ben assegut i que ni es va alçar a saludar-me. Ràpidament, Don Fernando li dar dir "José Luis, et presente a Espí que és un xic molt *tirao palante*", "Ah sí? I vostè podria donar classe d'Electrònica?" em va preguntar. "Segur" i vaig afegir, "és una matèria que m'agrada molt i que en sé". "D'acord, molt bé" va dir Lloret, "Vinga demà pel matí i li donaré uns llibres perquè els estudeie, però estudeie'ls ràpid perquè estem a finals de setembre i en octubre comencen les classes. Està vostè contractat". El catedràtic era el mandarí en aquell temps; podia contractar sense més ni més i també et podia despatxar, tenia un laboratori, etc.

La classe que anava a donar era per a alumnes de cinquè de carrera. Li vaig dir a Lloret: "M'encarregue de tot: de teoria, de problemes, de pràctiques de laboratori, d'exàmens, de tot, i vull tindre plena llibertat per a fer allò que em done la gana" I ell assentí: "Sí, sí, vostè s'encarrega de tot". Vaig pensar que havia tornat a França, de nou tenia llibertat total.

La meua classe va ser una transició suau però rigorosa des de l'electromagnetisme a l'electrònica que jo havia après en el taller de mon tio. Açò és una cosa molt difícil: vaig haver de calfar-me el cap perquè no podia començar l'electrònica pràctica amb alumnes que havien estudiat des de primer una física teòrica total.

I com va anar la cosa?

Quan va acabar el curs li vaig plantejar a Lloret que necessitava una altra assignatura perquè allò que calia explicar no cabia en una; calia una Electrònica 2. Lloret estigué d'acord. És més, en un moment donat, Lloret em va plantejar d'implantar una especialitat d'electrònica dins la carrera de físiques. "Home, això seria fantàstic", li vaig contestar. "Doncs encarregue's de muntar una especialitat d'electrònica". De nou tornava a viure la llibertat de França; era la persona més feliç de València.

Això suposava més hores de treball per a mi i que calia contractar més gent. "Diga'm vostè", em va plantejar Lloret, "Quin alumne tenim que puga ser professor?" **Marcelino Vicens Lorente**, a qui li havia donat matrícula, li vaig contestar. "Doncs parle amb ell i al departament".

S'ha de dir que el salari era una misèria, 1842 pts al mes. Sé que era molt poc però ho hauria fet, fins i tot, debades. Era tanta la meua il·lusió que ho haguera fet sense cobrar.

Com visqueres la transició, el pas dels antics professors teus, com Lloret o Senent, a companys?

Érem amics, tant quan érem alumnes com quan érem professors. A Senent li parlava com si fora mon pare. Don Fernando era un home afectuós i optimista, també era una persona de dretes, mentre que jo era d'esquerres, però ens portàvem molt bé.

Després em vaig fer amic de Don Lorenzo Ferrer. Lorenzo era una persona espavilada i també molt intel·ligent i llesta (quan manava Franco ell era també un poc dictador i després ...). Era un personatge singular, per exemple, els alumnes li havien d'esborrar la pissarra. Un dia li va abonegar un alumne només perquè en esborrar la pissarra havia alçat pols. A mi em va nomenar el seu secretari i havia de prendre notes d'allò que s'havia donat en la classe. Un dia, supose que em vaig equivocar en alguna cosa i em va soltar un esbroncament de mil dimonis, cosa que em va deixar fet pols.

El moment polític important de la universitat no es va produir no en l'època estudiant, sinó quan era professor de la facultat.



Última classe del professor José Espí, 2012. (Foto de J. E.)

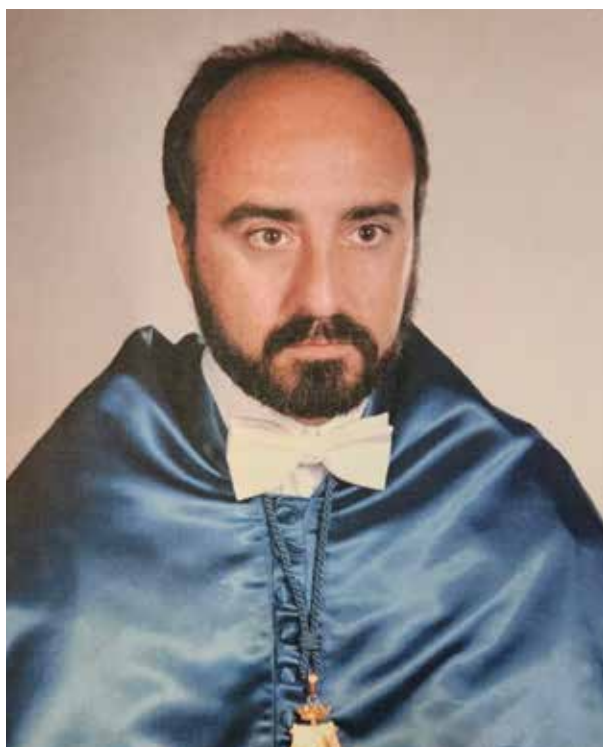
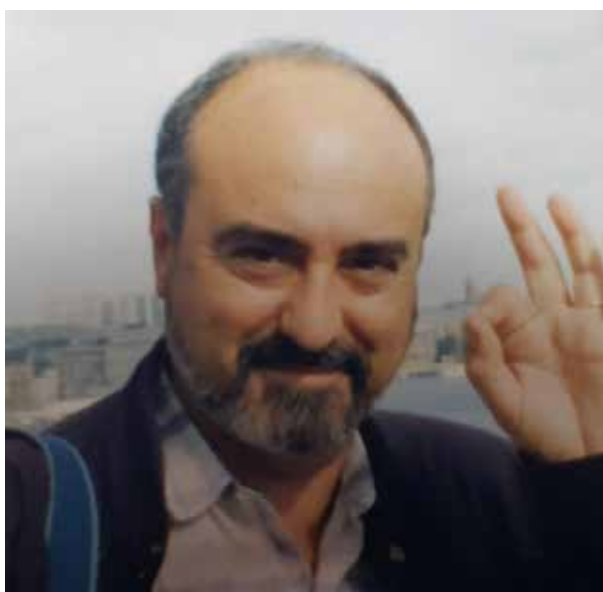


Foto oficial de José Espí com a Degà de la Facultat de Física, 1981 (Foto de J. E.)



Les imatges Espí-c1 a Espí-c5: José Luis Espí en l'actualitat (Foto de J. E.)

Tots els meus alumnes han sigut molt bona gent. Els primers són Marcelino Vicens, Fernando Mugarra i Miguel Muñoz Juan. Amb aquests posàrem en marxa l'especialitat d'electrònica

Una cosa interessant que vàrem aconseguir és que els alumnes anaren a treballar a les empreses. En això nosaltres fórem els primers. Fins i tot vàrem crear unes beques per al treball en empreses. Amb açò es facilitava la contractació a les empreses.

Sempre he pensat que Pelechano va morir del cor pel seu treball tan bestial a favor de l'edifici d'enginyeries. Jo em vaig fer a un costat



(Foto de M.A. Sanchis)

Quins records tens de la teua etapa com a professor? Quins han sigut els teus millors alumnes?

Tots els meus alumnes han sigut molt bona gent. Els primers són Marcelino Vicens, **Fernando Mugarra** i **Miguel Muñoz Juan**. Amb aquests posarem en marxa l'especialitat d'electrònica. Tots tres entraren a dit. Després, amb el temps, quan tot estava més ben arreglat, per a entrar en el departament com a professor contractat s'havia de fer gairebé una oposició en la que es tenien en compte els mèrits. Al principi va ser tot a dit, entre altres raons per la rapidesa en implantar l'especialitat, encara que sempre vaig contractar als que considerava millors, la gent més il·lusionada en l'electrònica.

I què ens pots contar sobre la implantació de l'enginyeria electrònica en la Universitat de València?

No em vull allargar massa, però va arribar un moment, crec que va ser quan es posà en marxa la LRU [Llei de Reforma Universitària], que se'ns va presentar l'oportunitat de demanar estudis d'enginyeria a la Universitat de València. Això que s'estava fent en aquell moment, no et diré que fora il·legal, però sí una mica extraoficial perquè, és clar, la titulació dels físics que feien electrònica era Física, encara que per costum es deien físics electrònics. Eren Físics en l'especialitat d'electrònica.

Una cosa interessant que vàrem aconseguir és que els alumnes anaren a treballar a les empreses. En això nosaltres fórem els primers. Fins i tot vàrem crear unes beques per al treball en empreses. Amb açò es facilitava la contractació a les empreses.

Quan es va presentar l'ocasió de demanar enginyeries, la primera cosa que vaig fer fou parlar amb el professor **Joan Pelechano**, que era un dels que jo havia ficat de calbot en el departament. Pelechano era una persona molt treballadora. Un dia em va dir: "Escolta, puc fer el que em dona la gana, puc parlar amb les empreses, puc ...?" i li vaig contestar: "Pots fer el que el vulgues, absolutament tot". Mentre li ho deia recordava a Lloret.

Un dia li dic a Pelechano: "Anem a demanar l'enginyeria electrònica però anem a fer-ho bé". "No, no, no, hem de demanar l'enginyeria informàtica" em diu Pelechano. "Informàtica, ni pensar-ho" li vaig contestar. I així vam estar durant una estona. Finalment, li dic, "tranquil, Joan, tranquil, que no anem a barallar-nos. El que farem serà que tu demanaràs enginyeria informàtica i jo demanaré l'enginyeria electrònica. I a veure qui arriba primer a la meta".

Pelechano va eixir de la reunió com un coet. "A treballar, a treballar, no a demanar regals, no, a treballar" deia ell. I és que hi havia un munt de papers a fer, però sobretot s'havia de convèncer el rector.

La primera cosa que vaig fer va ser parlar amb Ramon Lapiedra, qui era rector en aquell moment. Quan li dic "Mira, Ramon, que anem

a ficar enginyeries a la Universitat de València" en contesta: "Què dius? Això és una cosa del Politècnic". "Escolta", li vaig contestar, "no es pot ficar un parapet a l'expansió de la cultura i de l'ensenyament. Al Politècnic tenen coses com el conservatori, belles arts i coses per l'estil. Nosaltres tenim Medicina, en una universitat literària tenim medicina que és ciència, i podem tenir també enginyeries". Al final, Ramon em va deixar per impossible: "Mira, Pepe, fes el que vulgues. Tu presenta els papers i ja veurem". Vam presentar els papers, Pelechano també. I un dia vam trobar que existien l'enginyeria electrònica i l'enginyeria informàtica a la universitat de València.

En el rectorat ens van posar una traveta perquè l'enginyeria electrònica la van ficar com un segon cicle. Els vaig dir "Però què feu? Has anat en una carrera que té els dos anys últims. No tindrem alumnes", "Sí", ens digueren en el rectorat, "t'apanyes, i no ens pots demanar diners, perquè la universitat no té diners".

I com us ho vàreu fer?

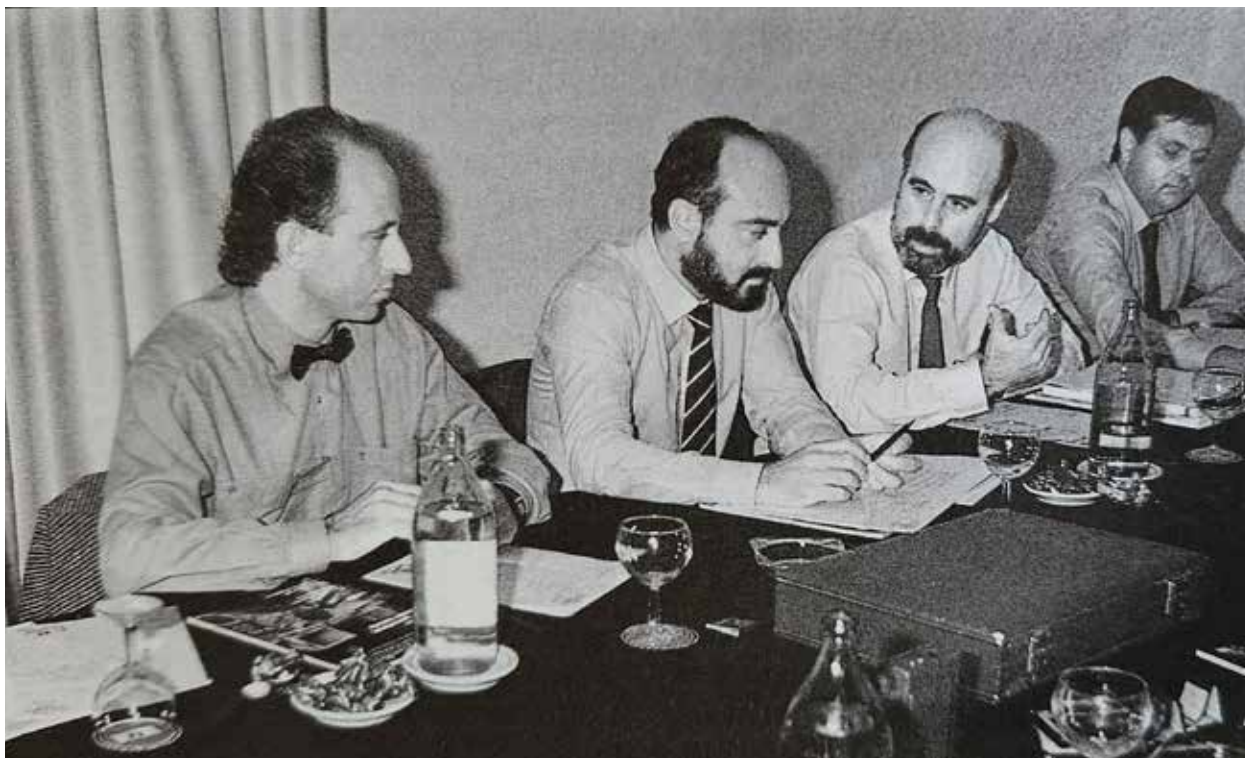
Sabeu de què es va nodrir l'enginyeria de segon cicle de la Universitat de València? D'enginyers del Politècnic. Per què açò? Perquè en el Politècnic podies ser enginyer tècnic, els que es deien perits, però enginyer superior tenia més prestigi que no aquella. És així que els enginyers tècnics varen vindre a la nostra titulació de segon cicle, perquè amb dos anys d'estudis aprovats obtenien el títol d'enginyer superior. Finalment, després de donar molt la murga, ens van posar l'enginyeria tècnica. Per cert, també ens concediren l'enginyeria informàtica.

Supose que la implantació anà acompanyada de molts problemes.

Sí. El problema més important fou la falta de professors. Una lluita terrible, la demanda de professors. I és que més assignatures suposava més hores de classe i més professors. Un altre problema va ser l'espai. Al principi estàvem amb quatre professors per despatx, però això no podia ser. Total que arriba un moment en què no cabíem en cap lloc. És llavors quan es féu l'edifici de les enginyeries.

Ací es va posar Pelechano a tope. Sempre he pensat que Pelechano va morir del cor pel seu treball tan bestial a favor de l'edifici d'enginyeries. Jo em vaig fer a un costat: em vaig dir, he posat en marxa l'enginyeria electrònica, però l'edifici és una altra cosa; val una barbaritat de diners i ja em trobe un poc major per a aquesta tasca: no puc ficar-me ací. Va ser Pelechano qui va estar ahí a tota hora. Al final, l'any 2011, es va inaugurar l'edifici. Això va ser una cosa que no la puc explicar; va ser molt emocionant.

Finalment, després de parlar amb Lloret de la mà de Fernando Senent, i després de 45 anys ens vam trobar amb un edifici d'enginyeries. Hem treballat tots de valent; ens hem deixat la vida. És una cosa tremenda, no? Ara estic



Presentació del projecte Eurolaser, EU180, 1984. D'esquerra a dreta: Miguel Mairena, José Espí, Luís Doménech i Salvador Presso

orgullós i crec que la meua vida ha sigut molt profitosa. A més, vaig tindre l'oportunitat de donar l'últim curs de la meua carrera, de la meua vida professional, a l'escola d'enginyeria. Això va ser un plaer enorme, va ser magnífic. És una història molt bonica.

Si passem a un terreny menys personal, pots parlar de la transformació que ha sofert l'electrònica des de que tu començares a parlar de les vàlvules i tot allò, fins el dia de hui?

Bé, ja pots imaginar que el primer any que vaig donar classe, vaig explicar el tríode, el pentode, el díode rectificador... Però a l'any següent, vaig començar a explicar el transistor. El transistor en aquella època era una cosa molt diferent a l'actual. I van passar els anys i van arribar els circuits integrats. El famós 741, que era un amplificador integrat, amb el qual es podien fer coses fantàstiques, una coseta xicoteta, que tenia 20 transistors introduïts. Això va ser la gran revolució de l'electrònica: la miniaturització.

Mirem un telèfon mòbil. Això és un miracle de la tecnologia, és sensacional. La gent no ho sap. La gent es compra un mòbil... i no sap el que hi ha a dins, ni tampoc la història que té tot això, però és fantàstic.

I tu, al llarg de la vida, has anat adaptant-te als canvis que hi ha hagut en el camp de l'electrònica?

Jo sempre he hagut d'estudiar en llibres en anglès perquè en castellà no n'hi havia. Quan havia d'explicar una assignatura nova el que feia era agafar un llibre que arplegava arti-

cles de congressos i em posava al dia sobre allò que havia d'explicar en classe. Això em suposava un gran treball però permetia que estiguera al dia. I això els alumnes ho notaven. He rebut moltes cartes d'alumnes agraït-me les classes i assenyalant-me que jo m'ho passava molt bé en les classes. Ells, també em deien que s'ho passaven molt bé amb mi. Els tractava com a amics. Els alumnes eren per a mi els meus amics. Sovint ens anàvem al Palmar de paella.

Parlem de la teua etapa com a jubilat, després de 45 anys de dedicació a la universitat, pel que sé, segueixes i has estat molt actiu en molts àmbits. Per exemple, escrivint llibres. No necessàriament científics.

Quan em vaig jubilar vaig pensar, "Ara què faré? A què em dedicaré?" Com que l'escriptura no se'm dona mal vaig decidir que escriuria tots els dies. La primera cosa va ser un llibre de memòries. En aquells dies vaig coincidir amb l'amic i alumne, Vicente Docavo Lobo, un empresari actiu i molt intel·ligent. Quan s'assabentà que estava escrivint em va dir que tenia una impremta xicoteta i que anava a publicar les memòries. La publicació fou un èxit, sobretot per la gran quantitat d'amics que varen acudir a la presentació.

Aleshores, vaig prendre-li afició a escriure i vaig trobar que m'encanta escriure. Tinc un munt de novel·les de misteri, de crims... totes tenen un toc d'humor. Normalment, totes les meves novel·les acaben bé. Una novel·la en què mor el protagonista és una desgràcia que sol originar una depressió i cal evitar-ho.

Les carreres armamentístiques *versus* les demandes de la comunitat científica

Daniel Gil Pérez

Universitat de València

La necessitat d'armar-se, d'incrementar significativament els pressupostos militars, és veu avui reforçada per la preocupant deriva d'alguns països i forces polítiques cap a l'unilateralisme i a l'aplicació de la força per damunt del dret internacional. Però entra en conflicte amb altres necessitats pressupostàries urgents, justificades científicament, com molt particularment, mitigar la greu crisi climàtica i fer front a la creixent degradació socioambiental. Això genera debats que mereixen una reflexió serena.

Com punt de partença, podem reconèixer que amples sectors de l'espectre polític consideren que un país no pot ignorar la prioritat de la defensa, si vol mantindre independència, seguretat i influència en geopolítica. El que estem veient ana com ara —expliquen els defensors de la necessitat de majors esforços armamentistes— és que els països que poden decidir sobre l'accés a recursos fonamentals o, fins i tot, sobre si una guerra té lloc o no, són països amb exercits poderosos. Estem d'acord —raonen— que en un món ideal no hauria de ser així. Però, afegeixen: fins i tot si hi haguera bona voluntat, un desarmament universal és una utopia irrealitzable.

Renunciar al bel·licisme és una utopia?

Els arguments utilitzats per justificar la inevitabilitat de les polítiques de defensa, i la necessitat permanent de rearmar-se, semblen convincents: el que coneixem del comportament dels països, tant al llarg de la història com en el moment actual, és la voluntat de tindre poder per garantir la pròpia seguretat i, sovint, per aconseguir recursos que es consideren vitals. Això ha generat i continua generant conflictes d'interessos i confrontacions militars. Aquest és l'origen de les carreres armamentistes, practicades per tots els estats. Un comportament secular ja denunciat per **Emmanuel Kant**, a finals del segle XVIII, en el seu assaig *La pau perpètua*: "Els diferents estats s'entesten a superar-se els uns als altres en armaments, augmentant-los sense pausa".

Però, com mostra tota l'experiència històrica, aquests esforços armamentistes, no sols no han aconseguit mai la seguretat ni han evitat les guerres, sinó que han provocat un continu augment del poder destructiu de les conflagracions. Fins i tot durant els períodes sense guerra, la dedicació de recursos a "la defensa" té un impacte molt negatiu en les

societats, en la mesura que no sols es deixa d'atendre altres necessitats de la ciutadania (salut, educació, cultura...), sinó que impedeix abordar la solució dels greus problemes planetaris de degradació ambiental i social, que exigeixen també elevats pressupostos. Hem de preguntar-nos, doncs, si té sentit continuar armant-nos, oblidant-nos d'aquests problemes, en comptes de crear les condicions per aplicar les mesures correctores necessàries i encara possibles.

És clar que no hi ha cap solució màgica, de fàcil aplicació, però intentarem mostrar que la mateixa evolució de les societats humanes ens mostra un possible camí.

Una possibilitat de supervivència

Si ens remuntem als orígens de la nostra espècie, està ben establert que, com ens expliquen els paleontòlegs, som una espècie territorial, que ha viscut, durant mil·lennis d'evolució, formant grups reduïts de recol·lectors-caçadors, obligats a utilitzar la violència contra altres animals i altres grups de la pròpia espècie per sobreviure, és a dir, per poder alimentar-se i protegir-se. Però, la conveniència de cooperar diversos grups per a tasques difícils, com la cacera de mamuts i d'altres grans mamífers, començà a donar lloc a la cooperació i, en definitiva, a la formació de grups més amplis; tendència que s'afermà amb el sedentarisme agrícola i subsegüent evolució sociocultural. Això ha fet que les petites agrupacions inicials d'uns 30 a 50 éssers humans, hagen evolucionat fins als milions de ciutadans dels estats actuals. Aquestes unificacions fan disminuir dràsticament la violència al si de les noves agrupacions més amples, en dotar-se aquestes d'institucions comunes per la resolució de conflictes, amb poder per a evitar la transgressió de les normes acordades.

Aquest podria ser, doncs, un camí per a fer superar les confrontacions entre estats: treballar per prosseguir el procés històric de convergència social i política, creant una institució mundial per tal de resoldre els problemes comuns, amb capacitat per a prevenir i fer front a les possibles transgressions (una idea també proposada per Kant en "La pau perpètua").

La creació l'any 1945, en finalitzar la segona guerra mundial, de l'Organització de Nacions Unides, ONU, fou una important passa en aquesta direcció, declarant prohibides les

guerres. Malauradament, però, fou una passa insuficient, perquè l'ONU no fou dotada de capacitat coercitiva per fer complir els acords i evitar els comportaments transgressors, entre altres raons per l'existència d'un dret de veto dels cinc membres permanents (els països guanyadors de la contesa mundial), autoritzats a bloquejar les resolucions que s'hi oposen als seus interessos.

Caldria corregir les deficiències de l'ONU, avançant cap a unes Nacions Unides plenament democràtiques i dotades de poder coercitiu, en comptes de seguir apostant per les carreres armamentistes que ens condueixen, com mostren estudis ben fonamentats, envers un col·lapse mundial.

Fàcil? En absolut, per descomptat. Però no és una utopia irrealitzable: no es tracta de confiar que tots els països accepten voluntàriament la desmilitarització i deixar de ser agressors; es tracta de convertir l'ONU en una institució supraestatal, dotada d'un dret realment universal (sense vetos), a la qual s'incorporen els estats i federacions d'estats, decidits a cooperar en la resolució dels problemes planetaris i a posar les seues forces de defensa sota l'autoritat comuna, per constituir un poderós instrument de dissuasió, d'interposició en els conflictes i d'actuació davant possibles agressions.

Insistim: no és un canvi utòpic. Lo veritablement utòpic és pensar que pot continuar indefinidament la situació actual d'estats que cerquen la seua seguretat i benestar propi, en contraposició econòmica, tecnològica i militar amb els altres, impeding així l'urgent tractament dels greus problemes que afecten el conjunt de la humanitat.

Atés que la profunda transformació que es necessària exigirà un procés llarg de negociacions per a assolir tota mena d'acords i poder aplicar les mesures acordades, es planteja una pregunta clau: com començar? Més concretament, com eixir al pas de les actuals vulneracions del dret internacional per potències decidides a aplicar unilateralment la seua voluntat, basant-se en la seua superioritat militar?

Què es pot fer front als actuals comportaments agressius i depredadors

Una cosa sembla clara: l'opció d'armar-se més, per "mantindre independència, seguretat i influència en geopolítica" és realment ingènua. Les potències transgressores no esperaran passivament que d'altres els donen abast en potència militar, sinó que continuaran enfortint-se, amb un clar avantatge inicial. I mentrestant, continuarà la degradació socioambiental, a la qual cal fer front amb urgència. És necessari, per contra, apostar per la via que **José Luis Rodríguez Zapatero** anomena La solució pacífica en el llibre del mateix títol: "La pau preventiva naix de la diplomàcia, del diàleg permanent i d'un cabal d'idees fermes i de veus contínues. En el camí de l'acció conjunta,

hem de reivindicar aquest diàleg, la solució pacífica, com instrument fonamental de la política. (...) Si volem la pau, fem la pau".

I per contribuir a fer la pau, Rodríguez Zapatero proposa un temps de *peacemakers* (constructors de pau). "La Unió Europea hauria de promoure i invertir poderosament en aquest gran exercit de professionals de la pau, de mediadors amb els quals promoure i normalitzar polítiques per a la resolució pacífica dels conflictes". Però no sols la Unió Europea, el món sencer necessita aquesta multitud de professionals de la pau. I el que encara és més important: és necessiten molts milions de ciutadanes i ciutadans promotors de la pau, capaços de cridar No a la guerra, de rebutjar els discursos xenòfobs i bel·licistes, i d'exigir justificadament l'urgent tractament dels problemes socioambientals que amenacen els equilibris de la biosfera i la supervivència de l'espècie humana.

És obvi que els partidaris de l'unilateralisme no seran fàcilment convençuts per a abandonar immediatament l'ús de la força. Caldren esforços continuats per anar incorporant en un front comú als defensors d'unes Nacions Unides amb capacitat de garantir la pau. És el que proposa l'Alt Comissionat de l'ONU pels Drets Humans, **Volker Türk**, quan afirma "La guerra és un desert per els drets humans, literalment, i també ho és per a les persones que la pateixen. No hem de tornar a la violència com principi organitzador"; i acaba amb una crida esperançada per a forjar una Aliança Global pels Drets Humans. Els constructors de pau haurien de contribuir a la formació d'aquesta Aliança, a la qual podrien sumar-se ja molts dels membres de Nacions Unides, decidits a fer valdre la seua força conjunta per a evitar l'unilateralisme depredador.

Serà un procés llarg, amb avenços i retrocessos, de resultats no garantits. Però, l'important és saber cap on volem anar. L'objectiu no pot ser convertir-nos en noves grans potències militars, per competir amb les ja existents. Els esforços i els recursos han d'estar dirigits -com demana fonamentadament la comunitat científica- a fer front amb urgència al conjunt de greus problemes als quals s'encara avui tota la humanitat: la crisi climàtica, la contaminació plural de terres, aigües i aire, la degradació de tots els ecosistemes, l'accelerada pèrdua de diversitat biològica i cultural, la pobresa extrema de milions d'éssers humans...

Són problemes estretament vinculats, que es potencien mútuament i que exigeixen un tractament conjunt d'abast planetari, en defensa de tots els drets humans, inclòs el dret a un ambient saludable. Ningun país o conjunt limitat de països no pot donar-los solució aïlladament: es necessàrai la cooperació de tots els pobles del planeta. I això exigeix la pau -i subsegüent desmilitarització- com prerequisits.

Quant va contribuir l'actual canvi climàtic en la **DANA del 29 d'octubre**?

José María Baldasano

Catedràtic emèrit de la UPC. Premi Rei Jaume I de Medi Ambient 1997

Es presenta una anàlisi de diferents estudis que analitzen com va influir l'actual canvi climàtic en la DANA que va assolir la província de València i altres zones del sud-est d'Espanya el 29 d'octubre de 2024 i que va provocar un esdeveniment meteorològic, hidrològic i social extrem amb caràcter de catàstrofe que va deixar més de 230 víctimes mortals.

L'àrea de València ha patit, al llarg de la història, nombroses riuades. La València romana ja va tenir desbordaments. En els registres dels 636 anys transcorreguts des de 1321 fins a 1957 mitjançant els manuals de Consells, s'han comptabilitzat un total de 25 episodis de riuades, que registren 22 desbordaments del Túria, 11 crescudes i 15 notícies d'inundació. Les inundacions no són esdeveniments estranys, sinó fenòmens recurrents en aquesta zona.

Què significa DANA? Depressió aïllada en nivells alts. Implica una configuració atmosfèrica que afavoreix pluges intenses a les regions mediterrànies de l'est peninsular. Es refereix a una massa d'aire fred a nivells alts de l'atmosfera que s'aïlla dels corrents en jet polars i gira en sentit contrari a les agulles del rellotge, que en xocar amb l'aire càlid i humit del Mediterrani genera tempestes intenses. Es tracta d'una borrasca separada de nivells alts, que equival al terme anglès *cut-off flow*, i que a Alemanya es va adoptar el de *kaltlufttropfen*, traduït com a 'gota d'aire fred', cosa que va donar lloc al terme gota freda. L'AEMET va considerar que el terme DANA s'ajustava millor a una descripció del que era una gota freda.

La regió del llevant mediterrani peninsular va experimentar el 29 d'octubre de 2024 un esdeveniment de precipitació extrema centrat a la regió de València, induït per una DANA quasiestacionària, que va produir precipitacions rècord, inundacions sobtades amb cabals extrems amb un període de retorn superior a 500 anys. La DANA va generar una columna d'humitat similar a un riu atmosfèric que va actuar de motor, mentre que la humitat addicional pel càlid mar Mediterrani va actuar de combustible. La interacció amb l'orografia regional va crear un entorn altament inestable, que va afavorir una convecció profunda i intensa de precipitacions locals i una major quantitat de pluja (més de 600 i 700 litres per metre quadrat en alguns punts). No va caure a la costa, sinó a les capçaleres i trams mitjans de rius habitualment secs. Aquest

esdeveniment havia estat previst i avisat prèviament de la gravetat potencial per part de l'AEMET, i també pel sistema europeu d'alerta d'inundacions EFAS.

Diferents estudis d'atribució, que són una branca de la ciència climàtica que calculen com l'escalfament global altera la probabilitat i la intensitat d'esdeveniments meteorològics extrems i quantifiquen la contribució aportada a un esdeveniment meteorològic extrem concret, permeten conèixer amb rigor quin ha estat el grau de forçament específic a causa de l'actual canvi climàtic. La seua raó de ser és donar informació científica ajustada a la realitat.

Aquest tràgic esdeveniment ha estat comparat amb dades i simulacions d'un clima preindustrial sense l'escalfament derivat de les emissions de gasos amb efecte hivernacle. Tots els resultats mostren un impacte clar, directe i mesurable:

L'AEMET, en el seu informe del dia 8 de novembre de 2024, indica: "Encara és prompte per a analitzar, en el context climàtic, la posició en el rànquing que ocuparia aquest esdeveniment en relació a precipitació acumulada assolida i els impactes ocasionats en comparació amb situacions anteriors històriques". Assenyala: no recordem danes tan persistents com aquesta ni tan intenses.

World Weather Attribution (WWA) va realitzar una primera anàlisi ràpida amb data de 31 d'octubre de 2024 i va atribuir aquesta DANA a causa de l'actual canvi climàtic: "les fortes pluges que han assolat el sud-est d'Espanya van ser aproximadament un 12 % més intenses i el doble de probables" (basat únicament en observació).

ClimaMeter (2024) assenyala que les danes són fins a un 15 % més humides a la costa mediterrània d'Espanya en el clima actual respecte del passat.

Climate Central (2024) assenyala que el sistema de baixa pressió que va provocar aquestes inundacions històriques també es va alimentar d'un riu atmosfèric que transportava un excés d'humitat des de l'Atlàntic tropical càlid, amb anomalies de la temperatura superficial de 3 °C.

Barcelona Supercomputing Center (2025) va mostrar que l'augment d'humitat i d'energia disponible van ser claus per a intensificar les pluges. El contingut i el transport d'humitat van augmentar entre el 18 i el 24 %, la inestabilitat convectiva aproximadament un 25 % i la precipitació va augmentar, si fa no fa, un 20 %.

L'actual canvi climàtic va supercarregar un sistema tempestuós natural i va elevar les taxes de precipitació a nivells històrics, la qual cosa va provocar gravíssimes inundacions a tres zones de la regió de València

Centres del CSIC i la UCM (2025) indiquen que els resultats del seu estudi apunten que les precipitacions van augmentar fins a un 20 % a causa de l'escalfament global. També assenyalen que aquests episodis de DANA estan acompanyats de més precipitació que fa unes dècades a causa, en part, a l'escalfament de la mar.

Nature Communications (2026) publica una investigació molt detallada en què van participar diversos centres de recerca espanyols (Universitat de Valladolid-CIDE, CSIC-UV-GVA) que va demostrar que les condicions actuals d'escalfament global van agreujar encara més aquest esdeveniment:

- Van incrementar la intensitat general de les precipitacions un 21 %.
- Van augmentar un 19 % el volum total de pluja caiguda a la conca del riu Xúquer.
- Van expandir un 56 % l'àrea geogràfica que va rebre quantitats extremes d'aigua (més de 180 mm).
- L'excés d'humitat i l'escalfament van enfortir la pluja caiguda en una hora un 20 %.

Barcelona Supercomputing Center (2026) avalua el paper de l'Atlàntic Nord sobre la precipitació extrema de la DANA, els resultats mostren que sense les temperatures excepcionalment altes de la superfície del mar a l'Atlàntic Nord i al Mediterrani, la pluja hauria pogut ser fins a un 40 % menor.

Per què la DANA es va fer més extrema?

La contribució del canvi climàtic actual a aquest esdeveniment s'explica per lleis fonamentals de la física atmosfèrica i oceànica:

1. La DANA va quedar gairebé estacionària sobre l'est peninsular a conseqüència d'un patró de bloqueig atmosfèric. En quedar bloquejada per altes pressions en altres zones, el sistema gairebé no es va moure. Això va permetre que les tempestes descarregaren durant moltes hores sobre les mateixes àrees (efecte tren convectiu). La persistència va ser clau: no només va ser intensa, sinó duradora.

2. Un mar Mediterrani excepcionalment càlid: les aigües del Mediterrani han registrat temperatures rècord en els últims anys. Un mar més calent actua com a gasolina per a les tempestes de tardor, ja que evapora molta més aigua i injecta quantitats massives d'humitat a les capes baixes de l'atmosfera.

3. Una atmosfera més calenta reté més aigua: per cada grau Celsius que s'escalfa l'aire, la capacitat per a albergar vapor d'aigua augmenta aproximadament un 7 %.

4. Convecció explosiva: quan la bossa d'aire fred en altura (la DANA) va xocar amb l'aire superficial extremadament càlid i saturat d'humitat procedent del mar, es va generar una brutal inestabilitat. El resultat van ser núvols de tempesta massius que van descarregar precipitacions rècord, que van superar en estacions com la de Torís els 770 litres per metre quadrat (superior a la pluja de tot un any) en tot just unes hores.

La DANA del 29 d'octubre va ser extrema per la combinació d'un bloqueig atmosfèric persistent juntament amb un mar Mediterrani molt càlid, unit a un contrast tèrmic vertical fort amb una aportació contínua d'humitat i sòls parcialment saturats per pluges prèvies, sumats a l'efecte orogràfic de la regió de València i a un efecte d'amplificació pel canvi climàtic.

L'actual canvi climàtic va supercarregar un sistema tempestuós natural i va elevar les taxes de precipitació a nivells històrics, la qual cosa va provocar gravíssimes inundacions a tres zones de la regió de València: el riu Magre, el barranc del Poio i el riu Túria; els dos primers van desbordar de manera catastròfica els barrancs i les infraestructures de la regió.

Tot i que les danes o gotes fredes són fenòmens meteorològics naturals, habituals i recurrents a la tardor mediterrània, els estudis científics publicats coincideixen que la ciència climàtica és clara respecte de la seua evolució: l'actual canvi climàtic no va crear la DANA, però va actuar com un amplificador que va multiplicar-ne dràsticament la intensitat i la capacitat destructiva, ja que va fer que el combustible atmosfèric fora més gran.

Les dades climàtiques actuals suggereixen que danes més extremes s'estan tornant més freqüents i més intenses amb l'escalfament actual forçat per l'emissió de gasos d'efecte hivernacle a causa de l'ús dels combustibles fòssils, perquè una atmosfera més càlida pot contenir i alliberar més vapor d'aigua (vegeu l'equació de Clausius-Clapeyron). **Ferreira** (2021) va estudiar una comparació de danes actuals amb les que hi hauria en un clima més càlid, i els resultats indiquen que les precipitacions extremes podrien augmentar fins a un 88 % al nord-est d'Espanya, i la meitat de les simulacions de danes en el futur van mostrar augments en les precipitacions a la regió de València.

Finalment, cal assenyalar que l'efecte potenciador de l'actual canvi climàtic no redueix, sinó que augmenta encara més les responsabilitats de la gestió desastrosa que es va fer de la DANA. I no hem d'oblidar una tradicional cita popular valenciana: a la vora del riu, no faces el niu.

Els tres estats de la matèria, o hi ha més?

Alberto Cabrera

Professor de Física i Química · IES Sorts de la Mar. Dénia

La ciència, des dels inicis, ha despertat un interès i un desig profund de coneixements que ha impulsat l'estudi de tot allò que ens envolta. Des de la Terra i fins a arribar a les zones més llunyanes de l'univers, tot pareix format per matèria. La matèria constitueix l'univers visible i adopta diferents formes segons les condicions físiques en què es troba. Ja en l'escola, i més endavant en l'ESO i en el batxillerat, aprenem que la matèria es presenta com a sòlida, líquida o gasosa. Ara bé, gràcies als avanços científics del segle XX, s'ha ampliat el panorama: hi ha estats de la matèria més enllà de la vida quotidiana, com el plasma, el condensat de **Bose-Einstein** i d'altres.

L'estat sòlid. Ací les partícules (àtoms i molècules) constituents de la matèria es troben molt pròximes i unides per forces d'atracció intenses. Això fa que presenten una forma i un volum definits. Encara que es podria pensar que les partícules romanen immòbils, no és així, excepte a 0 K, temperatura a la qual no es podrà arribar mai (tercera llei de la termodinàmica), les partícules vibren al voltant de les seues posicions d'equilibri i aquest moviment augmenta amb la temperatura. Les propietats que poden manifestar (elasticitat, conductivitats elèctrica i tèrmica, duresa, fragilitat, solubilitat i temperatures de fusió i ebullició) depenen tant de l'estructura atòmica com dels enllaços químics que hi ha entre les partícules. Per exemple, el diamant i el grafit, formats els dos únicament per àtoms de carboni, el primer té una extraordinària duresa deguda a la forta xarxa covalent tridimensional que uneix els seus àtoms, mentre que el grafit és exfoliable i condueix l'electricitat a causa de la seua estructura laminar. En aquest estat sòlid pot haver-hi des d'un tros de gel fins a una roca o un cristall de quars.

L'estat líquid. En augmentar la temperatura, o disminuir la pressió, moltes substàncies passen de l'estat sòlid al líquid, on les partícules encara mantenen una certa cohesió interna però amb un major grau de llibertat de moviment per a desplaçar-se les unes respecte de les altres. Això fa que el seu volum siga definit però no la forma, on adopta la del recipient que el conté. La interacció entre les partícules explica la viscositat (resistència a fluir) o la capil·laritat.

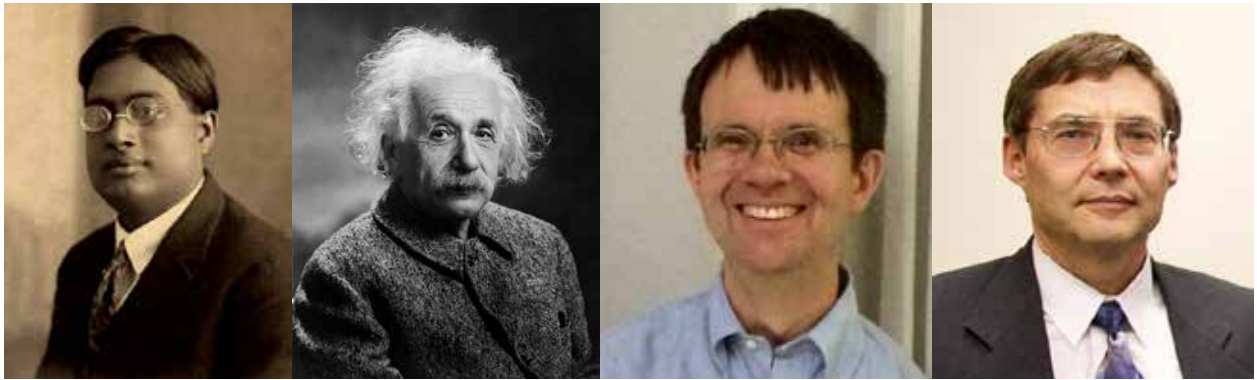
El gas. Si continuem amb l'augment de la temperatura, o amb la disminució de la pressió, podem arribar a l'estat gasós. Les partícules es troben molt separades i ja es mouen a gran velocitat, així que hi ha poca interacció entre les partícules. Els gasos no tenen ni

forma ni volum definit, ja que s'expandeixen fins a ocupar tot l'espai disponible. L'estudi i descripció dels gasos va ser un dels grans èxits de la física clàssica. La teoria cineticomolecular va ser desenvolupada a partir dels treballs de **R. Clausius**, **J. C. Maxwell** i **L. Boltzman**, que desenvolupen i consoliden les idees atòmiques inicials de **J. Dalton**, i es va completar amb les aportacions d' **A. Avogadro**, **R. Boyle**, **J. Charles** i **J. Gay-Lussac**, juntament amb l'equació dels gasos ideals ($PV=nRT$). Aquest conjunt de desenvolupaments va establir els fonaments de la termodinàmica clàssica. Tot i que inicialment es va centrar en l'estudi dels gasos, molts dels seus principis bàsics són extensibles als sòlids i líquids.

Exemples de gasos són l'aire que respirem (barreja d'oxigen, nitrogen i d'altres), el diòxid de carboni de la fotosíntesi de les plantes o l'heli dels globus aerostàtics. A partir d'aquest estat, si arribem a condicions extremes, se'ns obri un nou món.

El plasma: el quart estat. És l'estat més abundant a l'univers. Encara que a la Terra no siga comú, més del 99% de la matèria bariònica (la matèria visible) de tot l'univers es troba en forma de plasma. El Sol, les estrelles, els llamps i les aurores boreals són exemples naturals d'aquest estat. Un plasma es forma quan un gas se sotmet a temperatures tan elevades que els electrons s'alliberen dels seus àtoms i generen una barreja de ions positius i electrons lliures. Aquest gas ionitzat té unes propietats úniques com a gas: és quasi neutre elèctricament en conjunt, però condueix l'electricitat, interacciona amb camps magnètics i és capaç d'emetre llum intensa. El plasma el podem reproduir artificialment en tubs de descàrrega (tubs fluorescents, neó) i en reactors experimentals de fusió nuclear, on és necessari confinar-lo magnèticament a milions de graus Celsius. També són necessaris per als motors iònics en la navegació espacial i la fabricació de microxips i pantalles.

El condensat Bose-Einstein, CBE. Si amb el plasma podem afirmar que ens anàvem a l'extrem més calent en una escala energètica, amb el CBE ens situem en l'extrem oposat: temperatures molt properes al zero absolut ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), de l'ordre de nanokelvins, en què la matèria es refreda fins a un punt on les lleis de la física clàssica deixen d'aplicar-se. Aquest estat va ser predit per Satyendra Nath Bose i Albert Einstein. No va ser fins a 1995, quan **Eric Cornell** i **Carl Wieman**, de la Universitat de Colorado, van poder produir el primer condensat de rubidi mitjançant refredament per làser i confinament magnètic.



Satyendra Nath Bose. (Font: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SatyenBose1925.jpg>)

Albert Einstein. (Font: https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Albert_Einstein_Head_cleaned.jpg)

Eric Allin Cornell. (Font: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Physics_Nobel_Laureate_Eric_Allin_Cornell_in_June_of_2015.jpg)

Carl Wieman. (Font: https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Carl_Wieman.jpg)

El 2001 reberen el premi Nobel per aquest assoliment. En aquestes condicions tèrmiques tan baixes, els àtoms bosònics (*spin enter*) perden quasi tota l'energia cinètica, que significa perdre la seua identitat individual o funció d'ona, i comencen a comportar-se com una sola entitat quàntica amb les funcions d'ona solapades, un superàtom col·lectiu. És com si milers o milions d'àtoms actuaren com si sols en foren un. Com deia Carl Wieman, "el CBE ens permet veure amb els nostres ulls el que normalment pertany al món quàntic, és una finestra al món quàntic". Podem observar fenòmens com la superfluïdesa (fluir sense fricció) o la coherència quàntica a gran escala. Com hem vist, per a la seua creació són necessàries condicions extremes i controlades, però les seues aplicacions potencials són molt interessants, com la computació quàntica i la mesura superprecisa del temps i la gravetat.

Ara que ja sabem què són, com es caracteritzen i alguns exemples i aplicacions de cada estat, intentarem analitzar per què aquests dos últims, o altres, no ixen en els llibres de física i química. Quan un alumne arriba a 3r d'ESO i obri un llibre de física i química es troba amb la mateixa tríada sagrada de sempre: sòlid, líquid i gas. El mateix passa en 4t d'ESO i també en batxillerat. En algun llibre d'alguna editorial ambiciosa pot ser que aparega el plasma com a quart estat de la matèria, de passada i poc més. El CBE simplement no existeix en el currículum oficial. Per què s'està ometent sistemàticament dos estats de la matèria que, en realitat, dominen l'univers observable (el plasma) i representen uns dels majors èxits científics experimentals del segle XX? Possiblement hi ha molts factors que cal tindre en compte. El currículum espanyol de secundària i batxillerat està dissenyat per a anar a mínims exigibles i prioritza els conceptes que poden explicar-se amb fenòmens quotidians i matemàtiques elementals. Es podria argumentar que per al plasma faria falta estudiar el fenomen de la ionització i l'electromagnetisme; el cas del CBE exigiria la mecànica quàntica, i per als dos, el model estàndard. Les dues coses pareix que

siguen massa difícils o poc útils per a menors de 16 anys. El resultat és que generacions senceres acaben creient que el 99,9% de l'univers visible és una raresa de laboratori o, simplement, que la matèria només té tres estats.

Els primers tres estats de la matèria són explicats a l'alumnat amb la teoria cineticomolecular. És suficient per a entendre la vida quotidiana i la major part de la tecnologia abans dels anys 80 del segle passat. Per això, pot ser que continuen sent els únics que apareixen en la LOMLOE. Però, de veres que cal comprendre l'electromagnetisme, la ionització de la matèria, la mecànica quàntica formal i el model estàndard per a explicar el plasma i el CBE? És que en 2n i 3r d'ESO (que és on per primera vegada apareix en el currículum els estats de la matèria) citem la termodinàmica de Clausius i Boltzmann per a explicar els sòlids, líquids i gasos? Potser les aplicacions del plasma i, sobretot, del CBE sí que són més difícils d'entendre i explicar en secundària. Tot i així, perfectament es pot explicar tant el plasma com el CBE sense aprofundir, amb el mateix llenguatge que s'explica els altres tres estats, amb exemplificacions, encara que imperfectes. Com se sol dir, no hi ha cap exemple perfecte. Només cal veure els exemples quan s'explica el bosó i el camp de Higgs, fins i tot ja a escala universitària.

Una altra reflexió sobre el fet de parlar només dels tres estats típics de la matèria és la dificultat de definir-ne la frontera. En realitat, podem considerar molts altres estats. A més del plasma i el condensat de Bose-Einstein, també sabem que existeixen el plasma de quarks i gluons (amb matèria mesònica), els superfluids, els fluids supercrítics, els cristalls líquids, el condensat fermiònic (amb àtoms fermiònics) i d'altres. On situem el límit? Quins d'aquests estats caldria ensenyar? És difícil decidir-ho, encara que el plasma bariònic seria probablement el millor candidat. Per tots aquests motius, i segurament d'altres, allò més fàcil ha sigut mantenir, fins ara, els tres estats clàssics en els llibres.

La Corb marí emplomallat (*Gulosus aristotelis.sub.desmarestii*)

Joan Sala

L'espècie és una de les dos que habiten les costes de la nostra comarca. El corb marí gros (*Phalacrocorax carbo*) ens visita durant els mesos de la tardor i l'hivern. A les acaballes de l'hivern i començament de la primavera es desplaça per criar a l'interior de la península Ibèrica, centre i nord d'Europa. Per contra, el corb marí emplomallat (*Gulosus aristotelis*) està present al nostre territori al llarg de tot l'any.

El gènere *Gulosus*, és un terme provinent del llatí, i literalment significa voraç, per la gran quantitat de xicotets peixos, d'hàbits costaners, dels quals s'alimenten aquestes aus. El nom de l'espècie *aristotelis*, el dedicà el naturalista suec **Carl von Linné** l'any 1761 al filòsof **Aristòtil**, doncs va ser un dels primers en descriure la fauna marina de l'antiga Grècia.

És propi de les costes d'Europa, on s'estén fins el nord de Rússia i zones limítrofs del nord d'Àfrica, Mar Negre, Orient Pròxim i la costa atlàntica del Marroc. Les majors colònies de cria es troben al nord de les illes Britàniques.

És un corb marí de grandària mitjana-gran, més menut que el corb marí gros, i de formes més estilitzades, amb una llargària entre 68-78 cm i uns 95-110 cm d'envergadura. De plomatge negre brillant amb reflexos violacis. La comissura del bec és groga, els ulls verds i les potes negres amb els dits palmats. Durant l'època nupcial els adults mostren una cresta corbada cap avant, les plomes dorsals amb les vores marcades, semblant a una mena d'escates. Els joves amb el plomatge marró per la zona dorsal i el ventre de color crema. No presenta un marcat dimorfisme sexual, encara que els mascles són lleugerament majors que les femelles. Es reconeixen tres subespècies, a la península Ibèrica en tenim dues: la que ocupa la costa càntabro-atlànica *aristotelis* i la subespècie *desmarestii*, exclusiva del Mediterrani. Els juvenils presenten, el primer any de vida, el ventre molt més clar que l'espècie nominal. Fora del aigua, té el costum, com la resta de les altres espècies de corbs marins, de col·locar-se sobre les roques per assecat-se el plomatge.

Essencialment marina i costanera, no s'allunya molt de la zona litoral, on ocupa exclusivament, trams de costa rocallosos.

L'alimentació és fonamentalment piscícola, encara que també pot menjar crustacis, per això s'escabussa i busseja per tal d'atrapar les seues preses. Les potes estan endarrerides, per tal d'oferir menor resistència a l'aigua quan busseja. Es mou per la costa o prop d'ella, evitant normalment aproximar-se als



Corb marí adult amb plomatge nupcial. (Autor: Juan Ma Ferreira)

assentaments humans. Colonial, encara que a la comarca els nius estan prou allunyats uns dels altres. Cria als repeus dels penya-segats marins o covetes, a una certa altura del nivell de l'aigua. La posta consta d'entre un i sis ous, normalment tres, de color blau pàl·lid, els quals diposita en intervals de tres dies. L'incubació comença amb el segon ou, per tant l'eclosió és asimètrica. Els primers polls són més grans que els menuts. Els dos sexes coven els ous, al voltant d'uns trenta dies.

De presència habitual al llarg de la costa de la Marina Alta, l'any 2006 es constatà per primera vegada, la seua nidificació a la costa del cap de Sant Antoni, dins del Parc Natural del Montgó. Va ser el primer cas de cria al territori continental valencià, doncs en eixe moment només estava present com a nidificant i resident habitual a les illes Columbrets. Posteriorment s'ha estès el seu territori a la comarca, criant també a la Granadella, Cap Prim i el Penyal d'Ifac. L'últim cens de parelles nidificants a la comarca (any 2010) es situa en 13.

Les arts de pesca tradicionals com el tresmall, calades prop de la costa, causen moltes baixes entre les poblacions de corbs marins, doncs els exemplars que es cabussen prop d'elles poden acabar enganxats i morir ofegats. També les molèsties de les embarcacions quan naveguen prop d'on viuen poden influir en l'èxit reproductor. La present espècie es caracteritza per tindre una dispersió post-reproductora que, en general és de curta distància. Durant la tardor ens poden visitar exemplars, generalment joves, provinent de altres zones de cria no molt llunyanes.

La **revolució** de la intel·ligència artificial

Felipe Montejano Bolufer, Juan Montes Seguí, Enrique Villalba López

2n de batxillerat · IES Sorts de la Mar de Dénia

La intel·ligència artificial (IA) començà a prendre forma en la dècada de 1940 gràcies a la computadora, a **Alan Turing** i al primer ordinador, l'ENIAC. Un pas decisiu va ser la revolucionària creació de transistors i microprocessadors. I, finalment, amb l'aparició d'Internet, només calia esperar un poc per a veure-la nàixer.

La intel·ligència artificial és una branca de la informàtica enfocada a la creació de programes que imiten habilitats humanes: raonament, anàlisi i resolució de problemes. La situem quotidianament en els assistents virtuals com Alexa o Siri, en les recomanacions de sèries o pel·lícules en les plataformes d'*estríming*, en els vehicles de conducció autònoma, en les aplicacions de navegació, en les prediccions climàtiques, també en l'automatització avançada a la llar, en la creacions d'art i música i en l'educació personalitzada.

La IA ha vingut per a quedar-se i ja ha entrat a formar part de gairebé tots els aspectes de la vida, però hauríem de fer-nos-hi algunes preguntes.

La IA eliminarà treballs? Alguns estudis prediuen que l'any 2035 s'extingiran 93 milions de llocs de treball, però també se'n crearien 127 milions, és a dir, la IA no elimina feines, sinó que crea llocs diferents, més específics, potser.

Què succeeix quan comet errors? El culpable d'aquests errors no té nom, ja que la IA no té un caràcter jurídic. Per tant, el culpable hauria de ser el desenvolupador o l'empresa que la fa servir.

Hauria de tindre límits legals? Ja s'han pres mesures com el Reglament 2024/1689 de la UE. Aquestes lleis haurien d'existir per a protegir el consumidor d'aquesta IA tant pel que fa als seus drets com a la seua privacitat i seguretat.

La creativitat de la IA té el mateix valor que la creativitat humana? Aquesta qüestió es repeteix des de l'aparició de la IA com a ferrament de creació. La IA aprèn de milions d'estils, formes i idees ja existents que després combina per a generar resultats nous. Un humà combina sentiments, significat i experiències personals per a crear, és a dir, afig un valor que la IA no pot aconseguir a través de patrons i codis.

La IA facilita l'aprenentatge o fomenta la dependència? Ara com ara, la IA és una gran eina d'aprenentatge i són moltes les persones que l'usen per a resoldre dubtes, accedir a recursos d'estudi o rebre una formació extra. No obstant això, un ús sense criteri pot provocar una reducció d'esforç intel·lectual. Això és preocupant, ja que limita l'autonomia i el pensament crític.

En conclusió, l'avanç de la IA promet transformar quasi tots els àmbits que ens envolten. Des de la legislació, la defensa i l'armament militar fins a les ciències i la seua integració en la vida quotidiana. Tot i així, l'impacte mediambiental i el consum energètic necessari per a mantindre els servidors en què resideix és enormement alarmant. En un futur s'estima que, aproximadament, el 25 % de tota l'energia produïda es destinarà als centres de dades que alimenten la IA. És assumible?



Foto creada per ChatGPT



YOKO OGAWA

La fórmula preferida del profesor

Catalina Luque

Catedràtica de Llengua i Literatura

IES Lluís Vives · València

De segur que tots hem tingut alguna vegada problemes de memòria. Estem tan estressats que ens oblidem de tot. Apuntem les coses a l'agenda, a la mà... El calendari del mòbil, Siri o Alexa ens recorden l'aniversari de la mare i que hem de comprar ous. Podríem viure sense memòria? Podríem establir relacions d'amistat, sentimentals? El *si te he visto no me acuerdo* pot ser la base d'una vida?

Les relacions són ja prou complicades sense l'obstacle afegit de la pèrdua de la memòria. Què podrien tenir en comú una dona de fer feines i un professor universitari? Si som classistes, en principi no res; com a molt, una relació estrictament professional. I si el vell professor, incapacitat per un accident de trànsit, tingués la memòria limitada a 80 minuts? La cosa es complica més encara... Quin tipus de relació afectiva es pot establir amb una persona que en dos hores no recordarà com et diuen ni per què ets a sa casa?

La fórmula és una novel·la plena de tendresa que demostra que és possible estimar fins i tot qui no ens pot reconèixer. Entre la dona de fer feines i el professor es crearà un lligam més fort que la memòria: el lligam del respecte, de la comprensió i de les matemàtiques. L'ús de les matemàtiques com a metàfora de l'amistat, l'harmonia i la pau és un dels punts forts de la novel·la. La protagonista/narradora i el vell professor estan units per una força indestructible: els dos estan identificats per dos nombres amics. La data de naixement d'ella i el nombre de sèrie del reconeixement acadèmic més important d'ell són dos nombres amics, el 220 i el 284.

La novel·la està narrada per la protagonista, una netejadora, mare soltera, que el 1992 comença a treballar per a un vell professor de matemàtiques que ha perdut la memòria en un accident de trànsit el 1975. L'home no té més família que la vídua del seu germà gran que

no pareix sentir molt d'afecte pel cunyat i que va donar instruccions de no ser molestada. La memòria del professor es va quedar congelada el dia de l'accident, no recorda cap fet anterior. Es reinicia cada 80 minuts. Això l'obliga a dur per tota la jaqueta infinitat de notes amb pinces de la roba, la més important de les quals és "*Mi memoria solo dura 80 minutos*".

La figura d'aquest pobre home desvalgut, que viu una vida congelada però plena d'angoixa, és l'altre dels punts forts de la novel·la, perquè aprèn a comunicar-se amb la seua cuidadora mitjançant les matemàtiques. Li mostra relacions numèriques que expliquen el món: nombres amics, nombres perfectes, nombres primers bessons... La identitat d'**Euler** és símbol de serenitat, la fórmula preferida. La mirada matemàtica del doctor canviarà no solament la narradora sinó també seu fill. El xiquet, de 10 anys, passarà a formar part d'eixe món estrany de les matemàtiques des del moment en què el professor li va canviar el nom. El xiquet va ser rebatejat com **Arrel Quadrada** i amb eixe malnom metafòricament ens està descobrint el seu tarannà empàtic, decidit i comprensiu. De no ser per les referències temporals, el retrat de la societat japonesa ens podria fer pensar que la novel·la també s'ha quedat congelada el 1975, com la memòria del professor. A la rígida societat japonesa, fins i tot l'any 1992, ser fill de mare soltera no era gens fàcil però el lector té la seguretat que un xiquet com Arrel Quadrada sabrà passar per damunt de tots els entrebancs.

És curiós que una novel·la tan plena de nombres siga tan pobra en noms. Cap personatge té nom propi. El professor és el professor, ella és ella, la vídua la vídua i el xiquet..., Arrel Quadrada. L'únic personatge que té nom no es un personatge, sinó una llegenda del beisbol japonès: **Yukataka Enatsu**. El professor i Arrel Quadrada són seguidors del mateix equip, amb 17 anys de diferència. El beisbol, pel que sembla, és un esport amb moltes matemàtiques: tot es mesura, tot es compara, tot es pot convertir en un percentatge... Els tres passaran hores al voltant de la ràdio escoltant els partits... L'episodi en el qual porten el professor a veure un partit a l'estadi marca un punt d'inflexió a la novel·la.

"La fórmula preferida del professor" va ser un fenomen editorial al Japó i, segons diuen, les vocacions matemàtiques van augmentar significativament arran de la publicació de la novel·la. Ací hem tingut dos edicions en castellà, amb dues traduccions diferents (Funambulista i Tusquets), senyal que la novel·la ha funcionat. L'edició en català amb el títol de *La fórmula més estimada pel professor* editada per Funambulista està malauradament exhaurida. L'autora, **Yoko Ogawa**, és una de les escriptores més reconegudes al Japó i amb més projecció internacional. Bones raons totes per a animar-vos a la lectura d'aquesta novel·la amable i matemàtica i també per a conèixer altres llibres d'aquesta autora.

El racó de Fibonacci

Teresa Arabí

5,
8,
13, ...



Els conills de Fibonacci

Quan la natura va ensenyar a comptar

Una mica d'història

A la Itàlia medieval, cap a l'any 1200, el comerç amb el món àrab era cada vegada més intens. Els mercaders italians intercanviaven sedes, espècies i, sense adonar-se'n, també idees matemàtiques.

En aquella època, Europa encara utilitzava els nombres romans, poc pràctics per als càlculs comercials. En canvi, els matemàtics àrabs i indis ja feien servir el sistema decimal posicional, que incloïa el número zero.

Leonardo de Pisa, conegut com a **Fibonacci** («fill de Bonaccio»), va recollir aquests coneixements durant els seus viatges pel nord d'Àfrica. L'any 1202 va publicar el llibre *Liber Abaci* (El llibre de l'àbac), una obra que va introduir els nombres indoaràbics a Europa.

Entre els nombrosos exemples del llibre n'hi havia un que es faria famós: el problema dels conills.

El problema

Un home col·loca una parella de conills en un camp tancat. Cada mes, cada parella produeix una nova parella de conills. Les noves parelles comencen a reproduir-se a partir del segon mes de vida. Quantes parelles hi haurà al cap d'un any?

Solució al problema del número 30 de DAUALDEU

A l'estil egipci:

Volem repartir 9 pans entre 10 homes:

$$9/10 = 1/2 + 1/3 + 1/15$$

Cada home rebrà mitja fogassa, un terç d'altra i una quinzena part més.

La suma:

$$1/2 + 1/3 + 1/15 = 9/10. \text{ Perfecte: tots mengen el mateix.}$$



ASSOCIACIÓ
PER LA DIVULGACIÓ
DE LA CIÈNCIA
I LA TECNOLOGIA

<https://associaciomeridiazero.com>

FES-TE'N SOCI

DAUALDEU

Edició digital

<http://associaciomeridiazero.com>



XÀBIA

A J U N T A M E N T



Ajuntament
de Beniarbeig



Ajuntament
de Dénia



Ajuntament
de Gata de Gorgos



Ajuntament
d'Ondara



Ajuntament
de Pedreguer



Ajuntament
de Pego



Ajuntament
dels Pobleats



Ajuntament
del Verger



ACADÈMIA VALENCIANA DE LA LLENGUA