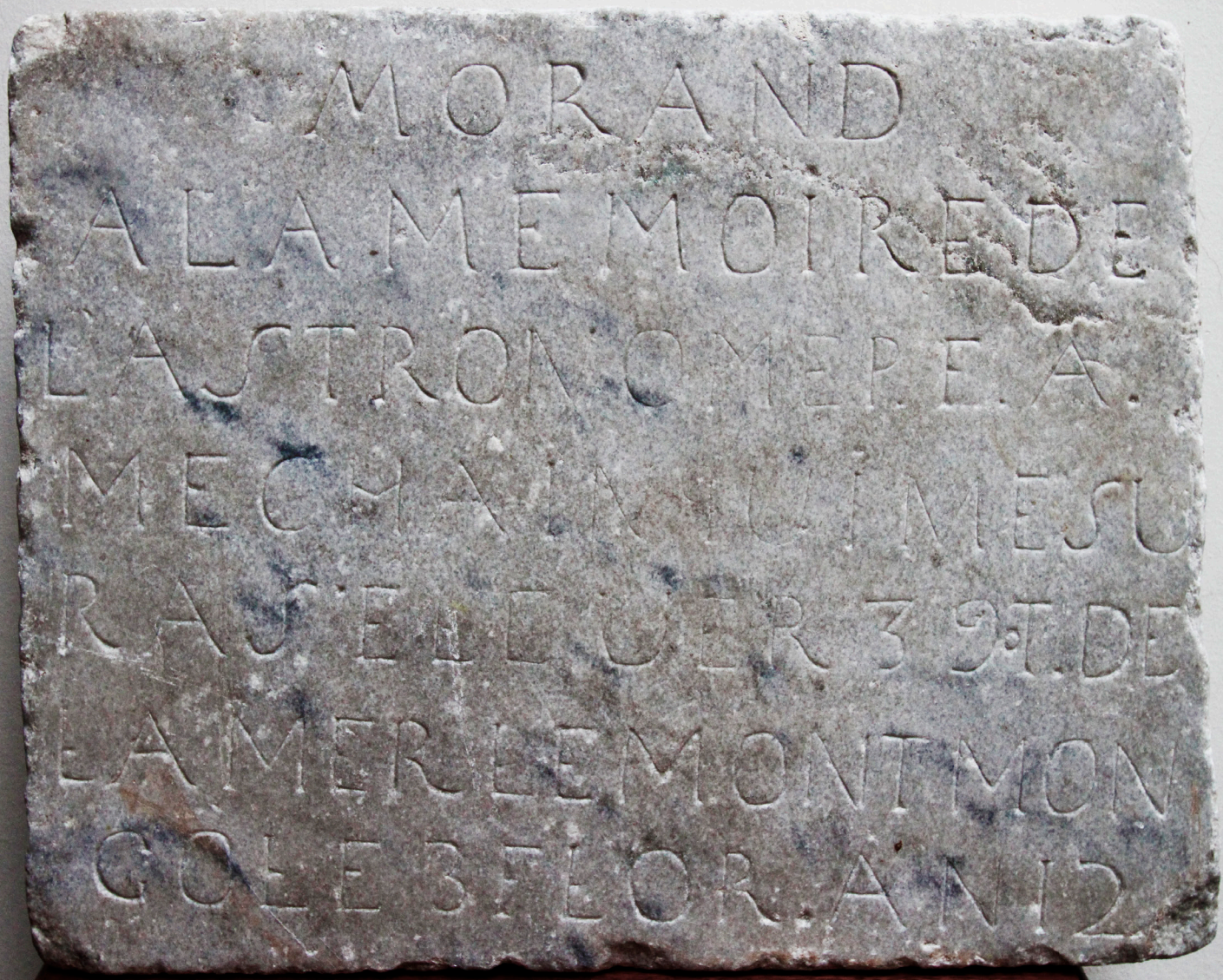
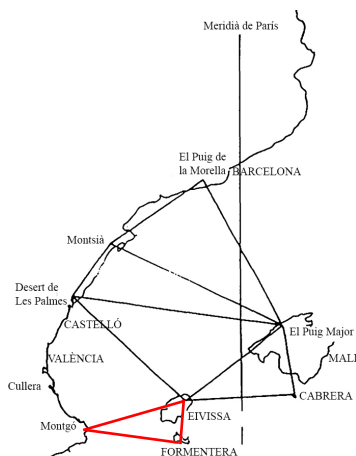


# DAU A L DEU

Revista de divulgació científica i tecnològica  
Primera època · Núm. 9 · Hivern de 2015



“Morand - À la memoire de l’astronome P. E. A. Méchain qui mesura s’elever 390 T[oise]s de la mer le mont Montgo le 3 Flo[real] An 12.” Museu Arqueològic de Dénia. Arxiu fotogràfic Josep A. Gisbert.



## LA MESURA DEL METRE

Editorial	3
Animal artificial	4
El que ens fan menjar	5
Sinestèsies	7
Notes soltes	12
Salut i bona senda	14
El sistema metrollògic tradicional	15
El naixement del SMD	21
Les matemàtiques de la mesura del metre	23
Entrevista: Antoni Ten	29
La mesura del meridià i el Montgó	34
Gabriel Ciscar i la introducció del SMD	37
2015 l'Any Internacional de la Llum	39
Actualitat	42
Llibres	46
El racó de Fibonacci	47



Portada: Estela dedicada per Morand a Méchain. "Morand - À la mémoire de l'astronome P. E. A. Méchain qui mesura s'élever 390 T[oises] de la mer le mont Montgo le 3 Flo[real] An 12." Museu Arqueològic de Dénia. Arxiu fotogràfic Josep A. Gisbert.

## DAUALDEU

REVISTA DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA  
Primera època. Número 9.  
Solstici d'hivern de 2015. Marina Alta.  
Edita: MERIDIÀ ZERO.

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

Disseny i maquetació: Pep Marro.

Patrocina: AMPA dels IES Chabàs de Dénia, Matemàtic Vicent Caselles de Gata de Gorgos, Pedreguer, Antoni Llidó i Número 1 de Xàbia. Ajuntaments de Gata de Gorgos, Pedreguer i Xàbia. Acadèmia Valenciana de la Llengua.

Imprimeix: Impremta Botella, SL.

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



# La mesura del metre



**Josep Lluís Doménech**

Professor de Física i Química - IES Antoni Llidó

**E**l moviment intel·lectual renovador que sorgeix a Europa amb l'eclosió del Renaixement, a finals de l'Edat Mitjana, culminà a la segona meitat del segle XVIII amb la crisi de l'Antic Règim i el triomf de la burgesia que es convertirà en la nova classe social dominant. En el segle XVIII, a Europa occidental i en les antigues colònies americanes, ocorregueren canvis polítics, socials i econòmics profunds, canvis que ens han portat directament al món contemporani. Diferents factors contribuïren al desballestament de l'Antic Règim i a la implantació del liberalisme polític i econòmic que va obrir les portes a la consolidació de les societats actuals<sup>1</sup>.

Per un costat, hi ha les bases ideològiques de la Il·lustració: la primacia de la raó, la isonomia i el dret a la llibertat i la felicitat. Raons d'ordre moral i humanístic portaren els il·lustrats a lluitar l'obscurantisme, el dogma, les supersticions, els falsos drets, etc.

També, l'auge d'un nou grup social que havia començat a consolidar-se a finals del segle XV, la burgesia. Un grup social que havia acumulat capital a partir, sobretot, dels negocis vinculats a la manufactura i al comerç, però que veia limitat el creixement per la immobilitat, tant econòmica com política, de l'estructura senyorial existent. Una estructura en què el recurs econòmic més important, la propietat de la terra, estava concentrada en mans dels dos estaments privilegiats, la noblesa i el clergat. Això comportava la dificultat afegida d'un creixement escàs de la producció i de la productivitat i impedia, per tant, una millora generalitzada de les condicions de vida de la gran massa social.

En contra de la noblesa i el clergat, la monarquia s'alià amb la burgesia en dos fronts: la defensa del reforçament del poder de la corona per reduir el poder disgregador dels senyors, tant laics com eclesiàstics; el desenvolupament de les activitats comercials i manufactureres, que reportaven importants ingressos a la hisenda reial en forma d'impostos que, en feliç retruc, reforçaven l'autoritat del monarca.

També hem de tenir present que amb la Revolució Industrial, que arranca a la Gran Bretanya de la segona meitat del segle XVIII i converteix Anglaterra en la fàbrica del món, la maquinària que el desenvolupament tecnològic va posar en mans dels emprenedors va fer que la producció augmentara exponencialment. Ara bé, per traure rendibilitat a la inversió econòmica feta, la burgesia, propietària dels mitjans de producció, necessitava eixamplar els mercats, elevar el nombre de consumidors i augmentar les vendes, situació que el sistema senyorial no afavoria, ja que es basava en una economia de supervivència, on els excedents eren esporàdics.

Un dels entrebancs al comerç el constituïa la diversitat de patrons de mesura imperants. Cada territori dis-

posava d'uns patrons. Els noms solien coincidir, però no així les dimensions. Per posar-ne un exemple, la vara d'Alacant, el patró de longitud, no tenia la mateixa llargària que la de València.

Encara que a finals del segle XVIII el sistema productiu estava dirigit a la subsistència i no a la comercialització, els pocs que ho feien tenien les de perdre, i això perquè no estaven clars els patrons que s'anaven a utilitzar en l'acte de compravenda. Sobretot, quan un dels actors era el senyor, cosa habitual. I és que, sobre tot açò, sovint els senyors tenien dos patrons per a una mateixa magnitud i n'usaven un o l'altre depenent de si compraven o venien.

Al segle XVIII era un clam la demanda, per part dels comerciants, d'unificar els patrons de mesura. Des del segle XIII es conceixen intents per tirar endavant aquesta mampresa, intents que eren impulsats per la incipient autoritat dels monarques, però què el sistema senyorial, en virtut del seu ampli poder territorial, blocava i condemnava al fracàs. Mentre que per als primers, fer-se amb el control de les mesures suposava un guany de poder, per als segons, implicava una pèrdua.

És en aquest clima quan els revolucionaris francesos, tot perseguint l'anhel d'igualtat, es proposaren establir un sistema metrològic únic per a tothom. Per definir el nou patró recorregueren a la natura i el referiren a la longitud del meridià que passa per París. En el procés de mesura d'aquest meridià, els astrònoms francesos arribaren a la nostra comarca, fins al capdamunt del Montgó.

En aquest número abordem amb profunditat aquest problema. Pep Martínez, descriu la diversitat de patrons existents abans de l'establiment del sistema mètric decimal; Pepe Pedro desenvolupa els treballs de J. B. Delambre i P. F. Mechain per mesurar un tros del meridià; Florencio Burrel aborda dos problemes concrets a què s'encararen els astrònoms: la triangulació i el tractament dels errors que acompanyaven els resultats obtinguts; Vicent Chorro narra les vicissituds de J. B. Biot i F. Arago pel Montgó; Paco Savall, presenta el paper desenvolupat per l'oliver Gabriel Ciscar en l'establiment del sistema mètric decimal a l'Estat espanyol.

Un valencià d'Alboraia i professor de la Universitat de València, Antoni Ten, és l'homenot intel·lectual de la història de la metrologia espanyola. Un abordament tan ample com el que ací fem sobre el sistema mètric, restaria incomplet si no haguérem comptat amb la seua col·laboració. En una extensa entrevista, el professor Ten puntualitza alguns aspectes controvertits de l'assumpte.

1. He d'agrair els suggeriments fets per Alfred Serrano, company del Departament de Geografia i Història.



# Carn roja i pors alimentàries

**J. M. Mulet**

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



**Recentment** ha tingut gran repercussió mediàtica l'anunci fet per la IARC (Agència Internacional per a la Investigació del Càncer), organització depenent de l'OMS (Organització Mundial de la Salut), que la carn processada, entenent com a tal les hamburgueses, salsitxes, llonganisses i embotits, en general, passava a ser catalogada a la categoria 1, on es troba tot allò cancerigen, i la carn roja (la de vedella, porc, corder, cavall i caça major) passava a la categoria 2A, on estan els productes probablement cancerígens (per això entenem les substàncies que se sospita cancerígenes però de les quals no disposem d'evidències fermes).

La publicació d'aquesta informació ha ocasionat un terrabastall mundial. De sobte, un aliment tan freqüent com la carn roja passava a ser un verí a l'altura del tabac, el plutoni o l'etilmetanosulfonat. Per sort les alarmes alimentàries solen durar poc i no sembla que haja afectat excessivament les vendes, res a veure amb els tres mesos de finals del segle passat de la crisi de les vaques boges on va haver una reducció substantiva del consum de la carn de vedella.

Hem de tenir por a menjar carn roja o hamburgueses? Depèn del que considerem por. Normalment, la carn processada no té un percentatge de greix superior al de la carn no processada, encara que se li sol afegir sucre, ja siga en forma de sacarosa, dextrosa, glucosa, xarop de dacs, fècula o midó, cosa que augmenta el contingut en calories buides, és a dir, aquelles que engraisen sense aportar cap nutrient interessant. És així que la carn processada és un tipus d'aliment no gaire recomanable. Per això és un aliment desaconsellat en l'estratègia NAOS de prevenció de l'obesitat infantil, i també en el llibre blanc de la nutrició a Espanya. Tanmateix, en una dieta a base de carn processada jo no em preocuparia pel càncer, sinó més bé per l'obesitat, i les malalties directament relacionades amb ella, com ara la diabetis i els problemes cardiovasculars.

Per altra part, la carn roja es rica en greix, per la qual cosa no convé abusar, tot i que la seva relació amb el càncer pot ser més qüestionable donat que països amb un elevat consum no presenten dades de càncer colòrectal més altes. Una dieta rica en aquest tipus de carn pot provocar problemes d'àcid úric, la temuda gota.

Per tant, quina incidència tindrà aquest anunci en la dieta? Cap, ni una. La recomanació en vigor, eixa a la qual ningú li fa cas, es un consum de 50 grams per dia, o dues vegades per setmana, va a seguir essent la mateixa, siga cancerígena o no. La classificació de la IARC és qualitativa, no quantitativa. Això significa que el consum produeix càncer, però res no es diu sobre en quina

**En una dieta a base de carn processada, jo no em preocuparia pel càncer, sinó, més bé, per l'obesitat i les malalties cardiovasculars.**

mesura augmenta les probabilitats de desenvolupar un càncer. Obviament, 50 g de carn no tenen res a veure amb la perillositat de 50 g de plutoni, però els dos, carn i plutoni, estan a la mateixa llista.

Els factors ambientals que més incidència epidemiològica tenen en el desenvolupament de càncer són fumar i prendre el Sol sense protecció. Per això si vols fer tot el que estiga a la teva mà per prevenir el càncer (que no ho oblides, també depèn de la genètica i de la sort i això no està a les teves mans) no fumes i pren el Sol amb un factor de protecció alt. La carn roja sempre amb moderació i dins d'una dieta equilibrada.



Seu central de la IARC a Lyon.

# La pizza del retorn del futur

Claudi Mans  
Universitat de Barcelona



Un científic i un jove viatgen en el temps, des del 1985 fins el 21 d'octubre de 2015. Els que tenen més de quaranta anys potser recorden la pel·lícula, que aquí es va dir *Regreso al futuro* i que ara ha tingut força ressò. En aquell 2015 imaginat es troben amb un món nou, amb diferents sistemes avançats. Els cotxes són voladors, els monopatins floten a l'aire, i les pizzes es compren liofilitzades: són petites i es poden hidratar en un aparell domèstic que les fa créixer fins a la mida normal. No van encertar aquesta predicció, com tampoc no van atinar a predir l'existència de telèfons mòbils ni internet.

Normalment els futuròlegs i els que fan prospectiva s'equivoquen considerablement, perquè no tenen en compte que les meravelles que pronostiquen s'han de pagar; a més, no es poden aplicar totes les novetats alhora. En altres casos els futuròlegs no l'encerten perquè les novetats que proposen no solventen problemes gaire importants per als ciutadans, que no les demanen: és la sempre citada nevera que farà la compra per internet, de la qual ningú no se'n refia quan decideixi comprar tomàquets sense que el comprador els vegi primer. En altres casos certs futuròlegs extrapolen la tecnologia introduint errors científics, i el cas de les pizzes n'és un exemple.

En la pel·lícula citada s'insinua que el 2015 compren pizzes liofilitzades. ¿Què és la liofilització? Aquesta operació, que també es coneix com a criodeshidratació, en essència és un procediment d'asseccament. Els procediments clàssics per assecar fruites i verdures, o carn o peix, són ben coneguts. En essència, es procura tenir l'aliment que es vol assecar en làmines el més fines possible, si es pot. L'aliment es deixa a un lloc sec, fred i a ser possible amb aire corrent. La humitat ambiental ha de ser baixa perquè hi pugui haver transferència d'aigua de l'aliment a l'aire. La temperatura alta és perillosa perquè pot fomentar la presència de microorganismes, però al mateix temps va bé perquè la pressió de vapor de l'aigua és superior i així l'aliment s'evapora més ràpidament. A la pràctica, les dues opcions més usades són l'asseccatge al Sol en ambients secs, o l'asseccatge en ambients freds i corrent d'aire, com a les caves de pernils i embotits. La presència de sal ajuda a la conservació dels aliments per diversos mecanismes. Els principals són que la sal ajuda a la deshidratació, i evita que els microorganismes puguin sobreviure.

La liofilització és també un procés d'asseccament, però partint del producte congelat, és a dir, un producte en què l'aigua està en fase sòlida, com a gel d'aigua. Aquesta aigua sòlida està barrejada amb els nutrients i

la fibra de l'aliment. L'eliminació de l'aigua té lloc directament des del sòlid a l'aire, sense que l'aigua passi per la fase líquida, mitjançant un mecanisme fisicoquímic conegut com a sublimació. Es considera que la liofilització s'usa des de temps immemorial als Andes, tant per a conservar aliments com per a la conservació de les mòmies. Les grans alçaries, amb entorns sempre molt per sota de zero graus i amb els cossos congelats, per tant, i amb aire molt sec, permeten l'asseccament per sublimació.

La liofilització industrial comença amb la congelació de l'aliment, mitjançant un sistema congelador, freqüentment amb nitrogen líquid. A continuació l'aliment congelat es diposita en safates en capes de poc gruix. Es fa el buit al recipient, i s'escalfen suaument les safates amb resistències elèctriques, per subministrar l'energia necessària per a la sublimació. El gel dels teixits de l'aliment es vaporitzen lentament, és a dir, sublimen. Aquest vapor d'aigua s'extreu amb la bomba de buit i es llença a l'atmosfera.

Aquest procediment s'havia aplicat principalment a l'asseccament de medicaments i productes industrials. Des de fa anys que les expedicions a zones polars o a altes muntanyes usen aliments liofilitzats. Per reconstituir-los n'hi ha prou amb afegir-hi aigua calenta, que els hidrata i els torna a donar la consistència humida típica de la major part d'aliments. Ha estat amb el moviment culinari basat en l'ús d'equipament de laboratori a la cuina quan la liofilització s'ha aplicat també a la cuina.

Si el producte que es liofilitza és una dissolució, al final es té un granulat sec i molt porós: és el cas de certs cafès solubles. Però si es liofilitzen peces sòlides com fruites o trossos de carn o de peix, el resultat és una peça de la mateixa forma i quasi les mateixes dimensions que l'original, però que ha perdut quasi tota l'aigua, pesa menys, i és porosa. Aquest producte liofilitzat es pot consumir directament, es pot impregnar amb algun bany complementari, o es pot reconstituir amb aigua. Les aplicacions a l'alta cuina són diverses. El procés és delicat, però, i requereix molta atenció. Els aparells liofilitzadors són cars i complexos, i no sembla que hagi de ser una tècnica que es popularitzi a molts restaurants. El que serà més probable, i ja està passant, és que hi hagi empreses alimentàries que liofilitzen tota mena de productes amb destí al consumidor final, sigui domèstic o restaurador.

La pizza liofilitzada és perfectament possible, i a més té la forma plana idònia per a obtenir-la. però el resultat no seria una pizza petita, sinó una pizza de les mateixes dimensions, molt porosa. Aquest asseccament elimina



l'aigua de les estructures cel·lulars i l'aigua intersticial, però les unions a les membranes cel·lulars i als sistemes dispersos dels aliments, un cop assecats, mantenen les dimensions quasi sense variació, i per tant s'obté una pizza de mida estàndard.

Podria fer-se una pizza diminuta que després, amb aigua, creixés fins a la mida d'una pizza normal? Probablement, però la tecnologia no hauria de ser la de liofilització d'una pizza prèvia, sinó l'ús de la tecnologia de gels. Un gel és un sistema dispers bicontinu, en què la fase sòlida té una estructura com d'esponja, i la fase líquida està inclosa en els intersticis de la fase sòlida, però no separada com a gotetes sinó com a líquid que impregna tota l'estructura, i que és retingut per les característiques hidrofíliques de la substància que com-

pon el gel. Determinats gels, com els que s'usen per a subministrar aigua a les plantes, es presenten en forma esfèrica. Quan s'assequen, l'elasticitat de la fase sòlida del gel li permet que la boleta es faci petita, perdent un 90% del seu volum.

Una "pizza" constituïda per un seguit de boletes gelificades i dessecades unides entre elles, permetria potser que amb aigua tota l'estructura creixés per tot arreu, i que es reconstituís la forma global de la pizza. Potser estic inventant alguna cosa impossible, perquè la juxtaposició de boletes en sec requeriria d'algun tipus d'unió que en créixer les boletes no es trenqués, però com a idea inicial penso que podria ser factible... Tindria una certa similitud amb una hipotètica pizza de crispetes que creixés al microones.



## Talidomida: molècules amb els mateixos àtoms però diferent comportament

actualitat

EVA GINÉS

2n Batxillerat · IES Antoni Llidó · Xàbia

Recentment, el Tribunal Suprem ha sentenciat que l'empresa que va comercialitzar la talidomida no havia d'indemnitzar els afectats pels efectes teratogènics (malformacions congènites) d'aquesta substància, i això per haver prescrit els danys. La causa cal buscar-la en una de les formes en què es presenta la molècula de talidomida.

La *quiralitat* consisteix en la impossibilitat de superposar dues imatges especulars d'un mateix compost, que anomenem compostos enantiòmers, és a dir, es tractaria de molècules amb els mateixos àtoms encara que una i l'altra serien com les dues mans d'una mateixa persona.

Sovint, les substàncies actives dels medicaments són molècules quirals, de les quals podem distingir els dos enantiòmers. Aquests presenten les mateixes propietats físiques, a excepció de la desviació del pla de llum polaritzada, però poden arribar a tenir diferent activitat biològica. Això ocorre quan el receptor amb què interaccionen pot distingir entre les dues imatges especulars.

No podem obviar, però, que aquesta propietat és totalment necessària a l'hora d'aprovar un medicament nou, encara que no sempre ha sigut així. Un dels exemples més dramàtics és el de la talidomida.

El 1956, la talidomida va començar a comercialitzar-se com un potent antiemètic (evita o suprimeix el vòmit) i sedant a Europa, Canadà i Japó, com a medicament per a combatre l'insomni, l'ansietat i els vòmits que acompanyen l'embaràs. Tot pareixia anar bé amb l'ús d'aquest medicament, fins que es van donar casos de malformacions en les extremitats superiors en xiquets les mares dels quals havien consumit aquest fàrmac durant el primer tri-

mestre de la gestació. El 1962 la talidomida va ser retirada del mercat per les conseqüències que va provocar. Es varen detectar quasi 10.000 afectats, dels quals aproximadament un 15% van morir en naixer.

La talidomida té un centre quiral i com a conseqüència es presenta en la forma d'un enantiòmer dextrogir (la substància té la propietat de fer girar el pla de la llum polaritzada cap a la dreta) i un enantiòmer levogir (propietat de fer girar el pla de la llum polaritzada cap a l'esquerra). Encara que cada molècula té la seua pròpia farmacocinètica (branca de la farmacologia dedicada a l'estudi de les interaccions de les substàncies amb un organisme), la qual s'ha estudiat per separat, s'estudia preferentment la dels dos com una sola, ja que es comercialitza en una mescla racèmica (conté quantitats iguals dels dos enantiòmers i és òpticament inactiva).

Més tard, es va comprovar que mentre un dels enantiòmers presentava les activitats farmacològiques desitjades, l'altre era el responsable de les activitats teratogèniques.

A partir d'aquest moment, les mesures enfocades a garantir la seguretat d'un nou medicament es reforçaren, i en la actualitat se sotmeten a rigorosos controls per evitar perjudicis d'aquest tipus.

Ara com ara la talidomida s'utilitza per a tractar algunes malalties, com ara el mieloma múltiple, en què estan implicats mecanismes immunològics que són capaços de modular.

Això és un exemple del gran potencial que té la química per a provocar tant efectes beneficiosos com mortals.



# Etnobotànica i origen bíblic de la Humanitat

## L'arbre del coneixement, la fruita prohibida i el sexe

**Daniel Climent**

Professor de Ciències

### INTROITO

Les concepcions sobre el sexe impregnen la cultura, l'art, la llengua i els costums. I en eixe sentit la literatura, la lingüística, l'exegesi, la pintura o l'escultura tenen molt a oferir. A l'igual que ho tenen l'anatomia, la fisiologia, la bioquímica o l'antropologia. És més, entre la pretesa neutralitat de la biologia, els cànctics a la correcció moral de l'ètica, i la morbositat clandestina lligada a la ignorància, existeix un camp ben ample en què el sexe se'ns presenta de múltiples formes, artístiques i lingüístiques incloses. I algunes d'elles les trobem en els llibres sagrats. Com la Bíblia.

Però, un moment: ¿un text bíblic, per a parlar del sexe? ¿Que no propugnem un ensenyament laic? Clar que sí, però laïcitat no equival a incultura; i conèixer la Bíblia (o l'Alcorà, tant se val) no vol dir creure-se-la, ni seguir aquells que les voldrien imposar com a norma social.

La Bíblia és un referent cultural de primer ordre que avui dia està en perill d'ignorància col·lectiva; i treballar-la en àmbits diferents de l'assignatura de Religió (que ací, malauradament, està segregada per la "catequesi") pot contribuir a <normalitzar-la> culturalment; com passa amb el <tema del sexe>.

Així que intersectar ambdós temes tabús suposa una aventura no tan sols educativa sinó també didàctica. En eixe sentit, establir sinestèsies entre llengua, mitologia i comportament, entre història, ciència i ètica, obri portes potencialment molt fructíferes.

### SINESTÈSIES

Aquest article forma part d'una sèrie amb el nom de Sinestèsies. El concepte al·ludeix a l'establiment de relacions entre camps sensorials diferents. De fet, l'etimologia de la paraula així ho indica: del grec *syn-* (junt), *-aesthesia* (sensació), que ve a dir sensacions compartides (i com an-estèsia vol dir sense sensacions).

La sinestèsia pot ser recurs literari, una metàfora que relaciona diferents camps sensorials; locucions nominals com <música dolça>, <plorar amargament>, <besar amb la mirada>, <roig cridaner>, <silenci d'or>, o <melodia trista>, en serien exemples.

Una altra accepció és de caràcter fisiològic: la desviació de l'estímul procedent d'un sensor cap a un decodificador diferent del que habitualment interpreta el senyal. De fet, hi ha persones que senten els colors, oloren els sons o per a les quals determinades paraules fan

de disparadors salivals i sentir sabors. Eixes són les dues accepcions canòniques del terme sinestèsia.

Però potser podríem fer-ne ús, d'aquesta idea, i ampliar-la al camp de l'educació: explorar la possibilitat d'impulsar relacions intel·lectuals i emotives entre disciplines o entre camps cognitius dotats de lògiques aparentment inaccessibles des de fora.

No es tracta d'una interdisciplinarietat dirigida, sinó més aïna d'una transdisciplinarietat induïda, d'un estil d'ensenyar-aprendre que valore la mirada transgressora capaç d'anar "més enllà" de la gàbia disciplinar; d'estimular les connexions directes i automàtiques entre camps distants, activar les antenes de captació de relacions i mirar de manera diferent.

Perquè hi ha paraules, contextos, imatges, símbols o arguments que tot i que formen part d'un camp temàtic són susceptibles d'il·luminar-ne uns altres de ben diferents i d'establir-hi connexions; i de superar els límits de la pròpia assignatura per connectar, i fins i tot <conquerir>, uns altres camps epistemològicament distants.

I conquerir-los per injectar-hi un nou DNA, a la manera dels virus, o per iniciar-hi reaccions en cadena similars a les de la física nuclear.

Perquè totes les disciplines són <radioactives> i susceptibles de ser fisionades si reben un <neutró> inquisitiu amb la velocitat i la trajectòria adequades. I els llançaments sinestèsics, en impactar sobre un altre camp de coneixement poden no tan sols <enganxar-s'hi>, sinó també dissociar-lo i produir nous <neutrons> que es dirigeixen a uns altres camps amb similars resultats i iniciar reaccions en cadena generadores de noves energies i aplicacions.

Explorem-ne un cas.

### L'ARBRE DEL QUAL ESTAVA PROHIBIT MENJAR-NE LA FRUITA

Tot i que Billy Wilder ja ens advertia que *La temptació viu dalt*, aquesta no sempre adoptava la forma de Marilyn Monroe. De fet, i si fem cas al Gènesi 3 era una serp parlant la que des de dalt d'un arbre incitava a menjar un fruit prohibit. Però, ¿de quin arbre i de quin fruit es tractava? Segons se'ns informa, un tal Senyor-Déu,

(2:9) "va fer créixer al mig del Jardí l'arbre de la vida i l'arbre del coneixement del bé i del mal"

Al front hi havia posat el primer home, Adam, al qual li va dir, abans de crear la primera dona:



## SINESTÈSIES

(2:16) “Pots menjar dels fruits de tots els arbres del jardí.

(2:17) “Però no menges del fruit de l'arbre del Coneixement del bé i del mal, perquè el dia que en menges, tingues per cert que moriràs.”

Aquests passatges bíblics obrin la possibilitat de fer enllaços sinestèsics entre camps tan distants com l'etnobotànica, la lingüística i la història de la pintura. I també amb la biodiversitat i la sistemàtica. Anem a vore-ho.

(2:19) “El Senyor-Déu va modelar amb terra tots els animals salvatges i totes les aus, i els va presentar a l'home, per vore quin nom els donaria: cadascun dels animals havia de portar el nom que l'home li posara”.

(2:19) “L'home va donar un nom a cadascun dels animals domèstics i salvatges i a cadascun dels ocells; però no va trobar una ajuda que li fes costat.”

La veritat és que això de fer de Linné *avant la lettre* era una faena desproporcionadament gran, i Senyor-Déu li va donar a Adam una companya, Eva. No se sap de ben cert com es van conèixer. I eixe buit ha propiciat que alguns anglesos afirmen que Adam es va presentar a Eva amb un palíndrom, amb una d'eixes frases que es poden llegir igual en els dos sentits: *Madam, I'm Adam*.

Però, com que la Bíblia no en diu res, millor ho deixarem córrer.

En qualsevol cas, allí tenim a la parella, sense massa coses a fer a banda d'iniciar la biologia sistemàtica; això sí, aclaparats per la immensitat de la quantitat d'animals que havien d'anomenar (alguns dels quals a molta distància, no fóra que acabaren devorats i sense poder complir la faena encomanada; i probablement amb ganes de fer moltes més coses que no tan sols inventar noms.



Adam i Eva al Jardí d'Edén. Johan Wenzel Peter. Pinacoteca Vaticana.

Un bon motiu per identificar plantes i animals, climes i biomes que representen potencials cadenes tròfiques i un llarg etcetera de caràcter biogeogràfic, ecològic i, clar, artístic.

No tinc dubtes que la zoonímia és ben interessant, però probablement els dos únics habitants del planeta voldrien fer també més coses, algunes de les quals no cal especificar. Però, ¡ves per on!, dels possibles motius de conversa, el narrador bíblic se'n va fixar només en un. I resulta que no és de caràcter zoològic ni anatòmic, sinó etnobotànic, Però pecaminós; ¡comencem bé!

Perquè és una fruita, i prohibida per a més inri, la que catalitza la relació entre Adam i Eva; un fruita presentada bíblicament com a vehicle del primer pecat i de tots els nostres mals. Una fruita, val, però ¿quina?

Avancem un poc en la lectura d'eixos primers instants del gènere humà.

El Gènesi 3 descriu un curiós diàleg entre una serp parlant i la primera dona, Eva; la qual, pel que sembla, ja ha sigut informada d'això de l'arbre i la fruita prohibida.

La serp li diu que Déu (ja no és “Senyor-Déu”, sinó simplement “Déu”) “va de farol”, i que si mengen la fruita prohibida no moriran:

(3:5) “Déu sap que, si un dia en menjàreu, se vos obririen els ulls i seríeu com déus: coneixeríeu el bé i el mal.

(3.6) Aleshores la dona, veient que el fruit de l'arbre era bo per a menjar, que feia goig de veure, i que era interessant això de tindre coneixement, en va collir un i se'l va menjar; i li'n va donar també al seu home, que el menjà amb ella.”

De moment tenim la certesa que al Déu bíblic no li agradava que els humans adquiriren coneixement ni que el pecat es poguera menjar (¡clara sinestèsia, ves per on!); però ens queda la pregunta clau ¿quina era la fruita prohibida? I, més encara, la idea que es tenia sobre el fruit prohibit, ¿s'ha mantingut o ha canviat al llarg del temps?

### DE LA FIGUERA A LA FIGA

Inicialment, molts autors, exegetes i artistes plàstics van optar per associar la fruita prohibida a la figa; potser perquè eren de figuera les fulles amb què es van cobrir, avergonyits, després d'haver menjat el fruit prohibit:

(Gènesi 3:7) “van cosir fulles de figuera i se'n feren faldars”.

I, de fet, així ho trobem representat en bona part dels pintors i escultors italians.

Vegem-ne alguns exemples pictòrics.



La temptació. Fresc de Miquel Àngel (c. 1509). Com que l'arbre és una figuera, el fruit en seria una figa, ¿no? Sostre de la Capella Sixtina. Roma.



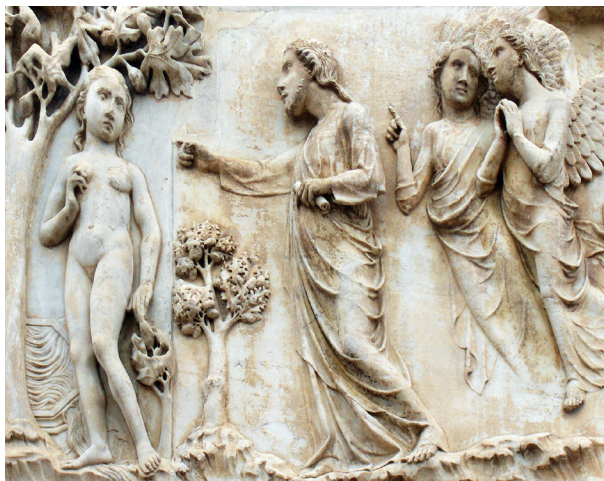


**La temptació.** Fresc de Rafael Sanzio (c.1510). També ací l'arbre és una figuera. I una seductora Eva ofereix a Adam una saborosa figa. Altrament sorprèn que la serp siga una mena de dona ofídica, una quimera; potser intente ser una representació de Lilith, personatge absent de la Bíblia canònica però present en el folklore jueu d'origen babilònic i encarnació de la dona que no accepta la submissió a l'home. **Volta de la Stanza della Segnatura. Museus**

Si passem al món de l'escultura tampoc ens en falten, d'exemples. Vegem si més no aquest baix relleu de Lorenzo Maitani dedicat a la Creació, a la crugia de l'esquerra de la façana de la catedral d'Orvieto (1310-30; Toscana, Itàlia).



Fragment dedicat a **La temptació.**



En l'escena de l'esq. Eva figura al costat d'una figuera i porta un fruit en la mà, presumiblement una figa.

**L'OPCIÓ DE LA POMA**

Però si per als artistes plàstics de l'àmbit mediterrani la fruita prohibida era una figa, per a les cultures flamenca, francesa, alemanya o dels Països Baixos n'era un altre, una poma.

I no és d'estranyar, la figuera i la figa els hi eren desconegudes, i per als pobladors d'aquells ambients "el fruit" per antonomàsia era la poma.

Així ho reflecteixen diferents artistes, dels quals només en presentarem un parell de pintors, l'alemany Albrecht Dürer (1471-1528) i el venecià Tiziano (1477-1576), i un grup escultòric d'autor desconegut.

Totes aquestes magnífiques pintures i escultures, no tan sols són dignes d'admiració i d'anàlisi artística, sinó



A **Adam und Eva** (1507), **Albrecht Dürer** ens els presenta amb una poma cadascun. I, a despit de la Bíblia, no representa és un pàmpol de figuera per cobrir els genitals, sinó unes fulles de pomera. **Museo del Prado. Madrid.**

que poden servir per a estudiar morfologia i anatomia del cos humà, i alhora donar unes pinzellades a la zoologia, la botànica, l'ecologia o la distribució geogràfica de les plantes i els altres organismes. Sinestèsies didàctiques, podríem dir-ne.

**ETNOBOTÀNICA, SEXE I LENGUATGE POPULAR**

L'any 1646 el polígraf anglés Thomas Browne va publicar el llibre *Pseudodoxia epidemica*, que duia per subtítol *Vulgar errors*. Es tractava d'un divertit assaig sobre les creences que eren amplament compartides tot i ser errors fàcils de desmuntar.

Un dels temes sobre els quals s'estenia Browne era el de la fruita prohibida del Paradís; una fruita que, tot i la falta de concreció, apareixia lligada en el llibre del Gènesi a l'Arbre del Coneixement.

En una perífrasi no exempta de sexisme, Browne deia: "... si la temptació de l'home per la dona no con-





**Adán y Eva. Tiziano. Museo del Prado. Madrid.**  
L'artista venecià, potser influït per una visió més nòrdica, presenta la poma com a fruit prohibit que la serp dona a Eva, la qual cobreix els genitals amb fulles de pomera. Mentrestant, Adam els cobreix amb fulles de figuera.



Al **Portail de la Vierge**, a la catedral de **Notre-Dame de París**, aquest relleu representa les escenes del Gènesi que hem comentat. En la primera, Eva és creada a partir d'una costella d'un Adam dorment. En la segona, la parella ha caigut en la temptació i Eva menja una poma mentre n'ofereix una altra a Adam. En la tercera, tots dos són expulsats del Paradís. L'Arbre del Coneixement, a l'escena central, és una pomera i els fruits són pomes. Com en el cas de la pintura de Rafael referida a La temptació, la quimera que està sobre l'arbre, l'híbrid dona-serp, subministra un bon motiu per llançar fils sinestèsics cap a les representacions misògines en la història de l'art, ¿o no?

sisteix en la seducció de les parts racionals, o més altes, per les facultats inferiors, o femenines, o si l'arbre al bell mig del jardí no és aquella part en el centre del cos en la qual fou després ordenat que tinguera lloc la circumcisió en els homes, ho deixem al talmudista”.

Un circumloqui massa enrevesat, sí, per dir-nos que la fruita vedada del Paradís, la fruita de l'Arbre del Coneixement, no era una fruita *in botànica sensu*, sinó que era el sexe. O almenys el sexe plaent, el <luxuriós>. Perquè en la mentalitat de l'Edat Mitjana es creia que prèviament al “pecat original” el sexe era només el reproductiu, per això els “nostres primers pares” anaven inicialment nus i no tenien <vergonya> (¿pensaments pecaminosos, potser?). En altres paraules, segons Browne la figa que Eva li oferia a Adam en el Paradís no era la de la figuera, ja m'entencu.

I tant se val que en compte de figa diguem poma. Perquè, i amb això ve una curiosa connexió amb el lèxic popular: ¿no són eixos fitònims, “figa” i “poma”, els que encara avui dia serveixen per designar popularment els genitals femenins? Pura casualitat, clar que sí, però, ¿veritat que resulta sorprenent?

## EL RETORN A LA CIÈNCIA

Disposem, però, d'una versió alternativa. A les primeries del segle XVII l'anglès Francis Bacon impulsava una nova manera d'estudiar la natura a través del que ara anomenem mètode científic. A la seua obra més reeixida, *Novum organum*, formulava una reivindicació sorprenent en favor de la ciència, en presentar-la com la millor manera de tornar-nos a un estat edènic. Un estat en què els humans podríem tornar a exercir el domini sobre la natura que Déu va atorgar a Adam en el Paradís original.

En la mateixa línia, el també anglès Robert Hooke va escriure el 1665 a la introducció de *Micrographia*: “Així com al principi el gènere humà va caure per haver provat el fruit prohibit de l'Arbre de la Ciència, nosaltres, els seus descendents, podem recuperar part de la nostra condició primitiva de la mateixa forma, no tan sols mirant i contemplant, sinó també assaborint els fruits del coneixement de la natura, que mai no van estar prohibits”.

Sí, la fruita de l'Arbre del Coneixement, de la Ciència, no tan sols no estava prohibida, sinó que si ens atrevíem a tastar-la ens tornaria a una mena de simbiosi amb la natura.

Potser no importara tant que fóra figa o poma la fruita que impulsara la ciència, però, ¡ves per on! i si ens atenem a la llegenda, va ser la caiguda d'una poma d'una pomera, al voltant de 1680, la que va catalitzar la ment de Newton perquè posara ordre a la Natura. O, com va escriure Alexander Pope per a l'epitafi del gran científic:

*La natura i les seues lleis jeien amagades en la nit.*

*Déu va dir: Que siga Newton! I tot va ser llum.*

Però no seria eixa la darrera poma que catalitzaria grans canvis en l'accés al coneixement global per part de la humanitat. El 1976 Steve Jobs va crear el primer ordinador personal i el nom que li va posar va ser justament Apple, “poma”.

Sí, podria haver sigut una figa, però sembla que la poma ha guanyat la partida.



### ALGUNES CONCLUSIONS

El viatge sinestèsic ens ha permès recrear figures literàries que formen part del Gènesi i de les idees generatrius de les tres grans religions monoteistes, en la mesura en què comparteixen els personatges. També hem pogut entrellçar lèxic culte i popular, visitar virtualment museus i obres d'art i, en definitiva, eixamplar la base del coneixement d'alumnes i el bagul de recursos didàctics dels professors.

Hem intentat mostrar que es poden tendir <fils d'aranya> subtils però resistents entre camps epistemològics tan distants com la pintura i la literatura, o l'etnobotànica i l'hermenèutica, per posar-ne només uns exemples. I amb eixos fils teixir una teranyina capaç de captar, i de capturar, allò que passa entre les disciplines, entre els cossos tancats de coneixements.

Perquè emetre "fils enganxosos" en múltiples direccions permet construir teranyines culturals en què els símbols, les paraules, les metàfores, junt a les dades i els arguments, vagen formant una xarxa viària en la qual es puga trobar un estímul suplementari per al viatge de la pròpia formació. Inspirats, potser, pels fruits de l'Arbre del Coneixement.

I alhora obrir noves finestres per veure que, més enllà del coneixement estrictament reglat, acadèmic i tan sovint tancat en si mateix, hi ha moltes coses per explorar. I per explotar. I per iniciar reaccions en cadena. Moltes.

Però, és clar, com diria Rudyard Kipling, <això és una altra història>.



Primer logotipus de l'empresa Apple: Newton amb una poma caient de l'arbre.



Eva

Isaac Newton

Steve Jobs

Les tres pomes que, metafòricament, van canviar la història de la ciència i el coneixement.

**Les concepcions sobre el sexe impregnen la cultura, l'art, la llengua i els costums.**

**Al Déu bíblic no li agradava que els humans adquiriren coneixement ni que el pecat es poguera menjar.**

**La de Newton no seria la darrera poma que catalitzaria grans canvis en l'accés al coneixement global per part de la humanitat. El 1976 Steve Jobs va crear el primer ordinador personal i el nom que li va posar va ser justament Apple, "poma".**

**Podria haver sigut una figa, però sembla que la poma ha guanyat la partida.**

# Mitges cultures

**Vicent Botella**

Institute of Science and Technology - Àustria

## 6:00. Aeroport de Viena.

Bon dia. Diu el periòdic que volen treure la filosofia de les aules dels instituts. Les nostres arrels culturals, essencials, com ara la filosofia, malviuen amb una reputació sollada. I ens assetgen els piròmans desbocats. Segons el raonament dels idiotes incendiaris, tot allò que no genera beneficis econòmics immediats ha de ser eliminat dels currículums, foragitat de les aules.

## 8:35. En algun punt sobre Alemanya.

Quins objectius ha d'assolir l'educació? Per a què cal preparar les futures fornades de ciutadans? Com diu Bertrand Russell en el seu llibre *On Education*, cal plantejar-se aquestes qüestions (filosòfiques, per cert) abans de decidir «com» educar. Els piròmans han triat la seua resposta i es dediquen a podar currículums i a preparar-nos a tots «per al mercat laboral». Ja em disculpareu, però aquesta expressió em produeix una forta picor a les cames.

## 10:27. Aeroport de Londres-Heathrow.

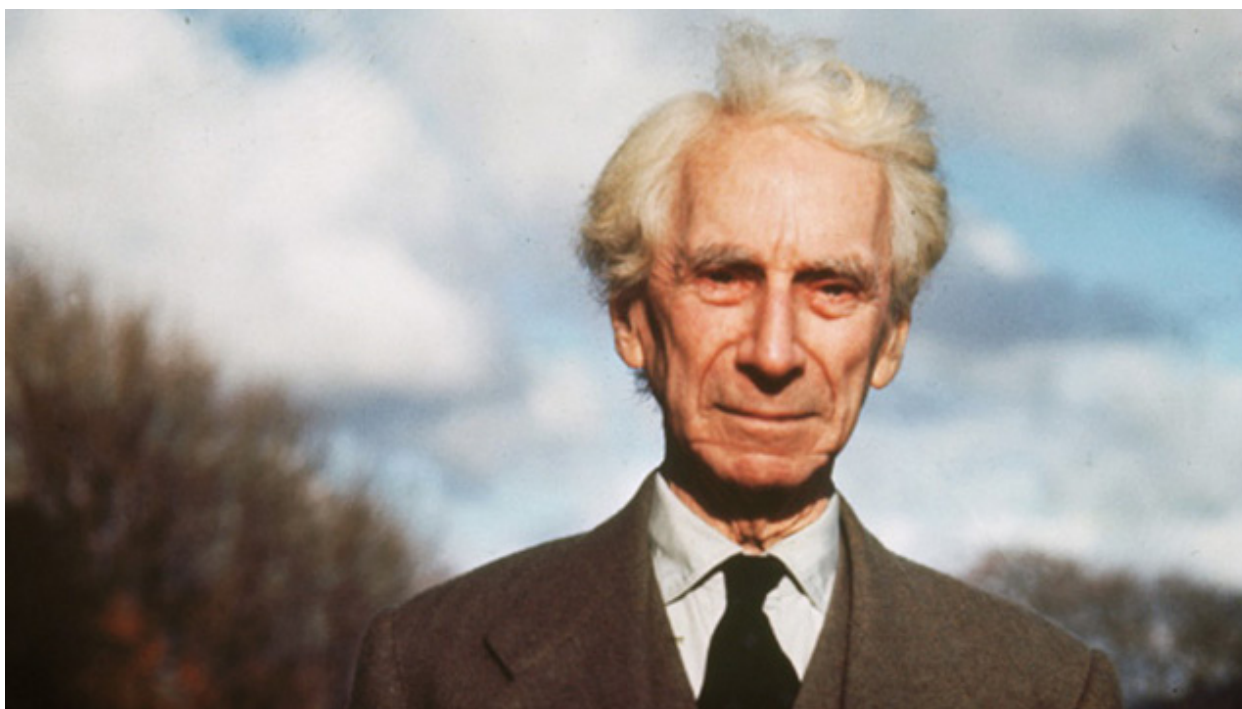
Dir-li a una xiqueta o adolescent que anar a l'institut serveix per millorar les seues expectatives laborals és ben trist. Aquest raonament estableix els diners com a mesura absoluta i final de l'èxit vital de l'individu. I, a més a més, propicia una competència ferotge, donat que aquest èxit s'atorga, exclusivament, a títol indivi-

dual. Els esforços per impulsar la cooperació, l'altruisme o altres valors cívics, es veuen sempre sabotejats per aquesta idea que corre subterrània: el teu èxit depèn, en gran mesura, del fracàs de la resta. Ens cal recordar que la crisi econòmica actual la va coure gent amb estudis universitaris i amb aquests ingredients: adoració dels diners, una ètica anèmica o comatosa i un egocentrisme en flama. La causa de la crisi no fou una fallida de tipus tècnic, una errada en el càlcul, sinó una crisi de valors humanistes.

## 11:44. Estació de tren de King's Cross. Londres.

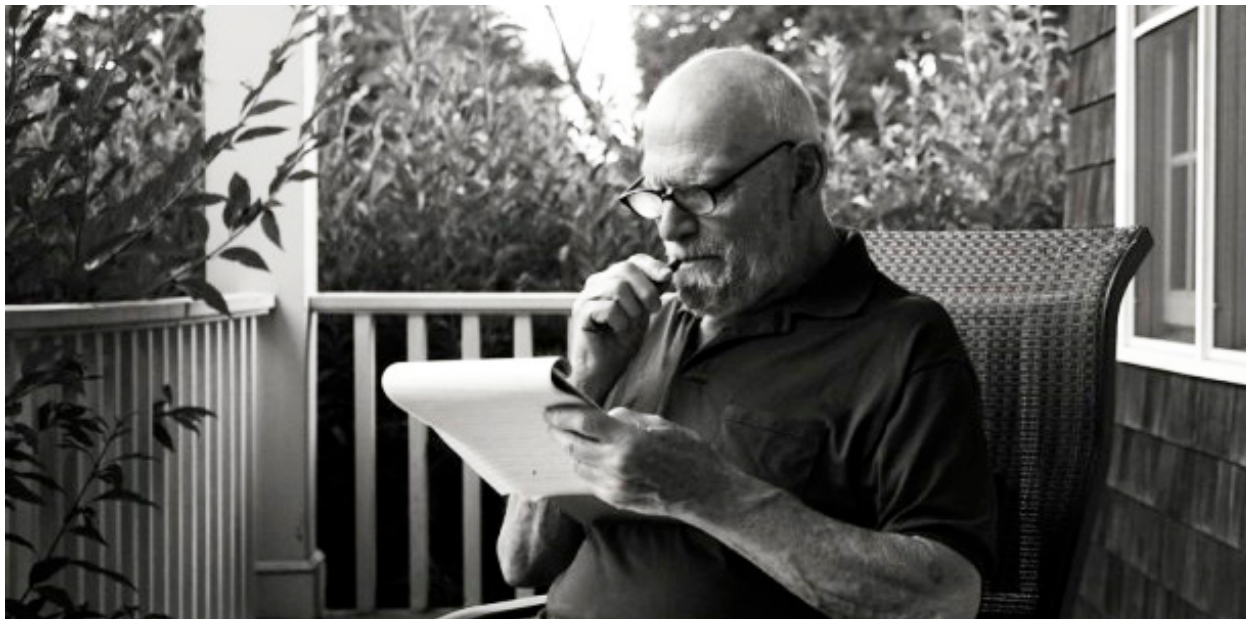
No vull dir que preparar-se per a les qüestions estrictament pràctiques, prosaiques, de la vida no siga absolutament necessari. Ens cal uns seguretat física, un sostre, un tros de pa cada dia, per desenvolupar el nostre potencial humà. L'educació ens ha d'ajudar a obtenir aquests requisits mínims però ha d'anar més enllà. Si més no perquè en aquesta vida també ens assetja allò que Joan Margarit anomena la «intempèrie moral». En una entrevista recent, deia l'arquitecte-poeta que

«A la intempèrie moral només podem fer-hi front amb unes quantes coses: amb la literatura, la poesia, la música, la filosofia, les belles arts, fins i tot –per a molta gent– la religió. I prou, no hi ha res més. Si a tu se't



Bertrand Russell (1872 – 1970)





Oliver Sacks (1933 – 2015). Foto: Bill Hayes.

mor una filla, les úniques coses que et poden ajudar són aquestes, i res més. Però no pots dir que Mozart et resoldrà la mort de la teva filla. A algú que el necessiti li has de preguntar: quan de temps fa que escoltes Mozart? Si et diu que mai, Mozart no li servirà de res.»

I afegia: «Al llarg d'aquesta vida, una persona estarà sotmesa, tard o d'hora, a embranzides de la intempèrie moral i és prudent donar-li unes eines que en direm “cultura i educació”».

#### 12:05. Dalt d'un tren, sortint de Londres cap al nord.

Parlant de la intempèrie: se'ns ha mort Oliver Sacks. Es va criar prop d'ací, en aquests suburbis que observe des del tren. Oliver Sacks fou neuròleg i escriptor. Admire profundament el seu pensament i la seua obra. Fou un observador incomparable, un explorador de la ment metòdic, entusiasta, vital i compassiu. Heus aquí un científic que entenia i gaudia les humanitats, les arts, com una part essencial de l'equilibri i de la plenitud de l'individu. Acabe de llegir la seua molt entretinguda autobiografia, *On the move*. Aquest Nadal, regaleu-vos qualsevol dels llibres de Sacks.

#### 15:00 A la vora del riu Cam, sota un arbre. Cambridge.

Potser us sorprendrà aquesta defensa de les humanitats, precisament ací, en aquesta revista dedicada a la divulgació científica. Però a mi em sembla d'allò més coherent. Segons el meu parer, la curiositat genuïna no pot fer distincions entre ciència i humanitats. Convé no oblidar que el pensament crític, l'escepticisme o la vocació científica són opcions, eleccions de l'individu, que tenen un fonament filosòfic. A més a més, la ciència com a empresa social i cooperativa s'estructura sobre un andami de valors filosòfics implícits. Si aquesta estructura fa fallida, la ciència sofreix. De fet, el món acadèmic ja pateix les conseqüències d'una visió mercantilista i curterminista de l'activitat científica.

Aquesta noció de les «dues cultures», la ciència per una banda i les humanitats per l'altra, va sorgir ací a Cambridge, arran del títol d'una conferència del físic Charles Percy Snow l'any 1959. En la meua opinió, potser hagués estat més adient parlar de «mitges cultures». És tan absurd haver de triar entre aquestes opcions com preguntar-se quina cama li sobra a Messi.

#### 20:15 Capella del Trinity College, Cambridge.

Ha sigut un dia llarg de viatge. En arribar a Londres plovia, però a Cambridge ha lluit el sol i he pogut passejar. Ara ja és de nit iestic a la capella del Trinity College, sol, mirant-me l'estàtua de Newton, tènue-ment il·luminada. És una obra d'una factura excel·lent i Newton no llueix la típica perruca dels retrats més coneguts, sinó els seus cabells curts i amb entrades. És un Newton madur i proper, humà. El Newton dels *Principia*, potser.

Mentre volte per la capella recorde que Bertrand Russell també fou membre d'aquest college. Durant la primera guerra mundial l'expulsaren a causa de les seues manifestacions pacifistes. Què us sembla? Un matemàtic foragitat per conviccions filosòfiques i polítiques. Després de la guerra s'afanyaren a corregir l'errada històrica, i aquest matemàtic pacifista acabaria guanyant el premi Nobel de Literatura l'any 1950 «en reconeixement per la seua obra variada i significativa en defensa dels valors humanistes i la llibertat de pensament».

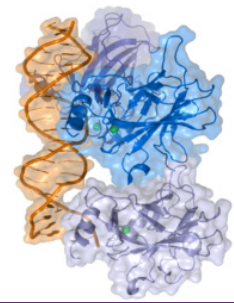
Russell i Sacks, aquest és l'ideal a perseguir, individus en els quals la curiositat és total, arbres esplèndids de coneixement.

Bona nit.

- [1] Entrevista a Joan Margarit. Nació Digital 30/1/15.
- [2] Xavier Duran. *Les dues cultures: un debat novel·lat*. Mètode 79, Tardor 2013.
- [3] Bertrand Russell. *On Education*. (Editat en castellà: *Sobre Educación*. Ed. Austral)
- [4] Oliver Sacks. *On the move*. (Editat en castellà: *En movimiento – Una Vida*. Ed. Anagrama)



# El límit d'Hayflick i el límit de la vida



Diego Fuentes

Metge Cardiòleg - Hospital de Dénia - Marina

**E**n la dècada de 1960 mentre Leonard Hayflick estudiava el creixement i la reproducció in vitro de les cèl·lules humanes anomenades fibroblastos, va trobar que tenen un límit reproductiu d'entre 40 a 60 cicles. Aquesta observació biomèdica que les cèl·lules estan programades per a un determinat nombre de reproduccions (límit d'Hayflick) expressa un límit per a la vida. Tot i això aquest límit biològic és difícil de traduir en un límit temporal perquè depèn de cada quant temps es realitzi la reproducció cel·lular. S'ha arribat a calcular que en condicions ideals un humà podria viure uns 120 anys però si s'intervé en els processos d'envelliment i reproducció en podrien ser molts més. A part del fet que aquestes qüestions vitals estan molt lligades a la solució de nombroses malalties degeneratives i del càncer.

El nombre de vegades que pot reproduir-se una cèl·lula humana s'associa a la disminució de la llargària dels telòmers, que són els extrems dels cromosomes, una seqüència de nucleòtids no codificables per a la transmissió genètica, la funció de la qual és evitar que els diversos cromosomes puguin fusionar-se i provocar malformacions genètiques. Els telòmers de les cèl·lules adultes perden nucleòtids en cada divisió i originen una reducció progressiva fins arribar a una longitud crítica en què la cèl·lula no pot reproduir-se sense entrar en una fase de quietud reproductiva, cosa que activa una alarma, la proteïna P53, de poder supressor que condueix a la ulterior apòdosi o mort cel·lular programada. Aquesta alarma es dispara també quan les seqüències bioquímiques estructurals de les macromolècules essencials han patit danys irreparables, siga per un tòxic, un medicament o altres agents físic o químics externs, però també pel funcionament oxidatiu habitual de les reaccions bioquímiques ordinàries de la vida. Existeixen equips de rescat bioquímics que tracten de reparar els danys causats, però el propi sistema rescatador s'afecta pels mateixos fenòmens de desgast i amb els anys perd eficàcia funcional. Quan l'equip de rescat no pot reparar els danys, es detenen les reaccions d'ordre reproductiva i la cèl·lula entra en quietud i s'estimula l'apòdosi de manera que el final és inevitable. Aquest mecanisme d'apòdosi programada és vist pels científics com un mecanisme de seguretat per a la vida ja que evita la reproducció de cèl·lules que s'han fet malbé o que són de difícil control.

Una de les maneres d'allargar la vida és conèixer els mecanismes que afavoreixen la divisió cel·lular per a retardar-la, perquè encara que el nombre de divisions siga finit poden succeir en temps més llargs. Això requereix conèixer els estímuls que indueixen la reproducció. Dins del cicle vital general (naixement, creixement, reproducció i mort) una cèl·lula que ha adquirit la maduresa pot reproduir-se, no obstant això no es coneixen bé els estímuls concrets que indueixen a la reproducció per

a poder retardar-la. En els protozoos, sers unicel·lulars, pareix que les condicions de grandària o volum cel·lular poden ser un dels motius, així un volum excessiu altera les condicions metabòliques i energètiques i condueix a un estat en què la cèl·lula tindria problemes per a la supervivència i s'indueix la divisió cel·lular com una manera de resoldre-ho. Però, açò que pot ser vàlid per a un organisme elemental no pareix el motiu principal per a les cèl·lules excessivament especialitzades dels organismes metazoaris complexos com ara l'humà. Els estudis en alguns metazoos elementals ja adverteixen de la complexitat dels senyals que indueixen la reproducció que són no sols interns, com el propi estat de salut metabòlic i cromosomal, sinó també externs, que arriben d'altres cèl·lules de l'organisme en relació a necessitats tròfiques globals i cada teixit té característiques diferenciadores i pròpies. Tan és així que fins i tot les cèl·lules del teixit nerviós perden la capacitat de reproduir-se una vegada arriben a la maduresa.

Pot ser que un dels motius generals que indueixen la reproducció siga que les cèl·lules sanes reben senyals o ordres reproductives quan és necessari substituir altres cèl·lules prèviament sacrificades per apòdosi per haver patit danys irreparables en les seues macromolècules cromosomials. Així el cicle seria una cadena de manera que la reproducció s'indueix per a substituir i renovar les cèl·lules inutilitzades i sacrificades per envelliment.

Per tant, envelliment, reproducció i supervivència són elements del mateix cicle vital que està programat mitjançant diverses molècules proteïques, particularment les ciclines i quinases que interaccionen entre si, i activen la cèl·lula des de la fase de repòs denominada G-0 per a induir l'inici reproductiu o fase G-1.

L'envelliment és vist com un procés normal de la vida en què les cèl·lules de l'organisme pateixen danys de manera progressiva per desgast natural, com ocorre amb una màquina degut a les reaccions oxidatives naturals pròpies de la vida. Ara bé, aquest desgast pot succeir de manera accelerada, abrupta o forçada per efectes d'agents físics o químics externs com ara tòxics, medicaments, radiacions o altres elements quan l'individu viu en ambients poc saludables.

Per tant, encara que el procés d'envelliment i mort està sotmès a controls amb predeterminació genètica, estan modulats per elements externs que depenen de la classe de vida i entorn ambiental on es desenvolupa l'ésser. És en aquests elements externs on fins ara és més fàcil actuar i preservar la naturalesa de la vida per a viure més i millor. L'estrés oxidatiu causat pels radicals lliures d'origen extern seria un dels elements importants implicats en aquest desgast accelerat que produeix danys no reparables en els sistemes bioquímics orgànics i condueixen a l'envelliment i apòdosi, però aquest és un altre tema.



# El sistema de mides, mesures i pesos tradicional valencià

Pep Martínez

Professor de Llengua i Literatura - IES Antoni Llidó de Xàbia



**E**l sistema metrològic valencià prové del sistema metrològic implantat amb la **conquesta jaumina**, que al seu torn provenia de l'uropeu medieval romànic, i aquest del romà. En la seua darrera versió, quan la implantació legal del Sistema Mètric Decimal (SMD) a l'estat Espanyol, a la segona meitat del s XIX, és complexíssim.

Presenta clarament les característiques pròpies dels sistemes de **mesures premètriques o significatives**. A saber. 1) Són mesures de caràcter significatiu i funcional: és la qualitat de l'objecte -i no pas la quantitat- l'atribut que defineix l'objecte mateix. Per això, per exemple, la lliura carnissera i la lliura per a al peix havien de tenir necessàriament valors diferents. En general, com més valuós fóra considerat l'objecte, menor era el valor de la mesura utilitzada. 2) Els sistemes de mesura tradicionals són sempre un privilegi exclusiu del poder (de la metròpoli, del rei, del senyor feudal, de l'Església, del terratinent, del comerciant gran, etc.) i, per això, han de ser fixats i controlats (a les ciutats els patrons eren exhibits en llocs principals). 3) S'estructuren internament amb relacions dicotòmiques de divisibilitat i agrupació (dividir o multiplicar per dos és una de les operacions de càlcul més fàcils) en combinació amb sistemes divisibles per dos, com són els sistemes vigesimal (20 és 2 vegades divisible per 2), duodecimal (12 és 2 vegades divisible per 2, i una per 3) i decimosenari (16 és 4 voltes divisible per 2, i 1 per 4).

A mitjan s XIX, per davall de l'aparent coincidència nominal dels sistemes metrològics de les poblacions valencianes, hi havia una **disgregació** fabulosa, fruit de processos de variació geogràfica (variants locals i particulars), diacrònica (canvis amb el temps de valors i/o unitats dins de cada sistema) i diastràtica (taules segons l'ofici i el material). Ço és, trobem particularitats i disgregació en els mateixos tres eixos de variació que observa la lingüística: el geogràfic, el cronològic i el socioeconòmic. Coincidentment, doncs, amb la geografia dialectal, és identificable com una variant metrològica diatòpica del **sistema del cafís**, coincident amb el territori del dialecte occidental (Catalunya occidental, País Valencià); en tant que l'anomenat sistema de la carga és el propi, pam dalt pam baix, dels parlars orientals (Catalunya del Nord, Catalunya i les Illes). El substrat aràbic en la banda occidental en seria la causa principal.

La gran majoria de les mesures valencianes van ser instituïdes (i algunes, fins i tot, creades) pel mateix rei Jaume I, i han estat dites i utilitzades fins ahir mateix *en tot lo Regne*.

Complica més el panorama la diversitat de va-

riants segons el material a quantificar (la prevalença de la qualitat de què hem parlat més amunt i que justifica les variants diastràtiques del sistema): per exemple, per a les mesures dels líquids més corrents (l'aigua, l'oli, el vi i la llet) hom usava mesures diferents i mesures iguals per a valors diferents (l'arrova i el cànter, p. e.). A més a més, hi havia (hi ha encara) certes activitats professionals que mantenen sistemes metrològics específics anteriors al SMD, com ara, la impremta, la farmàcia, la joieria o el calcer.

Aquesta certament envitricollada configuració del conjunt de les mesures, més la immensitat de dades que havíem necessàriament d'obviar o de simplificar, ens ha fet acceptar en aquesta aproximació les reduccions aprovades per la *Comisión Permanente de Pesos y Medidas* l'any 1849, i que el *batxiller en arts* José María Vidal Palop aplica a les seues *Tablas de reducción de las antiguas medidas, pesos y monedas de Castilla, Valencia, Alicante y Castellón*, de 1862. Aquestes translacions dels pesos, mides i mesures són presentades en taules per territoris i distingeix Alacant, Castelló i València com a províncies, amb un únic valor en cada cas. Es tracta d'una reducció impossible, atés que les províncies són imposades només 13 anys abans (1833) i no coincidien ni de lluny amb els àmbits territorials tradicionals, més quan resultava evident que la cosa canviava per campanars, no per la ratlleta del mapa nou. És a dir, que els membres de la *Comisión* van tirar pel dret i van optar per fer servir de referència els sistemes de la capital de cada província. Era la solució més expeditiva. Els problemes de conversió en cada població i segons l'activitat humana de què es tractara, ja se'ls solucionarien els ajuntaments i els mateixos interessats. A tal efecte l'Estat envià a totes les escoles i a tots els municipis patrons i artefactes de medició del SMD.

És una solució feliç, perquè era factible, relativament ràpida i afectava més persones i operacions econòmiques de més volum. D'altra banda, l'opció capitalina presentava una virtut que la feia prevaldre clarament sobre la selva particularista de la província: els sistemes metrològics de les poblacions grans eren sens dubte més estables i rigorosos. Aquests ajuntaments comptaven (des de la Conquesta) amb el **mostassaf**, un alt funcionari a càrrec de la vigilància de l'ús correcte de les mesures i els valors establits per les autoritats. En el seu menester, ni el rei podia apel·lar els seus dictàmens. Va ser el Conqueridor qui va crear aquesta figura com a càrrec obligat a les batlies dels territoris conquerits.



## A FONTS · La mesura del metre



Vares valencianes dels segles XVIII i XIX. Museu de la ciutat de València.

La implantació del SMD fou una actuació pràctica i necessària, modernitzadora, però també és innegable el seu efecte uniformitzador que el convertí en un instrument de la centralització de l'Estat i del procés de desculturització de les comunitats lingüístiques no castelles.

Tot i això, hem de considerar que la substitució dels valors i el noms tradicionals no ha estat ni immediata ni absoluta: encara ara, els llauradors compten les collites per arroves, la terra per fanecades, etc. Gosaria dir que fins la dècada de 1960, hi havia un percentatge important d'adults valencians que usaven mesures predecimals i paradecimals en no pocs camps semàntics, sobretot, en l'àmbit rural: *les onces de xocolate, la lliura de carn, la tela a pams, les fanecades de terra, les arroves d'oli* (i de quasi tot el que es produïa al camp) *els quintars de vi, l'almosta de xufes, el mig almud de segó...* encara ressonen en la memòria d'aquells anys. I no cal recular tant, encara comptem els ous per *parell, mitja dotzena, dotzena i grossa*.

No ha sigut, però, una resistència activa la causa de la subsistència dels sistemes metro Lògics pre-mètrics, sinó la inèrcia de la tradició en les societats agràries; la dificultat del càlcul decimal, del significat dels patrons; la utilització tradicional de veixells i objectes de dimensions particulars segons la localitat; la precarietat general i, especialment, en les comunicacions. Fins l'altre dia.

Hem afegit als pesos, les mides i les mesures metrizables i submetrizables, d'altres de valor aproximatiu i caire ancestral: algunes mesures antropològiques no estandaritzades amb un valor mètric, com ara, el grapat, la garba, el pessic, etc.

Les altres fonts de documentació per a la determinació de les equivalències decimals han estat els treballs de Claudi Alsina, Gaspar Feliu i Lluís Marquet, exhaustives en el cas del Principat, però –aïll- parcials i aproximatives quant a les valencianes.

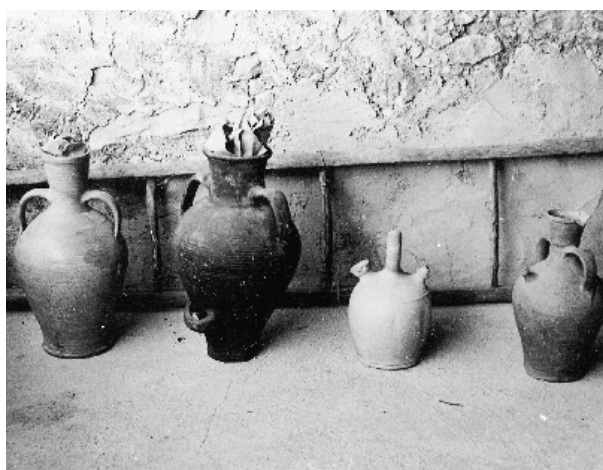
També, les poques reduccions que dona la pàgina web de l'Institut Nacional de Metrologia (les oficials, per províncies, de 1849) i algunes webs locals i blogs particulars.

### Les mides

Les unitats de longitud o mides provenen quasi totes de mides antropològiques d'etimologia clarament llatina: el peu, el pam, la polzada, el forc o xem, el dit, la braça... La unitat de referència, però, era una mida amb patró: la **vara**. És de totes



Pesada amb (balança) romana.



Recipients de terrissa diversos per a la mesura i el transport de líquids, especialment, **aigua i vi**.

la més pròxima al metre modern i és la mida pròpia del País Valencià i de la Catalunya occidental (a la resta del territori catalanoparlant, tenien la cana). Es dividia en 4 pams o en 3 peus. El regle que es feia servir per a mesurar tenia les marques (mossetes) corresponents als dits i als pams. Encara a la segona meitat del s XX, a les botigues de teles i en sastreria, s'hi feia servir com a regle la mitja vara. Va ser creada per Jaume I el 1238. La vara va ser des d'aleshores la mida fonamental dels valencians. Més avant, el patró es faria coincidir amb la llargària de la vara o bastó que ostentava, com a representació de la seua autoritat, l'alcalde de cada municipi.

Quant a les mides itineràries, hom distingia les marines de les terrestres. El seu origen és també clarament romà. La majoria han estat metrizables. Les marines continuen sent usades.

A l'igual que les mides marines, algunes activitats han conservat els seus subsistemes de medició, això sí, amb la fixació dels seus valors metrico-decimals. És el cas de la impremta (cícero, didot, pica, etc.) i de les mides de les sabates (el punt, que equival a 0,666 cm; és a dir, 3 punts = 2 cm; una sabata del 40 p. e. són 26,66 cm).

### Les mesures agràries de superfície

Les mesures de superfície presentaven una gran variabilitat geogràfica. D'altra banda, les unitats d'un mateix sistema podien respondre a conceptes de mesura diferents. Així tenim unitats



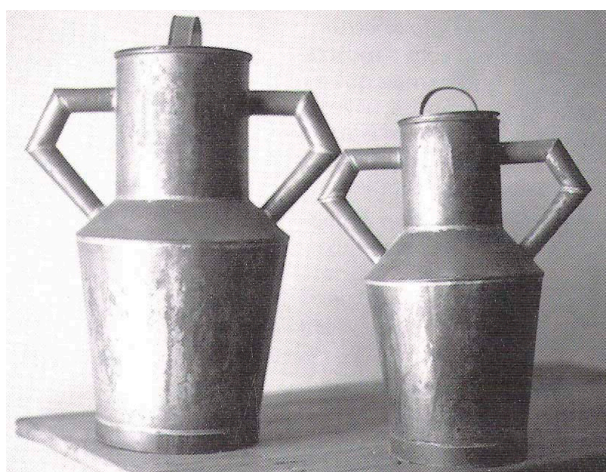




Barcella amb rasador.



Mig quarteró i mig almud. Col·lecció Enrique Antoni.



Cànters metàl·lics per a mesurar i transportar l'oli.

geomètriques (el pam o la vara quadrada, p. e.), unitats de treball agrícola (el jornal, la jovada) i de sembradura, segons l'extensió de terreny que es podia sembrar amb una mesura determinada de gra (la **fanecada**, la cafissada).

En general, segueixen encara vives en l'àmbit agropecuari valencià, especialment, la fanecada i els seus submúltiples.

### Les mesures ponderals

Les mesures dels pesos és sens dubte el subsistema metro Lògic més fixat i més coincident a tota l'àrea catalanoparlant: els noms i les correspondències entre unitats solen ser els mateixos. Són l'onça (o unça), la lliura, l'arrova (o rova) i el quintar. L'equivalència general era: 1 quintar = 4 arroves; 1 arrova = 26/27 lliures; 1 **lliura** = 12 onces.

Aquestes equivalències, però, diferien en el pes dels aliments: així, la carn (*lliura carnissera*, de 36 onces); el peix, segons fóra fresc o salat (16 onces la primera; 18 onces la de la saladura); la verdura (lliura de 16 onces). Les mesures grans (l'arrova, el quintar i la càrrega) podien tenir al seu torn valors diferents segons foren de pes subtil o de pes gros. Vegeu-ho en la taula corresponent.

Hi ha, finalment, uns pesos especials per a certes activitats: la farmàcia i la medicina (gra, escrúpol, òbol, dracma, onça, lliura); la joieria (gra, diner, onça, marc). Els instruments de mesura eren la balança amb pesals (de pedra o ferro) per a les mesures corrents i la romana per a pesades grans.

### Les mesures de capacitat

#### Els àrids

La diversitat de nomenclatura i de valors en aquest apartat és marejadora. Hem de tenir en compte que els patrons que s'hi feien servir per a les mesures eren recipients singulars, no homologats amb cap patró, i que, òbviament, no observaven gaire precisió.

En general, en el comerç, quasi totes les mesures de capacitat de sòlids podien ser rases o a caramull (o caigudes, o curulles), segons com s'omplira el veixell fet sevit per a la mesura: passant el rasador per la boca del recipient per llevar el material que se n'eixia, o no.

El 1845, al País Valencià, les mesures i les correspondències més generals devien ser les que simplificant fixà la *Comisión*: quarteró d'almud, almud, **barcella** de 4 almuds i cafís de 12 barcelles.

Hem de fer observar la procedència aràbiga d'alguns dels noms dels recipient-mesura, testimoni de l'empremta àrab, especialment, l'almud (mudd, recipient per al gra, que també es feia servir per a apagar els llums o per a tapar la boca de recipients de líquids) i cafís (kafiz, amb el mateix significat).

#### Els líquids

Les mesures dels líquids són molt sovint les del vi, en tant que amb l'oli, era el líquid més traficant i conservable. A part de les que metriza la *Comisión* (el **quartillo**, la mitgeta, la mitja, el **cànter**, la càrrega i la bóta) n'hi havia algunes més de mesura variable, atès que era el recipient concret el que la determinava (l'odre o bot, el pitxer, el poal, la marraixa, el tonell, el bocoi, el xaronet, etc.).

Que la mesura de l'oli tinguerà un subsistema particular i amb noms d'unitats de pes s'explica pel fet que en un principi era pesat i, anant el temps, es feren recipients de capacitat si fa no fa ajustada a cada unitat de pes: onça, lliura de 12 onces, arrova (cànter) de 30 lliures i càrrega de 12 arroves. Són encara usades en la nostra ruralia per les persones de certa edat. És propera i segura la seua extinció.

C. Alsina, C. Feliu i L. Marquet. *Pesos, mides i mesures dels PPCC*, Curial. 1990.

W. Kula. *Las medidas y los hombres*. Siglo XXI. 1980.

A. Ten Ros. *El Sistema métrico decimal y España*. Arbor 6. 1989.

J. M. Vidal. *Tablas de reducción de las antiguas medidas, pesos y monedas de Castilla, Valencia, Alicante y Castellón*. 1862.



## A FONS · La mesura del metre

### MIDES LONGITUDINALS

	SMD València	SMD Alacant	VALOR RELATIU
línia (o ratlla)	1,5 mm	2 mm	
dit	1,88 cm		
polzada (o alna)	2,51 cm		1/12 del peu; 3 polzades = 4 dits
quart	5,66 cm		3 dits
xem (o forc)	15 cm – 20 cm		
pam	22,65 m	22,80 cm	12 dits; 4 pams; 1/4 de vara
peu	30,15 cm	30,4 cm	1/3 de vara
colzada (o colze)	45,3 cm	1/2 vara	
vara	90,6 cm	91,2 cm	4 pams; 3 peus; 16 quarts; 48 dits
passada		97 cm	5 pams
braça	1,67 m		
braça reial	2,03 m		9 pams
corda (o corda de saquejar)	44,77 m		20 braces reials; 45 vares

### MIDES ITINERÀRIES

pas (o passa)	60 cm aprox.		
estadi	185,2 m		125 passos romans
milla	1 482 m		
hora de camí	4 – 5 km		1 hora i mitja de camí = 1 llegua
llegua	6,040 km		20 000 peus

### MIDES MARINES

braça	1,54 m	1/1200 milla
braçada		
palangre	250,77 m	150 braces
milla marina	1 851,66 m	1/3 de la llegua; 1 200 braces
llegua marina	5 555 m	3 3 milles; 3 600 braces
grau	111 111 m	20 llegües marines
nus	10851,6 m/1 h	1 milla/1 hora

### MIDES TIPOGRÀFIQUES

punt	0,38 mm	1/12 cícer
cícer de Fournier	4,5 mm	12 punts
didot		11 punts de cícer

### MIDES DEL CALCER

punt	0,666 cm	2 cm = 3 punts
------	----------	----------------

### MESURES DE SUPERFÍCIE

	EQUIVALÈNCIA SMD	VALOR RELATIU
línia quadrada	4 mm <sup>2</sup>	
polzada quadrada	6,42 cm <sup>2</sup>	
pam quadrat (o pam)	51,3 cm <sup>2</sup>	
peu quadrat	92,41 cm <sup>2</sup>	
vara quadrada (o vara)	83 cm <sup>2</sup>	4 pams quadrats
braça (o braça reial; canya)	41,55 m <sup>2</sup>	81 pams; 1/200 de fanecada
quartilla	51,94 m <sup>2</sup>	1/16 fanecada; 1/4 quartó
tafulla (o taülla)	138,5 m <sup>2</sup>	1/6 de fanecada
quarta o quartó	207,77 m <sup>2</sup>	1/4 de fanecada; 50 braces reials
barcella (o mitja fanecada)	415,5 m <sup>2</sup>	1/2 fanecada
fanecada	820,83 m <sup>2</sup> (Val.); 831,7 cm <sup>2</sup> (Al.)	4 quartons; 200 braces; 1012 1/2 vares
cafissada (o jornal)	4 986,57 m <sup>2</sup> (Val.); 4804,15 m <sup>2</sup> (Al.)	6 fanecades
jovada	29 919,47 m <sup>2</sup>	6 cafissades; 36 fanecades
sort	1 200 m <sup>2</sup> (Sud PV); 443,94 m <sup>2</sup> (Balears)	1/4 de jornal al PV

### MESURES DE VOLUM

	SMD València	SMD Alacant
línia cúbica	9 mm <sup>3</sup>	
dit cúbic	6,72 cm <sup>3</sup>	
polzada cúbica	15,94 cm <sup>3</sup>	16,25 cm <sup>3</sup>
pam cúbic	11,619 dm <sup>3</sup>	11,852 dm <sup>3</sup>
peu cúbic	27,943 dm <sup>3</sup>	28,094 dm <sup>3</sup>
vara cúbica	743,677 dm <sup>3</sup>	758,55 dm <sup>3</sup>



**MESURES DE CAPACITAT PER A ÀRIDS**

	SMD València	SMD Alacant	SMD Castelló	VALOR RELATIU
mesureta	0,130 l			1/32 d'almud
palmada	0,358 l			1/16 d'almud
mig quarteró	0,5234 l	0,5 l – 0,65 l		1/2 de quarteró
quartilla		1,298 l		
quarteró	1,0468 l	1,04 l – 1,3 l		1/4 d'almud; 1/192 del cafís
almosta		0,5 l aprox.		El que cap a la conca de les mans
quarteta				
mig almud	2,09 l			1/2 almud
almud	4,187 l		4,155 l	4 quarterons
barcella	16,75 l	20,775 l	16,62 l	1/2 faneca; 4 almuds
faneca	33,5 l			2 barcelles; 8 almuds;
taleca	67 l			2 faneques; 4 barcelles
sac	71,187 l			1/4 de salma
cafís	201 l	332,4 l	199,44 l	3 taleques; 6 faneques; 12 barcelles

**MESURES DE CAPACITAT ANTROPOLÒGIQUES I INDEFINIDES MÉS USADES**

**pessic:** Porció de material sòlid que cap entre les puntes del polze i l'índex.

**grapata:** Mida de capacitat del que cap a la mà closa.

**manat** o manoll: Conjunt de coses que pot ser agafat amb una mà.

**mà:** Conjunt de 4 taronges (2 per cada mà).

**almosta:** 0,5 l aprox. Quantitat que cap en la conca de les mans juntes.

**braçat:** Conjunt de canyes, herbes, fustes, etc. que es pot agafar amb els braços.

**garba:** Conjunt de 2 o 3 braçats.

**garbera:** 21 garbes.

**feix:** Conjunt de branquillons, bastons, etc. disposats en paral·lel i lligats junts.

**falcata:** Conjunt d'espigues o brins que ompli la mà esquerra del segador cada dos o tres corbellades.

**gavella:** Conjunt variable de falcats: al PV, entre 3 i 7 falcats.

**cabàs:** Volum de material o conjunt de coses del recipient del mateix nom.

**senalla:** Quantitat de grans que cap en el recipient d'espart o palma del mateix nom.

**sac:** Volum de material que cap en un sac.

**saca:** Volum de material que cap en una saca (sac de 40 cm de boca que ple solia pesar al voltant dels 100 kg).

**càrrega:** Volum de material que podia carregar un animal de bast.

**MESURES DE CABALS D'AIGUA**

**fila:** A València podria equivaler a vora 6 milions de litres al dia. Es dividia en 20 teules o 144 plomes.

**fileta**

**teula:** 1/20 de la fila.

**ploma:** 1/144 de la fila.

**hora d'aigua:** Mida relativa per al cabal d'aigua d'1 h de reg.

**MESURES PER A L'OLI**

	SMD València	SMD Alacant	SMD Castelló
onça	0,0331 l		
quarta	0,09925 l	0,0949 l (1/4 lliura)	
quarteró	0,15 l		
lliura	0,397 l (12 onces)	0,30 l (4 quarterons)	0,379 l
arrova (o rova, cànter)	11,91 l (30 lliures)	12,14 l (32 lliures)	
càrrega (o carga)	143,16 l		
mesureta	0,03 l		



## A FONS · La mesura del metre

### MESURES PER A LÍQUIDS, LLEVANT DE L'OLI

	SMD València	SMD Alacant	SMD Castelló
<b>quartillo</b> (o quarteró, quarteronet, mitjotet)	0,3365 l	0,704 l	
<b>lliura</b>	0,359 l		
<b>mitgeta</b> (o mitgera)	0,673 l (2 quartillos)	0,7218 l	
<b>mitja</b>	1,3462 l (2 mitgetes)		
<b>cànter</b> (o rova, arrova, càntir)	10,77 l (8 mitges)	11,55 l (16 mitgetes)	11,27 l (16 quartillos)
<b>càrrega</b> de vi (carga de vi)	161,55 l (15 cànters)		
<b>somada</b>	172,32 l		
<b>pipa</b>	430,8 l (40 cànters)		
<b>bóta</b> (o bóta seixantena)	646,2 l (4 càrregues)		
<b>tonell</b>	1 155 l	2 1/2 pipes; 100 cànters	
<b>cuba</b>	2 000 a 2 800 l.		

### D'ALTRES MESURES-RECIPIENTS, ESPECIALMENT PER AL VI

<b>botella:</b> >0,6 l.
<b>porró:</b> 0,95 l.
<b>pitxer</b> (o pitxell): 1,5 l aprox.
<b>quartà:</b> 7,5 litres.
<b>barral.</b>
<b>barril:</b> 7 l – 140 l No mai >200 l.
<b>barralet:</b> Barral menut.
<b>barraló:</b> Barral de 30 l.
<b>bot</b> (o ordre): 50 l aprox.
<b>navarro:</b> Bóta de capacitat variable de 95 a 125 litres.
<b>barrica:</b> Bóta amb una capacitat d'entre 250 i 300 l.
<b>bóta bordelesa:</b> De 220-240 l.
<b>bóta catalana:</b> De 480 a 580 l.
<b>bóta portuguesa:</b> De 480 a 730 l.
<b>bocoi:</b> Bóta d'entre 400 i 780 l.
<b>mig bocoi:</b> Bóta amb capacitats de 150 a 350 litres.

### MESURES DE PES

	SMD València	SMD Alacant	SMD Castelló	VALOR RELATIU
gra	0,0514 g	0,514 g	0,518 g	
adarm (o adaram, argenç)	1,849 g	1,850 g	1,865 g	36 grans
quart (o quarta, quartó)	7,395 g	7,460 g		1/4 d'unça
onça (o unça)	29,58 g	29,61 g	29,83 g	16 adarms
quarta	177,5 g			1/2 lliura
lliura (o lliureta, lliura de 12 onces)		355 g		12 unces
lliura de 16 onces (peix fresc i verdura)		473,33 g		16 onces de 28 g
lliura de 18 onces (peix salat)	533,5 g	533 g		18 onces
lliura de 36 onces (lliura carnissera)		1 065 g		36 onces
quarteró		3,195 kg		1/4 d'arrova
arrova de pes gros		12,78 kg		36 lliures de 12 onces
arrova de 24 lliures		12,792 kg		
arrova de pes subtil		10,65 kg;		30 lliures
arrova de farina		11,36 kg		32 lliures
quintar		42,6 kg		4 arroves
quintar gros o càntir		52,224 kg		144 lliures
càrrega de pes gros (o carga de pes gros)		106,5 kg		2 1/2 quintars
càrrega de pes subtil (o carga de pes subtil)		127,8 kg		3 quintars; 12 arroves
salma (o sauma)		217,26 kg		17 barcelles
tona		1 030 kg		20 quintars; 80 arroves
arrova de 27 lliures de 16 onces (peix fresc i verdura)		12,78 kg		27 lliures
arrova de 27 lliures de 18 onces (peix salat)		14,37 kg		
arrova de 30 lliures		10,65 kg;		30 lliures
arrova de 32 lliures (o arrova de pes subtil)		1,36 kg		32 lliures





# El naixement del sistema mètric decimal

Pepe Pedro

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Deumilionèsima part del quadrant de meridià terrestre.



## A FONTS · La mesura del metre

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

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

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

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

- els seus extrems estaven a nivell de la mar.

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

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

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

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

### El mètode utilitzat per a mesurar el meridià

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

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



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

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

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

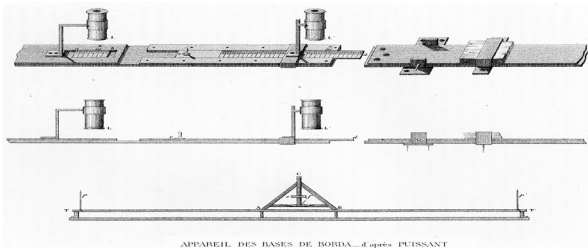


Cercle repetidor de Borda



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

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



Aparell per a la mesura de les bases de Borda.

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

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

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

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

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

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



Délabre.



Méchain.

## A FONTS · La mesura del metre

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



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

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

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

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

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

cuna, un total d'unes 10.000. Méchain, per verificar les mesures, decideix comparar els resultats obtinguts de la latitud calculada en Montjuïc amb els de la Fontana d'Or. Fent una triangulació utilitzant la Catedral, la Fontana d'Or i Montjuïc (després d'aconseguir un permís d'un dia per fer les mesures al Castell) va obtenir que Montjuïc estava localitzat a 59,6 s d'arc al sud de la Fontana d'Or. Aquest resultat havia de coincidir amb l'obtingut restant les dues mesures de la latitud calculada a partir de les estrelles: 41° 22' 47,91" (de la Fontana d'Or) i 41° 21' 45,10" (de Montjuïc), però en restar va obtenir 62,8 s. Un error de 3,2 s en un arc de 59,6 s, és a dir, una discrepància del 5,4 %.

Aquest error de Barcelona ha portat molta polèmica. Ken Alder en el seu llibre "La Medida de todas las cosas" el qual porta com a subtítol "La odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo", atribueix una importància extrema a aquest error, al qual dedica bona part del seu llibre. Alder afirma que Méchain va ocultar aquest error (afirmant que es va descobrir fins després de la mort de Méchain) i també que aquest error va ser el motiu secret de la segona expedició de Méchain a Espanya, ja que d'aquesta forma es mesuraria la latitud del meridià més al sud, amb la qual cosa es botaria les discrepàncies de Barcelona.

Antoni E. Ten (Professor d'Història de la Ciència en la Universitat de València, expert mundial en la història del metre i autor de nombrosos treballs i del llibre: "Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal") afirma: "La història que Méchain torna a Espanya a ocultar aquest error és per a mi una història absurda, perquè les dades estaven allà i hagueren aparegut en qualsevol moment". Igualment Ten afirma en el seu llibre: "L'explicació de Delambre sobre la insistència de Méchain en ser ell mateix qui tornara a Espanya el 1803 és insostenible, per quan aquest no va ocultar que havia fet la determinació menyspreada i a més haguera sigut impossible d'ocultar amb la realització de les següents mesures. Ten, en l'entrevista que ens va concedir i que podeu llegir en aquest número, ens va dir que Méchain va comunicar a Borda la discrepància de Barcelona (disposa de tres cartes fotocopiades que ho acrediten). Méchain, molt preocupat pel tema, no tenia una explicació del perquè de l'error.

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

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

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





El 26 d'agost de 1797 Delambre arriba a Rodez. El gener de 1798 l'Acadèmia de Ciències de París convoca un Congrés Internacional per a setembre del mateix any al que assistirien savis d'altres països per a verificar les mesures i els càlculs dels expedicionaris i preparar definitivament la resolució del metre. Una idea excel·lent per a llevar-li tot el protagonisme a França i implicar a altres nacions en el naixement del metre, la qual cosa augmentaria la seua acceptació internacional.

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

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

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



Metre i quilogram estàndards.

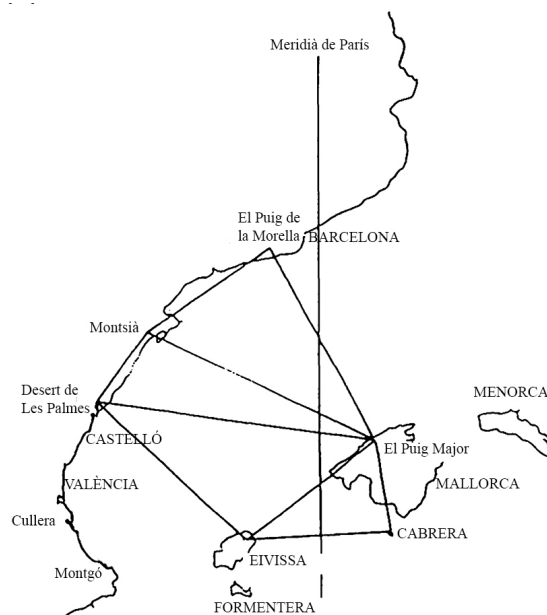
Després de 7 anys el 22 de juny de 1799 en una gran cerimònia es presenten el metre patró i el quilogram patró, una barra i un cilindre construïts amb platí i iridi. A cadascun dels savis estrangers se li va donar un facsímil de ferro. Ningú va dir res sobre la inesperada irregularitat del món. El metre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

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

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

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

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



Projecte elegit per Méchain abans de rebre les instruccions de París

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

## A FONTS · La mesura del metre

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

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

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

El 27 de gener de 1804 ix d'Eivissa i arriba a Mallorca. Uns dies després puja al Puig Major (que ell anomena Silla Torrellas) on es troben amb restes de l'expedició de feia deu anys que el va permetre divisar Mallorca des de Montjuïc. Des del cim es podien veure Barcelona, les estacions de la costa catalana, molts punts de la costa valenciana i la resta de les Illes Balears. Méchain es decideix per unir

Mallorca amb els pics del Desert de les Palmes, Montsià i el Puig de la Morella, després uniria les illes amb un triangle i mesuraria una base de comprovació a Mallorca. El 13 de Març de 1804 rep instruccions de París d'unir la cadena costanera amb les illes a través d'Eivissa i Cullera, mesurant una base prop d'aquesta població. En aquest projecte sols s'havia de mesurar un gran triangle marí, era més fàcil mesurar una base al llarg de la costa que en una illa i també com demostrava matemàticament Delambre la desviació a l'oest del meridià no alteraria els resultats. Méchain està cansat i no discuteix les ordres.

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

Pocs dies abans de la seua mort Méchain escriu:

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



Placa en memòria de Mecháin a Castelló.

### Bibliografia

ALDER, Ken. *La medida de todas las cosas*. Editorial Taurus. Madrid, 2003.

GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Anagrama 2003.

MULET Cesc, VICENS Alícia. Documental “El Metre, la mida del Món”. La Perifèrica Produccions”

TEN ROS, Antoni. *Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal*. Institut d'estudis documentals i històrics sobre la ciència Universitat de València - C.S.I.C. València 1996.

TEN ROS, Antoni. *La Ciència i la Tragèdia, Pierre Andrés Mechain (1744-1804)*. Revista Mètode 43. Universitat de València, 2004.

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



# Implantació del Sistema mètric decimal i noves definicions del metre

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

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

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

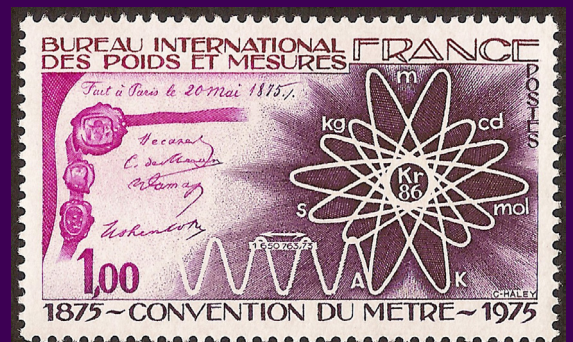
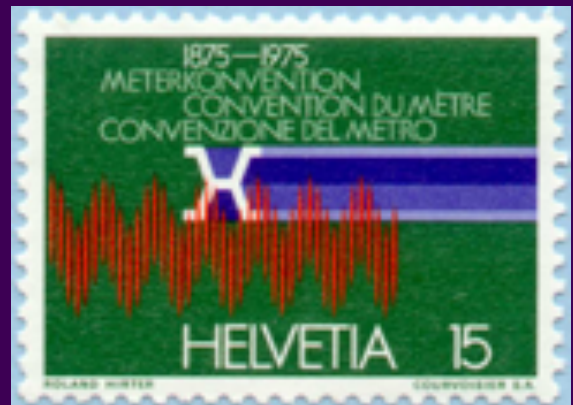
Estats Units és un dels pocs països que continua fora del sistema mètric, tot i la seua influència econòmica i cultural sobre la resta del món. Una conseqüència d’aquest fet es produeix el 1999 quan la sonda espacial “Mars Climate” de la NASA s’estavella en Mart. La sonda construïda per utilitzar el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

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

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

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

Pepe Pedro



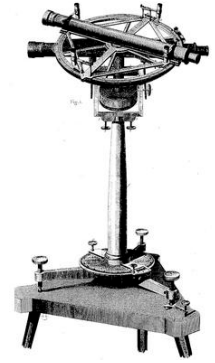


Monument (de discutit valor estètic) que marca el pas del **meridià zero**, a la carretera del Veger a Pego.

# Tractament de les incorreccions en la mesura del meridià

Florencio Burrel

Professor de l'Escola de Matemàtiques de la Marina Alta



És difícil d'imaginar en l'actualitat la gran importància que tenia al segle XVIII i primeries del XIX l'Astronomia de Posició, sobretot, pel seu ús en la navegació marítima i en la confecció de mapes. Les matemàtiques jugaven un paper fonamental en aquestes tasques, conseqüència d'això fou l'espectacular avenç que tingueren. Tots els matemàtics d'aquesta època estigueren molt interessats en aquests temes, com ho demostren les seues publicacions múltiples i les discussions productives que sorgiren sobre això. Matemàtics de la talla de Descartes, Newton, Euler, els Bernoulli, Laplace, Lagrange, Gauss, etc., considerats entre els millors de tots els temps, deuen bona part de la seua producció a la cerca de solucions als problemes que es presentaren en allò que a hores d'ara anomenem Astronomia i Geodèsia.

Centrant-nos en el que s'estava fent a les primeries del segle XIX, ens fixarem en el gran problema de millorar les observacions i els càlculs. Aquestes eren activitats fonamentals en els treballs de mesurament geodèsics i astronòmics, ja que era absolutament necessari corregir tot el possible les dades arrellegades amb els instruments de què es disposava, per tal que, atesa la grandària de les quantitats manejades, es reduïren els errors comesos tant com fóra possible.

Durant tot el segle XVIII els matemàtics havien buscat i imaginat mètodes i tècniques que els portaren a resultats cada vegada més fiables. És aquesta una aventura poc coneguda, però apassionant: és meravellós contemplar aquests genis (així els anomenava la gent) aventurar-se per terrenys matemàtics desconeguts amb aqueixa alegria i atreviment que els donava saber que estaven entrant en un camp inexplorat de les matemàtiques. Els avenços matemàtics d'aquesta època cal buscarlos en publicacions que hui anomenaríem de Física o d'Enginyeria. Només per posar un exemple, Newton, tot buscant donar solució a les imprecisions dels aparells astronòmics, publica un compendi de novetats sobre Geometria i Òptica que serà fonamental per al futur d'aquestes disciplines.

I justament, molt poc després dels treballs de Biot i Aragó al Montgó, fa la seua aparició el primer tractat de probabilitat, escrit per Laplace. No hi ha dubte que, a més de probabilitat, és també un tractat d'estadística i recopilació de dades, atés que ell estava molt compromés en els mesuraments del meridià, que era l'aventura científica de l'època.

També, uns anys més tard, el gran matemàtic alemany Gauss (anomenat el príncep de les matemàtiques) donà a conèixer els seus treballs de teoria d'errors. És a partir de les publicacions d'aquestes dues autoritats matemàtiques indiscutibles, que els geodesistes poden disposar d'una base teòrica per al tractament de dades que venien demanant els investigadors; entre ells, l'alacantí Jorge Juan, des de feia cent anys.

## Tractament d'error d'observació. Mínims quadrats.

Les observacions efectuades amb els instruments de l'època resultaven sempre alterades per errors causats en la imperfecció dels aparells, a la manera d'utilitzar-los, al medi on s'efectuen les observacions, al lloc que ocupava l'observador... En aquesta època ja s'utilitzen fórmules i paràmetres de calibratge d'eixos, cercles graduats, calibres, etc.

Però els errors més analitzats eren els sistemàtics, que es presenten sempre que es realitza una observació en les mateixes circumstàncies. Per exemple, els que apareixen al mesurar amb una cinta mètrica a distintes temperatures poden calcular-se coneixent els coeficients de dilatació dels materials amb què està feta. Uns altres exemples són: el de la graduació dels cercles, l'excentricitat del sextant, el de l'índex vertical i horitzontal ...

En ocasions, els científics proposaven lleis matemàtiques que explicaven el fenomen estudiat, i comprovaven fins a quin punt estaven d'acord amb la realitat analitzada. Les diferències entre els valors observats i els deduïts de la llei matemàtica proposada havien de ser estudiats per decidir si es podia acceptar que aquesta teoria representava la realitat.

S'assistia així al naixement de la teoria d'errors, que culmina amb les publicacions de Gauss, *Theoria motus Coelestium* de 1809 i *Theoria combinationis erroribus minimis obnoxiae* de 1823, on s'estableix definitivament la "Teoria d'errors d'observació" i la seua aplicació pràctica, amb la deducció de la llei que els governa i que porta el seu nom. Aquesta teoria fou gestant-se a poc a poc a partir d'aportacions múltiples, que no eren més que recopilacions del que estaven fent molts investigadors en aquell moment (estem a l'època de la Il·lustració, quan molts científics donaven a conèixer les seues aportacions amb rapidesa i generosi-



## A FONTS · La mesura del metre

tat gràcies a les Reials Acadèmies de Ciències de Londres, París i Berlín, especialment).

Biot i Aragó, que treballaven a París amb Legendre i a prop de Laplace, coneixien i aplicaven algunes distribucions de freqüències degudes a Simpson des de 1757, Legendre 1796, etc.; i eren molt influents en l'època els treballs que Laplace venia donant a conèixer des de 1797 que culminaren amb la *Theorie analytique de probabilité* el 1811, on introdueix la probabilitat d'una funció lineal d'errors i dona fórmules per a les distribucions de freqüències.

Qualsevol mesurament, bé de distàncies o bé d'angles, era repetit un bon nombre de vegades, i s'efectuava sempre amb els mateixos mètodes i aparells, i amb la màxima atenció, encara que, en general, s'obtenien resultats diferents a cada observació. A partir d'aquestes dades calia decidir quin era el valor que proporcionava menys error al prendre'l com a mesura de dita magnitud, i l'aproximació que representava.

Des de temps enrere s'admet la mitjana aritmètica com a valor més probable, la qual cosa no vol dir que siga més exacte, ni que pugui haver-hi cap valor entre els observats que s'aproxime més al valor vertader. Però, si les observacions s'han efectuat amb la major cura i precaució possibles, cal esperar que els errors siguin molt petits i que n'hi haja tants en un sentit com en l'altre. Potser, al prendre l'error mitjà es produeix una compensació entre els errors positius i negatius que done una idea falsa del conjunt.

Uns consideren com a millor representant d'aquestes errors la mitjana aritmètica dels seus valors absoluts, però uns altres consideren més adequat calcular l'arrel quadrada de la mitjana dels seus quadrats, anomenada desviació típica. Aquest valor s'utilitza per definir un interval al voltant (a) de la mitjana on es troba la magnitud buscada amb una determinada probabilitat.

Aquests conceptes comencen a utilitzar-se abans d'acabar el segle XVIII, però sense sospitar la gran potència que tenien entre les mans. El 1805, Lebesgue publica un treball on troba l'equació de la corba que millor s'ajusta a una sèrie de valors, i minimitza les diferències entre ells i els punts de la corba. D'aquesta manera planteja una quantitat d'equacions major que d'incògnites, a partir de les quals obté els paràmetres de l'equació de la corba. Poc temps després, 1809, Gauss comenta en una publicació que ha usat una versió més completa d'aquest mètode el 1801, al calcular l'òrbita d'un asteroide, Ceres, que s'havia perdut després de permetre que es prengueren uns pocs punts, tot i que insuficients, de la seua trajectòria. Gauss en diverses publicacions va construint una teoria basada en els mateixos mètodes, però utilitza probabilitat i estadística. Després s'anomenaria teoria de mínims quadrats, que ell qualificaria com "la més important de l'aplicació de les matemàtiques a la *Filosofia natural*".

Ens trobem davant la connexió entre la teoria i l'experiència. És aquesta història un exemple clar de com la teoria ve a confirmar els resultats que l'experiència venia anticipant. Els científics estaven utilitzant uns postulats que els dictava el sentit

comú a partir de les seues experiències, i sentien la necessitat d'un cos teòric que els confirmà les seues suposicions i els permeté, a partir del desenvolupament matemàtic de dites conclusions, arribar molt més lluny i més ràpidament en les seues hipòtesis. Aquesta falta de bagatge teòric feia que sempre hagueren de comprovar experimentalment les seues hipòtesis; la qual cosa explica bona part del temps que dedicaven a cada observació.

Però encara dedicaven més temps a les correccions causades pels instruments, o al lloc ocupat per l'observador, o als defectes d'observació, etc. A les memòries publicades de les seues investigacions, Biot i Aragó no sempre informen de les correccions que realitzen ni del tractament donat als errors comesos. En ocasions s'obté informació de les correccions dels esmentats tractaments a través de les justificacions que donen en defensa dels seus procediments. Inclús, en moltes ocasions, cal suposar que han fet correccions simplement per l'exactitud dels resultats obtinguts. Donem a continuació informació de correccions que afirmen haver usat, encara que no detallen els procediments emprats: La correcció per refracció atmosfèrica, correcció per depressió de l'horitzó i l'excés esfèric.

### La correcció per refracció atmosfèrica

Se sol tenir present la desviació de la llum per refracció quan es fa ús dels astres per obtenir posicions a la Terra. Els raigs emesos per l'estrella, al penetrar l'atmosfera, sofreixen una desviació i arriben a l'ull de l'observador després d'haver-hi seguit una trajectòria corba, de manera que s'aprecia la posició de l'astre en la direcció de la tangent. Vegeu fig. 1, on els angles estan exagerats.

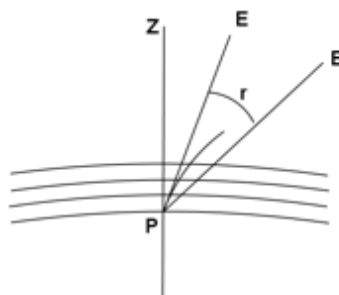


Fig. 1

Suposem l'observador al punt P, E la posició real de l'estrella i E' el lloc en què la veiem a causa de la refracció. El desenvolupament matemàtic per obtenir la correcció per refracció és molt complex, encara que està basat en les lleis de la refracció conegudes des de Kepler.

Es considera l'atmosfera composta de capes concèntriques de densitat creixent en direcció a la Terra. És acceptable considerar que, si el raig no incideix amb massa inclinació, les capes atmosfèriques són planes.

Comencen els càlculs de la 2a llei de la refracció que diu: els sinus de l'angle d'incidència i de refracció al passar d'un medi a un altre, són inversament proporcionals als índexs de refracció dels esmentats medis.

Després de substitucions i càlculs enfarfegadors, integrant per a tots els índexs, s'obté una fórmula de la correcció per refracció R:



$$R = \frac{l_0 - 1}{\text{sen} 1''} \times \frac{P'}{P_0} \times \frac{1}{1 + \alpha t} \tan z$$

On P' és la pressió a la capa més pròxima a la Terra, t la temperatura de l'aire, z és la distància zenital,  $l_0$  l'índex de refracció a zero graus i pressió normal  $P_0$  de 762 mm i  $\alpha$  el coeficient de dilatació de l'aire.

Parem atenció sobre aquesta fórmula perquè Biot i Aragó, durant els seus treballs de medició, possiblement aquests que estem comentant, trobaren els següents valors de les constants:

$$l_0 = 1'000294 \quad \text{y} \quad \alpha = 0'004$$

que, atesa la seua exactitud, encara eren utilitzades pels geodesistes fa pocs anys (vegeu *Elementos de Astronomía de Posición, de Manuel Medina*, editat el 1974 per Ed. Limusa).

També Biot, conjuntament amb Bouguer, són recordats en el tractament clàssic per corregir la refracció quan es mesura l'alçada relativa als dos senyals dels extrems d'una "base fonamental". A la hipòtesi coneguda pel nombre de Bouguer-Biot es fan les suposicions següents de partida:

a) L'angle de refracció en un punt determinat d'un costat de la triangulació és proporcional a l'angle al centre de terra sustentat per l'esmentat costat (vegeu fig. 2).

b) Si aquest costat no és excepcionalment llarg, els angles de refracció  $r$  i  $r'$  poden considerar-se iguals.

c) Per tal que dits angles de refracció siguin mínims, i sobretot constants, cal efectuar la mesura del angles de l'alçada i depressió  $d$  i  $d'$ , a les hores més càlides del dia.

A la figura 2, T és el centre de la Terra; A i B els senyals extrems de la base i els punts A' i B' són els punts on veiem cada senyal en observar-lo des de l'altre a causa de la refracció. Els angles i les distàncies estan exagerats a fi que es puguin distingir

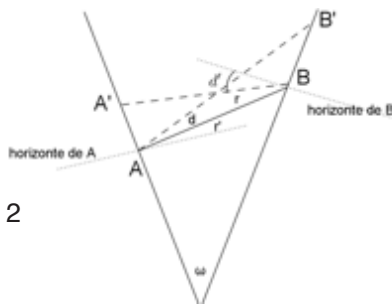


Fig. 2

### Correcció per depressió de l'horitzó

Si observem sobre la mar, amb el sextant, l'alçada d'un cos celeste amb relació a l'horitzó, considerem que aquest és la línia circular que separa la mar del cel. Però aquesta línia sol estar més baixa que l'horitzó de l'aparell que estem utilitzant, anomenat horitzó racional, que és el que marca el nivell de bombolla col·locat a l'aparell. En el cas del Montgó, l'horitzó de la mar està clarament molt per davall de l'horitzó de l'aparell.

Suposem que estem situats al punt P, fig. 3, en una alçada h sobre el nivell de la mar i que H i H' són l'horitzó racional i el visible. L'angle PTH' format al centre de la terra és igual a l'angle de depressió d que volem determinar.

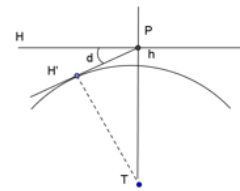


Fig. 3

Al triangle rectangle PTH' tenim:

$$\tan \frac{PH'}{R} = \frac{\sqrt{(R+h)^2 - R^2}}{R} = \frac{\sqrt{2hR + h^2}}{R}$$

On R és el radi de la Terra. Atesa la grandària petita de h respecte a R, podem refusar  $h^2$ , amb la qual cosa la fórmula queda:

$$\tan d = \sqrt{\frac{2}{R}} \cdot \sqrt{h}$$

Que ens servirà per calcular l'angle de depressió d.

### Excés esfèric

S'anomena excés esfèric d'un triangle esfèric, el valor en què la suma dels seus tres angles excedeix de dos rectes,

$$\varepsilon = A + B + C - 180^\circ$$

Davant el triangle ABC, limitat per tres cercles màxims, fig. 4. Si suposem que el costat AB coincideix amb el pla de la figura, cada vèrtex del triangle, produeix a l'esfera un sector o fus de superfície coneguda.

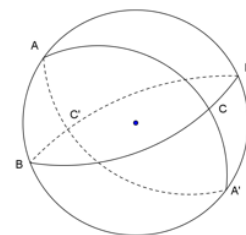


Fig. 4

En efecte, tot considerant l'àrea de l'esfera  $S = 4\pi R^2$ , la del sector d'angle A serà:

$$\frac{4\pi R^2 A}{360}$$

Per una altra part, sumant les àrees dels tres sectors d'angles A, B, C resulta mitja superfície esfèrica i dues vegades el triangle ABC, la superfície del qual denominem T, és a dir

$$\frac{4\pi R^2 A}{360} + \frac{4\pi R^2 B}{360} + \frac{4\pi R^2 C}{360} = \frac{1}{2} \cdot 4\pi R^2 + 2T$$

Dividint per  $4\pi R^2$  i multiplicant per 360, tenim

$$A + B + C = 180 + 360 \frac{2T}{4\pi R^2}$$

i d'aquí  $\varepsilon = A + B + C - 180 = 360 \frac{2T}{4\pi R^2}$

En radiants serà  $\varepsilon = \frac{2T}{R^2}$

Aquest valor és utilitzat en el cas de triangles esfèrics i també de triangles el·lipsòidics, els costats dels quals seran petits davant el radi de l'esfera.

Legendre demostrà que l'excés esfèric era poc rellevant als angles petits, amb la qual cosa Biot i Aragó solament ho tingueren en compte als triangles excepcionalment grans.



# Matemàtiques que s'usaven per a la mesura del meridià: Triangulació

**Florencio Burrel**

Professor de l'Escola de Matemàtiques de la Marina

La tasca de mesura d'un arc de meridià a les primeries del segle XIX era un veritable treball d'investigació, ja que hi havia molt poques zones cartografiades i els ferraments eren imprecisos. El bagatge matemàtic de què disposaven era molt escàs, i el tractament que es donava a les dades consistia en procediments poc contrastats, copiats d'altres o inventats pel propi científic. Justament molts pocs anys després aparegué el primer tractat de probabilitat i estadística escrit per Laplace i, també en aquell temps, Gauss donà a conèixer la seua teoria d'errors. No hi ha cap dubte que els treballs d'aquests dos grans matemàtics permeteren construir un suport teòric a allò que estaven fent els seus col·legues.

Abordem a continuació alguns dels aspectes matemàtics utilitzats en el procés de mesura de l'arc de meridià realitzat per J. B. Biot i i F. Arago seguint la part final de la triangulació que apareix a la figura.

## La triangulació

La triangulació geodèsica és un procediment per mesurar distàncies sobre la superfície terrestre. El mètode usat en l'època que ens ocupa fou introduït per l'holandès Willebrord Snell el 1617. En essència, consisteix a fixar la latitud dels extrems de l'arc a mesurar, tot unint-los al llarg d'aquest mitjançant

una sèrie de triangles encadenats on cada dos triangles adjacents comparteixen un dels seus costats. Com a vèrtex d'aquests triangles, o estacions, s'escullen punts elevats a fi de poder estendre visuals des de cadascun d'ells als vèrtex pròxims.

Un punt qualsevol pot fixar-se des d'un altre conegut per la distància entre ambdós i per l'azimut (angle que forma amb el pla del meridià del lloc) de la línia que els uneix. Si el punt que es tracta de fixar és visible des de l'altre conegut, pot llegir-se la seua direcció amb molts pocs minuts d'error amb el sextant. En canvi, per mesurar la distància directament amb una gran precisió es tardaven diverses setmanes i es requeria molt de personal, cosa que no garantia una precisió acceptable. Per aquesta causa, un geodesista preferia llegir dotzenes d'angles abans que mesurar directament una sola distància.

Així doncs, amb el sextant s'obtenen els angles de cada triangle. A continuació, es mesura acuradament sobre el terreny, amb regles, l'anomenada "base fonamental", que constitueix el costat d'un dels triangles. Coneguda aquesta, des dels seus extrems A i B (fig. 1) es prenen les direccions d'altres punts llunyans, com C i D, situats, en alguns casos, a molts quilòmetres de distància, i així va construint-se la xarxa. En principi els triangles d'aquesta xarxa són esfèrics (situats sobre l'esfera), amb els costats formats per cercles màxims (meridians), però en la majoria dels casos poden considerar-se plans sense perdre precisió.

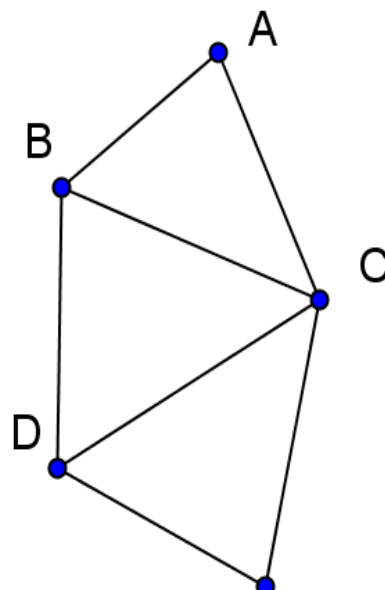
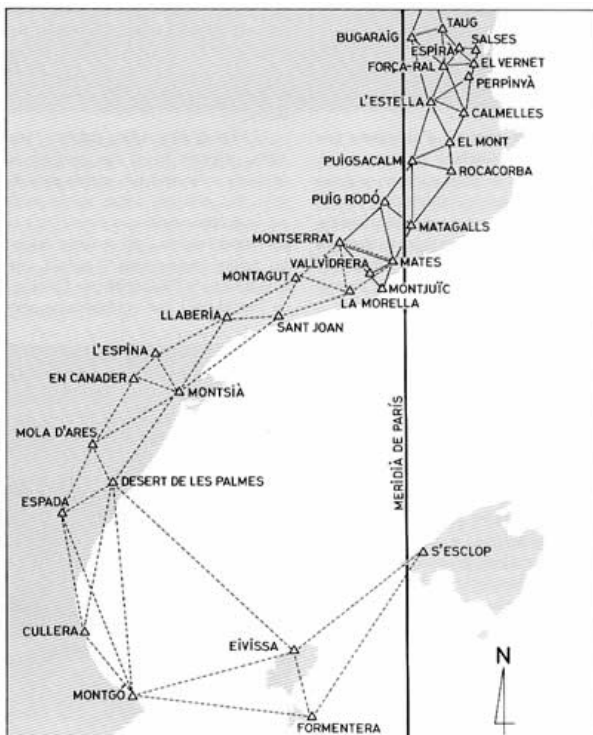


Fig. 1





En el cas que ens ocupa, no calgué mesurar una base al poder utilitzar la xarxa de triangles que havia establert P. Méchain. Alguns dels triangles que utilitzaren eren molt grans, amb la qual cosa, per optimitzar la precisió, al no poder situar vèrtexs enmig de la mar, suposem que feren els càlculs utilitzant tant trigonometria plana, com esfèrica.

### Triangulació plana

Recorde com de meravellat em quedí quan descobrí que podia conèixer tots els costats d'un triangle si em donaven un costat i els angles adjacents (vaja paraula, que es refereix als angles que estan als dos vèrtexs que comparteixen aquest costat). I no diguem quan, utilitzant el mateix concepte, podia mesurar l'amplada d'un riu sense passar a l'altre costat.

Això és el que porten fent els astrònoms des de, diguem, temps remots: aplicar la geometria a la mesura de distàncies referides a llocs als quals no poden accedir. Ara ens semblen molt elementals les propietats entre els triangles semblants, però fou un gran descobriment per a la humanitat el seu ús en activitats diferents de la construcció.

Si considerem que la superfície de la Terra és plana, cosa que es fa quan prenem superfícies petites, el procés és bastant senzill: una vegada mesurats els angles (en realitat en mesurem dos i calculem el tercer restant-los de 180°) i un costat, podem conèixer les longituds dels altres angles de la manera següent:

Al primer triangle ABC (fig. 1), coneixem el costat AB i els tres angles A, B i C. Amb aquestes dades és possible dibuixar al nostre quadern un triangle semblant A'B'C', a partir d'un segment A'B' la longitud del qual hem triat nosaltres i amb angles iguals a l'original. Per les propietats de semblança de triangles podem conèixer els altres dos costats per ser proporcionals als seus homòlegs.

Per exemple, suposem que el costat AB hagués mesurat 160 m i que el segment A'B' l'haguéssim dibuixat al nostre quadern de 10 cm de longitud, al mesurar els altres dos costats trobem que A'C' = 14 cm i B'C' = 11 cm.

Al ser els dos triangles semblants, els seus costats homòlegs són proporcionals i compleixen les condicions:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{AC}{A'C'} = \frac{BC}{B'C'}$$

Quan separem en dues igualtats i substituïm les dades conegudes, tenim:

$$\frac{160}{10} = \frac{AC}{14} \quad \text{i} \quad \frac{160}{10} = \frac{BC}{11}$$

Deixant AC a la primera igualtat i BC a la segona, tenim els costats que busquem:

$$AC=224 \text{ cm} \quad \text{i} \quad BC=176 \text{ cm}$$

Com es pot suposar, aquest càlculs són molt aproximats, principalment pels errors que es cometien al dibuixar el triangle i al mesurar la longitud dels seus costats.

Aquests errors es poden corregir utilitzant trigonometria plana mitjançant el teorema del sinus que, aplicat al triangle ABC, ens dona les igualtats:

$$AC = AB \cdot \frac{\text{sen } B}{\text{sen } C} \quad \text{i} \quad BC = AB \cdot \frac{\text{sen } A}{\text{sen } C}$$

Com coneixem el costat AB, per obtenir els altres dos costats seran:

$$\frac{AB}{\text{sen } C} = \frac{AC}{\text{sen } B} \quad \text{i} \quad \frac{AB}{\text{sen } C} = \frac{BC}{\text{sen } A}$$

Que ens permet conèixer les seues longituds mitjançant càlculs sense fer mesuraments.

### Triangles esfèrics

En la triangulació que ens ocupa, alguns dels triangles són excepcionalment grans amb la qual cosa es considerarà de fer els càlculs mitjançant trigonometria esfèrica.

En un triangle esfèric els costats i els angles es mesuren en graus, minuts i segons, encara que, si es coneix el radi de l'esfera, poden calcular-se els costats en unitats de longitud.

Una vegada mesurats tots els angles i conegut un dels costats, es poden calcular els que resten mitjançant les fórmules fonamentals de trigonometria esfèrica:

$$\cos a = \cos b \cos c + \text{sen } b \text{ sen } c \cos A \quad (1)$$

i la que es dedueix d'ella

$$\frac{\text{sen } A}{\text{sen } a} = \frac{\text{sen } B}{\text{sen } b} = \frac{\text{sen } C}{\text{sen } c}$$

que correspondria a la fórmula del cosinus i a la dels sinus en trigonometria plana. Encara que a, b, i c són els costats del triangle, es poden calcular els seus sinus ja que són arcs mesurables en graus o en radians.

En astronomia, al manejar grans distàncies calia treballar amb quantitats molt grans que feien els càlculs molt farragosos. Per aquest motiu s'utilitzaven logaritmes que converteixen les multiplicacions en sumes, les divisions en restes i les potències en productes. Mitjançant càlculs algebraics complicats es pot convertir la primera fórmula (1) en una altra equivalent que no continga sumes ni restes a fi de poder aplicar logaritmes (vegeu més endavant dita fórmula (2)). No ens detindrem en els mètodes utilitzats per manca d'interès actual gràcies a les calculadores.

D'una manera o d'una altra, s'obtenen les longituds dels altres dos costats del triangle ABC i, a partir d'ells es continuen calculant els costats de la resta de triangles.

Així va avançant-se pels senyals, molt a poc a poc, comprovant tots els resultats de totes les maneres possibles. Per exemple, es pot apreciar al gràfic de la triangulació de Biot i Aragó, que alguns dels triangles no són necessaris per calcular totes les dades i resultats amb els triangles veïns. També es feia una mesura d'una segona base fonamental, normalment al final de la triangulació, per comprovar la longitud d'un costat, comparant els resultats del càlcul amb els de les mesures.



Una altra operació necessària consistia a calcular la projecció dels segments sobre l'horitzó del més baix, ja que, en estar els senyals a diferents altures, els segments tenen inclinació distinta, amb la qual cosa s'han de reduir a l'altura de l'horitzó.

### Inclinació dels costats respecte del meridià

La longitud del meridià que ens ocupa serà la suma de les distàncies entre els paral·lels que passen pels vèrtexs de la triangulació presos dos a dos. Per això necessitarem conèixer en primer lloc la inclinació dels costats dels esmentats triangles respecte al meridià. Suposem que desitgem trobar la inclinació respecte del meridià que passa per P del costat situat entre dos vèrtexs, P i Q, d'un dels triangles que hem calculat. A la (fig. 2) es representa l'esfera celeste prenent com a centre els vèrtex Q. La inclinació que cerquem és l'angle que forma el costat QP amb el meridià de P, és el mateix que el que forma l'esmentat meridià amb la projecció de l'arc QP sobre l'horitzó de Q, és a dir, HQP'.

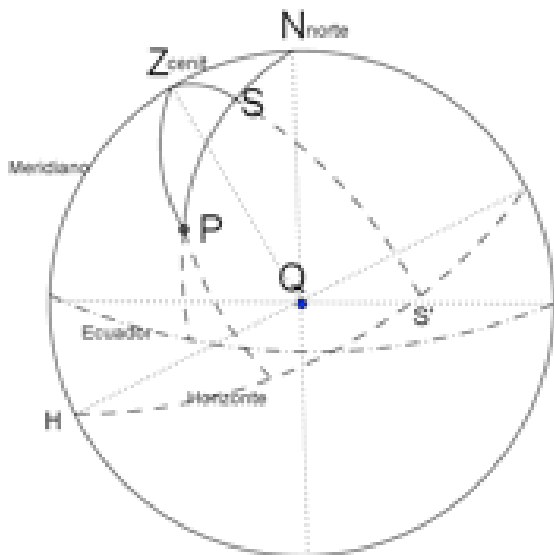


Fig. 2

Des de Q es mesura la distància angular PS existent entre la posició del vèrtex P a l'esfera celeste i el punt S, corresponent a la posició del Sol en una hora obtinguda amb el rellotge de pèndol. En aquest moment es mesura a més l'arc ZS, complementari de l'altura del Sol sobre l'horitzó. I també des de Q hem mesurat l'arc PZ entre el vèrtex P i el zenit Z.

Ara podem calcular l'angle PZS mitjançant la fórmula fonamental preparada per poder aplicar logaritmes.

$$\text{sen} \frac{\text{PZS}}{2} = \sqrt{\frac{\text{sen}(p - \text{PZ}) \cdot \text{sen}(p - \text{ZS})}{\text{sen PZ} \cdot \text{sen ZS}}} \quad (2)$$

$$\text{sen } p \quad p = \frac{(\text{PZ} + \text{PS} + \text{ZS})}{2}$$

De la mateixa manera s'aplica la fórmula al triangle ZNS, on hem mesurat ja els seus tres costats, amb la qual cosa obtindrem el valor de l'angle SZN. Sumant ambdós angles, el PZS i el SZN, s'obté l'angle entre els dos senyals, el suplementari del qual és la inclinació del costat PQ respecte al meridià que passa per P.

Calculades les inclinacions dels costats de la sèrie de triangles respecte del meridià, calcularem les distàncies entre els paral·lels dels senyals aplicant el següent mètode a cada dos senyals: Considerarem que si CD és el meridià que passa pel senyal C (fig. 3) i AB el que passa per A, ABCD podem considerar-lo un rectangle i ADC és un triangle rectangle. Aleshores, la distància entre els paral·lels que passen per C i per A és un catet del triangle ADC, on l'angle ADC és el d'inclinació ja conegut i la hipotenusa és la distància horitzontal entre els senyals, ambdós coneguts.

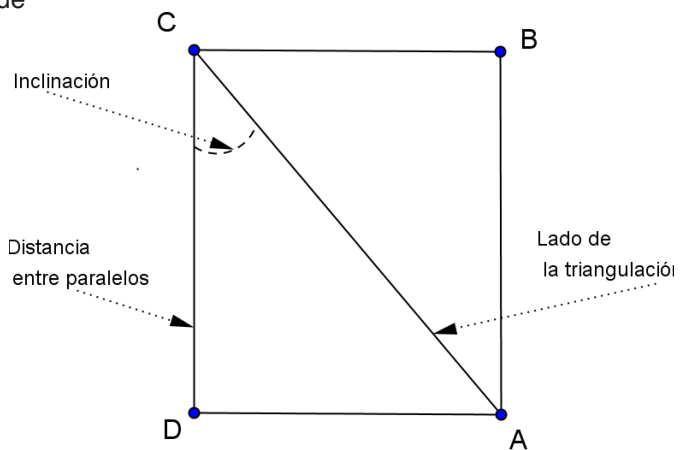


Fig. 3

Per tant:

$$\text{CD (Distància entre paral·lels)} = \text{AC (distància entre senyals)} \cdot \cos \text{ADC (angle d'inclinació)}$$

Hem suposat que el triangle és pla, la qual cosa és acceptable atesa la diferència tan petita que s'obté respecte a considerar-lo esfèric.

### Per què dedicaren tants anys?

Als informes que publicaven de les seues observacions, els científics no donaven notícies de molts dels càlculs matemàtics que feien amb les dades ni tampoc de les correccions que aplicaven sobre ells. Els càlculs eren veritablement complexos. Per començar, deixem el pla i entrem a l'esfera, amb una geometria diferent que origina fórmules noves molt més complicades, que encara es compliquen més en haver de convertir dites fórmules per poder aplicar logaritmes.

A més, atesa la importància científica i política de les mesures, era fonamental la cerca de l'exactitud màxima. Això portava afegit obtenir el major nombre possible de dades, de totes les maneres possibles en aquell moment, i tractar-les de manera que s'eliminaren els errors tant com fóra possible així com donar informació quantificada del grau d'exactitud aconseguit.





## ENTREVISTA

**El romanticisme [de la mesura del meridià] és una mentida; l'únic que creia un poc que s'estava fent una operació científica era Méchain.**

**Antoni Ten Ros** va estudiar la llicenciatura de Física a la Universitat de València. Si bé la tesi doctoral tractà sobre la teoria de la relativitat, pràcticament la totalitat de la tasca investigadora l'ha realitzada sobre història de la ciència. Ha estat professor del Departament d'Història de la Ciència i la Documentació de la Universitat de València fins la jubilació. Ha dirigit set tesis doctorals sobre metrologia i va estar encarregat d'elaborar el primer projecte de la Ciutat de la Ciència de València.

*Vostè és llicenciat en física teòrica, la seua tesi doctoral tracta sobre relativitat restringida i ha treballat de professor de matemàtiques i física a la Universitat. Amb aquesta formació científica tan pura, per què i quan, es decideix investigar en la història de la ciència?*

És molt simple, em vaig equivocar en l'especialitat. La meua tesi doctoral tractava sobre relativitat i l'any 1976 la relativitat estava morta. S'acabaven de descobrir els quarks i allò que privava als físics teòrics eren coses com la cromodinàmica quàntica o la teoria de partícules. Els fenòmens relativistes estaven arraconats, únicament els matemàtics se n'ocupaven. Així que per aquest costat no tenia massa clar per on prosperar.

En el treball de tesi havia descobert que la comprensió de la relativitat passava per estudiar per què Poincaré havia dit les coses que havia dit. ¿Havia comprés Poincaré la teoria de la relativitat abans que Einstein? ¿Havia arribat Lorentz a les equacions relativistes sense tindre en compte les idees d'Einstein? D'ací naix el meu interès per la història.

*I l'interès per la metrologia?*

Vaig començar a interessar-me per la meridiana de pura casualitat. Jo vaig caure sobre el Baró de la Pobla Tornesa i vaig tindre la gran sort, que es dona poques vegades, de reconstruir la història del Baró de la Pobla Tornesa, no pel tema de la meridiana. De sobte, em vaig trobar amb una persona que havia publicat unes efemèrides de Ceres un any després de Gauss, i m'interessa per un noble, que a més de valencià, fa unes efemèrides sobre on es troba un planeta en relació a les estrelles de referència. L'única referència que hi vaig trobar era una mena de biografia de tres o quatre línies. Res més se sabia del Baró. Vaig seguir el títol en l'anuari genealògic i vaig trobar la baronessa actual. Quan em vaig posar en contacte amb ella, descobrí una professora d'institut de Sevilla que em convidava a anar a Castelló a consultar l'arxiu que acabava d'organitzar. I és allí quan em trobe amb una carta de Méchain, a qui jo coneixia pel catàleg de nebuloses de Méchain-Messier. Vaig escarbar per si hi havia altres cartes de Méchain i em vaig topar un article de Guillaume Bigourdan de principis de



segle XX que feia referència a la correspondència entre Méchain i Delambre. Vaig anar a l'Observatori de Paris a buscar els originals... i no estaven als catàlegs que, encara pitjor, havien estat fets pel mateix Bigourdan. Semblava que ja no existien. Em va costar dos viatges i uns quants disgusts i que el meu mestre Pierre Costabel, de l'Académie des Sciences, es posés seriós i que la bibliotecària Josseline Alexandre cerqués i trobés, quasi cent anys després de la seva desaparició, un dossier "fantasma" on efectivament es trobaven les cartes. A partir d'ací ja van entrar als catàlegs les famoses cartes i van estar a disposició de tothom. Malgrat que sembla que ningú més les haja mirades!

Després d'açò **vaig estar quasi dos anys a Paris i ací sí que vaig poder entrar seriosament en la història del metre, la seva relació amb Espanya i la metrologia històrica**. Menut filó que em vaig trobar! D'ací sortiren sis tesis doctorals.

La mesura de l'arc de meridià que està a la base de l'establiment de la llargària del metre, adoptada pels francesos suposà un treball de més de set anys. Quina voluntat per fer les coses bé, no? Sent que hagueren pogut agafar qualsevol longitud com a patró.

Tot va ser una qüestió política. **Fonamentar les mesures sobre un sistema que no depenguera de cap país és una cosa antiga**. Quan es va plantejar la unificació de mesures, Jean Picard ja va dir que la mesura natural més senzilla era la longitud del pèndol que batia segons. Al segle XVII, els rellotges eren molt precisos i es podia mesurar amb molta exactitud la longitud d'un pèndol que batera segons.

Per què una mesura fundada en la natura? **Darrere la unitat de mesura natural està la polèmica entre els països influents**. Com que s'adonaren que ningú anava a deixar que cap altre imposara les seues mesures, el més fàcil, en compte d'inventar-se una unitat absurda, va ser buscar un patró extret de la natura. Però als anglesos no els interessà la proposta, ja que érem a la revolució francesa i, mentre que els francesos eren republicans, els anglesos eren monàrquics.

Una altre aspecte és la pròpia Acadèmia de Ciències de Paris. Els intel·lectuals estaven terroritzats; sabien que els podien a tallar el coll i volien mostrar-se útils. Per això s'inventaren no sols mesurar el meridià sinó altres projectes, com es pot comprovar en les actes de l'Acadèmia. Al segle XVIII ja s'havien fet huit o nou operacions geodèsiques importants i els geodesistes ja sabien que era una estupidesa mesurar un arc de meridià, perquè cada arc dona una longitud diferent.

Per tant, què és això d'una mesura universal? **Semblava més raonable agafar un biga de ferro i fer-li dues ratlles. Però això no complia algunes de les condicions bàsiques dels interessos de l'època. A açò s'uneixen els interessos de Napoleó per tindre una bona relació amb Espanya**. Una mostra d'aquest interès és la rapidesa amb què Napoleó lliurà els fons necessaris per a realitzar-lo. Napoleó volia afegir Espanya a un projecte internacional, però també li interessava tenir ulls francesos que pegaren mirades per les muntanyes d'Espanya. N'hi havia tota una motivació política.

Al final tot **el romanticisme de l'operació geodèsica és una mentida, l'únic que creia un poc que s'estava fent una operació científica era Méchain**. Delambre era un bon científic, però era un polític; durant tota la seua vida va estar fent política i de ser un no-res es va convertir en el cap de l'astronomia francesa.

**Ken Alder, autor del La medida de todas las cosas, basa gran part del seu llibre en l'error comés per Méchain en la mesura de la latitud de Barcelona des de la posada La Fontana d'Or. Tanta importància va tindre aquest error?**

L'obra de Ken Alder és una novel·la. Quan es va publicar va causar gran rebombori, però **Alder no va consultar tota la informació disponible**. Hi ha tres cartes de Méchain a Jean Charles Borda del 1795, de quan estava a Espanya mesurant en la Fontana de Oro, on Méchain li comunica de l'anomalia en la mesura de la latitud. A més, està el fet que el valor de la latitud que es va utilitzar per als càlculs va ser la del Castell de Montjuïc, la que no té error, i no la de la Fontana.

En vida de Méchain, Delambre mai no va dir res. Va ser en l'última obra de Delambre, quan, ja mort Méchain, començà a tirar terra sobre l'error de Méchain i diu la cosa absurda que Méchain volia tornar a Espanya per a ocultar l'error comés a Barcelona. Açò no té cap lògica. **El 1799 tots coneixien la discrepància entre els dos valors de la latitud obtinguts a Barcelona. L'interès de Méchain per tornar a Espanya era acabar la mesura de l'arc del meridià per tal de completar l'arc al voltant del paral·lel 45**.

Alder diu que si, a l'hora de determinar la latitud de Barcelona, en lloc de realitzar la mitjana aritmètica de totes les estrelles, es calcula primer la mitjana de les que estan al sud del zenit, després la de les que estan al nord, i finalment es treu la mitjana de les dues, no hi ha error, la latitud s'ajusta bé. Però, amb tot el meu respecte, jo dubte que Alder haja fet els càlculs. La gent que hem treballat el tema estàvem d'acord que **el llibre d'Alder és una novel·la ben escrita i amb misteri, però posa un accent excessiu en la discrepància**; en el fet que Méchain obtinguera dos valors diferents de la latitud.

L'única explicació del comportament de Delambre que hi veig, i és lamentable, és que no es duia bé amb Méchain. Quan s'observa com anaven canviant els càrrecs, veiem que Méchain va substituir Delambre quan, per edat, hauria de ser a l'inrevés. Méchain substitueix Delambre com a encarregat de l'Observatori de Paris; també, a l'any d'haver-lo nomenat Director del Bureau de Longitudes, Méchain el substitueix. Ara bé, açò és una especulació meua perquè no ho puc demostrar, i a mi sempre m'ha agradat fonamentar en dades les meues hipòtesis.

Tanmateix, quan llegim les cartes entre Méchain i Delambre veiem que són d'una politesse exquisida. Per què Delambre no li demanà aclarir l'error en alguna de les cartes, que n'hi ha moltes? No té cap sentit el comportament posterior de Delambre.

Si Alder haguera mostrat cartes on fonamentar la seua suposició podríem assumir que és un investigador meticulós. Un historiador competent no pot ignorar una font ni, menys encara, una correspondència.



**En molts llibres del tema parlen dels reverbers, però mai no els hem vist dibuixats o representats en cap lloc, com eren?**

És cert, i jo tampoc mai no he trobat cap imatge d'un reverber. Això també és un misteri per a mi. Però els reverbers existiren, ja que apareixen en els inventaris de les coses que duïen els astrònoms. Un reverber és una cosa molt senzilla, amb dos espills en angle recte, si ens mirem en qualsevol direcció, ens veiem la meitat, partits sempre, però ens veiem, cosa que no passa amb un sol espill. Si tinguérem tres espills formant un triedre (formant angles rectes entre ells) seria millor, ja que amb dos espills, si sobreïxes per dalt no et veus, naturalment dins del que cobreixen els tres espills. Això és un reverber, un conjunt de tres espills formant angles rectes entre ells. Es col·loquen tot posant el vèrtex comú orientat en la direcció contrària del que volem que es veja, i es posa un llum al centre. Aleshores la llum es reflecteix en totes les direccions i tot el món en qualsevol direcció veu el reverber. Els reverbers foren una innovació de l'època de Méchain i Delambre.

**Les mesures sempre van acompanyades d'un error, quin tractament feren els savis dels errors fets?**

Les matemàtiques que hi havia darrere d'aquest procés eren llargues, però senzilles. **Tot es basava en allò del millor amic del geodesta, l'atzar, que es comportarà com deu, de manera que no hi haurà desviacions sistemàtiques i, per tant, les desviacions seran aleatòries.**

**En els seus treballs es destaca l'enorme quantitat de mesures recopilades i la precisió, així com un treball pacient i meticulós. Com arribaven a aquest grau de precisió?**

Eren meticulosos per també feien trampa. En els quaderns es veuen algunes dades incoherents. Tal dia no ixen bé les mesures, i aquest dia no agafen les dades. El problema és que quan mesurem a distància la refracció de l'aire té una gran influència. I és que la refracció canvia aleatòriament: ni és constant, ni isotròpia, ni homogènia. Aleshores, els rajos de llum van oscil·lant. És per això, que si obtenien dades que se n'anaven bastant de les esperades, decidien prescindir de les mesures. Els geodestes de la vella escola això ho tenien clar. **La solució era repetir i repetir les mesures i després fer la mitjana.**

**Tot açò acabà en un canvi en els patrons de mesura, cosa que no degué ser fàcilment acceptada per la població. Quines estratègies adoptaren els governants per vèncer les resistències?**

A França van començar a imposar el sistema mètric el 1849, ja que Napoleó el 1812 va decidir que la gent no estava preparada per aquelles bogeries de científics i va reintroduir el vell sistema. A Espanya va començar a imposar-se també en la mateixa època i es van publicar molts llibres de taules d'equivalència.

**Els científics ens oblidem del concepte de sistema metrològic. Per una banda hi ha uns patrons, per una altra uns múltiples i submúltiples i, amb això, que és molt matemàtic, sembla que ja ho tenim tot, però estan també els usos metrològics i d'això s'obliden molts historiadors. És a dir, els**

científics amb els centímetres, decímetres o decalitres podem mesurar, però la gent del poble no ho pot fer. **La gent està acostumada al pitxer, i també a la trampa. L'essència d'un sistema metrològic és el poder i, sobretot, el poder de fer trampa** que ha perdurat tota la història i que queda recollida en la sentència de Flavi Josefo de que Deu inventà les peses i mesures per a fer trampes més fàcilment.

La qüestió dels usos metrològics, és la més complicada. ¿Com podem fer que un llaurador venga les taronges per tones? Ell les ven per arroves i això ho seguirà fent per molt de temps. **No és un problema per als ciutadans utilitzar els sistemes de mesura antics**, el problema és per als científics quan per compte de parlar de taronges parlen de toleràncies d'un xip, i aleshores estan parlant de nanòmetres.

Els usos metrològics de la gent no són els mateixos que els dels científics. Per què el canvi de la moneda de la pesseta a l'euro ha tingut èxit? Perquè la gent no ha tingut més remei que utilitzar els euros, però si hagueren donat una mínima escapatorià la gent continuaria amb la moneda antiga. No és tan necessari el sistema mètric en la vida quotidiana, cosa que podem comprovar si li preguntem a un llaurador quanta terra té? Ens contestarà en fanecades, i a més la fanecada de València és diferent de la fanecada de Castelló. **La nostra il·lusió d'exactitud no ha existit en la història.** Dos pobles distints que depenien de dos senyors distints tenien unitats que es deien igual però mesuraven diferent. **A cada senyor li interessava tindre els seus propis pesos i mesures perquè eren el símbol del seu poder i, sobretot, del poder de manipular.** Això revela les estructures de poder que hi hagut al llarg de la història.

**Hores d'ara, encara hi ha tres països que no han adoptat el sistema mètric, entre ells Estats Units, i a Anglaterra té un ús escàs. Quina és la raó?**

Els Estats Units és l'única potència no mètrica. A Anglaterra ja està implantat el metre en tota l'estructura de l'Estat, encara que continuen utilitzant-se les unitats velles gràcies a una llei de comptabilització. De tant en tant als EEUU torna la polèmica d'implantar el sistema mètric, però encara els queden cent anys de lluita per a ser mètrics. Per a molts polítics nord-americans defensar el peu o la iarda, les mesures imperials, és quasi una religió.

**Vostè va estar encarregat d'elaborar el primer projecte del Museu de les Ciències de València. Quan veu l'actual Museu, veu reflectits els seus objectius, les seues il·lusions?**

Anem per parts. El 1989, el govern de la Generalitat, socialista en aquell moment, s'interessà per fer un museu científic a València, encara que sense tindre'n una idea precisa. Com que no hi havia massa gent amb coneixements sobre museus i a mi em coneixien perquè havia guanyat un concurs d'innovació educativa, m'encarregaren un esbós del que podria ser una ciutat de la ciència per a València. **Quan veig en què s'ha convertit l'actual museu, constata que no hi ha res a veure entre allò que nosaltres teníem en ment i el què ha acabat sent.**





Antoni Tent mostrant el llibre *Mesure de la terre* de Jean Picard. Fotografia de TERE ARABÍ

**En quina concepció de museu pensava vostè?**

En aquell moment era la febre dels museus interactius, allò del prohibit no tocar. Els centres de ciència aleshores en vigor, l'*Exploratorium de San Francisco* o l'*Ontario Science Center*, eren institucions que tenien a veure sobretot amb l'art o l'estètica de la ciència, cosa que venia de la guerra freda.

Jo pensava que no es podia fer un museu dels d'anar tocant, perquè allò que sol ocórrer en aquests centres és que la gent toque botons tot i esperant que passe alguna cosa cridanera, alguna cosa sorprenent, i llavors va saltant de botó en botó. Per descomptat, també hi ha panells explicatius, però la gent no els sol llegir, no només perquè solen ser llargs sinó també perquè sovint les explicacions exigeixen una formació científica notable. És així que en aquests centres l'activitat científica dels visitants és ben escassa. El museu de la ciència de València és d'aquest tipus.

**Nosaltres volíem fer un parc temàtic.** Tot i que la gent s'horroritza quan sent juntes les paraules ciència i parc temàtic, sempre n'he estat partidari. Jo adoro Walt Disney, i no hem d'oblidar que quan Disney fa Disneyland, ja havia guanyat quatre Oscars per documentals científics en els quals es contaven historietes utilitzant animals, cosa que està a la base de EPCOT, el gran parc Disney que està dedicat exclusivament a la ciència, a la ciència en molta profunditat. Açò junt amb la idea que havien desenvolupat els francesos en la ciutat de la ciència de París d'unir ciència i tecnologia en la Vilette, un aparador de la ciència i la indústria, era el que nosaltres teníem en ment. **La idea era fer un aparador de la indústria valenciana, de la creativitat valenciana, i també, dels fonaments de la ciència,** és a dir, fer una mena de superlaboratori però divertit. Un lloc amb diversos nivells, el nivell

del que anava i veia un teatret, i també, el nivell de la gent que es llegia els panells. Però sobretot **volíem donar-li una gran importància a allò visual.** En aquell moment proposàvem dedicar un gran espai a la realitat virtual, cosa que llavors començava a desenvolupar-se. També pensàvem dedicar un centre als inventors valencians. Jo havia estat regidor de l'Ajuntament de València i sabia de la inventiva dels valencians.

**Era una proposta bastant elaborada i detallada, no?**

I tant. **Un grapat de gent molt intel·ligent estigué dos anys treballant de debò. El resultat fou una publicació de 32 volums.** Mai no hi ha hagut una reunió amb ments tan brillants com la que es donà en aquest projecte. Vaig reunir un grup de professors de gran nivell. Per posar un exemple, el professor d'electromagnetisme Vicente Such, un dels col·laboradors, inventà una mena de patí levitador.

També, a partir d'una idea que havíem vist en el museu de la ciència de Sudbury, al Canadà, proposàvem fer una mena de teatrets on es contaren historietes d'una manera divertida i sorprenent. Una cosa bastant allunyada del que ara es fa en el centre de València, on es fan coses també que es poden fer en un institut.

Hi havia allò que anomenàvem la ciutat exterior on, en lloc de fer vindre la gent al museu, era el museu qui s'acostava a la gent. En els instituts i escoles hi ha sales múltiples o gimnasos i costa ben poc enviar a un parell de comunicadors amb uns quants instruments a fer un espectacle de divulgació científica.

També havíem pensat en activitats en funció de l'actualitat. Per exemple, ara s'ha parlat de l'asteroide de Halloween, i això és una oportunitat magnífica per a parlar dels neó i d'astronomia.



***La Generalitat li encarregà l'edifici a Santiago Calatrava, com foren les relacions?***

Des del primer moment xocarem. Entre altres coses, **nosaltres havíem pensat en un edifici amb un nucli central del que eixiren braços, però Calatrava ho descartà des del primer moment.** Les discrepàncies eren tan radicals que la qüestió es va plantejar en termes de o Calatrava o jo i, evidentment, ell va eixir guanyador.

Vaig encarregar un estudi a una consultora i el resultat fou que l'edifici projectat per Calatrava no tenia massa trellat com a museu. La seua concepció era distinta a la nostra i **mentre que nosaltres volíem un edifici per a un museu, Calatrava volia un museu per a un edifici.** Malauradament, es va imposar la visió de Calatrava.

No obstant això, la crisi del 93 ralenti el projecte i, fins i tot, en arribar el Partit Popular a la Generalitat, el projecte es paralitzà totalment. Va ser el 1996, quan els nous governants el reprengueren, però ara amb un nou plantejament, l'inicial projecte de la ciutat de la ciències i la tecnologia es convertí en la ciutat de les arts i la ciència. De pas, desapareixia la torre de telecomunicacions que hi havia prevista construir. Torre que haguera sigut un èxit perquè a la gent li agrada pujar alt a veure vistes i s'haguera constituït en un pol d'atracció per a les persones. A canvi, s'inventaren el Palau de les Arts que ens ha costat una fortuna.

***I què pot dir en relació als continguts del museu en si?***

Pel que fa al museu, he de dir que no només s'inaugurà amb ben poca cosa, pràcticament buit, sinó que mai no hi ha hagut un projecte al darrere. Tant és així que Manuel Toharia, el director, amb qui tinc una bona relació des de fa anys, arribà a afirmar que la gran singularitat de la ciutat de la ciència era que no tenia continguts fixes, i que les exposicions que es feien eren les que havien funcionat en altres llocs. Però això durà fins que s'adonaren que era molt car, perquè havien de pagar per un treball que sols aprofitaven uns mesos.

***El nostre no és un museu de ciències tradicional on un espera veure microscopis, sextants o quaderns de laboratori de científics rellevants.***

En la història podem considerar quatre generacions de museus: els de col·leccions, que arrepleguen instruments antics com ara el museu de la ciència d'Oxford. Els de procediments: arrepleguen

maquinàries, fonamentalment de la revolució industrial, com el de Londres. La tercera generació té l'origen en la guerra freda, quan els nord-americans s'adonen que el veritable poder d'una societat no és el territori ni les matèries primeres sinó l'educació, en concret l'educació científica, i creen els centres interactius, que són superlaboratoris d'institut. Els americans s'adonen que per a millorar l'educació científica de la població han de posar-la en contacte amb la ciència i la tecnologia. Amb el temps s'adonen que aquest model no acaba de funcionar, perquè això que la gent es plantege preguntes però sense trobar les respostes crea frustració.

Lavors sorgeix la quarta generació, els museus de l'oci, els museus lúdics, i ací és quan sorgeix la idea del parc temàtic. De nou torne a Disney, a Eurodisney, i també al primer Disneyland. Allò que es va fer fou crear un centre educatiu, un centre cultural, on se li creà a l'americà mitjà un espai on, a més de passar-ho bé, acabara amb la sensació de tenir un millor coneixement del món, i això tant en la història com en la tecnologia i en la prospectiva del futur. Aquesta idea és la que després impregnà les ciutats de la ciència, els museus que comencen a aparèixer a finals de la dècada de 1980.

**El museu de València vol ser un museu de tercera generació sent així que ja en el moment de la posada en funcionament havien entrat en crisi** tant per la baixada de visitants com pels costos. Encara que sembla una caricatura, la ciutat de les ciències la visiten uns pocs turistes que passen unes hores a València i volen veure allò més emblemàtic. Pels diners que ha costat, la ciutat de les ciències hauria de ser el gran contenidor cultural de la divulgació científica i l'haurien de visitar tots els instituts i escoles de tots els pobles valencians i això cada dos o tres mesos.

***I quin és el futur?***

Ara estem en la cinquena generació, la dels museus virtuals, que deixa sense sentit els museus en grans edificis. **En aquest moment, el museu de la ciència de València no té cap sentit** i només l'usen els turistes que venen a veure l'obra de Calatrava, però que no estan interessat en el museu en si. Fa anys vaig pronosticar que el museu acabaria sent un centre comercial i així serà, perquè en l'era d'internet cada dia que passa té menys sentit un museu enorme amb un pressupost econòmic semblant al d'una universitat.

# AMJASA

# Méchain, Biot, Aragó i el Montgó



Vicent R. Chorro

Professor de Matemàtiques · IES A. Llidó · Xàbia

**E**l 23 d'abril de 1804, tot just cinc mesos abans de morir, Pierre Méchain va pujar al Montgó i, gràcies a unes observacions baromètriques, va mesurar la seua altura per primera vegada. Des d'això moment la nostra muntanya va tenir un paper destacat en la triangularització del meridià de París. El Montgó, vèrtex meridional a la península, va formar junt al Desert de les Palmes i Mont Vell, a Eivissa, el triangle geodèsic més gran damunt la mar. Fa poc més de dos-cents anys, a la tardor del 1806, el cim del Montgó es va transformar, com a conseqüència d'uns treballs forçats i, fins a la primavera de l'any següent, esdevingué un dels escenaris de l'apassionant aventura científica: la prolongació del meridià de París fins a les illes Balears.

El metre, com a la deu milionèsima part del quadrant del meridià terrestre, s'aprovà oficialment el 22 de juny de 1799, després del treball de medició del meridià que passa per París entre Dunkerque i Barcelona. Els astrònoms francesos **Jean Baptiste Delambre** i **Pierre Méchain** foren els encarregats per l'Assemblea Nacional francesa. Després de l'autorització de la corona espanyola, iniciaren els treballs l'estiu de 1792. Méchain, dugué a terme els amidaments a la zona meridional, des de Rodez, Carcassona, Perpinyà, els Pirineus fins les terres catalanes. Les operacions s'allargaren en el temps, vora set anys; primer, degut a l'ambient revolucionari a França, posteriorment a la guerra amb Espanya on el retingueren presoner a Catalunya. Allí va patir un accident que el postrà en el llit durant cinc mesos i, li immobilitzà el braç quasi de per vida. A pesar de les hostilitats entre el regne d'Espanya i la França revolucionària, Méchain, va disposar sempre de la col·laboració científica espanyola: el marí **José González**, astrònom i capità de la marina de sa majestat **Carles IV**, i dos matemàtics civils, **José Chaix**, vicedirector de l'observatori de Madrid, i **Juan Peñalver**. Col·laboració que d'un primer moment sol·licitava l'allargament de les mesures fins a les Balears, qüestió que també era del grat de Méchain. Aquest va rebre a l'octubre de 1792 l'autorització de París per allargar els amidaments fins a Mallorca. A les acaballes de l'any, Méchain va observar des del Montjuïc els fanal que González i Chaix havien encès al Puig Major, a Mallorca, però els instruments d'òptica, les ulleres dels cercles de **Borda**, no permeteren la medició i, per tant la prolongació no es va produir en aquella primera expedició.

Finalitzades les operacions de mesura del tram del meridià entre Dunkerque i Barcelona, amb paternitat francesa, si es volia donar al nou sistema de mesures el caràcter universal, dissenyat per l'empenta revolucionària, els resultats s'havien d'obrir a la resta de les nacions. Així, l'any 1799 s'organitzà un congrés científic in-

ternacional. Eixos debats de comprovació i càlculs es realitzaren a París per comissionats de quasi tot el món matemàtic de l'època. El regne d'Espanya envià a **Gabriel Císcar** i **Agustín de Pedrayes**. Es posà de manifest, de nou, la necessitat d'allargar les mesures fins a les Balears com a conseqüència del decreixement de la mesura dels graus del meridià envers l'equador, i tornaren a sorgir els dubtes de l'aplanament de la Terra.

Després de la conferència del metre, Méchain va esdevindre l'astrònom de moda a París. Va ser nomenat director de l'Observatori de París i administrador del Bureau des longitudes. Pel setembre de 1802, demanà autorització, ara al Primer Cònsol, **Napoleó**, per realitzar una segona expedició amb el propòsit d'allargar les mesures de l'arc del meridià. A l'escrit de sol·licitud, Méchain manifestava:

L'arc del meridià comprés entre Dunkerque i Barcelona, que va ser amidat d'acord amb el decret de l'Assemblea Nacional per a deduir-ne la grandària del quart del meridià, la deumilionèsima part del qual és el metre, o unitat de mida lineal, és de 9°, 40 minuts, dos terços. Si els dos extrems d'aquest arc s'hagueren trobat a igual distància del pol i de l'equador, s'hauria pogut saber directament la seua magnitud, la del quart del meridià el·líptic, sense tenir necessitat de conèixer la relació dels eixos. (...)

Amb tot s'havia concebut l'esperança de poder prolongar el nou arc, el que es volia mesurar, suficientment perquè fos partit en dues parts iguals pel paral·lel 45, estenent-lo fins a la part nord-oest de l'illa d'Eivissa o fins a la petita illa de Cabrera(...) des dels cims de diverses muntanyes que estan a prop de les costes d'aquesta província, entre Barcelona i Tortosa, s'albiraven distintament les muntanyes de Mallorca i d'Eivissa. En conseqüència, s'havia format la cadena dels triangles necessaris per efectuar la prolongació, però diversos obstacles i principalment el de la guerra amb Espanya es varen oposar a l'èxit d'aquesta operació.(...)

La pau general, la unió íntima d'Espanya amb França, ofereixen ara totes les facilitats per completar així una tan bella operació i la més gran que s'haja fet mai.(...) Els avantatges que se'n traurien serien:

1.- Afegir un arc de dos graus i un terç a aquell ja amidat i de portar l'arc total a 12 graus, o siga, més d'una vuitena del quart de la circumferència de la Terra

2.- Que amb aquest arc, que es troba partit en dues parts iguals pel paral·lel 45, es tindria el mitjà per a determinar la llargada del quart del meridià sense haver de conèixer exactament la relació dels eixos de la Terra, i fins i tot es faria nova llum sobre aquesta relació.

3.- Que l'illa d'Eivissa, terme meridional de





l'arc, que està més o menys al centre de l'espai de mar comprès entre les costes de Catalunya i de Barbaria, no s'hauria de témer que les observacions de latitud hi foren alterades per la desigualtat d'atracció per part de les aigües i de les terres del continent, com ha pogut passar a les observacions semblants fetes a Monjuïc

S'aconseguien els permisos de la cort de Carles IV mitjançant el seu ministre Godoy i, Méchain encetà una segona expedició per abril de 1803 acompanyat pel seu fill Augustin. Una expedició plena de contratemps i, de nou, una aventura desgraciada. En un primer moment Méchain pretenia unir el Montsià amb Mallorca i Eivissa, però l'embarcació, que el govern espanyol havia posat a la seua disposició i que l'havia de dur a les illes, primer es va endarrerir i després va ser posada en quarantena perquè hi havia la sospita que estava infectada de l'epidèmia de febres terçanes (paludisme). Méchain passà la tardor de 1803 esperant i estudiant les muntanyes de Catalunya i València. Vistes les dificultats que tindria per triangular amb les illes des del Montsià, baixà al desert de les Palmes. A les primeries de l'any següent viatjà a les illes. Des d'Eivissa, al Puig des Maçons comprovà la facilitat d'unir amb Mallorca i les muntanyes de València i en particular el Montgó. Al febrer va rebre l'autorització de Delambre, al front del Bureau des Longitudes, per emprendre aquesta nova alternativa. Per abril del 1804 es desplaçà a Dènia. Acompanyat per **Jean Morand**, cònsol francès a la ciutat. Pujaren al cim del Montgó i calcularen la seua altura, 390 toeses. Méchain s'adonà de les possibilitats del Montgó com a vèrtex del gran triangle sobre la mar (el quinzè triangle). Morand, en commemoració, va fer executar una estela, ara desapareguda. El text gravat en francès dins la pedra deia: *Morand, a la mémoire de l'astronome P.F.A. Méchain qui mesura s'élever 390 toises de la mer le mont Mongo le 3 flor an 12*. La data del calendari republicà correspon al 23 d'abril de 1804

A continuació, l'astrònom francès passà a Cullera, després al Puig i serà a l'estiu que, preparant els senyals per a les triangulacions a l'Espadà, que Méchain tingué el primer atac de febres. Havia contret el paludisme. Pel setembre empitjorà i morí a Castelló, on va ser soterrat.

**Jean Baptiste Biot** (1774-1862) a l'estiu del 1804 es trobava preparant junt amb **Louis Gay-Lussac** una expedició aerostàtica en globus, per a estudiar les propietats magnètiques de l'atmosfera terrestre. Als seus trenta anys, Biot era un astrònom i físic reconegut, assidu de l'Observatori i professor al Col·legi de França, on tenia d'alumne el matemàtic espanyol **José Rodríguez**. Per un altre costat, a la mort de Méchain, el seu fill **Augustin** havia deixat el càrrec de secretari de l'Observatori i el geòmetra **Poisson** proposà **Laplace**, president de l'entitat, cobrir la vacant amb un estudiant de l'Escola Politécnica de París, **François Arago** (1786-1853) de dènou anys, un jove alt i prim amb pretensions militars, nascut a Estagell, prop de Perpinyà, i que parlava català. Conta Arago en *Histoire de ma jeunesse*, de 1854:

Només vaig entrar en l'Observatori, em vaig convertir en el col·laborador de Biot a les investigacions sobre la refracció del gasos, encetades feia temps per Borda.

Mentre efectuàvem eixe treball, parlàvem so-

vint del cèlebre acadèmic i jo sobre l'interès que podria tenir prosseguir els treballs interromputs per la mort de Méchain. Sotmetérem el nostre projecte a Laplace, que el va rebre amb entusiasme i va fer que el govern ens confiara aquesta important missió i aportara els fons necessaris per dur-la endavant.

Aquesta darrera expedició s'inicià pel setembre 1806. Biot, Arago i el comissionat espanyol José Rodríguez, deixaren París, enmig d'un ambient prebèl·lic entre França i els aliats de Prússia. En la introducció del *Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques*, obra publicada per Biot i Arago el 1821, on podem trobar tots els amidaments, amb les dates corresponents i experiments realitzats, Biot comenta, després d'exposar els mateixos objectius i inquietuds de Méchain:

El Bureau des longitudes va voler confiar en el Sr. Arago i en mi la cura d'acabar-lo. El govern espanyol ens agregà dos comissaris, el Sr Chaix i Rodríguez; el primer, astrònom ja conegut per diversos treballs; el segon, més jove, vingut d'Espanya a França pel desig d'estudiar l'Astronomia i les matemàtiques superiors, a l'Observatori i al College de França. (...) L'emperador ordenà l'expedició i acordà lliurar tots els fons necessaris per executar-la. Espanya posà a la nostra disposició un vaixell, Anglaterra un salconduit.

El citat vaixell, El Terrible, els esperava a Dènia. El 27 de setembre, trobem la comissió en Tarragona. Arreplegaren els reverbers que Méchain havia deixat i, el 8 d'octubre ja estaven instal·lats al desert de les Palmes, on es quedarà Arago. A mitjans d'octubre es trobaven a València abans d'anar-se'n Biot i Rodríguez a Dènia per embarcar cap a Eivissa, mentre a França, Napoleó declarava la guerra continental, i ací, a casa nostra, sorgien agitacions antifranceses. En l'estada de Biot i Rodríguez a Eivissa, decideixen modificar l'antic pla de Méchain i, canvien l'estació dels Masons per la de Camp Vell. Tenien ja clars dos vèrtexs del gran triangle.

“Dos vèrtexs del nostre gran triangle estaven ja determinats, calia fixar el tercer. Méchain havia indicat que seria el pujol del cap de Cullera, que estava a dos-cents metres d'altitud i, el cim del qual no s'estava segur que s'observara des de l'illa d'Eivissa. A una jornada de l'illa, a l'oest, hi havia una altra muntanya, anomenada Montgó, tres vegades més alta, singularment reconeguda pel seu cim arrodonit, per les seues arestes tallades a pic i, sobretot, per la manera en què s'avança en la mar, a l'extremitat del cap de Sant Antoni. D'Eivissa s'aprecia el Montgó en un temps seré, així com en una xalupa al nivell de la mar i, la raó més forta devia descobrir-la des de l'alt de la muntanya. Determinat per aquestes circumstàncies no vaig dubtar a establir ací una estació.”

A Biot el trobem, de nou a Dènia a mitjans de novembre del 1806. Els reverbers de Camp Vell a Eivissa estaven preparats i dirigits per Rodríguez cap al desert de les Palmes on Arago estava instal·lat i esperant. En una carta de Biot als membres del Bureau explicava les dificultats que estava trobant eixe mes de novembre abans de retirar-se un temps a Tarragona per curar-



## A FONTS · La mesura del metre

se d'unes febrades. Eixa dificultat, sens dubte, era el Montgó. Biot i el comandant de El Terrible, **Vacaro**, havien pujat al Montgó i davant la possibilitat, decidiren definitivament instal·lar al cim l'estació del gran triangle que els mancava. Al capítol "A la recerca d'Eivissa" del llibre *El meridiana blau* **Pierre Bayart** descriu la instal·lació de l'estació al Montgó:

"Per dur-ho endavant, comptà, a més de la tripulació, amb l'empara benèvola i les relacions de Morand, que aparentment jugarà un paper important a l'hora de llogar la mà d'obra necessària, un grup de forçats, per traçar la senda i construir el refugi destinat als mariners que es quedaran per guardar els instruments.

A Montgó, ha calgut tallar una senda dins la roca, pujar els reverbers, la caseta i les tendes a força de braç, establir-los per fi al cim pedregós d'aquesta muntanya on mai, us ho asseguro, se n'havia vist abans. Varen ser necessaris, per això, més de cent homes i el mateix nombre per tallar el camí." (Biot)

Aquest treball, encara netament visible avui, va consistir, dins el lapiaz que constitueix el sòl de tota la part superior del Montgó, a suprimir les cisellades i el llaç d'esquerdes, de vegades amb una profunditat de cinquanta centímetres, que impedeixen pràcticament el pas del homes i les mules.

Les esquadres de presoners, per tant, cavaren veritablement, sobre una amplada de prop d'un metre, un camí que trenca la multitud d'estretes arestes rocoses de què està constituït el sòl.

El *Recueil d'observations géodésiques* diu que les primeres observacions del senyal del Montgó des del Desert de les Palmes foren vistes per Arago la nit del 28 de novembre. Eixa mateixa nit s'amida l'angle Montgó-Espadà on es trobava Chaix. Destriem del munt d'observacions i angles que componen el Recueil un paràgraf referit al Montgó:

"El Montgó (...) domina així totes les parts sobre la mar, fent-se notar des de la llunyania pel navegants. Aquesta estació, en la qual descobrim lliurement tot el regne de València al costat nord, i a l'est les illes d'Eivissa i Formentera, ens ha aplegat a ser necessària per poder entendre la cadena dels nostres triangles.

Però no sense una gran esforç es van poder establir ací els reverbers i les tendes. Ha estat necessari excavar un camí en la roca per dur els instruments fins al cim del mamelló que nosaltres havíem escollit. No va ser fins un temps després, quan coneixíem millor la muntanya, que hem descobert un altre camí més còmode, seguint el pendent d'un barranc. Els mariners que passaren l'hivern en aquesta estació per mantenir els reverbers i dirigir-los cap al Desert de les Palmes degueren patir molt els rigors de l'estació, les neus i, sobretot, els cops de vent horrorosos als qual aquest pic aïllat i àrid està contínuament exposat."

Al monestir del Desert de les Palmes Arago continuava esperant poder veure la llum del reverber de Camp Vell, a Eivissa, fet que no es produiria fins la nit del 4 de desembre.

A les nits posteriors l'angle Montgó-Camp Vell serà amidat més de vint vegades per Arago. Biot està convalescent i no apareixerà de nou fins al dia 24 de desembre. L'endemà inscriuran el valor

de l'angle 42°5'36".

A primers de febrer, ja estaven al 1807, José Rodríguez tenia dirigits cap al Montgó els reverbers de Camp Vell, a Eivissa i els de la Mola de Formentera. Al llarg del mes de febrer, Biot, Arago, Chaix i el cercle de Borda, dalt el cap gros del Montgó, s'ocuparen d'amidar els cinc angles del nostre vèrtex. L'angle entre el Desert de les Palmes i Camp Vell va ser mesurat vint vegades la nit del 9 de febrer, vint-i-quatre la nit del 10 i vint l'onze de febrer. Amb la mitjana aritmètica de les seixanta-quatre observacions obtingueren un angle de 78°3'54"684 que, en afegir-li la reducció a l'horitzó i la correcció de l'excentricitat de la ullera, resultà 78°4'10"088 que es donà per definitiu.

L'1 de març, Biot i Arago embarquen cap a Eivissa. Allí trobaran de nou Rodríguez, i al llarg del mes mesuraran els angles des de Camp Vell. L'angle Desert-Montgó serà amidat en 74 observacions, i donarà un valor definitiu de 59°50'53"949. El 4 d'abril Biot informa a Delambre "*La mesure du grand triangle est complètement finie*". Per primera vegada es mesurava un gran triangle geodèsic sobre la mar.

A Biot el tornem a trobar a Dènia el 3 de maig a punt de partir a París i no tornarà fins al novembre. Mentrestant, Arago, Chaix i Rodríguez desenrotllaran una gran activitat en les costes valencianes al llarg de l'estiu del 1807, triangulant des del Desert de les Palmes fins al Montjuïc. A final de setembre es llig una carta de Chaix al *Bureau des Longitudes* en la qual s'anuncia que les triangulacions han finalitzat.

Pel novembre l'expedició reprén novament els treballs a Eivissa, els mancava mesurar la latitud i la longitud del pèndol que bat segons a Formentera, mesurar un nou triangle amb l'illa de Cabrera i Cullera per mesurar tres graus sobre el paral·lel i finalment mesurar una base a Mallorca.

A finals d'any les tropes franceses entren a Espanya amb l'excusa de la invasió de Portugal, ocupen algunes ciutats espanyoles del nord peninsular enmig de la desconfiança de llurs ciutadans. L'ambient comença a complicar-se i Biot inicià el retorn a França a principis del nou any, 1808, però no sense passar abans l'última península.

En la travessia d'Eivissa a Dènia, el xabec on viatjava va ser assaltat per la pirateria. A primers de febrer Biot escriu des de Dènia:

"Vaig estar apartat per una curta quarantena que va ser necessari fer a Dènia en un vell castell en roïnes, en altre temps la residència dels ducs de Medinaceli en l'època del seu esplendor, per cert, d'aquesta antiga grandesa no quedava cap altra senyal més que una vella estàtua del guerrer allargada sobre l'herba, que em servia de pupitre per escriure als meus amics."

Per contra Arago passarà a Mallorca per finalitzar les mesures del dissetè triangle. Pel març esclatarà el motí d'Aranjuez, la destitució de **Godoy** i l'alliberament de **Jovellanos**, tancat a Palma. L'astrònom francès és considerat un espia i és empresonat al castell de Bellver on tem per la seua vida. Amb l'ajuda de Rodríguez, aconsegueix escapar i passar a l'Alger. Després d'un any d'aventures aconseguirà retornar a França, com escriví un vell i decrepit Arago al final de la seua vida a *Histoire de ma jeunesse*.



# L'acceptació del Sistema Mètric Decimal a Espanya: l'aportació de Gabriel Ciscar

Francisco Savall

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

**G**abriel Ciscar i Ciscar (Oliva, 1769 – Gibraltar, 1829) va presidir la comissió que representava a Espanya en les reunions de l'Institut Nacional francès que s'havien convocat en París, el 1798, amb la intenció d'unificar els pesos i mesures. Aquestes reunions acabarien en l'adopció del sistema mètric decimal per part de França, que convidaria a la resta de països a prendre la mateixa decisió. Convençut de la necessitat d'unificar els sistemes de mesures, Ciscar va publicar en 1800 un informe titulat *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza*, en el qual presentava el nou sistema mètric fonamentat en la naturalesa, en defenia la instauració en Espanya, indicava com difondre'l i eixia al pas de possibles objeccions.

Per a les persones que no hem conegut un altre sistema de mesures, ens costa imaginar la transcendència i dificultat d'aquesta decisió, que no pasà desapercibuda per a Ciscar. I és que a principis del segle XIX «*los patrones o modelos primarios de las medidas acreditadas en España ¿Qué cosa son más que unos monumentos de la barbarie e ignorancia del siglo en que fueran construidos? La famosa vara de Burgos está torcida [...]*». Quin rigor podem trobar en mesurar longituds prenent com a referència una vara torta? I no només això, sinó que hi convivia diverses vares (la vara de Burgos, la de València, la d'Aragó, la de Santiago...), totes elles diferents en longitud i en pèssim estat de conservació. Per a les mesures de superfície, pes o volum la situació era similar. Fins i tot una mateixa unitat podia tindre valors diferents en funció de l'objecte a què s'aplicara. Així, un quartillo de vi i un de llet no ocupen el mateix volum ni tenen el mateix pes. La situació en altres països era similar, motiu pel qual no és d'estranyar que «*Estaban generalmente reconocidas las grandes ventajas que resultarían al comercio de la adopción de una medida y peso universales, constantes e invariables. La Francia acaba de recibirlos, dando en esto un ejemplo digno de ser imitado por todas las naciones que han sido convidadas para tener parte en su determinación*».

Encara que la iniciativa en l'adopció del nou sistema mètric és francesa, Ciscar reitera nombroses vegades que les noves mesures estan fonamentades en la naturalesa, tot recordant que «*La naturaleza y no la Francia es la que nos la presenta*». Tanmateix, des d'un principi proposa adaptar els noms de les unitats als que ja estan en ús, en lloc d'adoptar els noms francesos, evitant així la confusió de la gent: «*La base del nuevo sistema métrico, adoptado por la Francia, es el metro, que nosotros llamaremos vara decimal o medidera. La longitud*



Monument a Gabriel Ciscar que la família li dedicà en el primer centenari de la seua mort.  
Plaça Casa d'Alonso d'Oliva.

*de la medida lineal es la diezmilionesima parte de la distancia de la equinoccial al polo, medida sobre la superficie de la Tierra*», escriu. A la unitat de superfície l'anomena unada, a la de volum azumbre decimal o unal i a la de pes libra decimal, en lloc d'adoptar el àrea (per a la superfície), el litre o el grama (per al pes), com havien fet els francesos.

Però l'adopció d'un nou sistema de mesures dependrà d'alguna cosa més que dels noms emprats. La facilitat d'ús n'és fonamental. Per això Ciscar dedica una part important de la seua obra a mostrar la senzillesa del nou sistema mètric: presenta amb detall per a cada unitat el sistema de múltiples i submúltiples, relaciona cada unitat del sistema decimal amb la usada a Espanya («*La medidera o vara decimal estará a la de Burgos como*



## A FONS · La mesura del metre

1000000:835905,8”), mostra la facilitat amb què es fan càlculs, es converteixen unitats als respectius múltiples i submúltiples i es relacionen magnituds (com longitud i superfície o massa i volum, usant l'aigua com a patró en aquest darrer cas).

Per si la presentació del nou sistema mètric no fóra suficientment convincent, Ciscar aporta tota una sèrie de motius addicionals que justificarien l'adopció. Així, fa referència a aspectes aplicats, com la simplificació del treball del geògraf i del navegant o que facilita el comerç i les arts, i també a aspectes tècnics, tot apuntat que els nous patrons són invariables en tant que es fonamenten en la naturalesa o que permeten establir relacions senzilles entre múltiples i submúltiples.

Tracta, a més, d'eixir al pas d'arguments opositors, dos dels quals es repeteixen en diverses parts de l'obra. Un d'ells és l'argument nacionalista, del qual ja n'hem parlat. Per eixir-ne al pas, a més del caràcter «natural» del nou sistema, també esgrimeix que Espanya ha jugat un paper destacat en l'establiment del nou sistema mètric decimal, tot recordant les mesures de l'arc de meridià que es van fer en territori espanyol amb el suport de la corona i la participació espanyola (Jorge Juan i Antonio de Ulloa) en la mesura de l'arc de l'equador feta al Perú.

L'altre argument fa referència a les actituds de les classe socials més baixes, de les quals critica la «repugnància del poble ignorant a les modificacions» i apunta que, lluny d'una dificultat, el nou sistema hauria d'unificar els diferents patrons que

s'usen en cada província i que creen recel entre elles. Proposa, a més, una estratègia d'implantació: els primers a emprar el nou sistema haurien de ser els facultatius, posteriorment l'haurien d'adoptar els governs i caps de partit, que s'encarregarien de difondre'l entre els pobles. Seguidament, s'hauria d'instaurar en les duanes i oficines reials i finalment en les escriptures i contractes. Alhora, les distàncies entre municipis s'haurien de mostrar en llegües o milles decimals. Suggereix, tanmateix, que «la classe més ignorante» podrà mantindre el costum de demanar quantitats «por mitades, quartas y medias quartas», com és costum.

Finalment, s'avança a un eventual rebuig del nou sistema mètric, i aconsella que si a Espanya no s'adopta caldrà elaborar almenys els prototips de les mesures espanyoles. I si s'arribara a aquest extrem, recomana acurtar la vara de Burgos per facilitar la conversió entre les unitats espanyoles i les naturals, força complexa amb l'actual sistema, com deixa ben clar en les respectives taules de conversió.

El treball de Ciscar resulta, des de la perspectiva actual, senzill d'entendre, completament lògic, inqüestionable. Però ens ofereix una bona perspectiva per fer-nos una idea de la complexitat anterior al sistema mètric decimal i de la transcendència que ha tingut la decisió de canviar-lo, no només pel que fa al comerç, sinó en altres camps com la navegació, l'establiment de límits locals, regionals o estatals o la investigació científica, per posar només alguns exemples.



*Més de 120 Supermercats*





INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

# 2015 Any internacional de la llum

actualitat

Francisco Savall.

Professor de Física i Química · IES Número 1 · Xàbia

**E**l 20 de desembre de 2013 la resolució 68/221 de l'Assemblea General de les Nacions Unides proclamava l'any 2015 com l'Any Internacional de la Llum i de les Tecnologies basades en la Llum. Amb aquesta resolució, l'ONU reconeix "la importància de la llum i de les tecnologies basades en la llum per a la vida dels ciutadans del món i per al desenvolupament futur de la societat mundial en molts nivells". És ben cert que la llum juga un paper fonamental en les nostres vides. Un repàs mental ràpid dels nostres hàbits permet identificar en poc temps alguns dels nombrosos usos que fem a diari de la llum i de les tecnologies que basades en ella.

Però, tot i que aquesta reflexió ràpida pot semblar suficient per justificar la proclamació d'un any internacional de la llum, l'ONU ha volgut anar més enllà i prendre en consideració no només els aspectes més quotidians. És així que l'ONU també considera "que les aplicacions de la ciència i la tecnologia de la llum són essencials per als avanços futurs i els ja assolits en els camps de la medicina, l'energia, la informació i les comunicacions, la fibra òptica, l'agricultura, la mineria, l'astronomia, l'arquitectura, l'arqueologia, l'oci, l'art i la cultura, entre d'altres, així com en molts sectors industrials i de serveis [...]". En la decisió s'han tingut en compte també alguns fets històrics que, per ser desconeguts per al gran públic, no deixen de ser menys importants i justifiquen la data de 2015.

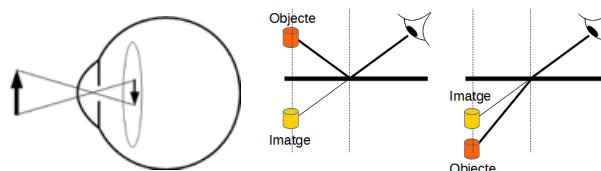
## I per què en 2015?

En aquest any han coincidit diversos aniversaris d'una sèrie d'avanços fonamentals en la història de la ciència de la llum: els treballs sobre l'òptica de Al-Haytham (més conegut com Alhazén) de 1015, la noció del caràcter ondulatori de la llum proposada per Fresnel en 1815, la teoria electromagnètica de propagació de la llum formulada per J. C. Maxwell en 1865, la teoria d'Albert Einstein de l'efecte fotoelèctric en 1905 i de la incorporació de la llum en la cosmologia mitjançant la relativitat general en 1915, el descobriment del fons de microones del cosmos per A. Penzias i R. Wilson i els èxits assolits per C. Kao en la transmissió de llum per fibres per a la comunicació òptica, ambdós en 1965.

L'efemèride deixa fora molts científics i treballs que van ser fonamentals per a la comprensió de la llum, com els treballs sobre la visió de J. Kepler, la publicació del «Opticks» d'Isaac Newton o les aportacions experimentals de T. Young o de H. R. Hertz, per posar només alguns exemples. Tanmateix, la tria és suficient perquè hom es pugui fer una idea de la complexitat de l'estudi de la llum, que ha incidit en l'evolució de la ciència durant més de 1000 anys. Fem-ne una revisió, tot i que siga breu, dels fets històrics escollits per l'ONU.

## Alhazén: els raigs de llum i la visió

Tot i que les aportacions que va fer no són correctes des del punt de vista de les concepcions actuals sobre la llum i la visió, se'l considera el pare de l'òptica pels seus experiments sobre la reflexió i la refracció, les lents i els espills. Alhazén (965?-1040) va concebre la llum com una entitat independent de la font emissora de llum, dels objectes i de l'ull. Això trencava amb les concepcions dels filòsofs grecs, que havien considerat que la llum eixia dels ulls i interaccionava amb els objectes, permetent així la visió (de manera similar a quan la mà entra en contacte amb un objecte i així percebem el seu tacte), o que dels objectes emanaven imatges que solcaven l'espai i entraven en els ulls o s'adherien als espills. Per Alhazén, cada punt d'un objecte emet un raig de llum que penetra en l'ull i forma sobre el cristal·lí una imatge del punt del qual procedeix. Així, la suma de les imatges de tots els punts reproduïx la imatge completa de l'objecte que s'observa. Seguint aquest model, va explicar la visió d'objectes en espills i també la visió d'objectes submergits, tot establint una relació de proporcionalitat entre l'angle d'incidència i el de refracció.



La imatge de l'esquerra mostra com es forma en el cristal·lí la imatge d'un objecte, d'acord amb Alhazén. La imatge central representa la reflexió: un raig de llum ix de cada punt de l'objecte, es reflecteix amb un angle igual al d'incidència en arribar a la superfície de separació entre dos medis materials i arriba a l'ull. La imatge s'observa en l'interior del segon medi, però per determinar la seua posició cal afegir una línia auxiliar, la línia vertical que uneix objecte i imatge. D'una manera similar Alhazén explicava la refracció (imatge dreta).

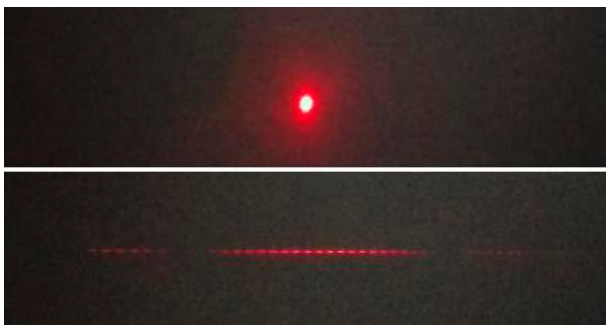
Com ja hem indicat, les seues explicacions presentaven diverses mancances. A tall d'exemple, amb un sol raig no es pot indicar la posició en què s'observa una imatge, dificultat que superava afegint unes línies auxiliars que ajudaven a obtenir el resultat observat experimentalment. Tanmateix, van obrir el camí que permetria, segles després, construir objectes òptics complexos com telescopis o microscopis.



## Fresnel: la llum està formada per ones

Que la visió, la reflexió o la refracció s'expliquen, almenys en els casos senzills, considerant que la llum està formada per raigs, no aclareix un altre aspecte fonamental: Quina és la naturalesa de la llum? La llum és matèria? A principis del segle XVIII es va imposar la teoria corpuscular de la llum defensada per Newton, que considera que la llum està formada per partícules materials, concepció que va gaudir del recolzament de la major part dels científics de l'època. Però aquest recolzament estava basat, fonamentalment, en el prestigi de la figura de Newton, que la va defensar de manera menys dogmàtica que els seus deixebles. Un altre exemple de la concepció materialista de la llum el trobem en el món de la química, en A. M. Lavoisier, considerat el primer químic modern, que la va incloure en la seua classificació dels elements (que també incloïa l'èter).

A partir de 1820 aquesta concepció corpuscular es va veure fortament qüestionada. Thomas Young va portar a terme l'experiència d'interferència de la doble esclatxa, en què feia passar llum a través de dos orificis pròxims tot observant la imatge que es produïa sobre una pantalla. Si la llum estiguera formada per partícules, la imatge consistiria en dos franges de llum, corresponents a les partícules que passen per cadascuna de les esclatxes. Però el que s'observa és completament diferent: unes línies lluminoses separades per zones completament fosques. Aquest resultat és fàcil d'interpretar si es considera la llum com una ona.



En la part superior s'observa un punter làser en incidir sobre una pantalla. En la part inferior s'observa la llum del mateix punter en incidir sobre la pantalla quan s'ha posat una doble esclatxa: hi ha unes zones il·luminades separades per unes altres completament fosques.

A. Fresnel (1788-1827) va fer una aportació similar a la de Young. Fresnel va acceptar el repte de S. Poisson, partidari de la concepció corpuscular de la radiació, que havia deduït, fent ús de les equacions de les ones, que si es posa un disc xicotet en el recorregut d'un feix lluminós s'hauria d'observar en una pantalla situada darrere del disc un punt lluminós en el centre de l'ombra del disc, com a conseqüència de l'efecte de difracció del cantó del disc sobre les ones lluminoses. Evidentment, Poisson esperava que el punt lluminós no s'observara, però quan Fresnel va portar a terme l'experiment s'hi va poder observar el punt lluminós en el centre de l'ombra.



S'observa una zona lluminosa en el centre de l'ombra d'una moneda.

Ambdues experiències obren un camí que es consolidaria durant el segle XIX, al qual James Clerk Maxwell faria una altra aportació cabdal.

## Maxwell: les vibracions del camp electromagnètic i la llum

La contribució més destacada de James Clerk Maxwell (1831-1879) no té els seus orígens en fenòmens relacionats amb la llum, sinó amb els efectes dels corrents elèctrics i dels imants. Des de principis del segle XIX diversos científics havien fet contribucions fonamentals en l'estudi de l'electricitat i el magnetisme: Hans Christian Oersted havia comprovat que un corrent elèctric produeix un efecte magnètic capaç de canviar la direcció en què apunta una brúixola pròxima, André-Marie Ampère havia constatat que dos corrents elèctrics podien interactuar mútuament i que aquesta interacció era la mateixa que produïa un imant, Michael Faraday havia aconseguit produir un corrent elèctric a partir d'una acció magnètica i també havia comprovat que en fer passar un corrent elèctric a través d'una bobina es generava en una altra bobina pròxima un corrent elèctric durant un breu període de temps.

La contribució de Maxwell, que el converteix en un dels científics més importants de la història, va ser la unificació de totes les contribucions sobre l'electricitat i el magnetisme, que va anomenar «equacions generals del camp electromagnètic».

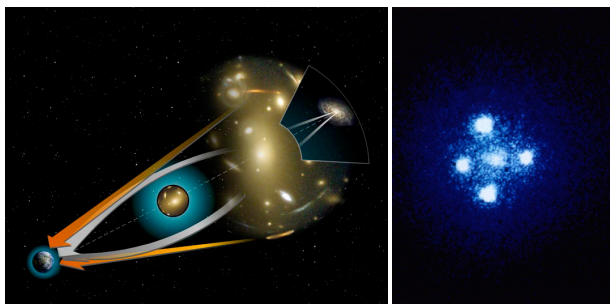
I quina relació té l'electricitat i el magnetisme amb la llum? Maxwell va anar més enllà, i va demostrar que les equacions es podien combinar per arribar a l'equació d'una ona que es propaga a la velocitat de la llum. Arribat a aquest punt, va ser inevitable pensar que la llum no era més que una ona electromagnètica, vibracions d'un camp electromagnètic similar al que permet l'acció dels imants o el flux d'electricitat a través dels cables de coure. Va ser Hertz qui va produir i detectar ones electromagnètiques per primera vegada en 1888, confirmant així la teoria i les prediccions de Maxwell.

## Einstein: el replantejament de tot plegat

Albert Einstein (1879-1955) és, sens dubte, la figura més mediàtica de totes les ací exposades. El seu treball no va destacar precisament per donar suport a les concepcions sobre la llum que hem comentat, sinó per trencar amb elles. En 1905 introdueix, a tall d'hipòtesis, la possibilitat que la llum es propague en forma de paquets d'energia indivisibles, una imatge que recorda (tot i que és profundament diferent!) a la teoria corpuscular de Newton i que acabaria portant a l'establiment de la física quàntica. No dedicarem més a aquesta polèmica, ja que vam parlar d'ella, de manera extensa, en Dau al Deu número 4.



L'aportació de 1915 és radicalment diferent, i la fa en el marc de la nova teoria general de la relativitat. Tractarem d'explicar el trencament que introdueix a través d'algunes analogies. Tots sabem que si llancem un objecte cap amunt, en direcció vertical, aquest objecte cada vegada es mourà més lentament, fins parar-se i tornar a caure a terra. En canvi, si llancem un feix de llum cap amunt, en vertical, s'allunyarà de nosaltres a la velocitat de la llum, no frenarà. De fet, la llum ens arriba del Sol sempre a la mateixa velocitat, no va frenant a mesura que s'allunya d'ell com a conseqüència de la intensa atracció gravitatòria de l'astre rei. Fins ací tot «és normal», la gravetat no afecta a la llum perquè la llum no és matèria. També sabem que si llancem un objecte en horitzontal caurà cap a terra descrivint una trajectòria corba, en forma de paràbola. Així mateix, la Terra atrau la Lluna i el Sol atrau els planetes, tot corbant les trajectòries i fent que es moguen seguint camins el·líptics. I la llum? Cal esperar que es propague en línia recta tot i trobar-se a prop d'un astre amb una forta atracció gravitatòria, en tant que no té caràcter material. Però la relativitat general d'Einstein postula que no és així, i que els raigs de llum es corbaran de manera apreciable en passar a prop d'un astre massiu. I així es va comprovar que ocorria aprofitant l'eclipsi de Sol del 29 de maig de 1919, durant el qual es va constatar que la posició en què s'observaven els estels pròxims al disc solar canviava lleugerament, efecte que concordava amb la predicció feta en la teoria de la relativitat per a la curvatura que produeix el Sol sobre la trajectòria dels raigs de llum en passar a prop seu



La imatge esquerra és una representació artística de la curvatura dels raigs de llum procedents de galàxies llunyanes (fletxes blanques) produïda per un cúmul de galàxies més pròxim a la Terra. Com a conseqüència, les galàxies llunyanes es veuen en una posició desplaçada, com si els raigs arribaren en línia recta (fletxes roges). A la dreta observem aquest fenomen en una imatge captada pel Hubble (NASA).

Aquesta teoria, i la confirmació experimental, van tindre un gran impacte sobre la concepció de la llum i de l'univers. Per una banda, la llum, tot i no ser matèria, pot interaccionar gravitatòriament, però sense modificar el valor absolut de la seua velocitat, és a dir, sempre es mourà a la velocitat de la llum, la gravetat només pot corbar la trajectòria. Per una altra banda, i d'acord amb les lleis de la física, el camí seguit per la llum entre dos punts en l'espai és sempre el més curt. Per tant, hem de concloure que el camí corbat que segueix la llum en passar a

prop d'un astre massiu és el més curt, per anar d'un punt a un altre! De segur que heu sentit dir, alguna vegada, que els objectes massius produeixen curvatures en l'espai-temps, el «deformen», «estiren» o «comprimeixen». Aquestes «deformacions» són les responsables del lent pas del temps o de les imatges deformades dels astres i les naus espacials que observen els astronautes durant els seus viatges en algunes pel·lícules de ciència ficció (que no sempre aporten una visió correcta des del punt de vista científic).

### Penzias i Wilson: el soroll del Big Bang

La història d'Arno A. Penzias (nascut el 1933) i Robert W. Wilson (nascut el 1936) res té a veure amb la naturalesa de la llum, sinó amb la història de l'univers. Comença quan la Bell Company els autoritzà, en 1964, a usar una gran antena de telecomunicacions per estudiar la Via Làctia. Aquesta antena havia estat construïda per l'enginyer Karl Jansky durant els anys 30 amb el propòsit d'investigar d'on procedia el soroll electromagnètic que interferia en les comunicacions intercontinentals. Jansky va arribar a la conclusió que part d'aquest soroll s'originava en l'atmosfera, però que una altra part s'originava en el centre de la Via Làctia. Penzias i Wilson van trobar que l'antena, a més dels senyals procedents del centre de la Via Làctia, també enregistra un soroll que era independent de la direcció en què s'apuntava, és a dir, semblava que venia de tot l'univers. No va ser fàcil trobar una explicació de l'existència d'aquest soroll, i més en una època en la que no existia un consens general sobre l'origen de l'univers. Actualment sabem que l'univers s'expandeix, i això implica que, originalment, les seues dimensions eren molt menors. També acceptem que va ser una gran explosió la que va engegar l'expansió, i va produir una enorme quantitat d'energia. Eixa energia emanava de tots els llocs de l'univers original, en totes direccions, com ocorre en qualsevol explosió que puguem observar a prop nostre, en la nostra vida quotidiana. A mesura que l'univers s'ha expandit, aquesta energia també ha anat difonent-se, fent-se més tènue, però continua present i procedeix de tots els punts de l'espai. Aquest és el soroll que van detectar Penzias i Wilson, i que els va valdre el premi Nobel de Física de 1978. Conegut actualment amb el nom de radiació còsmica de fons, s'investiga en gran profunditat des de fa diverses dècades, tot intentant aprofitar-la per descobrir en ella informació sobre l'estructura de l'univers primordial.

### I en l'aspecte aplicat...

La dimensió aplicada de la llum és, de segur, molt més coneguda i va més enllà de la il·luminació. Un exemple és la fibra òptica. Des de la popularització d'Internet no hem deixat de sentir parlar d'aquest invent de 1965, un «cable» no metàl·lic que transmet la informació a gran velocitat. Per fer-ho, no fa ús d'electricitat sinó de pulsacions de llum, que es transmeten d'un extrem a un altre en cables de molts quilòmetres de distància. Aquesta aportació és de Charles Kuen Kao, i li va valdre el premi Nobel de Física el 2009.

# Com mesurar el so de manera casolana

## El tub de Quincke

ANDREA ROMERE SANTAMARÍA

2n BAT · IES Núm. 1 · Xàbia

**El dia 30 d'abril**, els alumnes de 1r Batxillerat de Ciències de l'IES número 1 de Xàbia, Cristofer Calzada Reales, Arthur Willy Knegtel, Héctor Cruaños Andrés i Andrea Romere Santamaría vam aconseguir la primera menció d'honor a la X Fira Experimenta, un concurs on els participants (estudiants d'ESO, batxillerat i cicles formatius de grau mitjà) poden concebre un projecte experimental o tecnològic que pose de manifest algun principi físic o la seua aplicació i exposar-lo. Nosaltres vam participar amb el projecte de "El Tub de Quincke".

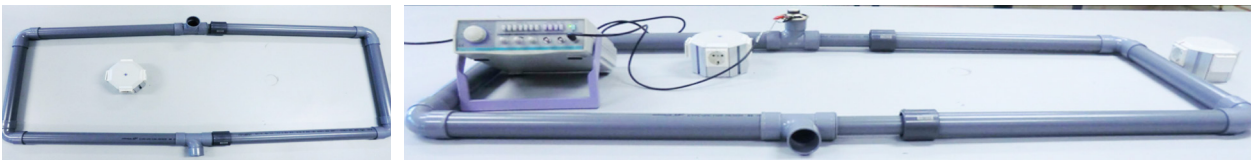
L'objectiu de la nostra investigació era mesurar la velocitat del so. Per a això, històricament s'han proposat diversos mètodes. Fem una breu revisió d'alguns d'ells:

Fa diversos segles era senzill observar que durant una tempesta es veia molt abans caure el llamp que s'escoltava el tro (a causa de la gran diferència existent entre les velocitats de la llum i del so). El que no era tan senzill era determinar amb precisió la velocitat del so. Si bé en aquest cas es podia fer una bona aproximació, les aproximacions no eren massa fiables i no posseïen instruments tan precisos com els de hui en dia.

Va ser Marin Mersenne, un matemàtic francès, qui a principis del segle XVII va obtenir la primera mesura fiable de la velocitat del so, i ho va fer aprofitant-se de l'eco per mesurar el temps que tardava el so en recórrer una distància coneguda. El seu mètode li va permetre establir una velocitat per al so que s'allunyava únicament un 10% del valor correcte.

El 1864, el físic francès Henri-Victor Regnault va dissenyar un aparell per a dur a terme la primera mesura automàtica de la velocitat del so; un aparell giratori revestit de paper amb una ploma que tenia una connexió elèctrica que provocava que pogués canviar de posició en funció de si rebia corrent (la ploma s'acostava al paper) o no (la ploma s'allunyava del paper). Amb aquest aparell, Regnault va aconseguir "visualitzar les vibracions" i, amb això, la primera bona aproximació a la velocitat del so. Es va allunyar tan sols en un 3% de la velocitat real.

A dia de hui, i gràcies a altres sistemes més complexos com el tub de Quincke, se la pot determinar amb



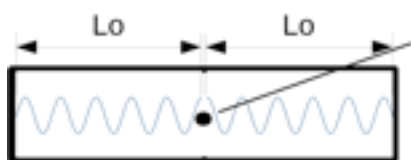
Dalt a l'esquerra, es mostra una foto del tub de Quincke. En la imatge de la dreta, s'hi ha afegit l'altaveu i la font de freqüències. S'observa que en la part davantera queda obert un forat, que és el lloc on es posa el micròfon connectat a l'oscil·loscopi.

gran precisió. Aquest és el mètode que nosaltres vam posar en pràctica.

El tub de Quincke és un dispositiu que permet mesurar la longitud de l'ona del so que el travessa. Nosaltres el vam construir amb tubs de PVC: dos tubs en forma d'U acoblats de manera que es pot moure l'estructura augmentant o reduint la longitud de tota la conducció, com s'observa a la figura. Aquesta estructura disposa de dos forats oposats entre si; en un dels forats es posa un altaveu connectat a una font de corrent altern amb selecció de freqüències (visible en la imatge), i en l'altre forat es posa un micròfon connectat a un oscil·loscopi (a la figura aquest forat està obert, a la part davantera).

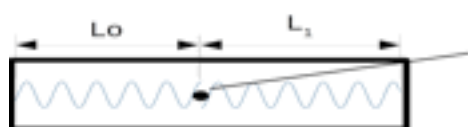
El so, en forma d'ones, recorre cada un dels braços del tub de Quincke i interfereixen en el seu interior. Amb això vam poder registrar diverses interferències en el micròfon:

Si els dos braços tenen la mateixa longitud, les dues ones procedents de cada braç del tub arribaran en fase, ja que hauran completat el mateix nombre de cicles en travessar cada braç. Per tant, es produirà una interferència constructiva i es detectarà un màxim d'intensitat (quan més se sent).



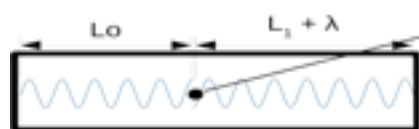
Micròfon: Les dues ones recorren camins igual de llargs. Fan el mateix nombre de cicles. Arriben en fase i interfereixen constructivament.





Microfon: Quan allarguem un dels braços les dues ones recorren camins de diferent longitud. Si la diferència de camins és de mig cicle, les ones arriben en oposició de fase, la interferència és destructiva.

A mesura que s'allarga un dels braços van succeint-se interferències constructives i destructives. Mesurant la distància que cal allargar el tub per aconseguir dues configuracions d'interferència destructiva consecutives (quan el so disminueix, augmenta i torna a disminuir) obtenim el valor de la longitud d'ona.



Microfon: Si seguim allargant el braç del tub, quan la llargària augmenta en una longitud d'ona tornarem a enregistrar una interferència destructiva.

Per aconseguir la primera interferència destructiva s'han hagut de separar els braços 5,0 cm i per a la segona 13,7 cm. Una vegada hem obtingut les dues longituds, fem una diferència i multipliquem per dos (ja que el tub té dos braços i cada un s'ha allargat aquesta distància); això serà la longitud d'ona del so, i amb l'equació de la velocitat podrem calcular la velocitat del so. Per tant, cada braç del tub s'ha allargat 8,7 cm i, en total, el tub s'ha allargat 17,4 cm (0,174 m). Aquesta és la longitud d'ona del so. Si tenim en compte que hem usat una longitud d'ona de 2000Hz, podem calcular la velocitat del so i obtenim:

$$V = \lambda \cdot v = 0,174 \cdot 2000 = 340 \text{ m/s}$$

Hem de dir que l'experiència funciona correctament per al rang de 1000 Hz a 2000 Hz. Per sota tenim moltes dificultats per detectar les interferències destructives i per dalt l'oscil·loscopi registra variacions aleatòries en la freqüència que hem atribuït a un mal funcionament del generador de corrent fora d'aquest rang.

Gràcies a aquest experiment vam poder demostrar que, amb uns simples tubs i de manera senzilla, es pot calcular la velocitat del so, cosa que durant segles ha sigut tot un repte per a molts científics.



## No tot és plàstic als mòbils

CARMEN BOLUFER

2n BAT · IES A. Lidó · Xàbia

**Els mòbils no sols són plàstic i vidre.** També contenen xicotetes quantitats d'altres elements químics (generalment metalls) que es troben en quantitats petites en la naturalesa i que hauríem de recuperar i reutilitzar, tant per aquesta escassetat com per evitar la contaminació del medi. Els metalls contribueixen d'una manera important a les diverses aplicacions dels mòbils actuals.

Si observem un mòbil veurem alguns metalls. Primer que tot, en la part externa trobem la pantalla, feta per vidre aluminosilicat, una barreja d'òxid d'alumini i diòxid de silici. També conté ions de potasi que ajuden a enfortir-la. Per a fer-la tàctil, la pantalla conté una capa transparent d'òxid d'indi perquè condueixca l'electricitat. Aquesta és la major utilització de l'indi. Per ajudar a produir el color en la pantalla s'utilitzen els elements dels grups dels lantànids. Alguns d'estos compostos també s'utilitzen per ajudar a reduir la penetració de la llum a l'interior del mòbil.

En la part interna trobem les bateries d'ions liti, formades per òxids de cobalt i de liti que actuen com a elèctrode positiu, i de grafit (carbó) que actua com a elèctrode negatiu. A vegades, altres metalls com el manganés substitueixen el cobalt. A més, la caixa de la bateria sol estar feta d'alumini.

En l'electrònica del mòbil els elements utilitzats són el coure, el tàntal, el níquel, el silici i l'estany. El coure, acompanyat d'or i plata, està en el cablejat i

en els components microelectrònics. El tàntal és el principal component dels microcondensadors. El níquel s'utilitza en els micròfons i per a les connexions elèctriques, mentre que els aliatges dels elements de terres rares són utilitzats en imants en l'altaveu i també en el micròfon i en la part de la vibració. El silici pur s'utilitza per a fabricar el xip, el qual després de la seua oxidació, produeix regions no conductores. Finalment, l'estany i el plom estan en les soldadures antigues de les connexions electròniques, encara que en les noves, exemptes de plom, utilitzen una barreja d'estany, coure i plata.

També en la part externa, trobem la carcassa, on a vegades s'utilitza l'aliatge de magnesi, encara que moltes altres vegades estan fetes de plàstic basades en carbó. No tot es plàstic en esta part ja que aquests plàstics també inclouen components resistents al foc, com el brom, o elements per a reduir la interferència electromagnètica, com el níquel.

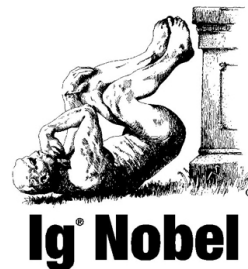
Així, després d'analitzar tots els elements químics que conté un mòbil, vegem que no tot és plàstic en els mòbils i si no fora pels metalls, aquest no tindria quasi funcions. Sols observem la part externa dels objectes, en aquest cas la pantalla i la carcassa basades en vidre i plàstic, quan en realitat, aquests materials s'utilitzen en gran part per a protegir els elements importants que conté el seu interior i que fan que funcionen, en el cas del mòbil, els metalls.



# Els Ig Nobel

## Investigacions improbables

AIXA GASQUET, VAMILA GÓMEZ, NÚRIA MUÑOZ, TATIANA RAMIS,  
AINA RODRÍGUEZ, AINA TORRENS i ARINA VAN HOUWELINGEN  
1r BAT · IES Pedreguer



Més desconeguts que els Nobels són els Ig Nobel, una paròdia americana dels Nobels que es lliuren cada any a principis d'octubre.

El nom és un joc amb la paraula Ig, que en valencià seria innoble, i el nom Nobel, per Alfred Nobel. Però, al contrari que els Razzie (els anti-oscars), aquest premi no es dona als pitjors treballs científics, sinó als més curiosos, inusuals i imaginatius que apropen la ciència al gran públic. Generalment els premis són per a investigacions que “primer fan riure a la gent, i després fan pensar”. En definitiva, premien la diversió i la hilaritat de les investigacions (principalment científiques) per damunt de tot.

Tant en els Nobels com en els Ig Nobel es premien persones que fan investigacions reals amb la finalitat de descobrir alguna cosa. Possiblement, degut al seu enfocament còmic, molta gent pensa que aquests premis no són una cosa seriosa i que sols es tracta de descobriments sense cap base científica. Però, res més lluny de la realitat, aquests descobriments són el resultat d'investigacions rigoroses basades en el mètode científic. Pot ser els aconseguen per casualitat o fent un treball molt dur. De fet, hi ha prou investigacions premiades amb els Ig Nobel que han arrancat amb projectes molt seriosos que en concloure resulten divertits. S'atorguen deu premis cada tardor en moltes categories, la majoria d'elles científiques, encara que també n'hi ha de literatura, de pau o d'economia, entre d'altres.

Mentre que en els Nobels actualment es concedeixen 8 milions de corones sueques, quantitat que correspon a 929.600 €, a més d'una medalla d'or i d'un diploma, en els Ig Nobel es prepara un 'trofeu' fet a mà i amb materials barats. Aquest trofeu varia tots els anys però, és el mateix per a totes les categories. Per exemple, un any, el trofeu consistia en una petita taula, amb una taula periòdica a la que anomenaren “Mesa taula periòdica”, o, també, el 2010 es va entregar una placa de petri perquè la temàtica de la cerimònia eren els bacteris.

Els primers Premis Ig Nobel van ser adjudicats el 1991, encara que en aquella època eren premiats descobriments “que no podien, o no devien, ser reproduïts”. El pare dels premis i conductor de la gala fou Marc Abrahams (matemàtic). Des de 1990 fins a 1994, Marc va ser l'editor del *Journal of Irreproducible Results* (Revista de Resultats Irreproduïbles). En 1994, després de l'adquisició de la revista pel publicista George Scherr, va decidir abandonar la revista junt amb el personal de l'editorial i van crear immediatament *Annals of Improbable Research* (AIR), revista d'humor científic. A més a més, dirigeix la pàgina web [www.improbable.com](http://www.improbable.com).

En els seus inicis la cerimònia tenia lloc en una sala de conferències del MIT, però actualment es celebra al Sanders Theatre (Universitat de Harvard). La gala és presentada per veritables guanyadors del Nobel. Cada vegada que s'anuncia un Ig

Nobel, el guanyador travessa el teló i li dona la mà a un guanyador d'un Nobel. En paraules d'Abrahams: “És com si l'univers tinguera dos extrems i aquests s'uniren i es miraren un a l'altre als ulls”. A continuació, els guardonats tan sols tenen 60 segons per fer un discurs. Aquest any hem vist autèntics premis Nobel com Carol Greider participar en les xerrades 24/7 que consisteixen a contar les seves investigacions en 24 segons i després resumir-les en 7 paraules.

Fins fa un anys tirar avions de paper a l'escenari era tot un ritual, però es va suspendre per motius de seguretat. La cerimònia conté una sèrie seguida d'acudits, i compta amb Miss Sweetie Poo, una xiqueta que crida repetidament “Per favor, acabeu. Estic avorrida” en una veu aguda si els parlants parlen molt de temps. El lliurament de premis es tanca tradicionalment amb les paraules: “si no vas guanyar un premi -i especialment si ho vas fer- millor sort el proper any!

Com hem dit abans, en aquests guardons es premien investigacions més inusuals o extravagants que, de vegades, poden resultar gracioses, però no per això deixen de ser interessants ni d'amagar secrets sorprenents sobre el món que ens rodeja. Nogensmenys, no hem de caure en l'error de pensar que un Ig Nobel resta capacitat investigadora o excel·lència científica. Com a mostra tenim a Andre G. Keim, científic que va rebre el 2000 un Ig Nobel en la categoria de Física per aconseguir fer levitar una granota mitjançant un camp magnètic, i que després, el 2010, va ser guardonat amb un Nobel en la mateixa categoria, aquesta vegada pel descobriment del grafé junt amb Konstantin Novoselov.

Pel setembre de 2009 un article en *The National* titulat “El costat noble dels Ig Nobel” afirmà que, encara que els premis Ig Nobel són una crítica velada de la investigació trivial, la història ha demostrat que les investigacions trivials de vegades porten a descobriments importants. Per exemple, l'Ig Nobel de 2006 de l'àrea de biologia va ser per a un estudi que mostrava que el mosquit que transporta la malària sent la mateixa atracció per l'olor dels peus humans que pel del formatge Limburger. Arran d'aquest estudi es posen formatges en llocs estratègics de les nacions d'Àfrica per a combatre l'epidèmia de la malària. O l'Ig Nobel de Salut Pública de 2009, que va ser per inventar un sostenidor que podia convertir-se ràpidament en un parell de màscares de gas, un per a qui el porte i l'altre per a algú pròxim al portador.

Elena Bodnar, metgessa experta en traumatisme elèctric, el va inventar després d'iniciar la seua capacitació mèdica a Ucraïna, on va ajudar a evacuar i tractar nens durant el desastre nuclear de Txernòbil. Centenars de milers d'empleats de plantes elèctriques inhalaven partícules radioactives. La màscara de Bodnar redueix la inhalació de partícules aèries perilloses.



# Premis Nobel 2015

PAU MULET, MIREIA MARTÍN i CÈLIA MARTÍNEZ,  
1r BAT · IES Matemàtic Vicent Caselles Costa · Gata

La física de partícules torna a rebre el **Nobel de Física**. **Takaaki Kajita** i **Arthur B. McDonald** han estat els guardonats pel descobriment de les oscil·lacions dels neutrins (la transformació espontània d'un tipus de neutrins en un altre) que van mostrar que aquests tenen massa.

Els neutrins són partícules subatòmiques que rarament interactuen amb altres, per la qual cosa resulten difícils d'estudiar. Hi ha tres tipus de neutrins: muònics, electrònics i tauònics. Després dels fotons, són les partícules més abundants. Cada segon, bilions de neutrins travessen el nostre cos sense que ens n'adonem. Alguns es creen en l'atmosfera terrestre quan incideix la radiació còsmica i d'altres són produïts en reaccions nuclears en el Sol. En algunes ocasions, quan un neutrí travessa l'aigua, interactua amb els electrons del líquid i llança una espurna de llum que permet estudiar la seva trajectòria i propietats. Per aquest motiu l'any 1998 Kajita, que indagava sobre els neutrins provinents de l'atmosfera, va observar l'oscil·lació d'aquestes partícules misterioses gràcies al Super Kamiokande, una descomunal piscina amb 50 000 tones d'aigua construïda a un quilòmetre sota terra al Japó. Per altra banda, McDonald investigava sobre els neutrins que es produeixen al Sol, en una vella mina de níquel que conté mil tones d'aigua pesada a més de dos quilòmetres sota terra, i demostrà que aquestes partícules no desapareixen en el seu camí cap a la Terra, simplement oscil·len entre dos estats, com els detectats al Japó. Aquest treball podria tenir aplicacions pràctiques en el desenvolupament de la fusió nuclear.

El descobriment, va expressar el comitè de l'acadèmia sueca, "va canviar el nostre enteniment del funcionament més profund de la matèria i pot ser crucial per a la nostra visió de l'Univers".

Per explicar la metamorfosi dels neutrins, cal recórrer a la física quàntica, en la qual ones i partícules són aspectes diferents d'un mateix fenomen. En el cas dels neutrins, perquè el canvi d'estat d'un tipus a un altre siga possible, cal que les ones tinguin longituds diferents, la qual cosa requereix que els diferents tipus de neutrins tinguin masses diferents. Per tant, que els neutrins tinguin massa. La seva massa exacta és encara una incògnita. A pesar que és extremadament petita, les conseqüències que aquest descobriment té per a la física són enormes.

Aquest any el **Nobel de química** ha sigut per a **Tomas Lindahl**, **Paul Modrich** i **Aziz Sancar**, per descobrir mecanismes bàsics de reparació de la cadena de l'ADN, processos fonamentals per a la supervivència del cos humà. L'ADN pateix danys a diari, però el motiu pel qual es manté intacte són els mecanismes de reparació molecular que posseeix el cos: una sèrie de proteïnes que monitoritzen els gens i analitzen minuciosament el genoma en busca d'errades. Els estudis d'estos tres científics sobre aquests processos ens permet comprendre un poc millor com funcionen les cèl·lules i explicar amb detall les causes moleculars de malalties hereditàries com la propensió congènita al càncer de pell o de còlon (degudes al fet que aquests sistemes sofreixen fallides). Per això la principal utilitat pràctica que tindran és que seran la base per desenvolupar nous tractaments contra el càncer.

Als anys 70, Lindahl va demostrar que l'ADN es desintegra a un ritme tan ràpid que no hauria d'haver vida a la Terra. Al contrari del que s'havia dit fins aleshores, l'ADN era una molècula extremament estable. Va descobrir que una de les debilitats de l'ADN és que una de les bases, la citosina, perd un grup amí, cosa que genera una alteració de la informació genètica, perquè per comptes de emparellar-se amb la guanina, que és el procés normal, ho fa amb l'adenina, defecte que si no és reparat generarà mutacions en les replicacions de l'ADN. Lindahl va determinar que l'ADN té un mecanisme de protecció contra açò, un enzim bacterià que talla la cadena d'ADN danyat i protegeix així l'altra part de la cadena.

El 1983 Sancar va descobrir el mecanisme de reparació de les cèl·lules front a les agressions externes, com els raigs ultraviolats o el tabac, procés anomenat, reparació per escissió de nucleòtids.

El tabac, per exemple, provoca que l'ADN no es duplique correctament. Segons el procés que explica Sancar, uns enzims diferents als del procés de Lindahl, tallen les cadenes de l'ADN fet malbé i permeten que el genoma funcione correctament.

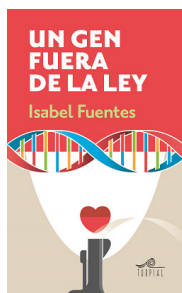
Finalment, el 1989, Modrich es va centrar en els errors que es produeixen quan una cèl·lula es divideix i copia el seu ADN. Descobrí així el procés de reparació de discordança d'ADN, que detecta els errors per la falta de metil·le. Ho va descobrir quan va veure que quan els virus infectaven els bacteris, aquests corregien la cadena d'ADN amb una reducció de grups metil·lens. Els errors de còpia en la cadena de l'ADN són poc freqüents, ja que aquest procés a regla 999 de cada 1 000 errors. Gràcies a ells, ara sabem que aquests processos funcionen igual en les cèl·lules humanes, animals i bacterianes.

**Els guanyadors del Nobel de Medicina o Fisiologia** han sigut **William C. Campbell**, **Satoshi Omura** i **Tu Youyou** pel descobriment de tractaments contra malalties parasitàries devastadores.

Satoshi Omura se va centrar en un grup de bacteris, *Streptomyces*, que viuen al sòl i produeixen substàncies amb activitat antibacteriana. Omura les va aïllar, les va cultivar i en va seleccionar 50 per analitzar la seua activitat front a microorganismes.

William B. Campbell va demostrar que un cultiu presentava una gran activitat contra els paràsits que ataquen animals domèstics i de granja. El producte es purificà i es va anomenar avermectina, que va ser modificat en un altre més eficaç, la ivermectina. Es va provar en humans i es va observar que destruïa larves de paràsits (microfilàries). Gràcies al treball d'Omura i Campbell s'han desenvolupat nous fàrmacs eficaços contra malalties parasitàries. La malària es tractava amb cloroquina o quinina amb poc èxit. Quan, a finals de 1960, els esforços per eradicar la malaltia havien fracassat, Youyou Tu se centrà en la medicina tradicional xinesa basada en plantes. Va descobrir que un extracte de la planta Artemisa annua en animals infectats ofería resultats prometedors. Youyou va aconseguir extraure el principi actiu de la planta, l'artemisina. La substància era eficaç contra el paràsit de la malària. Representa una nova classe d'antipalúdics que maten amb rapidesa els paràsits en una edat primerenca del seu desenvolupament, la qual cosa explica la seua potència.





ISABEL FUENTES  
*El gen fuera de la ley*  
Ed. Turpial. 2015.

## Catalina Luque

Professora de Llengua i Literatura  
IES Antoni Llidó

El passat juny Tim Hunt, premi Nobel de Medicina del 2001, va dimitir del seu càrrec a l'University College de Londres a causa d'unes desafortunades declaracions durant una xerrada a Corea del Sud sobre la presència de dones als laboratoris. L'eminència va declarar que "passen tres coses quan es treballa amb dones amb un laboratori: t'enamores d'elles, elles s'enamoren de tu i, quan les critiques, ploren". En declaracions posteriors a la BBC el premi Nobel va intentar justificar-se i va afegir que "és terriblement important que hom pugui criticar les idees d'altres persones sense criticar-les a elles. I si ploren, hom pot frenar-se i no arribar a la veritat absoluta".

Les declaracions de Hunt, que ell va considerar un comentari humorístic, provocaren un terratrèmol a les xarxes socials i van posar de relleu la situació de les dones a la ciència i els problemes més greus als quals ens enfrontem (falta de motivació a l'hora d'estudiar carreres científiques, menyspreu de la seua capacitat i falta de visibilitat). Si esta polèmica servirà per a millorar la situació de les dones a la ciència o si simplement és un producte efímer més de l'era dels 140 caràcters es veurà amb el temps. Temps terribles on qualsevol es pensa que pot ser Wilde o Jardiel o Gómez de la Serna (i dic això tant pels amants de twitter com pel mateix Hunt!).

Tot això ve pel fet que estem parlant d'una novel·la que tracta de dones científiques que fan ciència a un laboratori i d'una autora que és una dona científica. Isabel Fuentes és llicenciada en Biologia i doctora en Museologia de Ciències Naturals i Humanes i ha desenvolupat la seua tasca professional a la Residencia de Estudiantes, el Museu Nacional de Ciències Naturals, la Fundació La Caixa i altres institucions.

La novel·la narra les desventures professionals i personals de Celia Fernández, una biòloga que intenta trobar un lloc al món de la investigació. Al començament de la novel·la Celia veu fracassar les aspiracions d'aconseguir una plaça per oposició, no per falta de mèrits ni de capacitats sinó per l'animadversió de la seua cap (també dona) que la veu com una amenaça i manipula el tribunal sense cap escrúpols.

Per una sèrie de casualitats la Celia troba una feina ocasional als laboratoris de la Policia Judicial on ha

d'enfrontar-se al seu superior (home esta vegada) que es caracteritza tant per ser una nul·litat total per al treball de laboratori com per ser un amant dels caragols en salsa. Ací és on la novel·la comença a moure's cap el thriller perquè Celia es converteix en part important d'una investigació que necessita dels seus coneixements sobre l'ADN per a enviar a la presó a un pizzer de València que és el cap d'una important família mafiosa que ha fet fortuna amb la xufa transgènica.

I és mentre investiga l'ADN del pizzer que fa un descobriment que pot obrir-li les portes dels millors centres d'investigació mundial: hi troba una inusual mutació en els receptors de l'hormona de l'oxicitidina. Esta hormona és la responsable, entre d'altres, de l'amor maternal, l'enamorament o la confiança. La mutació en els receptors podria provocar alteracions del comportament relacionades amb la violència.

No podem continuar explicant l'argument. Solament dir que Celia no dubtarà a transgredir algunes normes ètiques bàsiques de la investigació policial i de la condició humana, actitud amb la qual posa en perill l'èxit de l'operació i a ella mateixa. Precisament el desenvolupament de la trama negra de la novel·la és un dels punts febles perquè algunes reaccions i solucions no són massa versemblants ni acaben de funcionar.

Tampoc no està, al meu parer, acabat d'aconseguir el to de la veu narrativa. L'objectiu és donar una imatge irònica del món de la investigació i també dels personatges però l'acumulació d'ironia fa que de vegades el lector tinga la sensació que està llegint un monòleg del Club de la Comèdia i no una novel·la. Alguns dels personatges (per exemple Marta, la doctora amiga de Celia i directora d'una clínica d'anàlisis, sembla acabada d'eixir d'un episodi de *Sexe en El Barrio de Salamanca*) i algunes de les situacions són més pròpies de les comèdies televisives. La visió deformant solament va dirigida a fer explícits tòpics (en les relacions familiars, socials, laborals i de parella) sense cap altre objectiu aparent. L'humor de vegades és gruixut, poc fi, allunyat de la sofisticació dels mestres de l'humor que ja no són Toole i companyia sinó Buenafuente i seguidors.

Però tornem a les dones i la ciència. En esta novel·la els homes tenen una pobra presència al laboratori. La responsabilitat científica està a càrrec exclusiu de les dones. I veiem dones que conspiren, que lluiten pel poder en un departament, per una subvenció, per fotre el treball d'una altra companya, que abusen de la tecnologia per a aconseguir els seus desitjos particulars sense tenir en compte l'ètica i que utilitzen la informació sense massa escrúpols. Dones que són un desastre a la cuina, amb una vida sexual com a mínim complicada... Que les dones ploren al laboratori? Hunt no sobreviuria ni tres segons en este món de dones científiques per molt premi Nobel que siga i molt aire de comèdia que pugui tenir la novel·la!



# El racó de Fibonacci

Teresa Arabí  
Vicent R. Chorro

5,  
8,  
13, ...



**Napoleó Bonaparte** va nèixer en Ajaccio (Còrsega), el 15 d'agost de 1769. Ell i el seu germà José, es traslladaren a la França continental per a estudiar en l'Escola Militar de Brienne-Château, en la que Napoleó va ingressar a l'edat de 10 anys i va eixir amb 16. D'aquesta escola va passar a l'escola Militar del Camp de Mart, en aquesta segona escola és on va conèixer a Laplace, que estava com examinador en aquesta època. Aquest primer contacte marcaria les futures relacions entre el matemàtic i el futur emperador. Laplace va ser Ministre en el primer govern de Napoleó en 1799.

El 25 de desembre de 1797 Napoleó va ser escollit membre de l'Institut de França, i va tindre com a companys als més reputats científics d'aquella època. Uns dies abans de l'entrada a l'Institut de França va tindre lloc una anècdota que ens revela la personalitat i els coneixements matemàtics de Napoleó. Aquest era molt amic del matemàtic Lorenzo Mascheroni i coneixia alguns dels resultats d'aquest matemàtic amb certa profunditat, en el transcurs d'una dinada amb Laplace i Lagrange, Napoleó els va parlar sobre algunes construccions de Mascheroni que ells no coneixien aleshores Laplace va comentar: general, esperavem de vostè qualsevol cosa excepte lliçons de geometria.

A Napoleó li agradava envoltar-se de científics, per la respectabilitat que li conferien al nou Estat, a les

seues institucions i també a la seua persona. Així fou com Laplace, Monge, Lapepe, Cousin, Chaptat i altres científics ocuparen rellevants càrrecs polítics.

El 9 de Novembre de 1799, va acabar amb el Directori, va promulgar una nova Constitució i va crear el Consolat, anomenant-se primer Cònsol. Un dels primers decrets que va promulgar com a primer Cònsol va ser, en desembre d'eixe mateix any, el que definia la longitud del metre en funció del meridià terrestre:  $1/10.000.000$  o deumilionèsima part del quadrant del meridià terrestre, a partir de les mesures dels científics francesos en 1792, repetides en 1799, aquestes últimes entre Dunquerque i Barcelona.

A part de tot açò, hi ha un detall que relaciona a Napoleó amb les matemàtiques, que pot ser molta gent desconega: Napoleó dona nom a un teorema. L'anomenat teorema de Napoleó existeix i és un resultat de geometria plana totalment serio, encara que pot ser la seua procedència no corresponga a la seua denominació.

En realitat, pareix ser que el teorema de Napoleó no és de Napoleó, sinó de l'abans anomenat Lorenzo Mascheroni, que segons la història És qui el va enunciar i el va demostrar.

**T'atreveixes a comprovar-ho geomètricament? Et resultarà més fàcil si utilitzes el Geogebra.**

## · TEOREMA de NAPOLEÓ ·

Donat un triangle qualsevol, dibuixarem triangles equilàters sobre cada un dels seus costats i representem el centre de cadascun d'ells. Aleshores el triangle, que té com a vèrtex aquests centres és un triangle equilàter.

A més, aquest teorema també és compleix si agafem els triangles equilàters interns del triangle inicial, és a dir, si els dibuixem cap a dins.

I encara més, l'àrea del triangle inicial és igual a l'àrea del triangle equilàter que es forma amb els exteriors menys l'àrea del triangle equilàter que es forma amb els interiors.



### Solució al problema dels daus · DAUALDEU 8

Probabilitat de treure almenys un 6 en quatre tirades.

1r- Calculem la probabilitat de treure un 6 al llançar un dau  $p(6) = 1/6$

2n- Calculem la probabilitat de no treure un 6  $p(\text{no } 6) = 5/6$

3r- Calculem la probabilitat de no treure cap 6 al llançar quatre daus  $(5/6)^4 = 0.48$

4t-  $p(\text{de treure almenys un } 6) = 1 - p(\text{no treure cap } 6) = 1 - 0.48 = 0.52$

Per tant tenim un poc més del 50% de probabilitat de treure almenys un sis en quatre tirades.

Passem al problema de llançar dos daus 24 vegades i calculem la probabilitat d'obtenir almenys 1 sis doble.

1r  $P(\text{treure un sis doble}) = 1/36$  al llançar dos daus

2n-  $P(\text{no treure un sis doble}) = 35/36$  al llançar dos daus

3r-  $P(\text{no treure cap sis doble al llançar 24 vegades dos daus}) = (35/36)^{24} = 0.51$

4t-  $P(\text{treure al menys 1 sis doble}) = 1 - p(\text{no treure cap 6 doble}) = 1 - 0.51 = 0.49$ .



# DAUALDEU

Edició digital

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



Ajuntament de Pedreguer



AJUNTAMENT  
DE  
GATA DE GORGOS



impulso  
Ciudad de la Ciencia  
y la Innovación  
Ministerio de Ciencia e Innovación



ACADÈMIA  
VALENCIANA  
DE LA  
LLENGUA

## AMPAs

IES Antoni Llidó - Xàbia

IES Historiador Chabàs - Dénia

IES Matemàtic Vicent Caselles - Gata de Gorgos

IES Número 1 - Xàbia

IES Pedreguer