

DAU ALDEU

REVISTA DE DIVULGACIÓ científica i tecnològica
Núm. 27 · TARDOR DE 2024

LA CIÈNCIA EN L'EDAT MITJANA





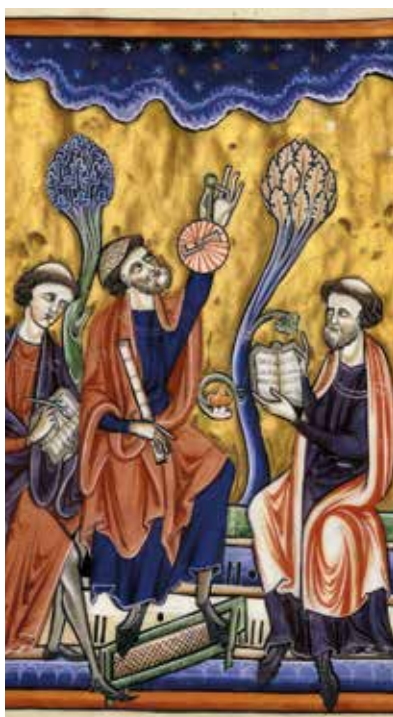
PREMI 9 D'OCTUBRE
VILA DE XÀBIA · 2024



PREMI OCELL · 2024

SUMARI

Editorial	3
Animal artificial	4
Sinestèsies	5
A carcasselles	8
Física, per favor!	10
Desmuntant l'enginyeria	16
ObertaMent	19
Retalls de Física	21
La mirada ambiental	24
L'edat mitjana i la ciència	26
De les tenebres a la llum	27
Els germans Ibn as-Saffàr	31
Abú s-Salt Umàya..	36
L'alquímia: noves perspectives	40
Einstein i la relativitat	43
Efemèrides	45
Llibres	46
Racó de Fibonacci	47



MERIDIÀ ZERO

CC creative commons



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

REVISTA DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA
Primera època. **Número 27.**

Tardor de 2024. 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 i maquetació: Pep Marro.

Imatge de la portada: Monjos fent mesures amb un astrolabi *Salteri de Sant Lluís i Blanca de Castella*. S. XIII, Bibliothèque Arsenal de París.

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

Contacte: daualdeu@gmail.com

Patrocina: AMPA dels IES Chabàs de Dènia, IES Pedreguer. Ajuntaments: Beniarbeig, Gata de Gorgos, Ondara, Pedreguer, els Poblets, el Verger i Xàbia. Acadèmia Valenciana de la Llengua, Institut Alacantí de Cultura Juan Gil Albert.

Imprimeix: **Imprenta Botella, SL.**

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

El mite de la Terra plana en l'edat mitjana

Josep Lluís Doménech
 Doctor en Química

Un lloc comú és que l'edat mitjana fou una època obscura pel que fa al desenvolupament científic, una època en què la ignorància s'escampava per tot arreu. Una prova d'açò seria la creença que la Terra era plana. Segons el tòpic, no seria fins el segle XVI quan, amb el viatge de **Magallanes**, s'acceptaria la forma esfèrica del planeta. Així, per exemple, **Stefan Zweig**, en *Magallanes: el hombre y su gesta*, un assaig publicat el 1938, assevera:

«[En 1518] un solo hecho quedaba por cumplir, el último, el de más bizzarria, el más costoso: dar la vuelta a la Tierra en un buque, y en este único viaje medir y probar con toda evidencia la forma redonda de nuestra Tierra, contra todos los cosmólogos y los teólogos del pasado. Y esta será la idea y el destino del portugués Magallanes.»

Lluny del que imagina Zweig, la forma esfèrica de la Terra és acceptada des de l'antiguitat. Així, segons **Aristòtil**, la forma redona de la Terra la percebem quan un vaixell s'allunya de la costa, i és que primerament desapareix el casc, després la coberta i, per últim, l'extrem superior del màstil. Altres observacions tan evidents com aquesta feren que la forma redona de la Terra esdevinguera una idea que la humanitat mai no abandonà.

En l'edat mitjana, tampoc. En el s. V, **sant Agustí**, el més gran pensador cristià del primer mil·lenni, assenyalava que no trobava cap motiu per a dubtar de l'esfericitat terrestre, per tant, evitant així eixir-se'n del dictat de la Bíblia, que no diu res sobre la forma de la Terra. També acceptaven la forma esfèrica, entre altres, **Beda el Venerable** en el s. VIII, o **Tomàs d'Aquino** en el XIII, per citar el parer d'altres dos personatges il·lustres d'àmbits geogràfics i culturals diversos.

En la conferència en què els reis **Ferran i Isabel** convocaren **Colom** a la Universitat de Salamanca per defensar, davant dels savis eclesiàstics i laics, la viabilitat del projecte d'accedir a les Índies navegant cap a l'Oest, foren diverses les objeccions que se li feren al marí, però no cap relacionada amb una suposada planícia terrestre. En els escrits en què es narren els debats de la reunió es constata que la major dificultat que se li intuïa al viatge tenia a veure amb la grandària de l'esfera terrestre, i és que Colom, parant esment als estudis que feien xicoteta la grandària del globus, assenyalava que la distància que separava les Canàries de les Índies era de només 3500 milles nàutiques. El fet, però, que la majoria dels estudis suposaven que la Terra era bastant més gran (el triple) portava els experts

a desaconsellar l'expedició, primer que tot, perquè la tripulació moriria de fam abans d'arribar a les Índies. Va ser l'elevat rendiment econòmic del projecte, si és que tenia èxit, l'argument que inclinà la balança cap al finançament.

Llavors, si en l'època medieval els savis acceptaven la forma esfèrica, d'on prové la suposada creença en una Terra plana? Segons afirma l'historiador **Jeffrey B. Russell**, en el llibre *El mito de la Tierra plana*, al llarg del s. XIX dos pares de l'església medieval, **Lactanci** i **Cosme Indicopleustes**, foren abastament citats per a fer creure que a l'edat mitjana la idea d'una Terra plana era la més estesa. Però, segons Russell, es tracta dels dos únics estudiosos cristians que defensaven aquesta creença: si Lactanci negava l'esfericitat terrestre pel problema que suposava explicar l'existència de vida en les antípodes, Cosme la rebutjava a partir d'una interpretació literal de la Bíblia. Tanmateix, segons Russell, la influència de tots dos pensadors fou molt limitada, i tots dos foren qüestionats en vida pels teòlegs cristians.

Russell identifica **Washington Irving** com el primer que expressa i difon la falsa concepció medieval. En una biografia novel·lada de Colom, publicada el 1828, Irving posava l'èmfasi del debat en la conferència de Salamanca en els atacs a Colom per la seua creença en una Terra esfèrica, cosa que, com hem dit, és errònia.

Si bé el llibre d'Irving fou un èxit comercial, l'error no penetrà en l'àmbit acadèmic per aquest conducte. En l'acceptació pel món acadèmic del mite jugà un paper destacat, segons Russell, l'anticlericalisme d'una gran part de científics i filòsofs del s. XIX. Un anticlericalisme que es veié estimulat per l'oposició manifesta del Vaticà a la ciència (particularment, a la teoria de l'evolució de Darwin), i que portà, a partir de la dècada de 1860, **John W. Draper** i **Andrew D. White** a assenyalar l'existència d'una guerra entre ciència i religió. Una guerra en què la religió era presentada com un entrebanc al desenvolupament científic. En aquest marc, Draper parava atenció només als escrits de Lactanci i Cosme per a presentar a l'església com a defensora de la Terra plana. El mite de la Terra plana era un episodi de la suposada guerra entre ciència i església.

Es cert que la confrontació ciència versus religió continua viva, però també ho és que, a partir de la dècada de 1920, els historiadors no només començaren a revisar i rectificar la manipulació que suposà el mite medieval de la Terra plana, sinó també la imatge d'obscurantisme inflexible amb què la filosofia medieval era presentada a principis del s. XX.

La cervesa i la cultura medieval

J. M. Mulet

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



La popularització del consum de cervesa va permetre l'augment de població a les ciutats medievals.

En el neolític l'home descobreix l'agricultura i alhora aprèn a elaborar productes derivats dels cereals que collia, entre ells, la cervesa. Fa 8000 anys a Mesopotàmia ja es fabricava cervesa en un procés similar a l'actual. Un cereal humitejat per fer-lo germinar i així obtenir-ne la malta, de què s'extrau un suc ric en sucre mitjançant aigua i calor. La lògica de fer-lo germinar és que en els cereals el sucre es troba en forma de midó (cadenes llargues d'hidrats de carboni que utilitza la planta per emmagatzemar els sucres). El rent, el llevat encarregat de la fermentació i que produirà alcohol (*Saccharomyces cerevisiae*) és incapaç de digerir aquest midó. Quan el cereal germina necessita mobilitzar l'energia continguda en el midó, per la qual cosa activa uns enzims anomenats amilases que digereixen el midó i el converteixen en sucres d'una sola molècula (com ara, la glucosa) o de dos (com són la maltosa o sucre de malta), que sí que són fermentables pel rent.

La edat mitjana va ser un moment decisiu per la popularització de la cervesa, per diversos motius. Per començar s'estén l'ús del llúpul (*Humulus lupulus*). La primera referència la trobem a l'obra de la abadessa, música i científica **Hildegarda von Bingen**. El llúpul serveix de conservant i li dona el característic sabor amarg. La cervesa s'estén pel nord d'Europa a mesura que certs ordes religiosos, com per exemple, els trapenses, comencen a incloure-la en les seues dietes, ja que era una beguda molt calòrica, i pel fet de ser líquida, es tolerava el seu consum en el dies de dejú que marcava el calendari eclesiàstic, que a la edat mitjana podien arribar a ser un dia de cada tres. A més a més, en països freds es donaven condicions idònies per a la cervesa tipus *lager*, ja que fermenta a baixes temperatures (15 °C) i després

es maïra a temperatures properes als 0 °C, cosa que evita contaminacions bacterianes i l'aparició de subproductes de la fermentació no desitjats que donarien mal gust.

Al món mediterrani la beguda principal va seguir sent el vi per motius climàtics, ja que fa calor la seva producció i conservació es complicada i sols pot ser una beguda de consum immediat. La cervesa no es popularitza fins a les acaballes del segle XIX, gràcies a l'aparició del fred industrial que permet que es donen les condicions per la seva elaboració.

I aquí ve un curiós gir de la història. Un dels principals problemes que van tenir les ciutats medievals per a desenvolupar-se va ser la higiene. Desproveïdes de sistemes de clavegueram eficients, solien abocar al mateix riu que utilitzaven per beure. Això funcionava mentre la població era petita i el riu anava diluint la brutícia, però quan la població creixia les malalties infeccioses produïen catàstrofes demogràfiques. L'avantatge que tenia consumir cervesa, uns segles abans que es descobriren els microbis, es que a més de tenir conservants normalment la malta es bull per aturar la germinació, abans de fermentar, per la qual cosa és sanitàriament segura, fins i tot en les precàries condicions higièniques de l'edat mitjana. Recordem que l'aigua del riu podia portar tota classe de malalties.

La popularització del consum la cervesa va permetre l'augment de població a les ciutats medievals. El romànic és un art propi del camp i de nuclis urbans molt reduïts, mentre que per a les grandioses catedrals gòtiques calen molts recursos i l'esforç de molta gent, és a dir, poblacions majors. Sense cervesa hauria estat complicat veure una catedral gòtica.

Divulgació de la ciència Els nostres inicis (IV)

EDWARD OSBORNE WILSON

Daniel Climent

Professor de Ciències

Al port de la badia de Mobile [1], a l'estuari on desguassa al Golf de Mèxic el riu Alabama, un xiquet va alçar la vista del terra i dels fardells on no parava de buscar formigues mentre engolia el *plum-cake* de panses que li havia preparat sa mare, i va veure de nou l'eixida de vaixells carregats de pins [2], tan abundants a les muntanyes del territori, i d'acer de Birmingham, la ciutat més industrial de l'estat d'Alabama i on havia nascut casualment feia uns anys.

Vells mariners li havien contat que anys enrere entraven per aquest port tones i tones de panses per fer els bescuits farcits que tant li agradaven. Unes panses que, abans de ser substituïdes per les "sultanes" i "de Corint" provenien d'un lloc de nom eufònic de la costa mediterrània de la llunyana *Spain*, Xàbia. Els pailebots que l'havien duta tornaven carregats d'acer i, sobretot, de fusta. Una fusta tan resinosa com resistent i molt preuada, coneguda per *mobila* [3] en atenció al port d'on provenia

El xiquet ja n'era conscient, d'això: els insectes que tant buscava per qualsevol lloc no abundaven en els reïnosos troncs dels pins d'Alabama.

Un xiquet que amb el temps i fins la seua mort, el desembre de 2022, arribaria a ser un dels pensadors més influent del segle XX, el naturalista nord-americà **Edward Osborne Wilson**, el biòleg més reputat i influent del nostre temps, "el Darwin del segle XX".

Potser menys conegut que els neologismes que va popularitzar, com ara biodiversitat, ètica de la conservació, sociobiologia, biofília, biogeografia de les illes, o consiliència, Edward Osborne Wilson va assolir des de ben jove quotes d'excel·lència en el camp científic; en particular, en mirmeologia (estudi de les formigues) [4], del qual va arribar a ser el major expert del món. La seua activitat no es va circumscriure als insectes, però.

Les contribucions que va fer al món de la ciència van resultar fonamentals en camps com ara ecologia, sistemàtica, etologia, biogeografia, biologia de la conservació, teoria de la comunicació química i filosofia de la ciència, als que caldria afegir els intents de reunir dins d'un marc conceptual ample, consiliència, bona part dels diferents camps de coneixement, des de les ciències de la natura a les socials, les humanitats i les arts; per no parlar del diàleg amb les religions per explorar les possibilitats de contribuir a la preservació de la biodiversitat. Però, anem a pams. Que DAUALDEU [5] bé s'ho mereix.

Una trajectòria impressionant

Edward Osborne Wilson va nèixer l'any 1921, el mateix en què **Albert Einstein** va rebre el Premi Nobel de Física i **Frederick Soddy** el de Química; un premi que el 1990 rebria el mateix E.O. Wilson sota la forma de Premi Crafoord, l'equivalent al Nobel i que des de 1982 atorga la Reial Acadèmia



Edward Osborne Wilson observant un escarabat

Sueca de Ciències a eminents científics en àrees que, com la biologia, l'astronomia, l'ecologia, les ciències de la Terra, les matemàtiques o l'oceanografia no es corresponen amb les categories clàssiques del premi dissenyat per Alfred Nobel.

La passió d'Edward pels animals va patir un gir inesperat a causa d'un accident de pesca que als set anys li va privar de la visió d'un ull i de la visió estereoscòpica. En resposta, va centrar la seua atenció en els insectes, el grup amb més espècies conegudes.

I en particular, en el més nombrós [6] del món, les formigues, que podia estudiar a curta distància i fins i tot dibuixar amb una perícia digna d'admiració, com va fer amb les cinc mil meticuloses il·lustracions de formigues del seu llibre *Pheidole in the New World* (2003) dedicat al gènere més abundant, *Pheidole*.

Les seues investigacions, gràcies als programes universitaris per a alumnes avançats [7] de secundària li van obrir les portes de la universitat d'Alabama; i, amb només vint-i-quatre anys, de la de Harvard com a investigador ajudant (*Junior Fellow*); i professor en la mateixa als vint-i-set.

En la seua dilatada vida ha dirigit o sigut membre destacat de desenes d'institucions de prestigi, museus d'història natural i jardins botànics; ha rebut 40 doctorats *honoris causa*, i convidat a impartir conferències en més de 100 universitats.

El llistat de premis rebuts d'entitats, governs i universitat supera els 150, entre els quals dos Pulitzer; la National Medal of Science (1976), la distinció més alta dels EUA; el Premi Internacional Catalunya 2007 [8]; i el "Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento" 2010 en la categoria d'"Ecologia y Biología de la Conservación".

Autor d'una trentena de llibres [9], ha signat també més de 400 articles científics, alguns dels quals d'entre els més esmentats en la història de les ciències [10].

Ha sigut portada de revistes científiques de prestigi, com ara *Nature* o *Science*. I una au, una rata penada i nombrosos insectes duen el seu nom en el binomi taxonòmic.

L'any 1996 una enquesta internacional el va catalogar com a un dels 100 científics més influents de la història, a l'igual que va fer el 2008 la revista *Britannica Guide*. En 2005, la revista *Foreign Policy* el va anomenar un dels 100 intel·lectuals més importants del món. I llistes com aquestes solen incloure indefectiblement el seu nom.

A més, caldria afegir a tot això la seua capacitat per a fer divulgació científica de qualitat i d'ampli espectre digna d'admiració. I de fer-ho a la manera dels grans divulgadors d'èxit de l'escola americana, com ara Isaac Asimov [11], Carl Sagan, Lynn Margulis, Jared Diamond, Bill Bryson, o Stephen Jay Gould, i fins i tot l'anglès James Lovelock [12]; és a dir, connectant magistralment els fets, els coneixements científics, la història universal o les reflexions sobre la ciència amb les vivències pròpies per tal d'exemplificar el mutu enriquiment que podien suposar les SINESTÈSIES entre camps diferents de l'activitat humana.

Tots aquests divulgadors eren capaços d'articlar la doble estratègia que Erasme de Rotterdam

Edward O. Wilson va assolir des de ben jove quotes d'excel·lència en el camp científic; en particular en mirmeologia (estudi de les formigues), del qual va arribar a ser el major expert del món.

anomenava metafòricament "de la rabosa" i "de l'erigó": «la rabosa planeja moltes respostes, l'erigó només una, però molt efectiva» [13]. És a dir, comportar-se com a eriçons, amb la tenacitat de protegir les idees clau en què excel·leixen (astronomia, bioquímica, microbiologia, entomologia, química atmosfèrica, tant se val), i alhora com a raboses, capaces d'adaptar-se amb èxit a contextos diferents.

La convergència d'ambdues estratègies, l'especialista i la generalista, és possible, i n'Edward O. Wilson va aconseguir la unió sinèrgica d'ambdues formes aparentment antagòniques, el rigor acadèmic en els camps científics que va tractar i la proteïca adaptació a l'entorn no reglat; una mena de *polymorphos*, l'adjectiu amb què millor va definir Homer l'heroi Odisseu, capaç tant d'aprofundir com de canviar en el seu camí cap a la Itaca del coneixement. A més a més, Wilson va fer una altra passa, la de transmetre'ns allò que anava construït de manera clara i accessible mitjançant la divulgació i aportant-nos idees capaces d'aconseguir que l'espurna del saber ens arribe viva a l'esca de la curiositat i encenga en nosaltres el foc sagrat del goig intel·lectual.

Amb les dificultats que suposa abordar un personatge tan singular com polièdric intentaré bastir una classificació macrotemàtica on incloure els diversos camps en què va brillar.

Entomologia, biodiversitat i ecologia

L'any 1986 Edward Osborne Wilson va impulsar una reunió a Washington sota el títol *National Forum on BioDiversity*, de les actes de la qual va sorgir el llibre *Biodiversity* (1988) que esdevindria un bestseller internacional i on introduïa el neologisme "biodiversitat" i les idees associades que ja formen part del llenguatge comú en molts idiomes.

En el llibre comenta la gesta d'un botànic que es va passar unes setmanes investigant deu hectàrees de la selva de Borneo i hi va descobrir un millar de espècies noves de plantes, més de les que hi ha en tot Nordamèrica.

Wilson mateix hauria pogut posar-se d'exemple quan, a la Reserva nacional de Tambopata, al Perú, va identificar en un sol arbre 43 espècies de formigues pertanyents a 26 gèneres; un nombre major que el total d'espècies conegudes a les Illes Britàniques, la qual cosa ajuda a fer-se una idea de la immensa diversitat ecològica existent en els ecosistemes neotropicals.

Noves publicacions anirien eixamplant els co-



"Adam, qui nomena els animals" (1630), oli sobre làmina de coure de Jan Brueghel el jove. Museo Soumaya. Ciutat de Mèxic. «L'home donà un nom a cada un dels animals domèstics i ferotges i a cada una de les aus». (Gènesi 2,20).

neixements que tenim sobre la riquesa biològica del planeta i en particular dels insectes:

* *The Insect Societies* (1971), dedicat al comportament de les formigues, abelles i vespes socials, i tèrmits. Va estudiar la complexa xarxa comunicativa que crea l'intercanvi de feromones entre les formigues, i va assentar així la base d'allò que hui dia anomenem "comunicació química", la missatgeria biològica més antiga i sobre la qual es fonamenta el comportament social entre tot tipus d'organismes. En el llibre introduïa el neologisme "sociobiologia" per referir-se a l'estudi sistemàtic de la base biològica del comportament social en tot tipus d'organismes; una idea fecunda que esdevindria nova disciplina en biologia quan va ampliar el camp d'estudi als vertebrats i finalment als humans.

* *Success and Dominance in Ecosystems: the case of the social insects* (1990; èxit i domini en els ecosistemes: el cas dels insectes socials).

I, pel que fa a les formigues:

* *The Ants* [14] ("les formigues", 1990), que li va valdre el seu segon Premi Pulitzer en la categoria de literatura de no-ficció;

* "El viatge a les formigues" *Journey to the Ants: A Story of Scientific Exploration* (1994);

* El monogràfic dedicat al gènere de formigues més abundant *Pheidole in the New World: A Dominant, Hyperdiverse Ant Genus* (2003).

* *Tales from the Ant World* (2020), que en versió

castellana es va publicar com *Historias del mundo de las hormigas*.

Un salt d'escala el va dur a l'estudi general de la diversitat i els orígens de les societats animals, amb obres com ara:

* *Biodiversity* (1988)

* *Ecología, evolución y biología de poblaciones* (1978).

* *In Search of Nature* (1996),

* *La diversidad de la vida* (1992), l'obra de referència sobre el tema.

Més enllà dels llibres sobre biodiversitat, Edward O. Wilson ha tingut un paper fonamental en la posada en marxa (2008) de la iniciativa *Encyclopedia of Life* (EOL, <https://eol.org/>). Inspirada en Wikipedia, EOL es presenta com una base de dades i enciclopèdia col·laborativa, gratuïta (finançada per entitats científiques) i en xarxa sobre la totalitat dels organismes censats; ara per ara està en anglès i només parcialment en francès, alemany, rus i ucraïnès [15]. Tot i que la iniciativa és extraordinària, això no vol dir que estiga exenta de problemes, el primer dels quals és que la taxonomia no és una ciència exacta, i hi ha ben poc acord sobre com s'haurien d'organitzar els organismes.

I això costa de fer fins i tot amb els *films* o tipus (la categoria més gran, només inferior al Regne). Bona part dels biòlegs en parlen d'uns 30; uns altres redueixen el nombre a 20, mentre que



Wilson observant insectes. Mobile, Alabama, 1942 (Ellis McLeod), a l'esquerre. Moçabic, 2012 (Piotr Nakrecki), a la dreta.

La passió d'Edward pels animals va patir un gir inesperat a causa d'un accident de pesca que als set anys li va privar de la visió d'un ull i de la visió estereoscòpica.

Edward O. Wilson en *La diversidad de la vida* proposa un total de 89. Tot depèn d'on es decidisca establir les divisions.

En qualsevol cas, queda tant de treball per fer!

I, mentrestant, i com es preguntava Wilson en *La creació. Una crida per salvar la vida a la Terra* (2007), podem llegir (pg. 39): «Què pot passar si es redueix la biodiversitat? Doncs que es destruiran unes fonts d'informació científica i de riquesa biològica d'una magnitud inimaginable. Tot el que no s'haja descobert fins ara [del llegat genètic, bioquímic, biofísic, etc.] –medicaments, cultius, fustes, fibres, vegetació per recuperar els sòls, substituïts del petroli i altres productes beneficiosos s'haurà perdut per sempre».

Biodiversitat, coneixement i estima per la natura

La fascinació de Wilson per la biodiversitat i per les formigues anava en consonància amb l'admiració cap als pioners en fer aquesta mena d'estudis.

Com era el cas del sacerdot il·lustrat, metge, cirurgia, anatomista, botànic, matemàtic, mineralogista, docent i entomòleg gadità **José Celestino Mutis** (1732-1808) [16], membre de la Reial Acadèmia Sueca de Ciències, tan admirat per **Linné** i per **Humboldt** [17] i encarregat durant 23 anys de la Real "Expedición Botánica del Virreinato de Nueva Granada" (Colòmbia, Equador, Panamà i Veneçuela).

Wilson li va dedicar el llibre *Kingdom of Ants: Jose Celestino Mutis and the Dawn of Natural History in the New World* ("El regne de les formigues. José Celestino Mutis i l'alba de la història natural al Nou Món").

Un altre dels aspectes que va tractar Wilson va ser el de l'empatia amb la natura. I en l'obra *Biophilia* (1984), Wilson explorava la base evolutiva i psicològica de la nostra atracció pel món natural o per certs organismes, tot embastat a partir d'anècdotes relacionades amb les seues observacions, experiments i passejades per la natura.

Passejades i observacions que havia començat, de ben xiquet, entre els fardells del port de Mobile on menjava els *plum-cakes* de panses que li havia preparat sa mare.

PS

En un proper article abordarem les dues aportacions d'Edward O. Wilson que més controvèrsia van suscitar: la sociobiologia –també aplicada als humans– i consiliència o convergència de sabers per assolir una desitjable unitat del coneixement.

Notes

1 Durant la Guerra d'Independència americana, la ciutat de Mobile havia sigut capturada per una expedició espanyola d'ajuda als independen-
tistes americans en què va participar com a militar d'alt rang l'alacantí Francisco Boligny Paret, coronel de Luisiana, que esdevingué traficant
d'esclaus es va enriquir i va comprar una finca a l'Alcoraia, als afores d'Alacant.

2 *Pinus palustris*, *P. elliotii*, *P. echinata* i *P. taeda*.

3 Una fusta que, només descarregada en les duanes de la mar, el port de Xàbia, era adquirida a bon preu atesa la seua bellesa, duresa i
resistència al vent salat de la mar i als insectes xilòfags com el corcò i els tèmits, o els fongs. Una fusta dura i resistent, molt apta per a les
parts que requereixen més duresa i resistència a les barques, o bigues més llargues i sense nusos, com ara el màstil, la quilla o carena, la
roda de prova, la roda de popa o codast, la contraroda de prova, les quadernes o costelles, i els baus que conformen les cobertes; com també
per a les portes, finestres i bastides de les vivendes, jàcenes o bigues mestres de magatzems i grans espais, o les porxes i la típica naia
xabiera; i alhora per al mobiliari, en ebenisteria, ja que és fàcil de tornejat i obtindre acabats elegants en còmodes, consoles, o capçals de llit,
entre altres. Les cases més senyoriales de les poblacions costaneres del País Valencià i de Menorca, les de la burgesia agrícola i mercantil de
la Marina i en particular les de Xàbia, solien anar ben servides d'aquesta fusta, com ara les dels Bolufer (que tant comerciaven amb Mobile),
Montalbán (capità de la flota de pailebots dels Bolufer), Arnauda (o 'de la senyoreta Josefina'), Arnauda, Abadia, Tena (actualment ca Lambert)
i altres. Sí, potser seria bona idea agermanar les ciutats de Xàbia i Mobile. I homenajar amb una placa el ciutadà més preclar i insigne de
Mobile, el biòleg Edward Osborne Wilson (1929-2022).

4 Del grec *myrmex*, 'formiga'. En deriven d'aquest ètim paraules com *mirmecocòria* o dispersió de llavors per les formigues; *mirmecòfag* o
animal que s'alimenta de formigues; o *mirmidons*, els hòmens-formiga o clan seguidor d'Aquil·les en la guerra de Troia.

5 "Daualdeu", divulgació científica d'alta qualitat". *La Veu dels llibres*. Daniel Climent:

<https://www.laveudelsllibres.cat/noticia/46593/daualdeu-divulgacio-cientifica-dalta-qualitat>

6 En nombre d'individus, no d'espècies, que en això s'enduen la palma els coleòpters o escarabats.

7 Diu Wilson en el seu llibre *Cartes a un jove científic* (2013; pg. 93): «Un exemple que conec personalment és la Facultat de Matemàtiques
i Ciències d'Alabama, a la meua ciutat natal de Mobile, que selecciona estudiants d'institut de tot l'estat, els dóna beques i els instal·len un
campus semblant al de les facultats. Immersos en recerques de laboratori i guiats per científics experimentats, els estudiants viuen centrats
en la ciència i la tecnologia. Fins avui, pràcticament tots els graduats de cada curs han anat directament a la universitat». També ací s'ha
intentat, en ocasions, fer grups d'alumnes (i professors) d'altres capacitats i rendiment, dedicats a la formació de futures elits, tan necessàries
per a qualsevol societat. Així ho vam fer durant uns anys a l'IES Badia del Bover, d'Alacant, Però, els entrebancs administratius, la manca
d'incentius (o, millor dit, els incentius negatius a qui hi participava) i, per què no dir-ho?, el refús de bona part del professorat, ideològicament
més predisposat a l'"igualitarisme" (a la baixa) i la mediocritat rutinària, fan molt difícil si no impossible mantindre eixos programes "contra
viento y marea".

8 Concedit anualment per la Generalitat de Catalunya en reconeixement al treball creador de persones que hagen contribuït al desenvolupament
de la cultura, la ciència o l'economia amb un elevat compromís ètic i humanístic. En la recepció del premi, de mans del president
Montilla, Wilson va fer un càntic en defensa de la diversitat cultural. Es poden consultar aquests enllaços que es fan ressò d'aquesta visita a:
<https://www.ccma.cat/3cat/ha-mort-edward-o-wilson-un-dels-cientifics-mes-influents-del-mon/video/6136608/> i a <https://www.ccma.cat/3cat/edward-wilson/audio/140959/>

9 Malauradament, només tres els tenim en català: *Teoria de la biogeografia insular*, *Cartes a un jove científic*, i *La creació. Una crida per salvar
la vida a la Terra*. En castellà el nombre ascendeix a 18, entre els quals, *Ecología, evolución y biología de poblaciones*, *Sociobiología*, *Compor-
tamiento animal*, *Sobre la naturaleza humana*, *La diversidad de la vida*, etc.

10 Fins la seua mort, als 92 anys, Wilson ha sigut l'ecòleg i teòric evolutiu més rellevant, amb més de 250.000 citacions segons el rànking de
Webometrics. Els seus llibres *The Insect Societies* i *Sociobiology: the new synthesis* van rebre el premi Science Citation Classic, el guardó
més important a l'hora de valorar els treballs més esmentats i que són referents en el seu camp d'estudi; com també és el cas de la seua *The
Theory of Island Biogeography*, la teoria més citada en ecologia.

11 "Divulgació de la ciència. Els nostres inicis (III): Isaac Asimov". Daniel Climent. DAUALDEU. 21, Tardor de 2021: <https://daualdeu.associaciomeridiazero.com/wp-content/uploads/2021/11/daualdeu2105.pdf>

12 "Lovelock, Thatcher i els inicis de la lluita contra l'escalfament global". Daniel Climent Giner. DAUALDEU 24, hivern 2023: <https://daualdeu.associaciomeridiazero.com/wp-content/uploads/2023/04/daualdeu24-5.pdf>

13 En paraules del major intel·lectual del Renaixement, Erasme de Rotterdam, i en el llatí de l'època que feia servir en els seus Adagia: «*Multa
novit vulpes, verum echinus unum magnum*».

14 El primer Pulitzer l'havia guanyat en 1979 per *On human nature* ("Sobre la natura humana").

15 En un altre ordre de magnitud però amb una visió similar, la d'abastar la biodiversitat a escala mundial, però organitzada en base a les
grans unitats bioclimàtiques, disposem en català de l'extraordinària enciclopèdia en 15 volums *Biosfera* (1993-1998), dirigida per Ramon Folch
i Guillén en col·laboració amb molts dels millors especialistes mundials en cada camp. I amb el valuós afegit del component etnogràfic, de les
relacions dels humans amb el seu entorn en cada bioma. Una obra que no hauria de faltar en cap institut ni facultat de ciències.

16 Mutis va ser el promotor d'una campanya de vacunació contra la verola en Santa Fe de Bogotà, que va salvar milers de vides. Anys
després, el metge alacantí Francisco Javier Balmis, amb el concurs del cirurgià català Josep Salvany i la infermera gallega Isabel Zendaí, ho
farien a major escala expandint el vaccí antivariolós en braços de xiquets per les possessions espanyoles, tot circumnavegant el globus entre
1803 i 1814.

17 "Humboldt, Colòmbia i el cafè", de J.M.Mulet. DAUALDEU 23, tardor 2022: <https://daualdeu.associaciomeridiazero.com/wp-content/uploads/2022/11/daualdeu23-4.pdf>

Orgull de FRANCIS MOJICA

Joan Borja

Director de la Càtedra Enric Valor · Universitat d'Alacant

Ha estat una de les notícies científiques de l'any: a l'Hospital General de Massachusetts, a la ciutat estatunidenca de Boston, han aconseguit fer el primer trasplantament d'un renyó de porc a una persona viva. L'operació es va dur a terme amb èxit el passat mes de març. El receptor de l'òrgan va ser el senyor Rick Slayman, de 62 anys, que tenia una insuficiència renal crònica com a conseqüència de la diabetis tipus 2 que patia, combinada amb hipertensió. I la cosa té el seu què, perquè —com es pot imaginar— l'òrgan trasplantat no és un renyó de porc normal comprat en una carnisseria del barri de Beacon Hill, que és un barri de Boston contigu a l'Hospital General de Massachusetts, sinó d'un renyó de porc molt especial: un renyó de porc modificat genèticament per a intentar minimitzar el rebuig immunològic que lògicament produiria un òrgan d'una altra espècie a l'interior del cos humà. Fet i fet, més enllà de l'habilitat amb el bisturí de l'equip quirúrgic, una part essencial del mèrit de la fita científica és, per descomptat, de l'empresa biotecnològica eGenesis, que és la que ha aconseguit realitzar un total de 69 edicions genètiques en els teixits del porc, per mitjà de la tecnologia CRISPR-Cas9, amb la finalitat d'eliminar-hi gens porcins potencialment perjudicials per a les persones, i d'incorporar-hi gens humans que propicien la compatibilitat. De més a més, per tal de minimitzar el risc d'una infecció en el pacient amb els virus del porc, els tècnics genètics també van desactivar en els teixits orgànics del porc determinats retrovirus endògens d'aquest animal.

«Sí, home! No pot ser! Com li han de posar un renyó de porc a una persona? Això ho fan creure!», segur que diria la meua iaia, si visquera. Però no. No ho fan creure. És veritat. I tan veritat és que el senyor Rick Slayman, amb el seu flamant renyó de porc funcionant perfectament dins del seu organisme, va ser donat d'alta de l'Hospital General de Massachusetts a penes un parell de setmanes després de l'operació i se'n va poder anar a casa més content que un gínjol, amb un immillorable aspecte de salut. Sí. Ja ho sé: no tot seran per a ell flors i violes, d'ara endavant. És més que probable que, prompte o tard —més prompte que tard, lamentablement— l'òrgan trasplantat genere problemes de rebuig immunitari i el pobre

Rick haja de tornar a la dura i esclavitzant rutina de la diàlisi que fins ara portava. D'acord. Però mentrestant es podrà observar l'eficàcia de la intervenció, la qualitat del funcionament del bell i rosat renyó de porc genèticament editat i la duració dels efectes benèfics del nou òrgan d'origen porcí implantat al senyor Slayman. Una cosa, en tot cas, hi sembla fora de qualsevol discussió: que el camí encetat en aquest camps dels xenotrasplantaments (terme creat a partir de la forma prefixada xeno-, provinent de la paraula grega xenos, que significa 'estranger, estrany, foraster', i que té productivitat en paraules com xenofòbia, xenofília, xenogàmia, xenoglòssia, xenomorf o xenologia) comença a ser, gràcies a les possibilitats increïbles que tot just ara s'enceten amb l'edició genètica, no un incert i especulatiu camí d'esperances inaprehensibles per a la medicina del futur sinó —ja, ara mateix, en el dia d'avui!— una realitat positiva i evident, amb aplicabilitat immediata.

La bona qüestió és que la notícia del xenotrasplantament de renyó al senyor Slayman m'ha sensibilitzat d'una manera especial per una raó molt senzilla: perquè es produeix la circumstància que un estimadíssim familiar meu pateix des de fa cosa d'un parell d'anys el suplici d'haver de sotmetre's a tres sessions de diàlisi a la setmana. També ell, com el senyor Slayman, té una insuficiència renal severa i irreversible, contreta com a conseqüència de la diabetis. Sé quin pa s'hi cou, per tant. I entenc com d'imperiosa és la necessitat de fer evolucionar els recursos disponibles pel cantó del trasplantament d'òrgans per a millorar la qualitat de vida de les persones a les quals no els funcionen els renyons. L'esclavitud respecte de les màquines de la diàlisi és, en el cas del meu familiar íntim —i en el de tants altres milers i milers de persones d'arreu del món—, el difícil preu que ha de pagar per continuar vivint. Sobra argumentar que, alliberar-se de la dependència permanent de la diàlisi deu ser, en el seu cas —i en tots cadascun dels casos de persones amb insuficiència renal—, una de les felicitats majors que es poden somniar.

«Però calia fer-ho tan complicat i recórrer a l'edició genètica d'un renyó de porc, sent que hi ha tants renyons humans que es podrien aprofitar



Les esperances vitals del senyor Rick Slayman naixen, en realitat, si bé es mira, dels treballs pacients, metòdics, lúcids, perspicaços i innovadors que al seu dia va dur a terme l'equip d'investigació del senyor Francis Mojica en la Universitat d'Alacant.

per a trasplantaments?» És la pregunta que, sens dubte, sura ara mateix en l'ambient davant la notícia del xenotrasplantament del senyor Slayman a Boston. En efecte: cada dia moren al món de l'ordre de 160 000 persones. I això vol dir que uns 320 000 renyons humans acaben incinerats, podrits o devorats pels cucs... 320 000 avui; 320 000 demà; 320 000 despús-demà. Més de dos milions de renyons cada setmana! Com és possible que no siguem capaços d'aprofitar-los degudament, aquests òrgans, per a solucionar les necessitats terapèutiques de les persones que pateixen insuficiència renal i s'han de sotmetre

regularment a sessions de diàlisi? I qui diu renyons diu fetges, pulmons, pàncrees, intestins, ossos, medul·la, pell, còrnies... Com és que continuen faltant donants d'òrgans per a atendre les necessitats de la demanda hospitalària?

La pregunta —ja ho sé— no és precisament nova ni original. Però mentre hi haja malalts que continuen esperant l'oportunitat d'un trasplantament per a millorar la qualitat de vida continua sent absolutament pertinent. Justa i necessària. I apel·la a la més elemental forma de la solidaritat: la que permet salvar vides. I en això, precisament, podem sentir-nos relativament orgullosos, les va-

Els treballs pacients, metòdics, lúcids, perspicaços i innovadors que al seu dia va dur a terme l'equip d'investigació del senyor Francis Mojica en la Universitat d'Alacant ... és cosa que hauríem de saber observar, reconèixer, agrair, reivindicar i celebrar com cal al nostra racó de món.

lencianes i els valencians. Al nostre racó de món —en alguna cosa havíem de ser envejables!— som líders en donants i en trasplantaments. L'any passat es van fer als hospitals valencians un total de 609 trasplantaments d'òrgans sòlids. La xifra va comportar un increment de l'11,9% respecte de l'any anterior (544 trasplantaments, se'n van fer, el 2022). I aquest increment va ser possible gràcies a 274 persones donants, que signifiquen una taxa de 52,6 donants per cada milió d'habitants. Hi insistisc: les valencianes i els valencians podem traure pit amb aquestes xifres en el context europeu i mundial —segons sembla—, perquè la mitjana europea (amb 20,9 donants per cada milió d'habitants) se situa molt per davall de la meitat de l'índex valencià de donacions, i perquè un país tan desenvolupat com Alemanya a penes arriba a una taxa de 10,4 donants per cada milió d'habitants: cinc voltes menys que la taxa valenciana.

I tanmateix... Tanmateix, a pesar que som líders mundials en matèria de trasplantaments d'òrgans -amb hospitals d'autèntica referència com La Fe a València, l'Hospital General Dr. Balmis a Alacant, l'Hospital Universitari Dr. Peset a València i l'Hospital General Universitari d'Eix- 52,6 donants per cada milió d'habitants tampoc no sembla una xifra insuperable. Segons com es vulga mirar, 274 persones donants no en són tantes si es vol comparar amb la totalitat de les 47 346 defuncions que es van produir al País Valencià l'any 2023. Hi hauríem de fer un pensament, també, sobre això. I amb molta més raó, aquest mateix pensament l'haurien de fer a la resta del món, en què les donacions i els trasplantaments són encara molt més excepcionals que a casa nostra.

Però ara, en qualsevol cas, toca deixar-se estar de quimeres i celebrar el nou pas fet per la ciència. On no arribarà la solidaritat entre les perso-

nes per mitjà de la donació d'òrgans potser sí que podrà arribar l'edició genètica en els teixits dels òrgans d'altres animals, com ara el porc, per provar de fer-los compatibles amb el cos humà. No sé a vostés, però a mi això em sembla fascinant. Literalment fascinant. Fins al punt de l'emoció. I se'm fa un nuc a la gola i se m'humitegen els ulls —exactament com al doctor Leonardo Riella, de l'Hospital General de Massachusetts quan va comparèixer en roda de premsa per a anunciar i explicar l'èxit del projecte— quan pare a pensar per un moment que la tècnica d'edició genètica que ha fet servir l'empresa biotecnològica estatunidenca eGenesis, CRISPR-Cas9, no és sinó una aplicació dels avanços científics que va fer possible la investigació bàsica que al seu dia va dur a terme un col·lega de la Universitat d'Alacant: el senyor **Francisco Juan Martínez Mojica**, Francis Mojica. Fet i fet, va ser ell mateix qui va denominar així, CRISPR (inicials en anglés de *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*, 'repeticions palindròmiques curtes agrupades i regularment interespaiades'), les seqüències genòmiques repetides que va descobrir i que van constituir l'inici de l'aventura del que ara comencem a conèixer com edició genòmica. Ho estem veient: probablement, l'aventura científica que condicionarà d'una manera més determinant la vida de l'espècie humana —xenotrasplantaments inclosos— d'ara endavant. Cap Premi Nobel —ni tan sols el Premi Nobel de Química de 2020, que va recaure en les senyores **Emmanuelle Charpentier** i **Jennifer A. Doudna** per haver desenvolupat la tècnica de les tisores genètiques CRISPR-Cas9 sobre la base de les aportacions bàsiques fetes per Mojica— no pot superar, de cap de les maneres, l'íntima satisfacció que el científic il·licità de la Universitat d'Alacant pot legítimament sentir a mesura que l'edició genètica va fent conquestes biotecnològiques, com aquesta dels xenotrasplantaments —fa quatre dies impensable.

Només l'orgull que ara mateix sentim les seues companyes i els seus companys de la Universitat d'Alacant pel simple fet d'haver compartit la mateixa institució amb ell s'hi deu poder comparar, supose, a la legítima satisfacció que ell mateix deu sentir ara mateix en el seu fur intern per la seua decisiva contribució a la humanitat, les aplicacions de la qual tot just acaben de començar. Aquest és el fet que caldria celebrar: que amb Premi Nobel o sense Premi Nobel interposat, les esperances vitals del senyor Rick Slayman (i dels centenars de milions de Rick Slayman que hi ha al món) naixen, en realitat, si bé es mira, dels treballs pacients, metòdics, lúcids, perspicaços i innovadors que al seu dia va dur a terme l'equip d'investigació del senyor Francis Mojica en la Universitat d'Alacant. I això —diria— és cosa que hauríem de saber observar, reconèixer, agrair, reivindicar i celebrar com cal al nostra racó de món...

Nombres grans, enormes, gegants... i més enllà

Miguel Angel Sanchis Lozano

Departament de Física Teòrica i Institut de Física Corpuscular CSIC-UV

Roger Sanchis Gual

Institute for Robotics and Intelligent Systems, ETH - Zurich (Suïssa)

Caminant per la platja, a la vora de la mar, qui no s'ha demanat alguna vegada quants grans de sorra hi ha en total al planeta Terra? Moltíssims, sens dubte. Hom ha estimat que n'hi ha de l'ordre de 10^{19} grans (10 elevat 19), incloent-hi totes les platges i deserts.

Vertaderament és una quantitat enorme si la comparem, per exemple, amb el nombre d'estrelles de la nostra galàxia, la Via Làctia, on es calcula que n'hi ha de l'ordre de 10^{11} . Observem de passada que un cervell humà mitjà conté un nombre semblant de neurones.

Ara bé, l'univers s'estén molt més enllà de la nostra galàxia i no tot resulta, doncs, observable. Per una banda, la velocitat de la llum representa un límit per a la propagació de qualsevol senyal entre dos punts de l'espai, llavors limitant l'accés a regions molt allunyades de nosaltres. Per l'altra, el ritme d'expansió de l'univers després del *Big Bang* (prou diferent al llarg de la seua història còsmica) també condiciona la distància màxima per a rebre senyals. Com a conseqüència, l'actual radi de l'anomenat univers observable es d'uns 46500 milions d'anys-llum. Un any llum es correspon amb la distància recorreguda per la llum en un any al buit, uns 10^{13} km. Notem que la Via Làctia mesura uns 100 000 anys-llum de diàmetre i 2000 de grossària.

Al cap i a la fi, siga o no siga infinit, només una part de l'univers resulta observable des de la Terra. Cal dir que l'astronomia actual es basa en la detecció d'ones electromagnètiques (incloent-hi la llum, infraroig i ultravioleta, ràdio, raigs X y gamma, etc.), neutrins i ones gravitatòries que permeten l'accés a èpoques molt pretèrites, l'univers primitiu. Dins d'aquest volum observable al nostre voltant, hom calcula que hi ha aproximadament 10^{12} galàxies; i com que cada galàxia conté de mitjana 10^{11} estrelles, se n'obté un nombre total d'estrelles observables del mateix ordre del nombre d'**Avogadro** ($\approx 10^{23}$). A més a més, mitjançant observacions espectroscòpiques i models teòrics de l'evolució còsmica, s'ha estimat que el nombre total d'àtoms dins del nostre univers observable es de l'ordre de 10^{80} .

D'altra banda, segons les darreres observacions astrofísiques del corrent al roig cosmològic, l'univers es troba actualment en un estat d'expansió accelerada atribuït a l'anomenada energia fosca, d'origen encara desconegut, que genera una força repulsiva (antigravetat). Aleshores, la part de l'univers ara a l'abast de l'observació min-

L'actual radi de l'anomenat univers observable es d'uns 46500 milions d'anys-llum.

varà amb el transcurs de milions i milions d'anys, i decreixerà, per tant, el nombre de galàxies i d'àtoms detectables.

Nombres enormes

A més d'això, l'any 1920, el nebot del matemàtic **Edward Kasner** (1878-1955), va proposar un nom, el *googol*, per a un número molt gran: un 1 seguit de 100 zeros, és a dir, $1 \text{ googol} = 10^{100}$ superior al nombre d'àtoms estimat a l'univers observable, com hem comentat més amunt. La definició d'aquest número és arbitrària i no juga cap paper significatiu en matemàtiques. En canvi, va inspirar el nom de l'empresa Google, possiblement motivat per les nombroses connexions que en permet.

Posteriorment, Kasner va donar un pas més endavant, definint el *googolplex* com un 10 elevat a un googol, és a dir, $\text{googolplex} = 10^{\text{googol}} = 10^{10^{100}}$.

Per si encara vos sembla menut, es defineix el *googolduplex* com a 10 elevat a un googolplex, és a dir, $\text{Googolduplex} = 10^{10^{\text{googolplex}}} = 10^{10^{10^{100}}}$.

Com hem dit, aquestes xifres tan enormes no procedeixen de definicions formals derivades d'algun teorema o necessitat de càlcul; per tant manquen d'una motivació real. No obstant això, cal dir que números tan grans com el *googolplex*, o més, apareixen en demostracions matemàtiques, com ara en la teoria de números primers (número de **Skewers**), o encara més gegant, com l'anomenat número de **Graham**, que necessita una notació especial per a poder ésser representat.

No tots els infinits són iguals

Fins ara hem parlat de nombres molt grans, enormes, fins i tot inabastables per a la ment humana. No obstant això, ens adonem que a un nombre qualsevol, per gegant que siga, sempre és possible afegir-li'n un... De fet, qualsevol número finit empal·lideix davant l'anomenat *infinít*: un concepte que queda definit per "caminar per casa" com allò sense límits o fi.

Un dels primers grans pensadors a adreçar la qüestió de l'existència o no de l'infinít va ser **Aristòtil** (384 aC, 322 aC), fa més de dos mil·lennis, qui pensava que no podia existir més que potencialment, però mai de manera completa o realitzada. Molts altres pensadors han adoptat la mateixa idea, com el mateix **Johann Carl Friedrich Gauss** (1777-1855): l'infinít només té sentit com a un límit, i no mai com a una quantitat numèrica real.

El símbol de l'infinít (semblant a un huit gitat) va ser introduït en les matemàtiques per **John Wallis** (1616-1703) el segle XVII. Però va ser **Georg Cantor** (1845-1918) el primer matemàtic que va plantejar la qüestió de l'infinít dins d'una nova perspectiva (la teoria de conjunts), iniciant una revolució en les matemàtiques i en el pensament filosòfic que encara perdura.

Utilitzant una teoria de conjunts (posteriorment desenvolupada i perfeccionada per altres matemàtics i lògics), Cantor distingí entre conjunts finits i infinits, segons el seu "cardinal" o nombre d'elements. Per exemple, el cardinal del conjunt dels dits d'una mà humana es cinc. De particular interès són els conjunts formats per infinits elements, i als quals també es pot associar un cardinal (anomenat transfinit), com va fer Cantor amb una gran valentia intel·lectual.

Així, Cantor anomenà \aleph_0 (*alef* és la primera lletra de l'alfabet hebreu) al cardinal del conjunt de tots els nombres naturals. I es que, sorprendentment, no tots els conjunts infinits posseeixen la mateixa "grandària, fins i tot essent infinits". Anem a explicar això.

D'entrada, per comparar conjunts (finitos) hi ha un mètode ben conegut (de sempre) com és emparellar un a un els llurs elements, com per exemple, cadires i persones dins d'un local. De fet, comptar no es més que aplicar aquest procediment entre el conjunt de nombres naturals i el conjunt a mesurar.

Galileu (1564-1642) va estendre aquest mètode als conjunts amb infinít elements, com es el cas dels nombres naturals i els seus quadrats, que poden emparellar-se un a un. Es tracta de trobar una correspondència (biunívoca) entre els naturals (triat com a conjunt de referència) i el conjunt infinít del qual volem "comptar" els seus elements. Pensem en el conjunt \mathbb{R} dels nombres reals. Cantor va demostrar que, segons el mètode de comptatge esmentat, hi ha *més nombres reals que de naturals*, essent ambdós infinits! Es designa \aleph_1 el cardinal següent a \aleph_0 , que es correspon (sota la hipòtesi del continu, no entrarem en detalls aquí) amb el conjunt dels nombres reals.

Abans de continuar, remarquem que els conjunts dels nombres parells (o senars), racionals o

enters, tenen associat el mateix cardinal: \aleph_0 . Aleshores cal abandonar el principi aristotèlic, tan aparentment intuïtiu, segons el qual el tot es major que les seues parts.

Una cosa semblant ocorre amb el conjunt de nombres reals: els nombres reals d'un interval finit (per exemple, entre 0 i 1) es pot posar en correspondència biunívoca amb els de tota la recta real. Ambdós amb el mateix cardinal \aleph_1 .

A més a més, Cantor va demostrar que la cardinalitat (\aleph_1) de la recta real \mathbb{R} (es a dir, dels nombres reals) i el pla real \mathbb{R}^2 (es a dir, de tots els parells de nombres reals) es la mateixa. Quan **Richard Dedekind** (1831-1926), el seu amic i també gran matemàtic, va rebre la demostració de Cantor va exclamar: "Ho veig, però no ho crec".

Però la història no acaba ací. Més enllà dels nombres reals, es possible establir una jerarquia de conjunts infinits segons la seua grandària, es a dir, el seu cardinal transfinit associat, que reben els noms d' \aleph_2 , \aleph_3 , i així successivament. Per exemple, \aleph_2 representa el cardinal del conjunt de tots els subinterval·ls de la recta real. Aquest conjunt infinít té més elements que no els reals i, per descomptat, que no els naturals o enters.

Les aparents paradoxes contraintuïtives dels cardinals transfinits varen fer dubtar durant deu anys el seu creador, Cantor, fins acceptar la seua consistència. En l'article on introduïa aquests conceptes, el 1883, per poc que no demanava disculpes i s'autojustificava perquè no hi havia més remei. Iniciava aleshores un període turbulent en la seua vida, amb períodes de depressió, que probablement tenien una malaltia mental maniàco-depressiva subjacent.

Cantor no ho tingué gens fàcil, en part perquè el seu anterior mentor, el matemàtic **Leopold Kronecker** (1823-1891), va rebutjar amb inèdita duresa, la teoria dels nombres transfinits, fins i tot acusant-lo de xarriaire, renegat i corruptor de la joventut (sic). I la resta de la comunitat matemàtica d'aquell temps reaccionà d'una manera semblant. De fet, Cantor no va aconseguir cap posició a l'Acadèmia d'acord amb la seua enorme vàlua i influència en les matemàtiques. Després de freqüents crisis mentals, va acabar els seus dies en una clínica mental, el 1918.

Malgrat l'oposició inicial, una nova generació de lògics i matemàtiques, entre els quals podem citar **Gottlob Frege** (1848-1925), **Bertrand Russell** (1872-1970) o **David Hilbert** (1862-1943), va començar a contemplar amb altres ulls la teoria dels conjunts infinits i dels nombres transfinits. Per comprovar-ho, hi ha prou amb aquest paràgraf escrit per Hilbert el 1925:

«*Ningú ens podrà expulsar del paradís que Cantor ha creat per a nosaltres*».

Però no tots pensaven de la mateixa manera: els nazis varen incloure la teoria de Cantor dels transfinits com de tipologia jueva i especialment "degenerada".

En les matemàtiques actuals, la teoria de Cantor de nombres transfinits té plena vigència i s'utilitza, per exemple, en teoria de nombres o en anàlisi funcional.

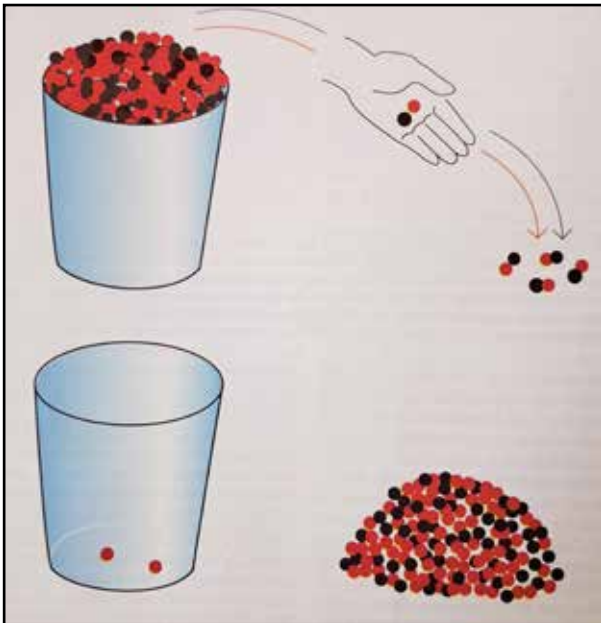
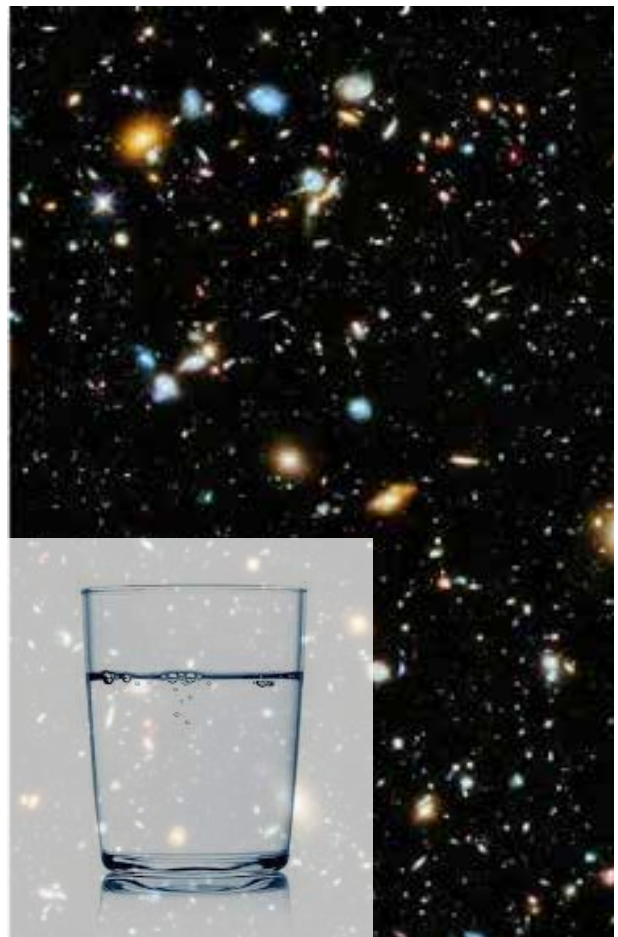


Fig. 1

En les matemàtiques actuals, la teoria de Cantor de nombres transfinitos té plena vigència i s'utilitza, per exemple, en teoria de números o en anàlisis funcional.



Imatge de camp profund feta pel telescopi espacial Hubble que mostra una gran quantitat de galàxies. Possiblement el telescopi James Webb, llançat recentment, en descobrirà encara més. Actualment s'estima que hi ha unes 10^{23} estrelles a tot l'univers observable. Aproximadament el mateix nombre de molècules que hi ha en menys de mig got d'aigua.

Es poden comparar les grandàries de dos conjunts (fins i tot infinits) emparellant llurs respectius elements. En la figura 1, clarament hi ha més boletes en el got de dalt que en el de baix. Galileu va ser el primer savi conegut que aplicà aquest mètode per comparar, per exemple, els nombres naturals i els seus quadrats. O nombres naturals i senars... Es pot establir una correspondència biunívoca, un a un entre ells, cosa que li semblava paradoxal, per això que va concloure que no era possible comparar conjunts infinits. En canvi, Cantor va desenvolupar una teoria dels anomenats nombres transfinitos, que permetia parlar amb rigor de diferents grandàries dels conjunts infinits. Aquells que es poden posar en correspondència amb els naturals s'anomenen numerables, como per exemple, els nombres racionals. Per contra, els nombres reals formen un conjunt no numerable. Dit d'una manera laxa, hi ha més nombres reals que de naturals, però hi ha tants nombres naturals com de senars.

Nombres naturals	1	2	3	4	5	6...
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Quadrats perfectes	1,	4,	9,	16,	25,	36...
Nombres imparells	1,	3,	5,	7,	9,	11...
Nombres parells	2,	4,	6,	8,	10,	12...
Nombres primers	2,	3,	5,	7,	11,	13...

El cardinal dels nombres naturals, perfectes, senars, parells o primers és el mateix: alef₀. Els seus conjunts tenen la mateixa grandària.

El que hi ha sota la vorera

Belén Ferrer

Departament d'Enginyeria Civil · Universitat d'Alacant

Quan caminem o circulem pels carrers no som conscients dels desenvolupaments tecnològics que tenim sota els peus. La pavimentació en si mateixa, desenvolupada pels pobles antics i millorada en els segles XVIII i XIX, va ser un invent que va permetre millorar la qualitat de vida de la ciutadania. Però potser la millora més significativa va ser la recollida d'aigües residuals en conduccions soterrades, de manera que no discorregueren lliurement pels carrers, i evitar així nombroses infeccions en els nuclis de població. Gràcies a això, el nostre nivell de desenvolupament actual ha permès que no sols tinguem aquesta xarxa sota el paviment, sinó que hi haja un ventall gran d'instal·lacions que ens podem trobar sota el paviment de qualsevol carrer.

Per començar, allò habitual és que no sols s'arpleguen les aigües residuals sinó també les pluvials per tal d'evitar inundacions en determinades zones del nucli urbà. La recollida conjunta o separada d'aquestes dues aigües dona lloc als noms de "xarxa unitària" o "xarxa separativa", quan es parla de recollida d'aigües urbanes. Les xarxes unitàries incorporen les aigües de pluja a la xarxa de residuals, fent que el seu volum siga molt més gran, mentre que en les xarxes separatives existeixen conductes diferents per a cada residu i es desguassa també en zones diferents. En funció de la grandària de la població i de les característiques de les pluges de la zona es tria entre una i l'altra. Per a zones amb poca densitat de població i pluges distribuïdes durant l'any pot ser avantatjosa una xarxa unitària, ja que les aigües residuals arriben a la depuradora més diluïdes, cosa que facilita la depuració. No obstant això, en zones amb pluges torrencials, que a més ocorren només algunes vegades a l'any, les xarxes unitàries tenen el gran inconvenient que necessitarien una depuradora molt major i que aquesta només funcionaria correctament quan succeeïren aquestes pluges torrencials. Per això en el vessant del Mediterrani l'habitual és que les xarxes siguen separatives perquè les depuradores funcionen bé i siga més barat construir-les.

En les figures 1 i 2 es mostra la varietat d'instal·lacions urbanes per a una xarxa separativa juntament amb les capes habituals de pavimentació que es col·loquen en les voreres i la calçada. Les instal·lacions de recollida d'aigües es col·loquen en la part inferior, per tal de prevenir problemes causats per fugues i que puguin afectar la resta d'instal·lacions. Totes dues xarxes (residuals i pluvials) es recullen en grans canonades que es col·loquen en el centre (aproximadament) de la calçada i es realitzen pous de connexió i d'inspecció a una certa distància al llarg de la seua longitud. Aquests pous tenen una tapa redona i són els que provoquen clots en el camí dels cot-

xes quan s'asfalta sobre el paviment antic i no són alçades aquestes tapes, la qual cosa succeeix molt a sovint per reduir costos. Les aigües residuals es recullen en els edificis, mentre que les aigües pluvials es recullen generalment al costat de les vorades, en arquetes que es diuen "embornals" i que compten amb una reixeta per a evitar que hi entren coses massa grans arrossegades per la pluja. L'entrada de sòlids massa grans (o l'acumulació de sòlids en grans masses) causa molts problemes en totes dues xarxes d'aigües. És el que ocorre amb les tovallolletes en les xarxes de sanejament, que poden embossar els tubs o complicar la depuració d'aquestes aigües. I també el que ocorre amb plàstics, cartons i fins i tot amb fulles i branques dels arbres en les xarxes de pluvials; per això s'instal·len reixetes en lloc de deixar grans obertures, i també perquè cap vianant caiga o ensopegue, clar.

Sobre les canalitzacions de recollida d'aigües s'instal·len tots els subministraments que van als edificis, cadascun en una rasa independent. Aquestes instal·lacions generalment són: cables de mitjana tensió (quan són necessaris), tubs de telefonia i telecomunicacions (pels quals s'instal·laran els cablejats de cadascuna de les companyies interessades), cables de baixa tensió, xarxa d'aigua potable, xarxa de gas natural, xarxa de reg de l'arbratge i xarxa d'enllumenat públic. Aquesta gran quantitat d'instal·lacions existents fa que ens trobem amb una rasa oberta en la vorera sovint (figura 3), tant per a reparacions com per a noves instal·lacions en zones en les quals, per exemple, no es van col·locar tubs de telecomunicacions abans de pavimentar perquè llavors no eren necessaris.

Les obres de reparació, tant d'instal·lacions com de pavimentació, ens permeten també veure les capes de materials que hi ha sota les voreres i calçades. Aquestes capes estan completament descrites pels manuals constructius i varien en funció del tipus de trànsit que es preveu per a la calçada. En general, cal posar en primer lloc unes capes de material solt de tipus "granular", que sol ser una mescla de sorres amb pedres de diferents grandàries. És el que en la figura 1 s'ha marcat com a "base i sub-base granular". Sobre elles es col·loquen les diferents capes de material asfàltic que comencen amb un reg d'emprimació, es banya amb un betum líquid la superfície per facilitar l'adherència de la resta de capes de mescles bituminoses. Una mescla bituminosa és una barreja d'aquest betum amb pedres de grandàries diferents i ha d'estar bastant calenta a l'hora de ser utilitzada. Per això, quan s'està col·locant, fa aquesta olor tan característica i els operaris que treballen amb ell han de protegir-se les vies respiratòries.

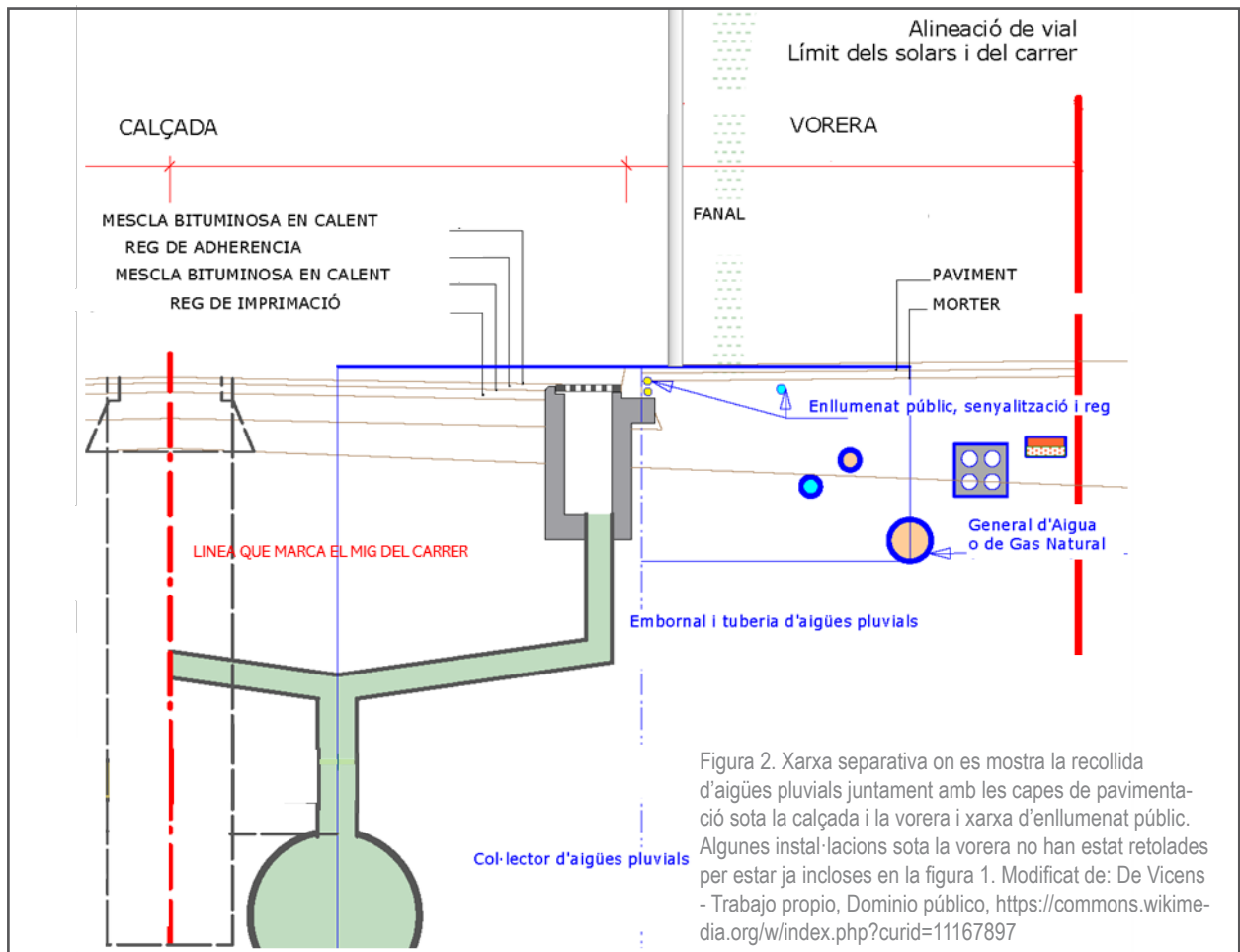
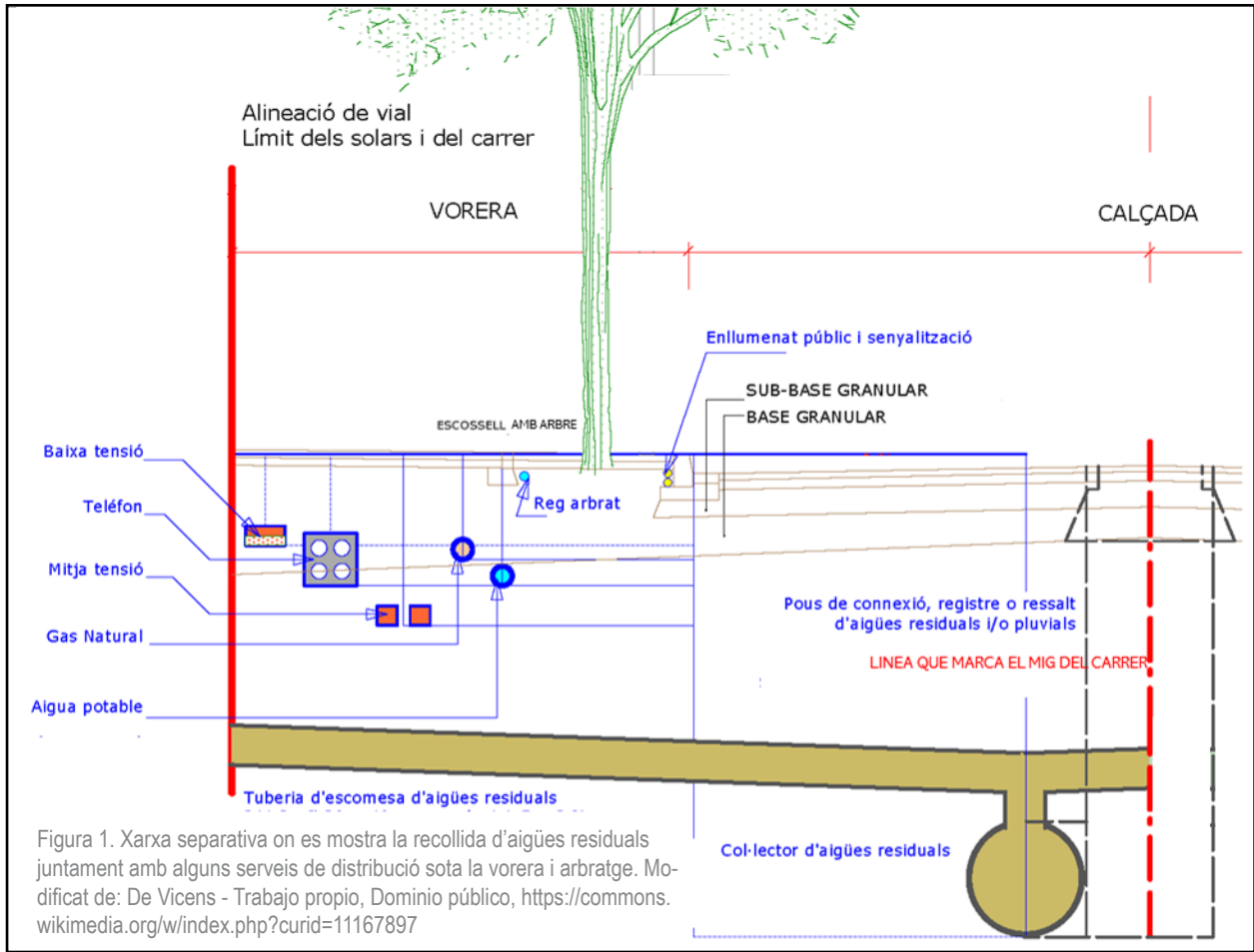




Figura 3. Detall de les instal·lacions trobades sota la vorera en una obra de reparació d'aigua potable. Els tubs blaus i els que connecten amb les peces blaves són d'aigua potable, mentre que els que estan més prop de la superfície són tubs de protecció per a cables elèctrics.

L'última capa de material asfàltic es diu "capa de rodadura" perquè és la que toca directament les rodes dels vehicles. Per a aquesta capa s'usen pedres de grandàries més petites per a facilitar l'adherència amb els pneumàtics. La pavimentació de les voreres és bastant més senzilla; se sol col·locar una capa de formigó poc gruix sobre

alguna capa granular també de poc gruix, semblant a les utilitzades en la calçada. Sobre aquest formigó ja es pot col·locar la pavimentació, simplement sobre una capa de morter.

Els detalls del que hi ha exactament sota cada carrer, amb profunditats, diàmetre de tubs i materials emprats haurien d'estar en el projecte constructiu amb què es va realitzar la urbanització. Aquesta és la teoria, en la pràctica, per a zones antigues com els centres històrics de les ciutats o en poblacions menudes, és molt habitual que no se sàpiga amb certesa què és el que hi ha i encara menys els diàmetres i les fondàries.

En una d'aquestes petites poblacions em van encarregar fa molts anys realitzar una anàlisi de la seua xarxa de sanejament, com a part del meu treball final de carrera i la primera tasca consistia en la realització dels plànols d'aquesta xarxa perquè no hi havia gairebé res documentat. Per a això l'ajuntament va posar a la meua disposició un tècnic municipal que anava obrint les tapes dels pous de registre i ficàvem el cap (sí, amb tota classe de "bestioles" pel mig) per veure quants tubs connectaven, a quines profunditats i quins diàmetres tenien.

Com que, a més a més, es construeix molt malament, així en general, en tots els llocs, en aquesta població havien construït cases sobre séquies de reg que, amb els anys, havien passat a formar part de la xarxa de sanejament. El problema és que quan hi ha pluges torrencials hi ha parts de la xarxa que poden estar sotmeses a pressió interna i fins i tot trencar a causa d'aquesta pressió. Això va ser el que ens va contar una senyora que va passar en el saló de sa casa, mentre el seu marit estava assegut en una butaca just on es va afonar el terra i va ser engolit pel buit. No recorde si l'home va sobreviure, però sí que sé de cert que l'esglai va ser impressionant.

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

Per què no em puc **concentrar**?

Ana Noguera
Psiquiatra

Actualment, les dificultats de concentració s'han convertit en un problema creixent que afecta persones de totes les edats i ocupacions. Des d'estudiants fins a professionals, la capacitat de mantindre l'atenció en tasques específiques es veu desafiada constantment. Aquesta problemàtica no només és rellevant per a la població general, a qui les dificultats atencionals interfereixen en la seua vida diària, sinó també per als professionals de la salut mental, que han d'abordar i tractar aquestes complicacions en els seus pacients.

La concentració és una habilitat essencial per a l'exercici acadèmic, professional i personal. En aquest article, abordarem breument el concepte d'atenció i els diversos factors tant interns (trastorns mentals), com externs (característiques de la societat moderna), que contribueixen a un deteriorament d'aquesta capacitat.

Què és l'atenció?

L'atenció és una funció cognitiva fonamental que permet a una persona enfocar l'interès i la consciència, ja siga de manera activa o passiva, voluntària o involuntària, en un estímul o esdeveniment específic que pot ser intern o extern. Altrament dit, l'atenció actua com a filtre que selecciona els senyals sensorials interns o externs, dirigint l'interès de manera selectiva, o mitjançant un esforç conscient, cap a una font particular d'estimulació.

Segons el model atencional de **Sohlberg i Mateer**, l'atenció es classifica en quatre tipus principals, àmpliament reconeguts i estudiats a l'àmbit de la neurociència.

1. Atenció focalitzada

Es refereix a la capacitat de respondre de manera específica a un estímul, ignorant deliberadament altres estímuls propers. Aquest tipus d'atenció requereix un nivell d'alerta i activació alt. Un exemple d'atenció focalitzada és quan un estudiant es concentra en les paraules del professor durant una classe, ignorant els sorolls ambientals com el bronzit de l'aire condicionat o les converses d'altres estudiants.

2. Atenció sostinguda

És l'habilitat de mantindre una activitat cognitiva de manera persistent durant un període prolongat. Aquest tipus d'atenció és essencial per a tasques que requereixen una concentració contínua, com ara, llegir un llibre. Mantenir l'atenció sostinguda pot ser tot un repte, si considerem la diversitat de factors que la condicionen, com ara, la fatiga, la motivació, la naturalesa de la tasca i l'avorriment.

3. Atenció dividida

Permet al cervell fer dues tasques simultània-

ment, encara que aquestes tasques no han de ser excessivament demandants per evitar una disminució en el rendiment. La capacitat d'atenció dividida és limitada, i a mesura que augmenta la complexitat de les tasques simultànies, la resposta es deteriora. Un exemple d'atenció dividida és quan un estudiant escriu mentre escolta i observa el professor.

4. Atenció alterna

És una manifestació destacada de la flexibilitat mental que permet canviar el focus d'atenció i moure's entre tasques diferents. Un exemple clar és quan es prepara un plat complex que requereix treballar amb ingredients en diferents moments, cosa que implica canviar de tasca sense oblidar l'anterior, ja que s'hi haurà de tornar ben prompte.

Síntomes de dificultats de concentració

Les dificultats de concentració poden manifestar-se de maneres diverses, algunes d'elles poden ser:

- **Distracció constant:** Incapacitat per mantenir l'atenció en una tasca durant un període prolongat, problemes per pensar amb claredat, manca d'energia mental i física per concentrar-se.

- **Oblits freqüents:** Dificultat per recordar informació recent, perdre coses o tindre dificultat per saber on són, cometre errors per distracció.

- **Procrastinació:** Postergació de tasques importants degut a la manca d'enfocament, incapacitat per a la presa de decisions.

- **Desorganització:** Problemes per planificar i organitzar activitats diàries, incapacitat per fer tasques complicades.

Factors interns que influeixen en l'atenció

L'atenció integra múltiples processos, com ara la consciència, la memòria, la percepció i l'acció motora. Per tant, quan ens referim a l'atenció, no parlem d'un procés únic, sinó d'una sèrie de mecanismes que operen de manera coordinada per permetre un funcionament cognitiu eficient. L'atenció pot estar marcadament influïda per diversos factors interns, com poden ser consum de drogues i certs trastorns mentals. També es pot veure afectada per factors externs, i que són característics de la societat actual, que contribueixen a un deteriorament d'aquesta capacitat que veurem més endavant.

Entre els factors interns que afecten l'atenció, destaquem les següents patologies mentals:

1. **Trastorn per dèficit d'atenció i hiperactivitat (TDAH):** El TDAH és una de les condicions més usualment associades amb dificultats de concentració. Afecta tant als infants com a adults i es caracteritza per símptomes d'inatenció, hipe-

ractivitat i impulsivitat. Els individus amb TDAH solen tindre dificultats per a mantenir l'atenció en tasques escolars o laborals, cosa que pot portar a un rendiment acadèmic o professional deficient. Això és causat per un dèficit en la regulació de l'atenció, que pot estar influenciat per factors genètics i neuroquímics.

2. *Trastorns d'ansietat*: L'ansietat generalitzada i altres trastorns d'ansietat poden interferir significativament amb la concentració. La preocupació constant i el rosegat massa els pensaments poden desviar l'atenció de les tasques actuals, i causar un estat d'alerta que dificulta la concentració sostinguda.

3. *Depressió*: La depressió no afecta només l'estat d'ànim, sinó també les funcions cognitives. Les persones que pateixen depressió sovint refereixen una "boira mental" que els impedeix concentrar-se. La fatiga mental, juntament amb la manca d'interès o motivació, contribueix a una disminució en la capacitat d'atenció i concentració.

4. *Trastorns del son*: La manca de son o els trastorns del son, com l'insomni o l'apnea del son, afecten negativament la funció cognitiva, inclosa la concentració. Una son inadequada condueix a la fatiga, que alhora redueix la capacitat d'atenció.

Són múltiples els estudis i els informes que avalen la influència d'aquests factors. La prevalença de trastorns com el TDAH ha augmentat considerablement en les darreres dècades. Segons l'Associació Americana de Psiquiatria, s'estima que el TDAH afecta aproximadament el 5% dels adults a tot el món, i aquesta xifra pot ser subestimada a causa de diagnòstics no reportats. Així mateix, un estudi publicat a *The Journal of Anxiety Disorders* va trobar que fins al 60% de les persones amb trastorns d'ansietat reporten dificultats severes de concentració com un símptoma clau.

Factors externs que influeixen en l'atenció

L'entorn actual juga un paper crític en l'exacerbació de les dificultats de concentració. Un informe de Microsoft Corporation va revelar que el temps mitjà d'atenció humana ha disminuït de 12 segons l'any 2000 a només 8 segons el 2013, una tendència alarmant que molts atribueixen a l'ús excessiu de dispositius digitals. Aquesta disminució en la capacitat d'atenció està estretament vinculada als problemes de productivitat i benestar mental que afecten la societat actual. Diverses característiques de la vida moderna contribueixen a aquest fenomen entre altres:

1. *Sobrecàrrega d'informació*: A l'era digital, estem constantment bombardejats amb informació a través de múltiples canals, com són les xarxes socials, correus electrònics, i mitjans de comunicació. Aquesta sobrecàrrega d'informació pot portar a la saturació cognitiva, que dificulta la capacitat de filtrar i concentrar-se en informació rellevant.

2. *Multitasking*: La pressió per complir amb múltiples responsabilitats a la feina i a la vida personal,

L'atenció actua com a filtre que selecciona els senyals sensorials interns o externs, dirigint l'interès de manera selectiva, o mitjançant un esforç conscient, cap a una font particular d'estimulació.

ha promogut la cultura de la multitasking. Tot i que es percep com una habilitat valorada, la multitasking fragmenta l'atenció, redueix l'eficàcia en la realització de tasques i augmenta el temps requerit per a completar-les, sovint amb errors.

3. *Estímul tecnològics constants*: Els dispositius electrònics, com ara telèfons intel·ligents i ordinadors, ofereixen una font inesgotable de distraccions. Les notificacions constants interrompen l'atenció i fomenten un estat d'alerta contínua que impedeix la concentració profunda.

4. *Estrès crònic*: L'estrès derivat de les pressions laborals, econòmiques i personals està estretament lligat a les dificultats de concentració. Com hem comentat en articles anteriors, l'estrès crònic desencadena respostes fisiològiques que, si es mantenen en el temps, perjudiquen la capacitat d'enfocar-se en tasques específiques.

Conclusió

En resum, les dificultats de concentració són un problema complex amb múltiples causes que comprenen des de patologies mentals fins a factors relacionats amb l'estil de vida modern. La comprensió d'aquestes dificultats és fonamental tant per a la població general com per als professionals de la salut mental, ja que ofereix un marc per a encarar i gestionar aquest desafiament cada cop més comú.

Abordar les dificultats de concentració requereix un enfocament multifacètic, que involucra tant els canvis en l'estil de vida com les intervencions específiques per a condicions de salut mental subjacents. Els professionals de la salut mental han de valorar les dificultats de concentració de manera global, tenint en compte els factors interns i externs del pacient. En el cas dels factors interns, poden implementar teràpies cognitiu-conductuals, *mindfulness* i altres intervencions, incloses les farmacològiques, per tractar les patologies existents. En el nostre dia a dia, és recomanable reduir l'exposició a dispositius electrònics, practicar tècniques de maneig de l'estrès, evitar la multitasking i establir hàbits que fomenten una concentració més gran, com la meditació, la higiene de son i l'exercici regular.

Amb el suport adequat, és possible recuperar i millorar aquesta habilitat crucial en la vida diària. La capacitat de concentració no és només un recurs valuós en termes de productivitat, sinó que també és essencial per al benestar mental i emocional que hem de vigilar.

Física escolar

Què és dividir?

Albert Gras Martí

Físic · Membre de l'IEC

Els fonaments dels nostres coneixements sovint són ben febles.[1] Moltes persones acaben l'etapa de formació escolar sense saber, per exemple, què vol dir "multiplicar", com ara $5 \cdot 2$, o "dividir", $8/2$. Potser saben fer multiplicacions o divisions ben llargues, però no saben explicar el significat d'allò que fan de manera mecànica, algorímicament [2], Figura 1. Probablement, si que diran que multiplicar és agregar: $5 \cdot 2 = 5 + 5 = 2 \cdot 5 = 2 + 2 + 2 + 2 + 2$, i que, per tant, multiplicar és una manera ràpida de sumar. També poden arribar a dir que la divisió és l'operació inversa de la multiplicació, perquè si $12/4 = 3$, aleshores $3 \cdot 4 = 12$, i que dividir és distribuir, repartir: així, $8/2$ vol dir partir 8 en dues parts iguals. Efectivament, així ho descriu la Vikipèdia: "La divisió és una operació aritmètica que serveix per a expressar matemàticament l'acció de repartir una entitat entre un cert nombre d'elements."

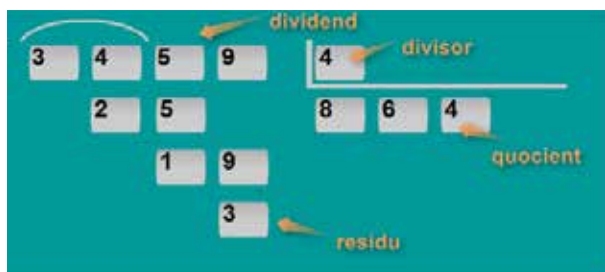


Figura 1: Un algorisme per a fer divisions llargues.

Ara bé, si la divisió genera nombres més petits ($35/7 = 5$), perquè estem repartint 35 unitats entre 7 grups, per què la divisió de 5 entre $1/2$ dona un nombre més gran: $5/(1/2) = 10$, major que 5 ($10 > 5$)? Per què, si dividim (repartim) una unitat entre $1/4$, $1/(1/4) = 4$, obtenim un nombre major que la unitat de partida?

A l'escola podem "ensenyar" a fer divisions, o a "parlar" francès, o a calcular derivades, sense que els alumnes aprenguen el significat de les operacions esmentades, ni com fer servir l'idioma quan visiten París.

Significats dels quocients

En moltes disciplines es defineixen magnituds en forma de divisions: densitat, velocitat, camp elèctric, preu d'un producte, etc., i convé saber interpretar el significat dels quocients, tant de manera operativa com verbal. Vegem-ho.

a) **Dividim nombres.** Si dividim dos nombres, com ara $465/23$, obtindrem quantes vegades està contingut el número 23 en el 465. Ací, una divisió és una manera ràpida de comptar el nombre de subtraccions de 23 unitats del nombre 465. Hom podria dir que la divisió (substracció) és l'operació inversa de la multiplicació (addició).

b) **Dividim magnituds homogènies.** Dividim ara dos nombres corresponents a la mateixa magnitud, com ara l'alçada de dos edificis, h_2/h_1 . Quin significat té ara el resultat de la divisió? El quocient ens serveix de comparació: ens diu quantes vegades és més alt (o més baix) un edifici que l'altre.

c) **Dividim magnituds no homogènies.** Si dividim magnituds no homogènies, com ara massa i volum [$m(g)/V(cm^3)$], o bé desplaçament i temps [$\Delta x(m)/\Delta t(s)$], no estem, òbviament, comparant les dues magnituds, ni dividint-les en parts iguals, ni veient quantes vegades una magnitud està continguda en l'altra. En aquest cas, el quocient ens diu quina quantitat de la magnitud del numerador està associada amb una unitat de la magnitud representada en el denominador. Per això parlem, per exemple, en el segon exemple anterior de metres per segon (metres en un segon).

d) **Dividim magnituds més complexes.** Finalment, podem trobar divisions més sofisticades. Per exemple, si tenim 500 g d'un material que té una densitat de $3,0 \text{ g/cm}^3$, el quocient $500 \text{ g}/(3,0 \text{ g/cm}^3)$ ens diu quants "paquets" de $3,0 \text{ g}$ estan continguts en la mostra de 500 g. I com que cada "paquet" correspon a 1 cm^3 , hem obtingut el nombre de cm^3 de la mostra.

La proposta és, doncs, que els alumnes no aprenguen, només, a dir que el quocient $g/(g/\text{cm}^3)$ són cm^3 , per una simple qüestió d'àlgebra ($1/(1/8) = 8$), sinó que també siguin capaços de raonar una resposta verbal llarga, com la del paràgraf anterior.

e) En general, podem concloure, el quocient a/b sempre ens dona el nombre de "a" per cada unitat de "b". Els alumnes que interioritzen (i sàpiguen expressar verbalment) els diferents significats de les divisions anteriors no tindran ara dificultat per a explicar què obtenim si tenim 8 regals i 4 xiquets, i fem la divisió $8/4$, o si obtenim el quocient $4/8$. En un cas es tracta del nombre de regals per xiquet (2) i en l'altre el nombre de xiquets per regal ($1/2$). Resulta divertit observar la cara dels alumnes primerencs quan s'adonen que $1/2$ correspon a mig xiquet, i protesten perquè no es pot "dividir" una persona.

Fermions i bosons: Els àtoms no estan buits i les forces clàssiques són observables [3]

Comencem per recordar que els electrons són “fermions”, és a dir, partícules amb espín fraccionari, $\frac{1}{2}$, mentre que els “bosons” (els fotons, els gravitons) tenen espín enter, 1, 2. (Un altre dia tornarem al tema de l’espín). Com que dos electrons són fermions idèntics, totalment indistingibles, la funció d’ona que els descriu esdevé nul·la quan la calculem en un mateix punt: dos electrons no poden ocupar el mateix lloc de l’espai. Anàlogament, aprenem en química que un estat amb un conjunt determinat de nombres quàntics (n , l , m_l , m_s) només pot ser ocupat per un electró. És l’anomenat Principi d’Exclusió de Pauli [4], del qual es deriva la taula periòdica dels elements. El que ens interessa ací és el fet que els fermions ocupen espai, com ara comentarem.

Els bosons, per altra banda, es comporten de manera ben diferent. Si tenim dos bosons idèntics en el mateix punt de l’espai i en el mateix estat quàntic no passa res: la funció d’ona que els descriu no s’altera. Als bosons (fotons, gravitons) els agrada amuntegar-se, l’un damunt l’altre, com més va millor i, com a conseqüència, donen lloc als camps de força de la física clàssica. Els bosons són excitacions que van acumulant-se en quantitats enormes, fins que tenen un aspecte clàssic, no quàntic. Això explica el fet que els camps elèctric, magnètic i gravitatori ens els trobem en el món clàssic macroscòpic.

Per exemple, en un feix de llum làser d’una freqüència determinada, f , i potència P (energia per segon), el nombre de fotons (que són bosons) que veiem per segon és immens (calculable fàcilment com $P/(hf)$, on h és la constant de Planck); per això el raig de llum (format per bosons) és un observable en el món clàssic.

Tornem, però, als electrons dels àtoms. La matèria té les formes i les configuracions que observem perquè no podem acumular electró rere electró orbitant el nucli en el mateix estat quàntic: només hi caben un màxim de dos electrons, amb espins alineats en sentit oposat, $\pm\frac{1}{2}$. Això fa que una taula de fusta, per exemple, no col·lapsi. Açò contradueix la frase que llegim en moltes publicacions [5] (Figura 2) i que afirma que “els àtoms –i així mateix el nostre cos, per exemple– són gairebé espai buit”. L’afirmació és falsa perquè els àtoms són principalment una funció d’ona i les funcions d’ona dels electrons ocupen espai. No es tracta d’una qüestió purament filosòfica, és un fet d’importància cabdal perquè explica la solidesa de la matèria.

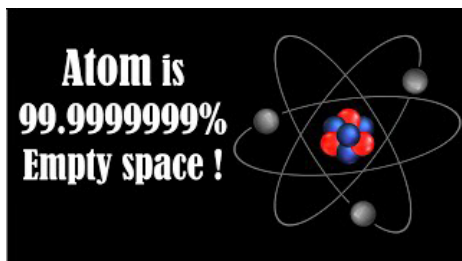


Figura 2: Diuen els textos que els àtoms són gairebé espais buits.

Interpretacions de la Mecànica Quàntica (MQ)[6]

Molts físics senten desconcert sobre alguns aspectes de la Mecànica Quàntica (MQ), com ara el relacionat amb la manera en què la funció d’ona evoluciona en el temps. Aquesta evolució està governada per l’equació de Schrödinger, una equació determinista i sense cap element d’aleatorietat. Tanmateix, quan hom fa una mesura (un experiment) sobre un sistema, la funció d’ona canvia de manera discontinua, deixa d’estar regida per l’equació de Schrödinger, i col·lapsa cap a un dels estats propis del sistema, i ho fa d’una manera probabilística, Figura 3.

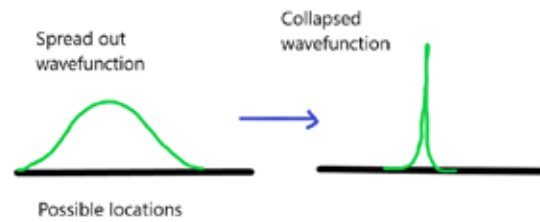


Figura 3: Esquerra: La funció d’ona estesa descriu les possibles ubicacions d’una partícula. Dreta: Quan fem una mesura, la partícula es troba en un lloc concret, la funció d’ona ha col·lapsat.

Dues són les interpretacions més resseguides de la MQ, la de Copenhaguen i la dels Molts Mòns (també coneguda com el Multivers, el multiunivers). No tracten de cercar una nova teoria que reemplaci la MQ sinó, en paraules de David Tong, “de trobar paraules reconfortants que ens permeten embolcallar les equacions i dormir en pau, sense parar-nos a pensar en les sorprenents i poc entenedores conclusions que es deriven de la MQ.”

Alternativament, per no sentir-nos incòmodes amb les conseqüències de la MQ podríem optar pel consell de N. David Mermin, un físic de l’Estat Sòlid que va espetar: Cal·leu i calculeu! Es referia al fet que la MQ és la teoria científica més potent que mai no s’ha inventat, i que proporciona respostes gens ambigües a qualsevol experiment que hem ideat fins ara. El fet que les respostes que dona la MQ siguin de naturalesa estadística està compensat de sobres pel fet que són respostes correctes sobre el món que habitem.

Tornem als dos intents més reeixits, tot i que contradictoris i desassossegadors, de construir unes idees que ens ajuden a pensar sobre el fet quàntic. La interpretació de Copenhaguen va dominar entre els fundadors de la MQ: es prenen el col·lapse de la funció d’ona seriosament, i divideixen el nostre Univers en dos, el món quàntic (descriu per funcions d’ona i l’equació de Schrödinger) i el món familiar clàssic (descriu per les lleis de Newton). El procés de mesura proporciona un pont entre els dos mons, i fa que la naturalesa nebulosa del quantum es transmute en els enunciats concrets del món clàssic. El preu que paguem és la presència de probabilitats: la MQ només ens permet calcular la probabilitat d’obte-

nir, com a resultat del procés de mesura, un dels valors propis de la magnitud que mesurem.

La interpretació de Copenhaguen de la MQ no és satisfactòria: no explica per què de sobte, quan es fa una mesura, l'equació de Schrödinger deixa d'actuar i la funció d'ona col·lapsa. A més d'això, tant nosaltres com l'aparell experimental estem fets d'àtoms i, per tant, també hauríem d'obeir les lleis de la MQ. D'altra banda, no està clar on s'ha de traçar la línia divisòria entre allò clàssic i allò quàntic.

Una altra interpretació de la MQ, coneguda com la teoria del Multivers, va ser suggerida per **Augh Everett** en els anys 1950. La idea és prendre's seriosament l'equació de Schrödinger depenent del temps. Per exemple, una partícula que passa per dues esclatxes es descriu amb una funció d'ona que no s'esvaeix (que pren valors no nuls) al voltant de les dues esclatxes. Diem que la partícula es troba en una superposició d'estats, situada en dos llocs alhora. Ara bé, si col·loquem un aparell de detecció en una de les esclatxes, la nova funció d'ona que incorpora la partícula i l'aparell de mesura no col·lapsa: segueix obeint l'equació de Schrödinger. L'aparell de detecció també es troba en una superposició amb la partícula detectada i la no detectada. Quan posteriorment mirem l'aparell per fer la mesura, també nosaltres ens dividim en una superposició. I així successivament. Els molts mons són les diferents branques de la funció d'ona que van creant-se com a conseqüència de confiar en la veracitat de l'equació de Schrödinger [7], Figura 4. Així, cada vegada que ocorre un procés quàntic (o subatòmic) en qualsevol punt de l'Univers, la funció d'ona de l'Univers es divideix de nou en noves funcions, que descriuen les opcions possibles. D'aquesta manera, s'estan creant contínuament universos paral·lels.

Hi ha també aspectes poc satisfactoris en la interpretació MQ de molts mons. Per exemple, en

ignorar el col·lapse de la funció d'ona, la regla de **Born** (tan important per a construir les probabilitats d'obtenir un determinat resultat de la mesura) s'ha d'afegir *ad hoc*. Tampoc no s'explica per què només ens sentim a nosaltres mateixos en una sola branca de la funció d'ona, més que en una superposició de tots els resultats possibles.

Hi ha una faceta important de la MQ que aporta una mica de bàlsam a les dues interpretacions anteriors, es tracta del procés conegut com a *decoherència quàntica*: A mesura que un nombre cada cop més gran de partícules s'entrellaça en una superposició d'estats, és més i més difícil mostrar efectes d'interferència quàntica. Això explica per què no es poden observar propietats quàntiques en els objectes macroscòpics. I també ajuda a entendre com pot sorgir la línia divisòria borrosa de Copenhaguen entre allò clàssic i allò quàntic, o com es podria produir la divisió dels molts mons.

Podem adoptar, però, un punt de vista alternatiu, una tercera via: podem acceptar tant la interpretació de Copenhaguen com la del multivers, juntament amb qualsevol altra. I davant d'una situació experimental concreta podem triar la interpretació que ens resulte més adequada. Aquesta ambigüitat no té cap importància, per la senzilla raó que no hi ha, fins ara, cap manera experimental de distingir les diverses interpretacions de la MQ.

Assenyala Tong, finalment, que un títol millor per a aquesta secció seria "Interpretacions de la mecànica clàssica" pel fet que, al nivell fonamental, el món és quàntic i probabilístic, i d'ell sorgeix el món clàssic amb les seues lleis físiques deterministes. Si hi ha una pregunta a respondre és com sorgeix el món clàssic a partir del quàntic. Buscar una explicació del comportament quàntic en termes de la nostra visió, provinent del món clàssic, seria com cercar en la botànica la manera d'entendre les propietats dels quarks.



Figura 4: Segons la interpretació dels multi-mons, la paradoxa mecanoquàntica del gat de Schrödinger no existeix. Cada succés quàntic esdevé un punt de ramificació. El gat és alhora viu i mort abans d'obrir la caixa, i el gat viu i mort se separen en branques diferents del multivers. Les dues branques són igualment reals, però no interaccionen entre si.

Notes

[1] Consideracions extretes del llibre d'Arons: *Teaching Introductory Physics*, Wiley (1997).

[2] <https://agora.xtec.cat/escsantiga/recursos-per-cicle-superior/mates-5e-practiquem-divisions/>

[3] Notes extretes del pòdcast de Sean Carroll <https://www.preposterousuniverse.com/podcast/2024/05/13/275-solo-quantum-fields-particles-forces-and-symmetries/>

[4] El Principi de Pauli es pot deduir en la Teoria Quàntica de Camps, de la qual vam parlar en l'exemplar 26 de DUALDEU, p. 19.

[5] <https://www.youtube.com/watch?v=QisRyvJeC-U>

[6] Notes extretes dels apunts de Mecànica Quàntica de David Tong, <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/quantum.html>

[7] <https://www.cantorsparadise.org/ways-of-interpreting-quantum-mechanics-a-quick-look-864d055a3b20/>

El desaprofitement alimentari

Elisa Pedro i Segura

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

En l'article del núm. 26 de DAUALDEU analitzàvem l'impacte ambiental que té la indústria de la moda, la qual, recordem, és la segona més contaminant després de la dels combustibles i l'energia. Si ara ens preguntàrem quin és el sector que ocupa el tercer lloc en aquest rànquing de la pol·lució, pense que molt poca gent donaria amb la clau. Es tracta del sector alimentari. Val a dir que hi ha diferents classificacions sobre els sectors més contaminants de la indústria en funció dels paràmetres que se n'analitzen. No existeix un mètode estandaritzat, però si s'analitzen els principals tipus de contaminació que afecten al planeta: aire, aigua, llum, sol i soroll la majoria coincideixen en aquesta classificació.

Produir aliments implica transformar els recursos naturals del planeta (terra, aigua, aire, diversitat biològica i energia) en productes finals a través de diferents tecnologies i això té unes implicacions ambientals importants. Però descriure perquè la indústria alimentària és la tercera més contaminant del planeta serà motiu d'altres articles, ja que ací, ara, ens centrarem en un aspecte puntual de la problemàtica alimentària i que crec que és especialment preocupant, el desaprofitement alimentari.

Segons el Ministeri de Transició Ecològica un terç dels aliments produïts al món per a consum humà no arriba a ser consumit. A Espanya, el 2018, es van tirar milions de tones d'aliments, dels quals un 42% es tiren a les llars, un 39% en la fase de fabricació, 14% en restauració i 5% en la distribució. Això equival a 169 kg per habitant i any. El gros se l'emporten les fruites i verdures.

Cal matisar que es consideren pèrdues quan els aliments es llancen a perdre o es fan malbé abans d'arribar a la fase de producte final o venda al minorista i balafiament si l'aliment, tot i que apte per al consum humà es deixa que es faça malbé o es descarta, bé pels minoristes o pels consumidors. Al capdavant són aliments perfectament aptes que acaben malbaratant-se. Al món, 1300 milions de tones cada any.

I quines conseqüències ambientals té produir aquests aliments que mai no alimentaran ningú? Bé, doncs segons la FAO (Food and Agriculture Organization de les Nacions Unides) produir aquests aliments suposa utilitzar 1400 milions d'hectàrees de terreny, és a dir, 28 vegades la superfície d'Espanya, amb les conseqüències que això comporta de degradació de sòls, eliminació d'ecosistemes naturals, contaminació de sòls i aigües, disminució de la biodiversitat, etc. A més, produir estos aliments que mai no es consumiran suposa entre el 8 i el 10% del total de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del planeta. En produir aquests aliments que acabaran a la brossa s'utilitzaran 250 km³ d'aigua i 300 milions de barrils de petroli. Un desfici.

I com sempre el problema ambiental va de la mà del problema ètic... Segons el doctor en genètica José Esquinas, que treballa des de la FAO per combatre la fam mundial, es produeixen un 60% més d'aliments que necessita la humanitat, però malgrat això el nombre de persones afectades per la fam va ser en 2021 de 828 milions de persones. Hom calcula que 3100 milions de persones no tenen accés a una dieta equilibra-

**EL DESAPROFITAMENT
ALIMENTARI
A ESPAÑA**
VOLUM L'ANY 2020 (kg/l)
europapress.es



Balafiament alimentari a les llars espanyoles (europapress.es)

da i per acabar d'esgarrifar-nos del tot, 40000 éssers humans moren de fam cada dia mentre, recordem, malbaratem 1300 milions de tones d'aliments cada any. Sense comentaris.

En l'altre costat de la balança tenim el món occidental on el sobrepès infantil afecta a més de 42 milions de xiquets segons l'Informe Mundial de Nutrición de Acción Contra el Hambre i Save the Children i on, al voltant del 30% dels aliments balafiats són envasos sense obrir perquè han caducat.

Si bé el panorama és bastant desolador és important recalcar que segons l'*Informe Sobre el Desperdicio en los Hogares de 2022* del Ministeri de Transició Ecològica s'albira un xicotet canvi de tendència en el balafiament alimentari de les llars espanyoles, ja que ha disminuït un 13,5 % entre el 2019 i el 2022.

A més, la Llei contra el Malbaratament Alimentari es troba en fase de tràmit parlamentari i es preveu que entre en vigor l'1 de gener de 2025 amb mesures molt importants, com ara l'obligació del productor o distribuïdor de donar els aliments que estiguen en condicions de consum i no s'hagen comercialitzat. El segon pas d'aquesta jerarquia d'ús dels aliments no consumits preveu la transformació dels aliments no venuts en altres productes com melmelades o sucs i, quan ja no siguen aptes per al consum, la preferència serà l'alimentació animal i, posteriorment, l'ús com a subproductes de la indústria, obtenció de compost o biocombustibles.

Per finalitzar, a aquestes iniciatives legislatives s'uneixen altres iniciatives privades per lluitar contra el desapropiament d'aliments. A la famosa Too Good To Go, la major app mundial contra el malbaratament alimentari s'hi uneixen altres com Encantado de comerte o Phenix per comprar aliments a punt de caducar a un preu molt competitiu. D'altres com Olio o Yo no desperdicio posen en contacte usuaris que de manera altruista poden compartir amb altres allò que no necessiten.

Quines conseqüències ambientals té produir aquests aliments que mai no alimentaran a ningú?



To Good To Go (toogoodtogo.com)

I per acabar, ara sí, no vos perdeu el moviment Uglyfood que significa menjar lleig i que posa en valor aquelles fruites i verdures, que tot i no tindre un aspecte convencional, tenen el mateix valor nutricional que les altres i habitualment són eliminades en algun pas de la cadena alimentària.



Ugly Food (greenjournal.com.uk).

Ara ja coneixeu el problema i també la solució, així que animeu-vos i apunteu-vos al moviment zero balafiament alimentari. Ànim!



ASSOCIACIÓ
PER LA DIVULGACIÓ
DE LA CIÈNCIA
I LA TECNOLOGIA

<https://associaciomeridiazero.com>

FES-TE'N SOCI

EDAT MITJANA I CIÈNCIA

Antoni Furió

Universitat de València



Nicolau d'Oresme. *Traité de la sphère* (1400-1420, aprox.)

D'entrada, edat mitjana i ciència semblen dos termes antitètics. Vivim en l'era de la ciència, que des del segle XIX es considera la forma superior, més elevada, de coneixement, com en un altre temps ho va ser la filosofia -especialment, al segle XVIII, el segle de les Llums, de la Il·lustració- i abans la teologia. I és precisament amb el domini de la teologia, de l'Església, de la Inquisició, de la barbàrie -en contraposició a la civilització i la modernitat-, amb què s'associa generalment el terme d'edat mitjana i l'adjectiu medieval. Per als humanistes que inventaren el terme i el concepte, l'edat mitjana no era sinó això: l'edat del mig, el llarg parèntesi de foscuria i obscurantisme, de retrocés en tots els camps, però especialment en el de la cultura, que els separava del món clàssic, grecoromà, amb el qual volien entroncar. La Reforma luterana afegiria de seguida nous ingredients, ara de caràcter religiós -l'edat mitjana havia suposat la desnaturalització del cristianisme, amb la depravació moral de l'Església, corcada pel nepotisme, la simonia i la venda d'indulgències-, mentre que la Il·lustració i la Revolució Francesa la identificarien amb el feudalisme, l'opressió senyorial i la intolerància religiosa. Una imatge que encara pesa molt en la percepció actual dels temps medievals.

I, tanmateix, cada vegada són més els que veuen en l'edat mitjana, si no l'inici absolut, sí almenys la prehistòria pròxima. Molts components substancials i característics del món d'avui -de

L'edat mitjana no es va limitar a copiar i transmetre el saber clàssic. També va experimentar i produir nous coneixements.

les universitats al llibre en forma de còdex (és a dir, dividit en pàgines escrites per ambdues cares i relligades, contra el rotllo d'època grecoromana), la impremta i la manera mateixa de llegir, en silenci i sense moure els llavis, per quedar-nos només en l'àmbit de la cultura- són creacions medievals. I bona part del saber antic, inclòs el científic, ha arribat fins a nosaltres perquè els llibres que el vehiculaven van ser traduïts -primer al grec, a l'Imperi bizantí, i després a l'àrab i d'aquest al llatí i a les llengües romàniques, especialment a les zones de contacte entre els mons musulmà i cristià, com ara Sicília i la península Ibèrica- o copiats per monjos diligents als escriptoris dels monestirs altomedievals o utilitzats com a manuals i llibres de text a les primeres universitats europees. Llibres de filosofia, de dret, però també de medicina, d'àlgebra... Va ser la successiva recepció del saber antic, la difusió cada vegada major de les obres dels autors clàssics, la que propicià els successius renaixements culturals de l'edat mitjana: el carolingi, al segle IX; el del segle XII, que donaria lloc al naixement de les universitats i el desenvolupament de noves teories jurídiques i polítiques; i el del segle XV, el renaixement per excel·lència, que obriria les portes a la revolució científica del segle XVII i a la modernitat.

Però l'edat mitjana no es va limitar a copiar i transmetre el saber clàssic. També va experimentar i produir nous coneixements. En particular, en el camp de l'astronomia, la navegació, la rellotgeria, la impremta, els mètodes financers, la medicina i l'anatomia, amb la dissecció i exploració del cos humà.

El món d'avui, amb el prodigiós desenvolupament científic i tecnològic que el caracteritza, no va nàixer ahir. Ni podem obviar o llançar per la borda, com pretenien els humanistes, mil anys de la història europea. Mil anys en què el coneixement científic, com el saber en general, no es va aturar ni congelar, sinó que continuà progressant, amb avanços i retrocessos i amb ritmes dispersos segons l'època, posant els fonaments sobre els quals anirien edificant-se la ciència i el món actuals.

De les tenebres a la llum

L'edat mitjana i la ciència

Carmel Ferragud

Imstitut Interuniversitari López Piñero · UV



Frontispici de la *Bible moralisée*, 1215.

Si comence per afirmar que l'edat mitjana va ser una època lluminosa i extraordinàriament fructífera pel que fa a la producció de coneixement i en particular al que avui anomenem ciència, segurament més d'un lector i lectora pensarà que el que subscriu aquestes línies no està massa ben informat. I, tanmateix, he de dir que la meua dedicació durant vint-i-cinc anys a l'estudi de la medicina i la ciència medievals, a partir de la consulta de milers de l'àmbit geogràfic de l'antiga Corona d'Aragó m'han proporcionat una imatge que confirma aquesta primera impressió, i que no és una altra que la que la historiografia internacional ha acreditat les darreres dècades.

Sovint escoltem adjectius pejoratius inspirats en l'edat mitjana, com ara "feudal" o "medieval". Una imatge d'obscurantisme tiny encara aquesta època que va durar deu segles, en la qual el patiment, el dolor i la mort provocats per guerres, fams i epidèmies van presidir-ho tot. Sembla com si res no haguera canviat entre el segle V, amb la caiguda de l'Imperi romà, i el segle XI, el de l'adveniment del feudalisme i la trobada amb

l'Islam a través de les croades, o el segle XV, moment de l'ampliació del món conegut amb el continent americà i les convulsions provocades per l'amenaça dels turcs otomans.

Les aportacions de la ciència d'aquella època són per al gran públic, i sovint també per a acadèmics desinformatos, poc remarcables, o senzillament inexistent. I, en bona part, la religió és considerada, erròniament, la causant d'aquest "endarreriment" respecte a l'Antiguitat clàssica. Des del renaixement, moment en què es va encunyar el terme "edat mitjana", s'ha imposat aquest vel. I durant la il·lustració autors com **Voltaire** van reblar el clau. En la seua obra *Assaig sobre els costums i l'esperit de les nacions* (1750), el cèlebre pensador va parlar de l'edat mitjana europea com d'una època de ferocitat i anarquia en la qual innumbrables tirans lluitaven acarnissadament. Un temps de confusió, despotisme, salvatgisme i misèria; una selva on els predadors (els senyors feudals) esquarteraven el ramat indefens (els seus vassalls); una brutal anarquia presidida per unes lleis que eren signe de les supersticions i els costums més ridículs. Al capdavall, un temps que afavorí les opinions subjugadores i on la raó quedà esclafada.

Quan es va pretendre superar aquesta visió, el romanticisme d'autors de les primeres dècades del segle XIX, com **Walter Scott**, va imposar un gir radical i es va passar a considerar l'edat mitjana com una època clau, enlluernadora i edulcorada, la d'**Ivanhoe**, les princeses i els castells, que tan bé va retratar Hollywood posteriorment, origen i germen de tot el que ha reeixit amb posterioritat (tot i que les visions canviants que ha donat el cinema sobre l'edat mitjana són dignes d'una altra anàlisi). S'imposa, doncs, que cerquem l'equilibri entre les dues visions, la detractora i la benefactora, totes dues esbiaixades.

Durant el procés de desestructuració de l'Imperi romà, l'Occident europeu va perdre el contacte amb l'Orient, i la llengua grega va acabar sent oblidada. L'Europa occidental es va quedar sense accés als tractats originals dels filòsofs clàssics, i hi van restar només amb algunes versions d'aquests coneixements, traduïdes anteriorment. L'Imperi romà d'Occident, si bé estava unit pel llatí, encara englobava un gran nombre de cultures diferents que havien sigut assimilades de manera incompleta per la romana. Afeblit per les migracions i invasions bàrbares i per la desintegració política de Roma al segle V, el continent europeu era un espai atomitzat després del naixement d'estats diversos al seu si, en força i grandària molt

Les aportacions de la ciència [en l'edat mitjana] són per al gran públic, i sovint també per a acadèmics desinformatos, poc remarcables, o senzillament inexistentes. I, en bona part, la religió és considerada, erròniament, la causant d'aquest «endarreriment».

diferents, i pressionat per l'expansió de l'Islam a partir del segle VIII. Occident va esdevenir un món ruralitzat, on la inestabilitat política, la feblesa de l'estat i el declivi de la vida urbana van afectar profundament la vida cultural. L'Església va ser l'única institució que no es va desintegrar en aquest procés i va poder mantenir el saber antic, especialment a través dels monestirs. En efecte, van ser els clergues regulars, els monjos aferrats a la regla de **sant Benet**, i els millor formats entre els seculars, els canonges i alguns sacerdots, els qui es van dedicar a l'erudició i a mantenir els coneixements sobre la natura, gràcies a còpies, comentaris, citacions i recopilacions dels textos clàssics fetes als monestirs i centres catedralicis. Així doncs, en aquests primers temps de l'alta edat mitjana no hi va haver a penes producció intel·lectual que implicara novetats.

A les acaballes del segle VIII, hi va haver una primera temptativa de ressorgiment cultural al cor d'Europa. L'emperador **Carlemany** havia aconseguit reunir gran part dels territoris europeus sota el seu domini. Per tal d'unificar i enfortir el seu imperi, va decidir executar una reforma que provocara un revifament cultural. El monjo **Alcuí de York** va elaborar un projecte de desenvolupament escolar que buscava de reactivar el saber clàssic i establir programes d'estudi a partir de les set arts liberals: el trivium (gramàtica, retòrica i lògica) i el quadrivium (aritmètica, geometria, astronomia i música). Només alguns segles després aquestes mesures tindran efectes significatius. Conforme ens acostem a la darrera del primer mil·lenni, la societat medieval comença a experimentar profundes transformacions, que van coincidir amb el final de les invasions normandes.

Entorn de l'any 1000, es va desenvolupar una revolució que va canviar la societat en totes les seues manifestacions: el feudalisme. Una nova manera d'organitzar-se políticament, econòmicament i social s'introduïa a Europa, i perdurà fins al segle XV, i amb fortes influències fins a la fi de l'antic règim. Els avanços tecnològics van possibilitar el cultiu de noves terres i l'augment de la diversitat dels productes agrícoles, que alimentaven una població que experimentava un creixement sostingut. El comerç es va recuperar

de manera notable, amb el desenvolupament de rutes terrestres i marítimes, que facilitaven no solament l'intercanvi de béns físics, sinó també d'idees. Les ciutats es van recuperar i van créixer entorn dels castells i els monestirs. En aquest àmbit urbà renascut, on els mercaders i els artesans adquireixen gran protagonisme, es desenvoluparan les escoles catedralícies, com també en algunes corts. Però amb el pas del temps, entorn del segle XIII proliferen les escoles municipals, i ja al segle XV és estrany trobar un municipi que no en dispose.

En aquest ambient els filòsofs naturals de la baixa edat mitjana, coneixedors dels llibres d'**Aristòtil** sobre els quals es fonamentava el coneixement de la natura, aquells que avui en diríem científics, van crear entre els segles XIII i XV una tradició intel·lectual sense la qual hauria sigut impossible el camí seguit durant la revolució científica dels segles XVI i XVII. Nombrosos elements aportats durant els temps moderns, com ara l'anàlisi dels fenòmens físics (la cinemàtica, l'òptica o l'astronomia), no van ser sinó una continuïtat del llegat medieval, en termes lingüístics, conceptuals i tèorics.

Partint d'una limitada vida intel·lectual en els primers segles medievals, que bevia d'una escanyolida versió del coneixement grec, es va aconseguir crear una cultura sòlida. En aquest sentit, va ser necessari un esforç de traducció massiva, gràcies al qual es va accedir al cabal de filosofia i ciència grega i islàmica; es va poder llegir i estudiar **Aristòtil** i els seus comentaristes islàmics, la medicina d'**Hipòcrates** i **Galè** i les obres de multitud d'autors sobre història natural, matemàtiques, astronomia-astrologia, alquímia, agronomia, geografia, etc.

Aquest corpus de coneixement es va obtenir quan l'Occident i l'Orient van entrar en contacte a través de les croades, i particularment amb la conquesta de la península Ibèrica, entre els segles XI i XIII. De fet, el món islàmic es trobava bastant més avançat en termes intel·lectuals i científics. Els autors àrabs havien mantingut durant molt de temps un contacte regular amb les obres clàssiques gregues i havien desenvolupat un treball de traducció a centres com Bagdad, Damasc o Ispahan a través d'un programa de trasllat del grec i el siríac a l'àrab. A aquests coneixements havien aportat una obra genuïna de gran interès. Així, podem destacar el metge, alquimista i filòsof **Rasis** (854-925), l'astrònom siri **Albatenius** (c. 858-929), el metge persa **Avicenna** (c. 980-1037) o l'astròleg toledà **Azarquiel** (1029-1087), entre un nodrit grup d'influents pensadors en matèries com matemàtiques, cartografia, geografia, biologia, etc. Aquest llegat serà fonamental perquè els pobles occidentals tornaren a entrar en contacte amb les seues arrels clàssiques. Importants centres de traducció com Toledo, Ripoll o Salern i els monjos que hi treballaven van ser fonamentals per a aquesta empresa de fer accessibles els textos àrabs en la seua forma llatina.

El contacte amb aquests continguts filosòfics, però, no es va limitar al seu estudi. Els autors que es van enfrontar a l'heterogeni corpus de textos

es van veure commocionats per les perspectives que aquests oferien. Es van esforçar no solament per comprendre'n les implicacions, sinó també per corregir-ne els errors, resoldre'n les inconsistències i aplicar-los a nous problemes. A més, va ser necessari harmonitzar una filosofia pagana o infidel amb la doctrina cristiana. El gran assoliment medieval va ser aquesta síntesi de pensament que va conduir a una reflexió creativa sobre la natura, que va durar segles. Els filòsofs naturals medievals van sotmetre la filosofia aristotèlica, que havien absorbit barrejada amb altres tradicions intel·lectuals, a un minuciós escrutini i avaluació. Aquest procés va sorgir de problemes teològics, però també de les tensions internes de la filosofia aristotèlica, per les seues imprecisions i inconsistències, de tal manera que, en els últims temps de l'edat mitjana, es va procurar una revisió total de les teories aristotèliques, com la seua descripció del moviment, a través de l'obra d'autors com els clergues francesos **Jean Buridan** (1300-1358) o **Nicolau Oresme** (c. 1323-1382).

Aquesta síntesi de pensament a què al·ludim va tenir el seu espai natural a les escoles i particularment a les universitats fundades en aquell temps. A mitjan segle XII se'n van crear les primeres a Bolonya, París i Oxford, però a la fi de l'edat mitjana ja hi havia més de setanta centres universitaris per tot l'Occident llatí. Algunes d'aquestes institucions rebien de l'Església o de monarques el títol de *Studium Generale*. Eren considerats els llocs d'ensenyament més prestigiosos d'Europa i els seus acadèmics eren animats a compartir coneixements i a donar cursos en uns altres d'aquests centres dispersos arreu del continent. Les universitats medievals no eren únicament institucions d'ensenyament, eren també llocs de recerca i de producció del saber, focus de vigorosos debats i d'enceses polèmiques. La filosofia natural estudiada a les facultats d'arts promovia la reflexió objectiva sobre la natura i sobre l'univers. Va ser entesa com una àrea d'estudi essencial en si mateixa, al marge de la teologia, així com un fonament per a l'obtenció d'altres sabers (medicina, teologia i dret). La tradició clàssica de la filosofia natural va esdevenir un dels elements centrals del currículum, que era dominat per aquells que desitjaven enfrontar-se als estudis superiors. Ser culte significava ser educat en la tradició filosòfica clàssica, que incloïa la filosofia natural.

Un altre factor important que va influir en la florida intel·lectual del període va ser l'activitat cultural dels ordes mendicants, especialment de franciscans i dominicans. Al contrari dels ordes monàstics, abocats a la vida contemplativa als monestirs, aquests nous ordes es dedicaven a la convivència amb el món laic, i buscaven defensar la fe a través de la predicació i l'ús de la raó. La integració d'aquests ordes a les universitats medievals proporcionava la infraestructura necessària per a l'existència de comunitats científiques i generarà molts fruits per a l'estudi de la natura.

Dominicans com **Albert el Gran** (1193-1280) o **Tomàs d'Aquino** (1227-1274) van exercir una in-

Cal remarcar que la ciència i els seus coneixements teòrics van ser utilitzats per millorar molts aspectes de la societat medieval. Les teories mèdiques entorn del desenvolupament de les malalties van portar a prendre mesures d'higiene i salut pública tant a les ciutats com al món rural.

fluència en els seus estudis sobre la natura que es va estendre entre els membres del seu orde, i va tenir gran impacte en la societat medieval. El franciscà **Robert Grosseteste** (1168-1253), fundador de l'escola d'aquest orde a Oxford, va ser el primer escolàstic a entendre plenament la visió aristotèlica del doble camí per al pensament científic: generalitzar d'observacions particulars a una llei universal i després fer el camí invers, és a dir, deduir de lleis universals la previsió de situacions particulars. A més d'això, va afirmar que aquests dos camins haurien de ser verificats —o invalidats— a través d'experiments que en provaren els principis. Grosseteste va donar gran importància a l'estudi de les matemàtiques com a mitjà per entendre la natura. El seu mètode d'investigació contenia la base essencial de la ciència experimental. **Roger Bacon** (1214-1294), alumne de Grosseteste, va prestar una atenció especial a la importància de l'experimentació per a augmentar el nombre de fets coneguts sobre el món. Va descriure un mètode científic com un cicle repetit d'observació, hipòtesi, experimentació i necessitat de verificació. Bacon registrava la forma en què duia a terme els seus experiments i en donava detalls precisos, a fi que altres pogueren reproduir els seus experiments i provar els resultats. A més, la primera meitat del segle XIV va veure el treball de grans pensadors. Inspirat en **Joan Duns Scoto**, **Guillem d'Occam** (1285-1350) entenia que la filosofia només havia de versar sobre temes sobre els quals es poguera obtenir un coneixement real.

Aquells homes de Déu foren inventors i introductors d'instruments que tingueren una gran repercussió i difusió, que transformarien la manera d'entendre la vida quotidiana. Aquest seria el cas del rellotge mecànic i l'astrolabi, elements icònics, que portaren a una nova concepció, mesura i gestió del temps, però també el segon a l'orientació espacial i a la confecció dels calendaris, i fou particularment útil per a ubicar les festivitats litúrgiques. El que naixia amb una finalitat molt sovint de caire religiós passava a tenir una àmplia aplicació. Així, la baixa edat mitjana va ser ritmada pel compàs de les hores marcades pels rellotges construïts en els campanars i palaus d'arreu de l'occident llatí.



Dona ensenyant geometria. Il·lustració de la traducció medieval dels Principis d'Euclides, de 1310 aprox. Atribuït a Meliacin Master.

[En l'edat mitjana] es dissenyaren i crearen instruments sofisticats que permeteren l'observació i la mesura dels fenòmens de la natura... [com ara] el rellotge mecànic i l'astrolabi.

Però no només fou aquella empresa de l'interès dels homes de Déu. La burgesia emergent es va adonar que tot aquell deversall de coneixement era útil per a les seues ocupacions. Saber llegir i escriure era cada vegada més un imperatiu. Els mercaders i els artesans necessitaven de les matemàtiques per a les seues comptabilitats, però també molts artesans podien recórrer a textos tècnics de molt diversa índole per a millorar el seu treball; per a crear colors, fabricar medicaments, millorar els conreus o construir un edifici, entre moltes altres coses, existien textos antics als quals s'anaven sumant les experiències i coneixements adquirits. Per això començà a utilitzar-se la llengua pròpia, el romanç, per a fer accessible tot el que estava escrit en llatí a aquells que no passarien mai per les aules universitàries. Es produí una vernacularització de textos mèdics, científics i tècnics, i també es va estimular en els darrers temps medievals la producció de textos en llengües vernacles. El català fou una de les primeres llengües que va seguir aquest camí. La vernacularització del coneixement va

fer també que aquest no fora aliè a les dones. Si bé algunes religioses havien esdevingut figures assenyalades en la producció de coneixement científic, com **Hildegarda de Bingen** (1098-1179) o **Trota de Salerno** (s. XII), per citar dues autoritats reconegudes i que foren seguides, llegides i estudiades a bastament, un bon nombre de dones desconegudes del públic general, i moltes altres d'anònimes de les que poc sabem, construïren un coneixement propi al marge dels cercles oficials de producció. Correspondències privades, diaris i receptaris domèstics en donen testimoni; la documentació evidencia el protagonisme de la dona en la gestió de la salut i el benestar de les persones que vivien en les seues llars, però també en altres àmbits, com ara els hospitals, on els seus coneixements mèdics foren altament valorats i estimats.

El que realment cal remarcar és que la ciència i els seus coneixements teòrics van ser utilitzats per millorar molts aspectes de la societat medieval. Les teories mèdiques entorn del desenvolupament de les malalties van portar a prendre mesures d'higiene i salut pública tant a les ciutats com al món rural. Amb l'arsenal de coneixements proporcionat pel galenisme mèdic i l'emergència d'un practicante de la medicina format en aquest paradigma, fonamentat en la filosofia natural, es podia entendre el funcionament del cos i es podia diagnosticar amb els seus coneixements la malaltia, fer-ne pronòstics i, segons els casos, guarir-la. Encara més, el metge o cirurgià podien ser la veu experta que assessorava un jutge davant un crim o a les autoritats en temps d'epidèmies. Molts municipis van contractar personal mèdic per garantir l'assistència dels seus veïns, i medicalitzaren els hospitals, que havien nascut com instruments de caritat evangèlica. Estaven convençuts que aquesta era la millor opció possible per a lluitar en benefici del bé comú, idea predicada entre altres pel gironí **Francesc Eiximenis**.

Fet i fet, l'edat mitjana va ser una etapa on els límits imposats pel coneixement i la tecnologia provocaven que els embats de nombroses malalties o els límits de la producció agropecuària portaren morts i dolor a bastament. Tanmateix, això no impedeix que la poguem considerar com a fascinant i lluminosa. Amb l'escriptura sobre còdex es va difondre el coneixement sobre la natura i el seu domini, i es va adaptar a les necessitats dels seus usuaris, entre el rutilant manuscrit il·luminat sobre pergami de gran format escrit en llatí i el senzill en quart sobre paper en llengua vernacle. També es van crear les institucions i les fórmules de recerca i ensenyament que possibilitaren l'expansió del coneixement: escoles i universitats. Es dissenyaren i crearen instruments sofisticats que permeteren l'observació i la mesura dels fenòmens de la natura. S'observà l'obra creada per Déu amb astorament i extraordinària sensibilitat, amb els ulls de la fe i els de la raó, i es teoritzà sobre ella. El fenomen és d'un abast tal que ací només l'he pogut esbossar per suscitar una mirada més orientada i precisa en el públic interessat.

Els germans **IBN AS-SAFFÀR** **ABÚ L-QÀSIM** l'astrònom i **MUHÀMMAD** l'astrolabista

Vicent Carles Navarro Oltra

Departament d'Àrab · EOI de València - la Saïdia

L'any 711 els exèrcits musulmans iniciaren la conquesta de la península ibèrica i els territoris sota el seu domini rebren el nom d'al-Àndalus el qual es convertí en un emirat depenent de Damasc. El 756 va prendre el poder un membre de la família Omeia la qual governà al-Àndalus quasi tres segles; primer com a emirat independent fins el 929, i després com a Califat (929-1031). La desaparició del Califat fou conseqüència d'una llarga guerra civil o *Fitna* –com l'anomenen els cronistes àrabs- la qual començà l'any 1009 i fou l'inici de la fragmentació territorial i política del poderós estat omeia de Còrdova en més de trenta regnes anomenats *Taifes*. Aquestes entitats políticament independents, desunides i en conflicte permanent entre elles, foren incapaces de fer front al poder militar dels estats cristians del nord als quals havien de pagar a canvi de pau. L'any 1085, la conquesta de Toledo per **Alfons VI** rei de Castella i Lleó, provocà la intervenció militar dels almoràvits nord-africans els quals acabaren amb els regnes de Taifes, reunificaren el que quedava d'al-Àndalus i aconseguiren frenar temporalment l'avanç cristià.

En l'àmbit cultural, la segona meitat del s. X, és a dir, els decennis finals del califat de Còrdova foren per a les ciències un temps de floriment el qual continuà en el període de les Taifes. Els governants d'aquests reialmes, desitjosos de gaudir a les seues corts de la presència i el saber d'erudits, lletrats i científics, fomentaren la cultura. No era solament una qüestió recreativa, estètica o de prestigi, sinó que, a més, els sobirans necessitaven tenir al seu voltant gent preparada per fer-se càrrec de les tasques administratives, jurídiques, religioses i educatives a fi de garantir el funcionament de les institucions i, sobretot, assegurar la supervivència dels seus estats.

Un d'aquests savis fou **Abú l-Qàsim Àhmad bin Abd Al-làh bin Umar al-Gàfiqi** [Nota 1] (Còrdova?, 2a meitat s. X—m. Dénia, novembre 1035), famós astrònom, matemàtic i expert en geometria conegut com a **Ibn as-Saffàr** ('el fill del llautoner') sobrenom relatiu a l'ofici de son pare o d'algun avantpassat motiu pel qual es va convertir en apel·latiu familiar. Les fonts no mencionen ni el lloc ni la data del naixement però s'infereix que fou en la segona meitat del s. X segurament a Còrdova on hi va passar part de la seua vida. Abú l-Qàsim va conèixer la capital d'al-Àndalus a l'època del màxim esplendor polític, econòmic i cultural però, malauradament, també veuria la seua desaparició (Fig. 0).



Fig. 0: Astrònoms treballant a l'observatori de Taqí d-Din a Istanbul (s. XVI). Istanbul University Library.

Durant la seua formació, Abú l-Qàsim es va instruir en matèries religioses islàmiques amb diferents mestres com ara el jutge cordovés **Abú Abd Al-làh Ibn Mufàrrij al-Funtàwri** (m. 990) però, Abú l-Qàsim s'interessà més per les matemàtiques i l'astronomia. A Còrdova estudià aquestes ciències amb el major expert andalusí de l'època; el savi d'origen madrileny **Màslama al-Majrítí** (m. 1005 ó 1007-8). Tot i que Màslama fou autor d'importantes obres científiques, segons **Mònica Rius**, el seu llegat més valuós va ser formar un conjunt de deixebles, en el qual destacaren **Abú l-Qàsim** i **Ibn as-Sàmh** (m. 1035), i crear a Còrdova una escola d'astrònoms, que es prolongaria diverses generacions i canviaria el panorama de les ciències exactes a al-Àndalus. Els coneixements d'Abú l-Qàsim, adquirits amb Màslama, li van permetre dedicar-se a la docència a la capital andalusí on va formar un grup d'estudiants. Coneixem els noms d'alguns dels seus alumnes entre els quals destacà **Muhàmmad Ibn Bargúth** (m. 1052), matemàtic, astrònom, estudiós del moviment dels astres i gran coneixedor de l'*Alcorà*, la llengua àrab i el dret islàmic.

Poc després de començar la *fitna*, Abú l-Qàsım abandonà Còrdova potser acompanyat pel seu germà de qui ens ocuparem més endavant. Fugint de la guerra, com feren molts altres savis que també cercaven seguretat i patrocini, Abú l-Qàsım optà per dirigir-se a Dènia. La ciutat s'havia convertit, al voltant de l'any 1010, en la capital d'una poderosa taifa, que incloïa les illes Balears, on regnava Mujàhid al-Àmiri (m. 1045). El sobirà de Dènia va ser un notable protector d'erudits, a més d'un generós mecenes conegut pel seu interès en les ciències religioses islàmiques, la filologia i la poesia, la forma més preuada de la literatura àrab i en la qual Mujàhid era un crític expert. Sembla que Abú l-Qàsım va trobar a Dènia tranquil·litat i suport, ja que hi passà la resta de la seua vida fins que va morir a les primeries del novembre de l'any 1035.

De la producció d'Abú l-Qàsım es coneixen tres obres:

1. *Llibre sobre l'ús de l'astrolabi amb una explicació de les seues peces i parts*

L'astrolabi és un instrument astronòmic on hi ha una representació en dues dimensions del cel. Inventat a l'època clàssica, perfeccionat sobretot pels científics musulmans a l'edat mitjana, va evolucionar al llarg dels segles i fou l'origen de nous instruments (Fig. 1, 2 i 3). Era utilitzat per a calcular la posició del Sol, conèixer el moviment dels astres i determinar la situació d'un cos celest. Aquesta eina de medició es podia fer servir tant de nit com de dia i tenia múltiples utilitats, de les quals en mencionarem unes poques: calculadora d'altures i distàncies, brúixola, calendari i rellotge. En l'àmbit religiós islàmic era -i és- molt important mesurar el temps i amb l'astrolabi es podia determinar amb precisió l'hora de cadascuna de les cinc oracions canòniques diàries, fixar l'inici i el final dels 12 mesos lunars del calendari musulmà, sobretot el de ramadà, a més d'altres dates de celebracions significatives. També servia per a indicar la direcció de la Meca o *alquibla* cap a on s'ha de pregar. L'astrolabi és desmuntable, pla i circular -diàmetre aproximat entre 10 i 30 cm- amb dues cares igual d'importantes en el funcionament del ferrament; anvers/cara i revers/dors. Està format per les parts i peces següents: la part principal de l'estructura (mare) és una caixa redona de poca profunditat la qual té una vora graduada (corona) i un apèndix (tron) amb una ansa i una anella per a mantenir l'astrolabi en suspensió quan es fa servir. Dins de la mare van uns discos (làmines) gravats per ambdues cares i en cada una s'indica la latitud per a la qual s'ha de fer servir, a més d'un conjunt de paràmetres necessaris. Damunt de les làmines se situa la peça més decorada (l'aranya) que és un mapa dels estels. El dors conté una escala circular amb els signes del zodíac, una altra amb el mesos del calendari i una escala per a poder mesurar altures i profunditats. També al dors hi ha un regle (alidada) que permet alinear un cos celeste, observar-lo i mesurar-ne la seua alçada respecte a l'horitzó. Pel dors s'introdueix un eix (pern) que manté unides el conjunt de les peces que es tanca amb un passador (cavallet) situat sobre l'aranya.



Fig. 1: Cara de l'astrolabi fet a Saragossa l'any 1079-80 per Àhmad bin Muhàmmad an-Naqqàx (Museu de Nuremberg). (Germanisches Nationalmuseum. nº inv. WI353. diàm. 115 mm.) [Foto: Sailko]



Fig. 2: Dors de l'astrolabi fet a Toledo l'any 1067 per Ibrahím Ibn Saíd as-Sahlí. Conservat a Madrid (Museo Arqueológico Nacional, núm. inv. 50762, diàm. 242 mm.) [Foto: Àngel Martínez Levas]



Fig. 3: Parts i peces d'un astrolabi.

Aquesta obra d'Abú l-Qàsım és un tractat sucint, ben redactat i comprensible en el qual l'autor descriu un astrolabi i com fer-lo servir. Segons **Julio Samsó** -reconegut expert en la ciència medieval a qui acudirem sovint- l'èxit de què va gaudir aquest treball rauria en el seu caràcter de resum pràctic. Coneixem, sense comptar els compendis que se'n feren, 11 manuscrits conservats als arxius i biblioteques de diversos països però no tots contenen el mateix nombre de capítols motiu pel qual unes versions són més extenses i completes que d'altres.

L'any 1955, **Millás Vallicrosa** va editar el text àrab segons el manuscrit Escorial núm. 964 al qual hi ha una introducció i 41 capítols. Existeixen almenys tres versions llatines però les dues més conegudes són la del sevillà **Joan Hispalense** (m. Toledo, aprox. 1180) i la de l'italià **Plató de Tivoli** (m. 1145) els quals utilitzaren un text àrab més complet que l'editat per **Millás**. El tractat també fou traduït a l'hebreu al s. XIII per **Jacob Ben Mahir** (m. 1306), al castellà i també al castellà utilitzant l'alfabet hebreu (aljamiat hebraicocastellà). Aquest escrit encara era popular als ambients científics europeus al s. XIV.

Un dels companys d'estudi d'Abú l-Qàsım a Còrdova i així mateix deixeble de Màslama fou l'eminent matemàtic i astrònom **Ibn as-Samh** (m. 1035) que també va ser autor d'una obra, potser foren dues, sobre l'astrolabi. J. Samsó considera que els dos tractats són els més antics a descriure l'anomenat "calendari zodiacal" mitjançant un diagrama format per dos cercles, situats al revers de l'astrolabi, amb els quals es pot relacionar la data de l'any solar i la longitud del Sol sobre l'eclíptica. El citat diagrama, propi dels astrolabis andalusins i magrebins, apareix en els instruments orientals a partir del s. XII. Aquest investigador assenjala la importància del contingut de l'últim capítol que hi ha a les dues traduccions llatines però no a l'edició de **Millás**. D'una banda, hi trobem l'explicació d'un diagrama situat al darrere de l'astrolabi que permet calcular quin dia de la setmana és l'1 de gener d'un any concret del calendari julià i també el primer dia de cada mes del mateix any. El diagrama en qüestió es pot veure en dos astrolabis fabricats a Toledo el 1067 i 1068 per **Ibrahim Ibn Saïd as-Sahlí**. D'altra banda **Abú l-Qàsım** ens dona uns quants exemples de dates del calendari islàmic i les equivalents del calendari cristià. De les dates citades com a exemple, entre els anys 1023 i 1033, s'infereix que probablement el tractat va ser escrit a Dènia o almenys s'hi redactà la part final.

2. Capítol sobre la construcció del rellotge de sol del tipus *balàta*

Aquest breu capítol, conservat en ser integrat per altres autors medievals en les seues obres, és quasi un manual d'instruccions a seguir per a la construcció de l'instrument denominat *balàta*, és a dir, 'llosa'. Segons explica J. Samsó, el terme *balàta* es feia servir sovint a al-Àndalus per referir-se als quadrants solars horitzontals, això és, un rellotge de sol horitzontal. És una eina heretada de l'època clàssica que assenjala les hores per mitjà de l'ombra d'un gnòmon o estil pro-

jectada sobre la superfície d'una llosa on estan marcades les línies horàries. Fou utilitzat durant segles al món musulmà on una de les seues principals utilitats era la de saber el moment exacte per fer dos dels cinc resos diaris que prescriu la religió islàmica. De nit, entre el crepuscle vespertí i l'alba, aquest instrument no era útil ja que no hi havia sol i aleshores es feien servir altres instruments i procediments per a mesurar el pas del temps o determinar una hora concreta. L'any 1956 va aparèixer prop de Còrdova part d'una *balàta* tallada en una llosa de marbre i datada per alguns investigadors al voltant de l'any 1000. El fragment (en cm: 34,5 d'alt x 24 d'ample x 4,5 de gruix) és un poc més de la meitat de l'instrument i s'hi pot veure la inscripció *Obra d'Àhmad bin as-Saffâr*, és a dir, **Abú l-Qàsım**. Aquesta peça, segons els especialistes que l'han estudiada, és un treball d'escassa qualitat amb errors al seu traçat. Potser l'artesà el va fer seguint amb poca cura instruccions prèvies d'Abú l-Qàsım o es va basar en un altre instrument afegint-li el nom d'Ibn as-Saffâr per prestigiar la seua talla. J. Samsó comenta que aquest rellotge solar s'emmarca en una tradició andalusina de la qual no se'n conserva cap correctament traçat. L'estudi d'Abú l-Qàsım va ser utilitzat per altres estudiosos posteriors que en van incloure algun capítol a les seues obres (Fig. 4).

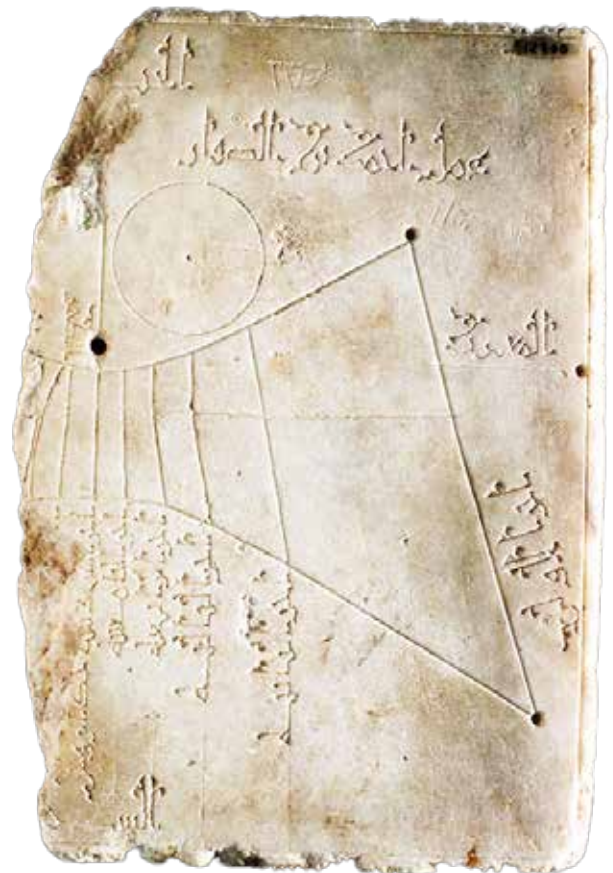


Fig. 4: Fragment de *balàta* trobat prop de Còrdova, datat aprox. any 1000 (Museo Arqueológico Provincial de Córdoba, núm. inv. 12700).

[En la segona meitat del s. X] els sobirans necessitaven tenir al seu voltant gent preparada per a fer-se càrrec de les tasques administratives, jurídiques, religioses i educatives.

3. Taules astronòmiques resumides segons l'escola del Sindhind

Sembla que fou al s. IX, en temps de l'emir omeia **Abd ar-Rahmàn II** (821-852), quan comencen a arribar a Còrdova obres científiques elaborades a l'Orient. Una era el tractat astronòmic escrit a Bagdad al voltant de l'any 830 per l'astrònom i celeberrim matemàtic persa **al-Khuwàrizmi** (m. Bagdad, aprox. 850) considerat el pare de l'àlgebra, el nom del qual, llatinitzat, és l'origen dels termes *algoritme* i *algoritmia*. L'obra en qüestió és un dels nombrosos *Zijs* escrits durant segles pels astrònoms musulmans orientals i occidentals els quals feren noves aportacions, correccions i els perfeccionaren. Els primers *Zijs* islàmics, basats fonamentalment en mètodes astronòmics hindoperses, eren taules de paràmetres de la posició del Sol, la Lluna, cossos celestes i els cinc planetes coneguts a l'època: Mercuri, Venus, Mart, Júpiter i Saturn. En aquesta obra que no s'ha conservat, al-Khuwàrizmi hi va combinar coneixements hindús, perses i ptolemaics (Fig. 5).



Fig. 5: Al-Zij al-mútabar as-Sanjari d'Abd ar-Rahmàn al-Khàzini (m. 1155), escrit cap al 1120 (còpia any 1223). British Library: Oriental Manuscripts, Or 6669, [191v] (191/328), in Qatar Digital Library.

A la segona meitat del s. X, Màslama analitzà i estudià amb alguns dels seus alumnes com **Abú I-Qàsım** i **Ibn as-Samh**, aquestes taules i les adaptaren a les necessitats dels astrònoms andalusins. La modificació més important, explica **J. Samsó**, fou canviar el calendari solar persa (Era del rei **Yazdegerd III** que comença 16 juny 632) de les Taules d'al-Khuwàrizmi pel calendari lunar musulmà (Hègira que comença 16 juliol 622) usat a al-Àndalus. Segons el rabi **Abraham ben Ezra de Tudela** (m. 1167), aquesta adaptació atribuïda a Màslama fou obra d'Abú I-Qàsım.

El tractat d'al-Khuwàrizmi va ser objecte d'un comentari escrit per Màslama que no s'ha conservat, però és coneix gràcies a les traduccions al llatí fetes per l'anglès **Adelard de Bath** (m. aprox. 1150) i la del jueu convers **Petrus Alfonsi** (m. aprox. 1140) natural d'Osca. En opinió de **Mercè Comes**, és difícil saber quines dades són d'al-Khuwàrizmi i quines són aportacions dels astrònoms andalusins, ja que a l'obra es troben materials d'origen hindopersa, grecoàrab i hispànic. En qualsevol cas, sembla que algunes taules que utilitzen el meridià de Còrdova com a base dels càlculs foren fetes per Màslama i els seus deixebles.

Abú I-Qàsım va fer una recensió del treball del savi persa, però només en conservem un fragment de set capítols en un manuscrit que hi ha a Paris (Bibliothèque Nationale). Està escrit en àrab però amb l'afabet hebreu i va ser editat per **M. Castells** i **J. Samsó** al 1995. El text d'Abú I-Qàsım, malgrat la seua brevetat, és important per ser la font més antiga en àrab on es descriu l'ús de les taules d'al-Khuwàrizmi. A més, **Mercè Comes**, ha trobat al treball d'Abú I-Qàsım dades que redueixen la Mediterrània a la seua extensió real.

Els escrits d'Abú I-Qàsım foren utilitzats, en àrab o traduïts, tant al món islàmic com a Occident pels astrònoms posteriors. Per agrair la seua contribució a l'avanç científic, se li ha donat el nom **Saffar** a un illot de l'Antàrtida i a un planeta, situat en la constel·lació d'Andròmeda, que orbita l'estrella binària **Titawin** i **Titawin B**. Al mateix sistema hi ha dos planetes amb el nom de **Samh** i **Majriti**.

Muhàmmad, el germà d'Abú I-Qàsım, també va estar vinculat al món de l'astronomia (Còrdova?, 2a meitat s. X—m. ¿?, després de 1029) ja que va ser cèlebre per la seua perícia, mai no vista abans a al-Àndalus, en la construcció d'astrolabis. Al s. XIV, el polígraf granadí **Ibn al-Khatib** (m. 1374) utilitzà el terme *saffariyat*, derivat d'as-Saffar, per referir-se a les peces que va fer. Aquesta és tota la informació que tenim de Muhàmmad. Tot i això, en podem inferir que va nàixer en la segona meitat del s. X encara que no podem confirmar, com en el cas del seu germà, si va ser a Còrdova.

Res sabem de la formació de Muhàmmad, però és evident que per a poder construir o supervisar la construcció d'un instrument de precisió i tan preuat com l'astrolabi, treball en el qual fou considerat un veritable expert, calia tenir un conjunt de coneixements teòrics i pràctics que eren indispensables en el seu ofici: astronomia, ma-

temàtiques, geometria, dibuix, disseny, saber treballar el llautó amb mestria, gravar-lo, a més d'habilitat i experiència adquirida amb els anys.

Per tant, és molt probable que l'entorn familiar fóra determinant en els seus estudis; era germà d'un notable matemàtic i astrònom autor d'un tractat sobre l'astrolabi del qual pot ser que fóra company d'estudis o inclús alumne. El seu sobrenom de 'fill del llautoner' donaria força a la hipòtesi que coneixia aquest aliatge metàl·lic daurat - zinc i coure - amb el qual es feien els astrolabis. El resultat de la preparació de Muhàmmad va ser la fabricació d'instruments de gran qualitat per a l'època. Al més antic dels seus astrolabis se li va substituir l'aranya en el segle XVI o XVII per una altra procedent de la zona oriental del Mediterrani d'origen turc otomà. Per tant, sembla que aquest astrolabi encara es feia servir sis segles després de la seua fabricació.

Del treball de Muhàmmad coneixem tres astrolabis, on figura el lloc i l'any de fabricació, així com una làmina:

1) Còrdova, any 1020-1. (Col·lecció privada). És considerat l'astrolabi andalusí datat més antic conegut. Aquesta peça era propietat d'un particular a França i no es coneixia fins que fou subhastada a la casa Sotheby's al 2017 (Fig. 6).



Fig. 6: Cara de l'astrolabi fet a Còrdova l'any 1020-1 per Muhàmmad Ibn as-Saffàr (Col·lecció privada).

2) Còrdova, any 1026-7. (Edimburg, Royal Scottish Museum, núm. inv. T. 1959.62). Donada al museu al 1959 per **James H. Farr**. L'aranya no és l'original, fou substituïda a l'inici del s. XIV (Fig. 7).



Fig. 7: Cara de l'astrolabi fet a Còrdova l'any 1026-7 per Muhàmmad Ibn as-Saffàr (Museu d'Edimburg).

Fugint de la guerra, com feren molts altres savis que també cercaven seguretat i patrocini, Abú l-Qàsim optà per dirigir-se a Dènia. La ciutat s'havia convertit, al voltant de l'any 1010, en la capital d'una poderosa taifa, que incloïa les illes Balears.

3) Toledo, any 1029. (Berlín, Deutsche Staatsbibliothek, núm. inv. 6567/Sprenger 2050. Abans estava a Marburg an der Lahn, Westdeutschen Bibliothek). Sembla que aquesta peça és tota original (Fig. 8)



Fig. 8: Cara de l'astrolabi fet a Toledo l'any 1029 per Muhàmmad Ibn as-Saffàr (Museu de Berlín).

4) Làmina solta d'un astrolabi sense data de fabricació i atribuïda a Muhàmmad (Palerm, Museo Nazionale).

Muhàmmad treballà a Còrdova i Toledo segons es pot veure als seus instruments i va morir després del 1029, data de fabricació de l'astrolabi toledà, però el lloc del seu òbit ens és desconegut. Encara que cap font esment que Muhàmmad s'establira a Dènia no es pot descartar la possibilitat que hi sojornara en algun moment.

NOTA

1. Per facilitar al lector no especialista una pronunciació aproximada dels noms àrabs presents al text hem fet una adaptació lliure de la transcripció de l'alfabet àrab i hem considerat que era millor no utilitzar algun dels sistemes utilitzats habitualment pels especialistes, els quals poden ser intel·ligibles per a qui no està mínimament familiaritzat amb aquesta llengua.

ABÚ S-SALT UMÀYYA de Dénia (1068-1134)

Biografia abreujada d'un savi polifacètic

Vicent Carles Navarro Oltra

Departament d'Àrab · EOI de València - la Saidaia

Quan l'any 1045 va morir Mujàhid al-Àmiri, fundador de la rica i poderosa taifa de Dénia, va ser succeït pel seu fill Abú I-Hàssan Àli el qual regnà amb el títol honorífic d'Iqbàl ad-Dàwla ('Prosperitat de l'Estat'). Sota el govern dels dos sobirans, Dénia gaudí de prosperitat econòmica i d'una intensa vida cultural ja que, a més de ser un important empori comercial gràcies al seu port marítim, era des dels inicis del s. XI la capital del regne i seu de la cort, per tant, a nivell cultural, era un pol d'atracció d'intel·lectuals de tots els camps del saber que hi acudien a la recerca de mecenatge o d'algun càrrec. Al llarg dels més de seixanta anys en els quals Dénia fou el cor de la taifa, molts savis de renom passaren per la ciutat o s'hi establiren, alguns de forma permanent. Aquests erudits tenien, sobretot a l'època de les taifes, una vida itinerant que els menava de cort en cort per poder viure de la venda dels seus sabers. La presència d'anomenats mestres en una ciutat era un reclam per a nombrosos estudiants desitjosos d'augmentar els seus coneixements. De les figures més destacades relacionades amb la Dénia taifal en mencionarem unes poques com són: l'astrònom i matemàtic Abú I-Qàsım Ibn al-Saffàr (m. 1035); el cordovés Abú Amr ad-Dàni (m. 1053) fundador de l'escola d'estudis corànics de Dénia que formà a diverses generacions d'erudits experts en ciències religioses islàmiques especialment en les set lectures canòniques de l'*Al-corà*; el filòleg murcià Ibn Sída (m. 1066) potser el lexicògraf andalusí més important; el polifacètic Ibn Hazm de Còrdova (m. 1064) autor de més de 140 obres entre les quals tenim *El Collar de la Coloma*, tractat sobre l'amor escrit a Xàtiva; el literat Ibn Arqam de Guadix (m. últim terç s. XI) secretari d'Iqbàl ad-Dawla i autor de les cartes dirigides al califa fatimí del Caire; el poeta Ibn al-Labbàna (m. 1113-4) nat a la zona de Dénia i lleial amic del rei de Sevilla al-Mútamid; el sevillà Abd al-Màlik Ibn Zuhr (m. aprox. 1078) membre d'una família dedicada a la medicina durant generacions. La nòmina és més extensa però, per no avorir el lector, ens aturarem ací. L'any 1076 la taifa de Dénia deixà d'existir quan al-Múqtadir Ibn Hud, rei de la de Saragossa (m.1081-3), s'apoderà de la ciutat i es convertí en senyor d'aquest reialme que annexionà als seus dominis. El 1092 Dénia va caure en mans dels almoràvits i, en ocupar Saragossa l'any 1110, completaren la unificació d'Al-Andalus però no aconseguiren recuperar Toledo. Els territoris de l'islam peninsular es convertiren en una part més de l'emirat nord-africà amb capital a Marràqueix: l'època de les primeres taifes havia acabat.

Abú s-Salt Umàyya bin Abd al-Azíz bin Abí s-Salt ad-Dàni va nàixer a Dénia. Fou metge, botànic, astrònom, matemàtic, enginyer, versat en òptica, música, filòsof, historiador, literat, poeta, antòleg, entès en eloqüència i retòrica.

Respecte a Abú s-Salt és important assenyalar que hi ha etapes i episodis del seu periple vital que no són encara ben coneguts. Potser en part perquè les notícies sobre la seua vida i obra estan escampades pels escrits de diferents autors àrabs els quals possiblement només tingueren accés a informacions parcials. Així, doncs, observem que una font cita una dada la qual no es mencionada en d'altres, un fet concret pot tindre diferents versions, les informacions no sempre coincideixen, de vegades són contradictòries, hi ha dades confuses, d'altres no en sabem l'origen i tampoc no falten errors.

L'erudit i polígraf Abú s-Salt Umàyya bin Abd al-Azíz bin Abí s-Salt ad-Dàni va nàixer a Dénia el mes d'octubre o novembre del 1068. Als textos àrabs se'l cita com a Umàyya Ibn Abí s-Salt o Abú s-Salt o Abú s-Salt Umàyya, és *Albuzale* en llatí i *Albumesar* en català. Fou metge, botànic, astrònom, matemàtic, enginyer, versat en òptica, música, filòsof, historiador, literat, poeta, antòleg, entès en eloqüència, retòrica i autor de més de vint obres.

El pare d'Abú s-Salt va morir quan ell encara era un xiquet però va poder estudiar a Dénia sota el magisteri del polímata toledà Abú I-Walíd al-Wàqqaxi (m. 1096), respectat expert en moltes matèries científiques i religioses, amb el qual va adquirir una extraordinària preparació intel·lectual i un immens bagatge de coneixements que aniria augmentant al llarg d'una vida dedicada a l'estudi. A diferència de molts altres erudits àrabs medievals, el savi denier no es va interessar per les ciències religioses islàmiques les quals també sembla haver conegut amb diversos mestres però sense aprofundir-hi ja que la seua vocació fou el camp de les "ciències dels antics". Sobre aquest punt, Julio Samsó explica que: «*Los árabes suelen dividir las ciencias en ciencias árabo-islámicas (relativas a la religión o a la tradición lingüístico-literaria propia) y "ciencias de los antiguos" (ulúm al-awàil) heredadas de cultu-*

ras extranjeras – indo-iraniana y, sobre todo, griega-lo que incluye el conjunto de ciencias exactas y físico-naturales, medicina, cierto tipo de ingeniería mecánica (ilm al-hiyàl) además, claro está, de la filosofía».

Abú s-Salt va estar en diverses ciutats d'al-Àndalus i acabà establint-se a Sevilla. No sabem quant de temps hi va viure però va ser prou perquè diferents autors afegiren al seu nom el patronímic *al-lxblli* 'el sevillà'. Per motius personals que ell mateix menciona, però no ens explica perquè se'n va anar de la ciutat andalusa. Decidí aleshores marxar cap a Orient, tal vegada pensant a continuar la seua formació, i arribà a Alexandria acompanyat per sa mare a finals de 1096, quan començà la primera croada per a alliberar els llocs sants cristians del domini musulmà i recuperar Jerusalem (juliol 1099). A Egipte regnava el califa fatimí *al-Mustàli* (m. 1101) però qui realment governava era el seu poderós visir *al-Àfdal* (m. 1121), home molt interessat per l'astronomia fet aquest que potser va permetre Abú s-Salt ser admès en la cort.

Per al citat ministre va escriure: *Respostes a problemes sobre el cosmos, la física i l'aritmètica*, tractat on contestava a sis qüestions, que sembla li foren plantejades per *al-Àfdal*, sobre filosofia, física, matemàtiques, astronomia i geometria. Segons *Mercè Comes*, en les respostes d'Abú s-Salt queda manifest la influència del pensament aristotèlic. *El Concís sobre la ciència de la cosmologia*, compendi perdut d'astronomia que no fou massa valorat per l'astrònom d'al-Àfdal ja que, al seu parer, el treball del denier no era útil per als entesos ni tampoc per als estudiants.

Deu anys després, al 1106-7, ja en temps del califa *al-Àmir* (m. 1130) successor d'al-Mustàli, el savi de Dénia fou empresonat. Hi ha diferents versions del que va ocórrer perquè fora arrestat però les més difoses són dues. Segons la primera, el càstig d'Abú s-Salt va ser conseqüència de la caiguda en desgràcia d'un important personatge de la cort i amic d'al-Àfdal anomenat *Taj al-Maàli* el qual, temps arrere, havia estat un dels protectors del denier. Sembla que la bona relació del dissortat cortesà amb Abú s-Salt fou motiu suficient per a empresonar-lo també. La segona versió dels fets, la més coneguda, és tota una aventura: Abú s-Salt va convèncer l'omnipotent *al-Àfdal* i persones principals d'Alexandria que podia reflotar un vaixell carregat de coure que havia naufragat prop del port de la ciutat, si li facilitaven tot el que necessitava. Es gastaren una gran quantitat de diners confiant en el projecte d'Abú s-Salt que havia estudiat a consciència l'operació de rescat de la nau. Quan l'embarcació començava a eixir a la superfície les cordes que tiraven es trencaren i la nau es tornà a enfonsar. *Al-Àfdal*, sentint-se enganyat pel de Dénia, ordenà que l'empresonaren i va estar tancat poc més de tres anys al Caire o a Alexandria o potser primer al Caire i després a Alexandria. La seua reclusió va transcórrer en un edifici on hi havia una biblioteca que fou ben aprofitada per Abú s-Salt.

Durant el temps de captivitat va redactar: *Llibre dels medicaments simples*, l'obra que més fama li

ha donat (pot ser que fora coneguda també amb el títol de *Llibre de la farmàcia* i, segons alguns biògrafs, s'hauria redactat a Tunísia anys més tard). És una mena de *vademecum* pensat per fer-lo servir als hospitals, dividit en vint capítols on s'enumeren 420 de simples ordenats segons el seu efecte en el cos humà i en cadascun dels seus òrgans. Aquest tipus de compendi té el seu origen en la medicina d'època clàssica, i els savis musulmans a més de traduir-los n'elaboraren d'altres. Foren una de les aportacions més importants de la ciència islàmica a la medicina medieval. L'obra d'Abú s-Salt, basada en les teories mèdiques i els treballs d'altres erudits, va ser traduïda al llatí per *Arnau de Vilanova* (finals s. XIII), i del llatí a l'hebreu (s. XIV) i al català (ss. XIV-XV). Fa uns anys fou publicada la versió al castellà de *Pedro Vernia, Tratado de los Medicamentos Simples. Abu-s-Salt Umayya, 1068-1134*, Alacant, 1999, ed. Colegio Oficial de Farmacéuticos de la Provincia de Alicante. Així mateix s'han editat les versions medievals llatina, àrab i catalana del tractat amb els corresponents estudis crítics; *L. Cifuentes, D. Jacquart, A. Labarta, J. Martínez i M. R. McVaugh, Arnaldi de Vilanova Opera Medica Omnia. Volumen XVII. Translatio Libri Abuzale de Medicinis Simplicibus*, Barcelona, 2004. *Rectificació de la ment, sobre lògica* on sintetitza els elements essencials de la lògica aristotèlica en un tractat pràctic de metodologia sobre la demostració irrefutable. Fou editat i traduït al castellà l'any 1915 per *A. González Palencia* el qual el considera un treball de vulgarització científica. *Llibre del suport, reposta a Àli bin Ridwàn sobre la seua refutació contra Hunàyn bin Ishàq*, obra perduda en la qual Abú s-Salt defensava un tractat sobre medicina de l'iraquià *Hunàyn* (m. 873-4) de les crítiques fetes pel famós metge egipci *Ibn Ridwàn* (m. 1061). *Epístola sobre l'ús de l'astrolabi*, sembla que fou pensada per tenir un ús pràctic com l'escrit per Abú l-Qàsım Ibn as-Saffar. És un treball no publicat però sí estudiat del qual es conserven diversos manuscrits amb un nombre diferent de capítols, en algun cas, més de cent. Fig. 1



Fig. 1. Inici de l'*Epístola sobre l'ús de l'astrolabi* d'Abú s-Salt (còpia oriental, any 1284-5). British Library: Oriental Manuscripts, Or 5479, ff 2r-36v, in Qatar Digital Library.

Quan l'alliberaren, Abú s-Salt abandonà Egipte i es dirigí a Tunísia on potser ja havia estat quan anava cap a Alexandria. L'any 1112-3 arribà a Mahdia, capital del regne tunisenc dels Zirís, on fou molt ben acollit pel seu emir. El denier va ser poeta, cronista i metge en la cort dels tres últims sobirans d'aquesta dinastia; **Yahyà bin Tamím** (m. 1116), **Àli bin Yahyà** (m. 1121) i **al-Hàssan bin Àli**, destronat al 1148 pel rei de Sicília.

Abú s-Salt va passar a Tunísia la resta de la seua vida, quasi sempre a Mahdia, on nasqué el seu fill **Abd al-Azíz**, poeta talentós i un bon jugador d'escacs (m. Bugia, 1151-2). Fig. 2 Pel que fa als viatges del denier fora de Tunísia alguns investigadors afirmen que anà a Sicília en qualitat de metge per atendre el rei normand **Roger II** (m. 1154) i fou, a la cort de Palerm, un dels seus savis protegits entre els quals estava també el cèlebre geògraf **al-Idrísí**. No se sap si tornà alguna vegada a la seua terra.

A Mahdia estant, a més de continuar escrivint, Abú s-Salt també treballà i ensenyà en un centre de ciències alquímiques creat per l'emir, home interessat en l'estudi de les plantes medicinals i, sobretot, a aconseguir una fórmula per a convertir el coure en or i l'estany en argent. En aquesta ciutat va redactar més obres: *Epístola egípcia* és una descripció del que va veure i conèixer al país del Nil; llocs, monuments, història, savis del passat i persones amb les quals es va relacionar. La valoració d'Abú s-Salt és negativa pel que fa al saber dels metges i astrònoms egipcis del seu temps. *Epístola sobre la música*, conservada únicament en una traducció a l'hebreu (s. XIII), és un

manual de teoria i pràctica basat en escrits més antics on hi ha una part dedicada als instruments musicals. Abú s-Salt tocava molt bé el llaüt i se'l considera l'introduïdor de la música andalusina a Tunísia. Segons M. Comes hi ha prou indicis per a pensar que aquesta epístola seria part d'una obra enciclopèdica composta per Abú s-Salt seguint l'esquema aristotèlic del quadrivium (geometria, astronomia, aritmètica i música). Fig. 3. *Llibre del jardí* és una antologia sobre els poetes d'al-Àndalus conservada parcialment en obres d'autors posteriors. *El brocat, sobre les gestes dels Sinhàja*, recull de notícies sobre la dinastia zirí -membres de la tribu bereber Sinhàja- la qual podria ser continuació d'una crònica d'**Ibn Raquíq** (m. post. 1027-8). El que en sabem és gràcies als fragments extrets per historiadors dels ss. XIII-XIV els quals foren incorporats als seus treballs. *Poemari* conté al voltant de 1400 versos repartits en poc més de 200 poemes i fragments de temàtica variada. Hi trobem sàtires, poemes amorosos dirigits a dones i també a efebs, erotisme, descripcions, lloances, ascètics i elegies entre les quals destaca la dedicada a sa mare quan va morir al Caire. Abú s-Salt va escriure poesia al llarg de tota la vida i els seus versos gaudiren de gran difusió ja que, abans de la seua mort, se sap que es llegiren a Damasc. Quasi totes les composicions poètiques del denier s'havien conservat en diverses obres i antologies fins que foren compilades en un corpus publicat a Tunísia al 1974 per **al-Marzúqui**. Pocs anys després va aparèixer un manuscrit incomplet del poemari a Tunísia que fou editat a Qatar l'any 1990.



Fig. 2. Mesquita major de Mahdia, construïda l'any 916 (Foto: Citizen59. Wikimedia.org)



Fig. 3. Música tocant el laüt

Del seu treball com astrònom cal anomenar el tractat titulat *Descripció de la construcció i ús de una làmina única amb la qual es pot calcular la totalitat dels moviments dels set planetes* és un estudi sobre l'instrument astronòmic anomenat equatori. Aquest artefacte s'usava fonamentalment per fer horòscops i prediccions i reduïa el temps del procés. L'equatori reproduïa gràficament, segons la teoria planetària de Ptolemeu, el moviment passat o futur dels set planetes; el Sol, la Lluna, Venus, Mercuri, Mart, Júpiter i Saturn sense necessitat de fer càlculs ni utilitzar taules astronòmiques. D'aquest treball, escrit després dels d'Ibn as-Samh (m. 1035) i el d'Azarquiel (m. 1099), es conserva el microfilm d'un únic manuscrit en molt mal estat.

Mercè Comes va dedicar la seua tesi doctoral a l'estudi dels tres tractats i, segons aquesta investigadora, el d'Abú s-Salt és el més modest dels tres però considera que, a falta de noves dades, el denier podria ser qui donara a conèixer aquest instrument a Orient.

A les obres ja referides cal afegir-ne d'altres les quals podem classificar en tres grups; A) Sense títol: un estudi sobre els significats de la paraula àrab *nuqta*, dos tractats sobre aritmètica. B) Citades per autors posteriors: *Sobre les belles lletres, la mètrica i la història, Epistolari, Tractat concís de geometria, Sobre la medicina, l'astrologia i les melodies*. C) No conservades o no trobades fins ara: *Resum de l'Almagest de Ptolemeu, Breu tractat de geometria* on resumeix l'obra *Elements d'Euclides, Llibre d'anècdotes gracioses d'actualitat*, antologia sobre poetes d'al-Àndalus.

El 22 ó 23 d'octubre de 1134, Abú s-Salt Umàyya Ibn Abí s-Salt va morir a Mahdia, possiblement a causa de la hidropesia que patia, i fou soterrat a la veïna ciutat de Monastir. Algunes fonts precisen que l'enterraren al gran ribat que hi ha en aquesta ciutat. Fig. 4

Fig. 4. Ribat de Monastir on fou soterrat Abú s-Salt (Foto: Issam Barhoumi. Wikimedia.org) [consulta: 1 Maig 2024]



Abú s-Salt va ser un home de vasta erudició en diversos camps del saber, bon coneixedor de l'obra d'importants savis de l'antiguitat clàssica i de la dels erudits musulmans però els investigadors experts de la ciència medieval el consideren un compilador que no va fer aportacions originals ni a nivell científic ni filosòfic i valoren algunes de les seues obres com a manuals bàsics, quasi divulgatius. En qualsevol cas, els treballs del denier foren font i referent per als estudiosos d'època posterior. El que part de l'obra científica d'Abú s-Salt fora traduïda a l'època medieval al llatí i sobretot a l'hebreu va ajudar a la seua difusió en Occident. Abú s-Salt va escriure sobre matèries diverses però no va tocar el tema de la religió. La seua producció literària ha estat molt ben considerada al llarg dels segles i la bibliografia i els estudis sobre les seues obres és molt extensa.

LECTURA RECOMANADA (per als aficionats a la botànica):

•PERIS, Juan Bautista; GUILLÉN, Alberto; FERRER-GALLEGO, Pedro Pablo; ROSELLÓ, Roberto; GÓMEZ, José; LAGUNA, Emilio (2021): «Aspectes botànics del Tractat dels medicaments simples (Kitáb al-adwiya al-mufrada), d'en Abu-Salt-Umayya al-Dani». *Nemus. Revista de l'Ateneu de Natura*, Núm. 11, pp. 82-101, Castelló de la Plana. <<https://raco.cat/index.php/Nemus/article/view/391570>>.

Pensar l'alquímia amb noves perspectives

José Ramon Bertomeu Sánchez

Institut Interuniversitari López Piñero · UV

La història de l'alquímia és un tema alhora complex i fascinant. Pel llarg recorregut temporal i la distància del present, l'alquímia és un territori estrany i exòtic que desperta l'interès d'un públic ampli. L'alquímia gaudeix d'una llarga presència en la cultura popular, per exemple, dins d'obres de literatura (de *The Alchemist* de Ben Jonson a *L'œuvre au noir* de Marguerite Yourcenar), representacions gràfiques (obres de l'escola flamenca com David Teniers o l'espectacular varietat de gravats, emblemes i símbols inclosos als primers llibres alquímics, reproduïts fins l'actualitat), la música pop (només esmentaré el famós doble LP en directe de Dire Straits), el cinema (les versions de Harry Potter o l'enigmàtic Cronos de Guillermo del Toro) i, més recentment, els videojocs (*Little Alchemy* amb milions de descarregues) i el manga futurístic de l'escriptora Hiromu Arakawa (*Fullmetal Alchemist*) amb les encara més famoses adaptacions anime, videojocs, novel·les i pel·lícules.

L'ombra de l'alquímia projecta un conglomerat heterogeni d'imatges, paraules i idees que alimenten creativament tecnoimaginariis socials de diversa mena, dins de règims de temporalitat que connecten present, passat i futur de diferents maneres. Són poques les persones que creuen en les suposades promeses de l'alquímia pel que fa a la fabricació de metalls preciosos (com la pedra filosofal) o a la producció de productes amb efectes curatius extraordinaris (l'or potable o la "medicina perfecta" del manuscrit de la imatge). Tanmateix, la fascinació per l'alquímia és sovint utilitzada en la publicitat de productes cosmètics, perfums, joies i eines informàtiques promocionades per Google. Una recerca bàsica amb la paraula "alquímia" en aquest cercador ens proporciona milers de pàgines dedicades, per exemple, a inversions econòmiques lucratives, amb la promesa de transmutar en or els nostres minvats estalvis. També podem trobar un hotel i spa a Praga que hauria estat del gust de l'emperador Rodolf II i altres nobles que integraren les activitats alquímiques dins de la cultura cortesana de l'edat moderna. Si ens endinsem més enllà de les primeres pàgines de resultats, podem trobar també llocs dedicats al creixement personal ("l'art de transmutar el patiment en saviesa"), a promoure associacions gnòstiques i moviments rosacruzians, o a la producció de relats de misteri com, per exemple, les imaginades peripècies d'un alquimista hindú que va enganyar familiars del general Franco durant els seus primers anys com a dictador.

Aquesta fascinació popular contrasta amb la quantitat minsa de persones que investiguen aquest tema. Pràcticament no existeixen cursos d'introducció a aquest tema a les universitats i són molt pocs els centres de recerca especialitzada. Hi ha, però, nombroses publicacions que apareixen en revistes especialitzades i col·leccions d'editorials de prestigi. La Societat internacional d'història de la química i la química (SHAC) va ser creada fa més de 80 anys i la seua revista *Ambix* publica anualment quatre volums dedicats a estudis d'aquest tema. Per exemple, el primer volum de 2024 ha estat dedicat a la qüestió de la producció de colors (el groc, particularment interessant per raons òbvies) i un altre anterior centrat en les amalgames d'or i mercuri, també molt rellevants per als alquimistes, que inclou aspectes de la història ambiental d'aquests productes. Aquesta revista també publica amb una periodicitat més llarga diferents textos clàssics com els primers fragments atribuïts a pseudo-Demòcrit (editats per Matteo Martelli) o el llibre dels alumns i de les sals atribuït a pseudo-Razi (editat per Gabrielle Ferraro) que permet endinsar-se dins de diferents corrents medievals de la tradició àrab i hebrea.

La major part de les pàgines d'internet i obres de divulgació són escrites sense tenir en compte tota aquesta producció especialitzada. No és sorprenent, per tant, trobar en textos de molta difusió una gran quantitat d'interpretacions desafortunades. La majoria d'aquestes obres són escrites per persones, amb o sense formació científica, que denigren les pràctiques alquímiques, considerant-les un corpus doctrinal desenvolupat al voltant de la quimera de la transmutació. És habitual assenyalar aquesta pretensió com un exemple de la irracionalitat dels seus autors (nigromants, xarlatans) o de la seua època (la "fosca" edat mitjana). Aquesta caricatura és utilitzada, en ocasions, per defensar la indústria química actual, equiparant qualsevol reflexió crítica a pors irracionals o "quimifòbia".

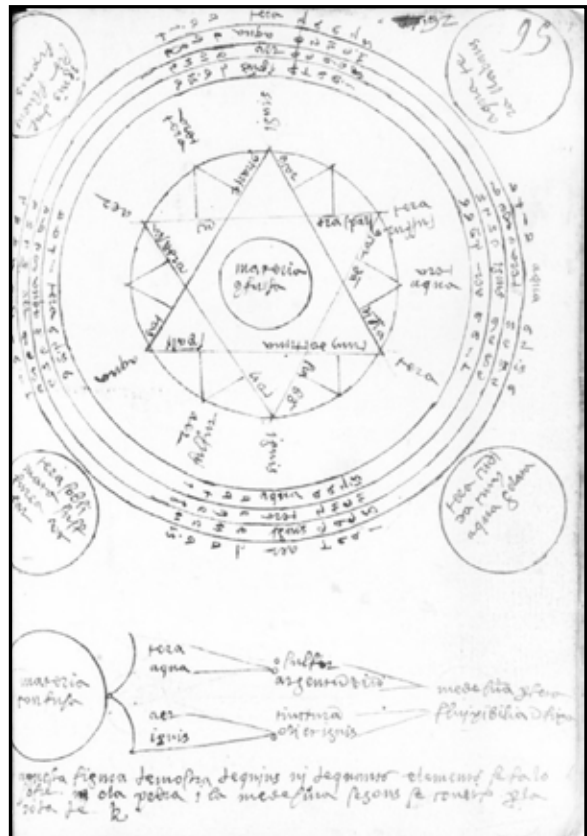
Cal dir que aquest punt de vista ja va ser adoptat per diversos químics del segle XVIII amb l'objectiu de guanyar respectabilitat dins el món acadèmic. Es repeteix, amb més o menys fortuna, en la majoria dels manuals de química dels segles posteriors fins a l'actualitat. Per descomptat, en aquestes narracions no sol esmentar-se que grans "científics" del segle XVII, com Robert Boyle o Isaac Newton, van escriure obres dedicades a l'alquímia. L'edició i la revisió detallada dels manuscrits de Boyle o Newton ha estat una

de les vies cap a una nova interpretació de l'alquímia. Els estudis més recents han reintegrat els aspectes, diguem-ne, “experimentals” de l'alquímia, sense oblidar les diferents interpretacions pròpies de cada moment. Des d'aquest nou punt de vista, l'alquímia seria la tradició intel·lectual més propera a la química abans del segle XVIII. Aquesta conclusió, però, no exclou l'existència de grans diferències pel que fa a mètodes, vocabulari, objectius, interpretacions i practicants. Viatjar a l'univers de l'alquímia implica, en certa manera, acceptar la coexistència creativa d'elements retrospectivament tipificats com a màgics, mèdics, teològics o experimentals.

La diversitat de pràctiques alquímiques, tant al llarg del temps com dins d'un mateix període històric, és un altre dels grans reptes per a les persones que investiguen la seva extensa història en diverses parts del món. L'alquímia xinesa ofereix nombrosos exemples que permeten minvar l'eurocentrisme hegemònic, amb mostres pioneres com l'ús d'àcids forts, tècniques metal·lúrgiques, la destil·lació, entre d'altres. A més, la designació retrospectiva de la gran varietat de pràctiques agrupades sota el nom d'alquímia no contribueix a resoldre aquesta qüestió. Ben al contrari, hi afegim confusió i capes de significació anacrònica.

Aquesta situació és especialment rellevant durant els segles XVI i XVII, quan química i alquímia eren expressions sovint utilitzades com a sinònims amb formes diverses. Per tal d'evitar una tipificació *a posteriori*, sempre impregnada de valoracions implícites, els historiadors **William Newman** i **Lawrence Principe** han proposat l'ús del terme *chymia* per a referir-se a aquest conjunt divers de sabers. Això inclou un ampli repertori d'ingredients teòrics i activitats pràctiques, com ara la *crisopeia* (la recerca de la transmutació dels metalls en or), la *chemiatria* (la investigació de remeis terapèutics) o la *destil·lació* (producció d'aigües destil·lades, perfums i extractes medicinals). Als llibres dels segles XVI i XVII és freqüent trobar també expressions com *espagiria*, un terme d'origen grec que es refereix a l'anàlisi i la síntesi de substàncies, o *art hermètic*, que al·ludeix a la connexió amb el llegendari fundador de l'alquímia, el personatge mitològic **Hermes Trismegist**, i a la llarga tradició hermètica.

Aquestes pràctiques i idees podien combinar-se fructíferament amb elements del corpus filosòfic antic, des de les idees hilomorfistes d'**Aristòtil** o del corpus atribuït a **Jabir ibn Hayyan**, a fins i tot plantejaments d'inspiració corpuscular o atomista, tal i com és possible trobar als textos inspirats per l'obra del segle XIII atribuïda a **Geber**, nom llatinitzat de **Jabir**, el famós alquimista àrab abans esmentat. De fet, diversos estudis han assenyalat que l'autor real d'aquest darrer text podria ser un dels primers monjos franciscans (**Paul de Tarent**) que va confeccionar textos alquímics, així com també ho varen fer membres d'altres ordres religioses, el que fa palesa la relació entre alquímia i teologia al llarg de l'edat mitjana i moderna, malgrat el que afirmen insistentment les persones defensores de l'antiga “tesi del conflicte” entre ciència i religió.



Un esquema circular amb els quatre elements (“tera”, “aqua”, “aer”, “ignis”) i les seues relacions amb altres ingredients de les transformacions alquímiques (“sulfur”, “argentum viu”, etc.) Ha estat estudiat amb detall a la tesi doctoral de Stefania Buosi Moncunill, 2023. *El Testament alquímic pseudolul·lià en un manuscrit inèdit català del segle XVI, còpia autògrafa de Jaume Mas*. El manuscrit es conserva a la biblioteca nacional de França (Ms. Esp. 289 i pot ser consultat a <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10032785g/f126.item.r=manuscrit%20espagnol%20289#>

El cas esmentat de l'obra falsament atribuïda a Geber indica que una altra dificultat per tal d'abordar l'alquímia és la determinació de l'autoria. Tal i com hem vist als anteriors exemples, molts textos alquímics han estat atribuïts a personatges reals o imaginaris per tal d'aprofitar llur autoritat com a filòsofs, teòlegs o metges. Aquesta confusió, barrejada amb sentiments patriòtics d'exaltació de glòries nacionals, pot conduir a afirmacions delirants i sense cap fonament històric, però amb capacitat de donar suport a agendes polítiques concretes. Un exemple aparegut al diari digital *OK diari* (21 de gener de 2024) permetrà fer cinc cèntims del problema. L'autor fa una revisió de «los alquimistas más destacados en la historia de España», amb un protagonisme destacat per a «Ramón Llull» («sus estudios se centraron en la transmutación de metales y la obtención del elixir de la vida») i, ja dins del «Renacimiento español» [sic], amb referències al «médico y alquimista catalán [...] Arnau de Vilanova». Amb aquestes dades, la conclusió no pot ser una altra que «los alquimistas españoles, con sus experimentos y teorías, sentaron las bases para el desarrollo de la química moderna y dejaron un legado duradero en la historia de la ciencia». Es ben conegut que les obres alquímiques atribuïdes a aquest

dos personatges medievals van ser escrites per autors posteriors. Tanmateix, aquestes afirmacions es repeteixen habitualment, i no només en la premsa sensacionalista, sinó també en obres de divulgadors premiats i en exposicions universitàries organitzades per departaments de química.

Altres autoritats de l'alquímia són personatges mitològics, provinents de diverses tradicions culturals on aquesta pràctica fou conreada, sovint connectats amb figures reals o imaginàries. Un exemple destacat és **Maria la Jueva** (coneguda per diferents noms i heterònims), a qui s'atribueix una gran quantitat d'operacions i instruments, entre els quals, el mètode d'escalfament suau mitjançant aigua, conegut com el *bany de Maria*. En un programa de RTVE de 2022, Maria és qualificada com "la primera científica de la història", i en una conferència recent se li va atribuir també la invenció de la nanotecnologia per ser la creadora del famós *kerotakis*, una mena de forn utilitzat per a la producció de canvis de colors en metalls amb l'ús de sulfurs. Maria la Jueva, associada amb personatges de la mitologia cristiana o pagana, fou una de les autoritats mobilitzades pels alquimistes per tal d'obtenir credibilitat i suport. **Zòsim de Panòpolis**, autor de la principal obra occidental sobre alquímia dels inicis del segle IV, l'anomena juntament amb altres suposats fundadors de l'alquímia provinents de tradicions egípcies (com **Isis** o **Cleòpatra**), perses (com **Zoroastre**) i jueves (com **Moisés**).

Ara bé, aquest joc d'atribucions també proporciona informació rellevant. L'evocació d'autoritats com Maria la Jueva o Cleòpatra és un indicatiu de la gran quantitat de dones anònimes que van dur a terme activitats alquímiques de moltes classes, de les quals tenim moltes referències a mesura que ens apropem a l'època moderna. La historiadora **Elaine Leong** ha recopilat milers de receptes mèdiques procedents de col·leccions angleses del segle XVII, moltes de les quals inclouen destil·lacions i altres transformacions d'inspiració *chymica*. Només unes poques d'aquestes obres van ser publicades en forma de llibre, com va ser el cas del text de **Marie Meurdrac**, qui probablement va aprendre gràcies a l'assistència a cursos públics, la lectura de textos alquímics i paracelsistes, així com amb la pràctica personal en un laboratori domèstic, on preparava medicaments per a l'ús dels seus familiars i coneguts. L'any 1666, Meurdrac va publicar anònimament *La chymie charitable & facile, en faveur des dames*, un dels primers manuals de *chymia* que incloïa receptes mèdiques i cosmètiques de diversa mena, sota concepcions inspirades pels tres principis paracelsistes (mercuri, sofre i sal). Meurdrac era conscient de les controvèrsies sobre l'ús dels medicaments *chymics*, per la qual cosa va optar per no tractar alguns dels més polèmics (com l'or potable) i va abordar amb prudència aquest tema, basant-se en els seus propis experiments o en receptes facilitades per familiars i amics.

Aquests textos, i molts altres recopilats i estudiats recentment per **Alisha Rankin**, **Meredith K. Ray** i altres dins del *Recipes Project*, permeten

pensar diversos aspectes dels espais de treball femení a l'edat moderna, l'intercanvi d'informació manuscrita, les estratègies per tal d'assolir autoritat i credibilitat, les dificultats insuperables per a reproduir ingredients, instruments i tècniques amb diferents adaptacions i versions circulant, així com també les reaccions misògines (recollides a obres com *Les Femmes savantes* de **Molière**) per part de persones contràries a aquest paper creixent de les dones en la producció de sabers, el que va produir una coneguda controvèrsia amb sorprenents semblances amb l'actualitat. De fet, Meurdrac va afegir a la introducció del seu llibre reflexions crítiques on denunciava que «els homes sempre menyspreen les produccions de l'esperit d'una dona».

L'exemple de Marie Meurdrac demostra que una història de l'alquímia escrita amb un mínim d'anacronisme pot ser una eina valuosa per a reflexionar sobre qüestions contemporànies. És evident que necessitem més estudis acadèmics i més obres de divulgació rigoroses sobre la història de l'alquímia per a fomentar nous diàlegs entre disciplines experimentals i humanístiques amb perspectiva diacrònica. Hi ha una gran quantitat de temes alquímics per explorar aquest camí: la dualitat natural-artificial (un dels grans debats de l'alquímia pel que fa a la possibilitat d'una "veritable" transmutació), les falsificacions i els productes adulterats (els límits de variabilitat d'un producte per a mantenir la seua identitat), o les relacions entre diverses formes de saber dins i fora del món acadèmic: màgia, hermenèutica bíblica, experiments de laboratori, sabers artesanals, pluralisme mèdic, etc.

A més, la circulació de sabers tècnics, com ara la destil·lació, des del món oriental cap a Europa i després cap als nous territoris americans, mostra diferents formes d'aclimatació i les seues conseqüències (com ara, la producció de begudes alcohòliques i extractes de destil·lats). També és rellevant l'exploració dels riscos associats a la investigació dins i fora dels laboratoris, connectant-ho amb la tradicional paràbola de l'aprenent de bruixot i les modernes representacions del "científic boig". Aquests temes s'entrellacen amb la qüestió dels llenguatges esotèrics de la ciència, incloent-hi la rica cultura visual alquímica, i les tensions i sinèrgies entre diferents eines de comunicació, afavorides per la llarga pervivència de la cultura manuscrita després de l'arribada de la impremta a l'època moderna, un fenomen amb ressonàncies amb les alteracions produïdes per l'arribada de les noves tecnologies de la informació als inicis del segle XXI.

Tot i que aquesta llista és breu, com aquest article, pot ser prou per a subratllar la necessitat d'endinsar-se sense prejudicis en el món de l'alquímia i anar més enllà de les caricatures. Aquest viatge permet explorar un ventall ampli d'idees i activitats que també van ser desenvolupades al nostre entorn immediat durant la baixa edat mitjana i l'edat moderna per una multitud d'homes i dones, les petjades dels quals esperen ser redescobertes en els arxius i biblioteques on han deixat rastres de les seves transmutacions.

Discos que giren i ascensors que cauen

L'esforç d'**EINSTEIN** per explicar la Teoria general de la relativitat

Joaquín Lambies

Professor de Filosofia · IES Pedreguer

Einstein va desenvolupar la teoria general de la relativitat en el període de temps comprés entre 1907 i 1915. El seu propòsit principal era estendre el principi de relativitat, aplicable fins ara només a sistemes inercials, de tal manera que fora vàlid per als no inercials, és a dir, per a sistemes accelerats. Així doncs, el resultat final hauria de ser que les mateixes lleis físiques foren vàlides en qualsevol sistema, amb independència del seu estat de moviment. El mode de dur a terme aquesta extensió es va basar en allò que Einstein va descriure com “el pensament més feliç de la meua vida” i que el portava a constatar que una persona caient lliurement en un camp gravitatori no sentiria el seu propi pes. En la seua obra divulgativa *L'evolució de la física*, Einstein presenta una forma didàctica d'entendre la seua proposta. Imaginem un ascensor que cau lliurement en un camp gravitatori (Fig. 1). Una persona, que viatja en ell, trau un mocador i el solta. Què passaria? Com, d'acord amb l'ensenyament de Galileu, tots els cossos cauen amb una mateixa acceleració, amb independència de la seua massa, el nostre viatger de l'ascensor veuria el mocador en repòs en el lloc on el va soltar (ja que les seues distàncies relatives es mantenen inalterades) i, així continuaria, llevat que rebera alguna influència externa. Què passaria ara si el mocador fora espentat? El veuríem accelerar fins aconseguir una velocitat final amb la qual es desplaçaria uniformement i en línia recta fins arribar al sòl de l'ascensor. Quines conclusions trau de tot això Einstein? Que el sistema uniformement accelerat que representa l'ascensor és equivalent a un sistema inercial ja que no hi ha cap manera de distingir tots dos sistemes a partir de la manera de comportar-se els objectes en ells. «En resum», afirma Einstein, «les lleis de la mecànica es compleixen per a l'observador interior, perquè tots els cossos es comporten segons una esperància del principi d'inèrcia”. (Einstein i Infeld, 1993, p. 174) En efecte, el moviment del mocador hauria seguit les mateixes lleis mecàniques tant si els fets hagueren succeït en un sistema uniformement accelerat, com ocorre en un camp gravitatori, o en un sistema inercial (que podem considerar en repòs o en desplaçament uniforme rectilini).

Aquesta extensió del principi d'equivalència per a incloure sistemes accelerats tindrà conseqüències profundes. Per a començar, va portar Einstein a pensar que la geometria euclidiana no era la més indicada per a la descripció de l'espai físic. El mateix Einstein narra que va arribar a aquesta conclusió reflexionant sobre dos discos

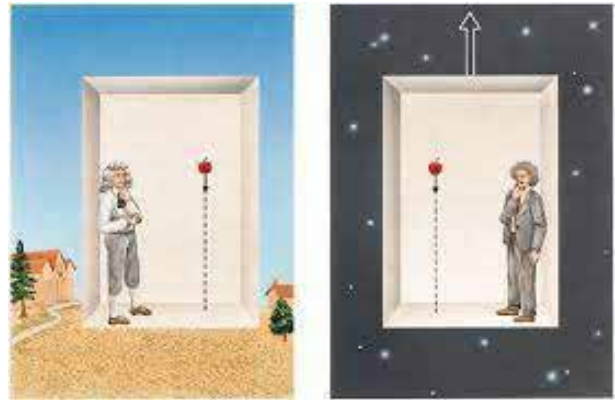
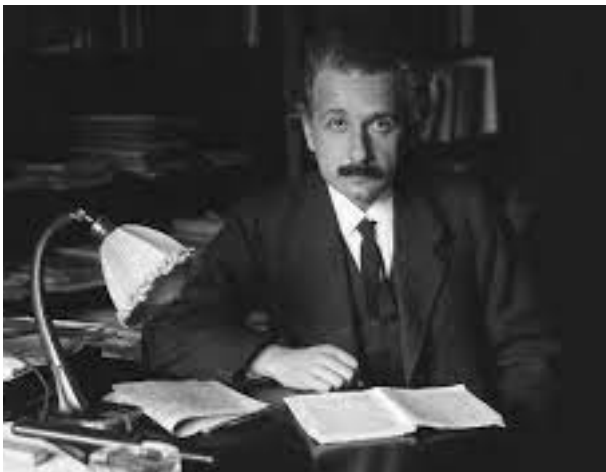


Fig. 1

iguals superposats (disc A i disc B) els centres dels quals coincidiren i pels quals passara un eix comú. Es tracta ara de suposar que el disc A es troba en rotació mentre que el disc B roman en repòs. Què passaria ara si -i en això insisteix molt Einstein- utilitzant exactament la mateixa vara de mesurar intentàrem determinar la mesura del diàmetre i de la circumferència dels dos discos. Doncs bé, trobaríem que la mesura de B no ens donaria especials sorpreses, si finalment el quocient entre la seua circumferència i el seu diàmetre són iguals a Pi. No obstant això, i és ací on els resultats prenen un caire sorprenent, aquest mateix càlcul oferiria un valor superior a Pi en el cas del disc A. Per què? No estan els dos discos en perfecta superposició amb centre comú? No són iguals? La raó que explica la discrepància de valor no hem de buscar-la a l'hora de mesurar el diàmetre de A, sinó en l'intent de mesurar la seua circumferència. En aquest últim cas, hem de col·locar la nostra vara de mesurar (la mateixa amb la qual mesurem en B) en perpendicular al radi del disc i, aleshores, la vara s'alinea amb la direcció del moviment, circumstància que, d'acord amb el que s'estableix en la relativitat restringida, produiria un escurçament de la vara. Així doncs, el resultat final és que, sent el quocient entre circumferència i diàmetre superior a Pi en el disc A, hem de concloure que l'espai no és euclidià en aquest disc. Però resulta, a més, que el disc A és equiparable a un sistema de referència sotmés a un camp gravitatori (per la presència d'una força centrífuga). I, atès que segons el principi de relativitat estès, els sistemes inercials han de considerar-se equivalents als sistemes accelerats, el resultat d'aquest experiment mental ens indica que la geometria euclidiana havia de ser substituïda per una altra de més apropiada a l'hora d'estudiar qualsevol sistema físic en general.

Einstein va desenvolupar la teoria general de la relativitat en el període de temps comprés entre 1907 i 1915. El seu propòsit principal era estendre el principi de relativitat, aplicable fins ara només a sistemes inercials, de tal manera que fóra també vàlid per als no inercials, és a dir, per a sistemes accelerats.



Albert Einstein (1879-1955).

A partir d'aquests resultats, la teoria general de la relativitat va introduir una nova teoria de la gravitació segons la qual la matèria, i també l'energia, tenien la capacitat de corbar l'espai-temps. I en aquest punt, Einstein va poder aprofitar el treball sobre geometries no euclidianes ja realitzat per diversos matemàtics al segle XIX. Van ser per a ell especialment profitoses les aportacions de **Bernhard Riemann** ja que aquest autor havia desenvolupat una geometria no euclidiana que feia possible la determinació intrínseca de la curvatura.

Així doncs, en 1917 Einstein va publicar "Consideracions cosmològiques en la teoria general de la relativitat", un article on utilitzava la teoria general de la relativitat per construir un model d'univers. Aquesta aportació revolucionària suposa una renovació radical dels plantejaments teòrics acceptats fins ara en cosmologia. La novetat és tan important que alguns historiadors l'han qualificada fins i tot com a punt d'origen de la cosmologia científica.

Les equacions proposades per Einstein per al camp gravitatori partien d'una matèria uniformement repartida en l'univers i una densitat constant. La constància de la densitat assegurava una curvatura espacial constant. Al seu torn, aquesta curvatura de l'espai-temps ens situava davant un univers espacialment tancat i finit. D'aquesta manera, es donava solució al problema de les condicions en els límits que, inevitablement, es plantejava en l'univers newtonià (atesa la seua naturalesa euclidiana i infinita, la quantitat de matèria que ha de contindre resulta igualment infinita i, amb això, el potencial gravitatori romania indefinit).

Tanmateix, en el model d'Einstein, tal com ha sigut presentat, es generava una tendència al col·lapse gravitatori. Per a poder mantindre un univers estàtic, Einstein va haver d'introduir una constant cosmològica que compensara aquesta tendència al col·lapse gravitatori.

Poc temps després que Einstein donara a conèixer el seu model cosmològic, l'astrònom i amic d'Einstein, **William De Sitter** va trobar altres solucions a les equacions de camp d'Einstein. En una d'elles, l'univers que s'obtenia era també estàtic i, així mateix, s'hi feia ús d'una constant cosmològica positiva. No obstant això, la gran diferència consistia en el fet que es tractava en aquest cas d'un univers buit de matèria. Einstein es va negar a reconèixer-li cap mena de significat físic a aquest model ja que, segons ell, les propietats de l'espai-temps eren causades sempre per la distribució de matèria i energia.

I això no és tot. També l'astrònom i professor de matemàtiques rus **Alexander Friedmann** va trobar altres solucions a les equacions d'Einstein. La novetat més destacable de l'aportació de Friedmann és que fa possible que la curvatura varie amb el temps. Ens trobaríem, així, amb un univers de radi variable en funció de quin siga el valor assignat a la constant cosmològica. Si la constant cosmològica era major que la utilitzada en el model d'Einstein, aleshores l'univers tindria un radi creixent, és a dir, ens trobaríem davant un univers en expansió. Aquesta expansió contínua tindria lloc a partir d'un punt singular de radi nul. L'existència d'aquest punt d'origen, situat en algun moment del passat, permetria parlar, en principi, d'una "edat de l'univers".

En canvi, si la constant cosmològica fora menor que la feta servir en el model d'Einstein, aleshores ens trobaríem davant un univers on es produiria una alternança entre períodes d'expansió i períodes de contracció.

Malgrat la gran rellevància teòrica que, vist retrospectivament, presenten els models de Friedmann, la veritat és que van tindre escassa repercussió en el seu temps. Això va ser motivat, d'una banda, per la insistència del mateix Friedmann en el caràcter purament matemàtic de les seues aportacions i, per una altra, pel fet que ningú, en aquells moments, no estava disposat a acceptar la idea d'un univers en expansió.

A. Einstein i L. Infeld, *L'evolució de la física*, Ed. orig: Cambridge Univ. Press, 1938.

Efemèrides astronòmiques per a l'hivern i la primavera de 2025

Juan José Ortuño

President de l'Associació Astronòmica Marina Alta

La informació següent està referida al Temps Universal (TU), o siga, l'hora oficial del Meridià Zero de la Terra sense les correccions d'hora legal que pot tindre cada país. A la península Ibèrica, per a conèixer l'hora oficial de cada fenomen, sumeu (als horaris baix indicats), 1 hora a la tardor i l'hivern i 2 hores a la primavera i l'estiu.

Els planetes Mercuri, Venus, Mart, Júpiter i Saturn, són visibles en el cel nocturn o en el crepuscle, i es distingeixen de les estrelles en el fet que ells no parpellegen ni canvien de color. S'indiquen les millors dates per a la seua observació per la seua situació en el cel.

Posició dels astres en el cel (planetes, Sol i Lluna) respecte a un observador, en el nostre cas, la Terra. La configuració és diferent per als planetes interiors Mercuri i Venus (línia roja) i per als restants, denominats, exteriors (línia blava).

El SOL, estarà al punt més pròxim a la Terra (periheli), el dia 4 gener (13:22 h). La nostra estrella entrarà en les següents constel·lacions en les dates:

Capricorni: 21 desembre (9:20 h), és el solstici d'hivern.

Aquari: 19 gener (20:00 h).

Peixos: 18 febrer (10:06 h).

Àries: 20 març (9:01 h), és l'equinocci de primavera.

Taure: 19 abril (19:56 h).

Gèminis: 20 maig (18:54 h).

El SOL tindrà un eclipsi parcial visible des d'Espanya el 29 de març.

La LLUNA, tindrà un eclipsi total el dia 14 de març, visible des del nostre país.

MERCURI, és un planeta visible al crepuscle, vespertí als mesos de febrer, març i juny, i matutí a gener, abril i maig. Aconseguirà les majors separacions del Sol (elongació màxima), cap a l'Oest, el 21 abril (19 h), i cap a l'est, el dia 8 març (6 h). Estarà molt a prop de la Lluna, amb possible ocultació, el dia 1 de març (4 h). I a les proximitats del nostre satèl·lit, els dies 28 gener (20 h), 28 març (21 h) i 27 juny (6 h).

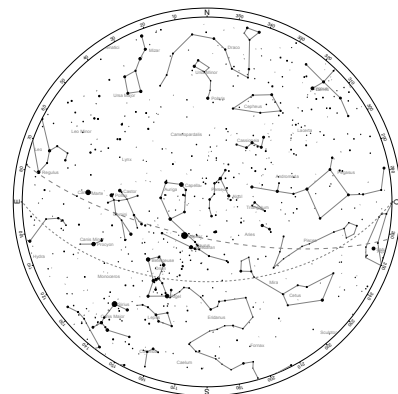
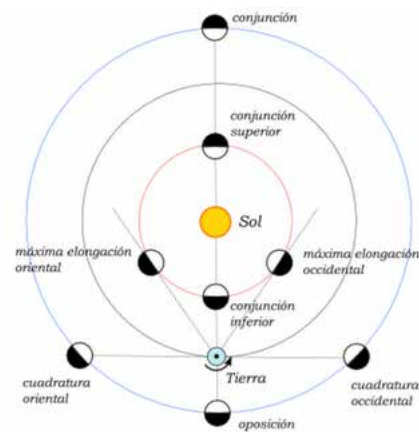
VENUS, serà visible durant les primeres hores de la nit, a gener i febrer, i després la posta de sol per la vesprada, a març. Al crepuscle matutí, en abril, maig i juny. Aquest planeta el veurem pròxim del nostre satèl·lit els dies 1 febrer (20 h), 25 d'abril (1 h), 23 maig (00 h). Les seues elongacions màximes, cap l'est, el dia 10 gener (5 h), i cap l'oest, l'1 juny (3 h).

MART, serà visible pràcticament tota la nit a gener i febrer, i fins a les hores abans del crepuscle matutí a març i abril. Els mesos de maig i juny, només fins als voltants de la mitjanit. El planeta roig estarà molt a prop de la Lluna, amb possible ocultació, els dies 14 gener (4 h), 9 febrer (20 h) i 30 juny (1 h). A prop de la Lluna, el dia 9 març (0 h). I a les proximitats d'ella, el 5 abril (19 h) i 3 maig (23 h). Mart estarà en oposició, el dia 16 gener (3 h).

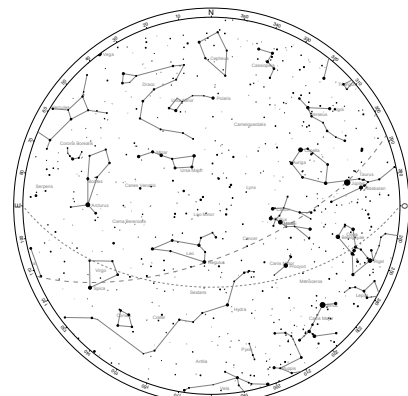
JÚPITER, serà visible els mesos de gener i febrer fins a la segona meitat de la nit. Març i abril, fins als voltants de la mitjanit, i maig i juny, a primeres hores de la nit, i el crepuscle verpertí.

SATURN, visible al mes de gener a primeres hores de la nit, i a febrer al crepuscle vespertí. Canvia al crepuscle matutí a març i abril. Els mes de maig serà visible fins la segona meitat de la nit, i juny només fins la mitjanit. Estarà pròxim a la Lluna, els dies 25 abril (4 h), 22 maig (18 h) i 19 juny (4 h). Més a prop d'ella, el 28 febrer (20 h). I conjuncions amb la Lluna, i possibles ocultacions, el dies 4 gener (17 h) i 1 febrer (5 h).

El planeta dels anells estarà a prop de Mercuri el 25 febrer (21 h). I a les proximitats de Venus, els dies 20 gener (5 h) i 29 abril (2 h). Al mes de març es produirà l'equinocci de Saturn. Els anells seran visibles només, com una fina raja creuant el planeta, com cada 15 anys. El fet és conseqüència d'un període de quasi 30 anys en la seua inclinació respecte dels observadors terrestres.



El cel el dia 21 de desembre de 2024, 23:00 h



El cel el dia 21 de març de 2025, 23:00 h

Efemèrides del Real Institut i Observatori de l'Armada. Mapes creats amb Heavens-Above.

Més informació en la web de l'Associació Astronòmica Marina Alta, www.astromarinaalta.org.



ORLANDO MEJÍA
El médico de Pérgamo

Catalina Luque

Catedràtica de Llengua i Literatura
IES Lluís Vives · València

Grammata sola carent fato, mortemque repellunt; preterita renovant grammata sola biblis. «Només la paraula escrita pot burlar el destí i fugir de la mort; només les paraules escrites als llibres fan reviure el passat».

Aquesta citació d'un poeta del segle VIII encapçala la novel·la d'**Orlando Mejía** la lectura de la qual us proposem en aquesta ocasió. Perdonareu l'esnobisme de la llatina (i les errades de la traducció) però la paraula i l'escriptura són la base de la civilització i la transmissió del coneixement. No vull menysprear el valor de la tradició oral, però la nostra civilització s'ha basat en la transmissió de la paraula escrita (com a mínim abans de TikTok). Per què la citació és important per a la nostra novel·la? Perquè Mejía no solament escriu una obra sobre una de les figures més importants de la ciència al món antic (la paraula per a reviure el passat), sinó perquè també parla de la transmissió del coneixement i de com de fràgil és la cadena que permet burlar el destí i fugir de la mort (la pervivència del coneixement als textos escrits).

Galè, el metge de Pèrgam, va marcar el desenvolupament de la medicina pràcticament des del regnat de l'emperador **Marc Aureli** fins el renaixement. Va ser hereu de la tradició mèdica grega però també va innovar. De fet els seus tractats d'anatomia es basen en l'observació i viviseccions d'animals i fins i tot en l'observació directa de cadàvers humans (d'amagat i en unes condicions molt precàries). Galè va ser molt més que un metge que no volia cobrar als malalts. Va ser filòsof, amant de la poesia, matemàtic, metge d'emperadors, però sobre tot mestre. La seua herència ha sobreviscut gràcies a còpies i referències en altres autors. N'hem conservat més de 120 obres i actualment hi ha una gran projecte internacional que vol publicar l'obra completa d'aquest netge tan prolífic.

Precisament una gran part de l'atractiu de la novel·la és la forma amb què Mejía lliga la realitat històrica i la ficció amb un recurs que, no per

La cultura escrita és una font que Galè aprèn a apreciar ràpidament.

ser a bastament utilitzat, perd efectivitat: un investigador ha descobert un manuscrit d'un metge italià que amagava un altre manuscrit, unes memòries escrites pel mateix Galè, on repassa els fets més importants de la seua vida privada i professional. Així tenim el típic joc d'un manuscrit amagat dins d'un manuscrit (gràcies, **Cervantes!!!**). La novel·la que tenim a les nostres mans és la traducció al castellà de la traducció al llatí de l'original grec. Fins i tot se'ns adverteix que la divisió en capítols de l'obra és producte del traductor llatí, **Ioannis Filipos Ingrassiae**, el qual va dividir l'autobiografia de Galè en diferents parts atenent a les grans fites biogràfiques del mestre amb citacions de poetes i escriptors romans. I de fet aquesta presència del món llatí a l'obra autobiogràfica del metge grec constitueix una petita revenja ja que al llarg de l'obra Galè insisteix en el rebuig que sent per la cultura romana que considera molt inferior a la grega. Però, ironies del destí, és un metge italià, que escriu en llatí, el que preserva la seua obra més íntima.

Galè es va convertir en el metge més important i discutit del seu temps. Va estudiar amb els mestres més importants de l'època. Però hi ha un moment en què els mestres ja no li poden ensenyar res més, o que demostren ser uns falsaris, i Galè ha de continuar el seu camí. La cultura escrita és una font que Galè aprèn a apreciar ràpidament. El coneixement no sols s'obté dels mestres o de l'observació, sinó també de la investigació bibliogràfica. Galè va visitar Alexandria i al llarg de la seua existència va acumular un gran nombre de manuscrits dels grans filòsofs del món antic. De fet, una de les grans tragèdies de la seua vida va ser la destrucció de la biblioteca de la seua casa de Roma. La seua filosofia de vida i de concebre l'art de la medicina el van fer també objectiu de poderosos enemics, altres metges envejosos que s'oposaven als nous tractaments i tècniques que Galè anava introduint.

Les innovacions mèdiques són les veritables protagonistes de la novel·la. A la seua autobiografia Galè descriu els nous descobriments anatòmics així com pràctiques quirúrgiques noves (activitat que no era ben considerada pels metges) i la composició dels medicaments que receptava als seus pacients. També ens explica les tècniques d'observació que utilitzava per fer el diagnòstic i les diverses escoles mèdiques que existien a l'època. De fet, aquest és el punt fort de Mejía, atès que ell mateix es metge i professor. Orlando Mejía Rivera és un metge colombià professor a la Universitat de Caldas. Ha guanyat el Premi nacional de l'Acadèmia de Medicina però també el Premi Nacional de Novel·la i el Premi Nacional de Poesia al seu país natal. Us anime finalment a acostar-vos a aquesta elegant reconstrucció de la medicina antiga i us recorde que *verba volant, scripta manent...*

El racó de Fibonacci

Loreto Signes

5,
8,
13, ...



El conflicte dels llibres de Víctor

- Víctor té més de cent llibres, Marta. Assegura Laura.
- D'això res! En té molts menys. Replica Tere.
- Bé, algun en deu tindre. Sentencia Marta.

Si tan sols una de les tres afirmacions és certa, quants llibres té Víctor?

Solució del problema de DAUALDEU 26

El problema de les boles

Col·loquem huit boles a cada platet i ens quedem amb les huit boles que més pesen. Repetim l'operació col·locant-ne, d'aquestes huit, quatre en cada platet. De nou ens quedem amb les quatre que més pesen. Col·loquem ara dues boles a cada platet, acabem de fer tres pesades. Per últim, amb les dues que ens queden ja podem trobar-ne la més pesant i amb els quatre euros que teniem!

MERIDIÀ ZERO

PREMI 9 D'OCTUBRE · VILA DE XÀBIA · 2024



Gràcies.



DAUUALDEU

Edició digital

<http://associaciomeridiazero.com>



Ajuntament de Beniarbeig



Ajuntament de Pedreguer



Ajuntament dels Poblets



Ajuntament del Verger



Ajuntament de Gata de Gorgos



ACADÈMIA
VALENCIANA
DE LA LLENGUA

PREMI 9 D'OCTUBRE
VILA DE XÀBIA · 2024

PREMI OCELL · 2024

