



**David Bueno i Torrens**  
Professor i investigador de genètica de la UB i divulgador científic

## Quant pesa un quilogram?

1 DE MARÇ DE 2011

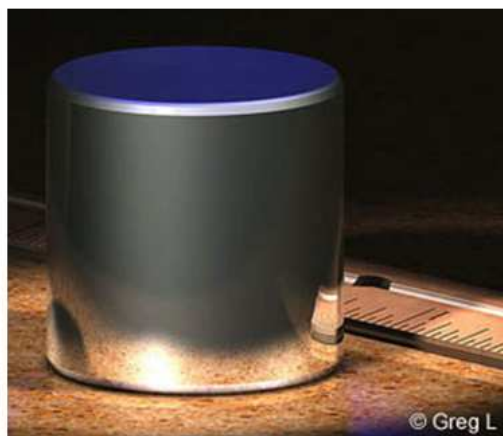
La cultura humana és plena de convencions, indispensables per assolir una comunicació eficaç. Un exemple clàssic el trobem en l'ús del llenguatge. Quan diem *cama*, per exemple, tots els catalanoparlants ho associem a una de les nostres extremitats inferiors. És un convencionalisme, perquè si és un castellanoparlant qui sent aquesta paraula sens dubte ho associarà a un moble destinat a jeure-hi i dormir-hi, un convencionalisme diferent vinculat a un idioma distint. I molt probablement en molts altres idiomes no signifiqui absolutament res.

Si bé tots assumim que en el cas dels idiomes cada cultura ha establert les seves pròpies convencions, en matemàtiques, i més concretament pel que fa a les unitats de mesura, ja fa temps que es va fer evident la necessitat d'un sistema comú universal que establís les unitats, unes unitats que havien de ser, a més, immutables. Immutables? Parlem-ne, perquè a vegades les coses que assumim com a simples són, en realitat, molt complexes, com recentment s'ha posat en evidència en el cas concret del quilogram. Perquè, ¿tenim clar què comprem quan demanem al botiguer un quilo de pomes? Un article publicat recentment a la revista *Nature* planteja dubtes seriosos, si més no a nivell físic.

Comencem, però, fent una mica de història, perquè aquesta universalitat de les unitats no ha estat sempre així. Sense moure'ns de casa i per posar un exemple, antigament als Països Catalans la paraula *mesura* s'emprava per designar una unitat de capacitat que era variable segons les comarques i també en funció de la cosa a mesurar. Per exemple, si hom volia quantificar una determinada quantitat de gra, una *mesura* equivalia aproximadament a uns 18 litres, amb petites variacions segons les comarques: a Girona equivalia a 18,08 litres, a Lleida a 18,34 litres i al Rosselló a 18,69 litres, entre altres. En canvi, una mesura d'olives equivalia aproximadament a 20 litres en moltes d'aquestes comarques. Un sistema que ara segur que considerem curiós, atès que actualment quantifiquem el gra i les olives pel seu pes, no pas pel seu volum. Però la *mesura* també s'usava per quantificar el volum de líquids. Així, per exemple, al Penedès una *mesura* de vi equivalia a uns 8 litres, i a Mallorca una *mesura* d'oli n'equivalia a uns 16.

### Sistemes de mesura comuns

El primer sistema de mesura comú acceptat per molts països fou l'anomenat sistema mètric decimal, que va ser proposat per un grup de científics que havien estat comissionats pel rei Lluís XVI de França amb l'encàrrec de crear un sistema de mesures unificat i racional. Així va sorgir una unitat de massa universal, el quilogram, que va ser definida com la massa d'un litre d'aigua al punt de congelació. La unitat de longitud triada va ser el metre, definit com la deu mil·lionèsima part d'un quart de meridià terrestre. I la de temps va ser el segon, definit en funció del període de rotació de la Terra.



Imatge generada per ordinador del prototip internacional del quilogram



Tant del metre com del quilogram es van construir uns patrons teòricament immutables que poguessin ser emprats de referència. Així, per exemple, el quilogram patró es va forjar a Londres fa 131 anys, en forma d'un cilindre de platí i iridi de 39 mil·límetres de longitud que reproduïa amb la major exactitud la massa d'un litre d'aigua. Tant el quilogram patró com el metre patró, una barra feta amb els mateixos materials perquè no es veiés afectada per la temperatura —és a dir, perquè no es dilatés—, es van desar curosament en un soterrani cuirassat de la [Oficina Internacional de Peses i Mesures](#), a Sèvres (França).

Tanmateix, l'any 1960, durant la celebració de la 11a Conferència General de Pesos i Mesures que es va celebrar a París, es va adoptar una evolució del sistema mètric decimal, l'anomenat [Sistema Internacional d'Unitats](#) (abreujat SI), que actualment s'utilitza a tot el món tant en ciència com a la vida diària, llevat dels Estats Units d'Amèrica, Austràlia i Myanmar. L'SI, a més de les unitats de massa, longitud i temps, també ha anat incorporant progressivament com a unitats fonamentals l'amper (unitat d'intensitat de corrent elèctric), el kelvin (unitat de temperatura), la candela (unitat de lluminositat) i el mol (unitat de quantitat de matèria).

### Els avenços científics dels darrers anys fan necessari redefinir el Sistema Internacional d'Unitats

Per què explico tot això? Doncs perquè aquestes darreres dècades, amb l'avenç de les ciències en general i de la física en particular, i també amb la sofisticació i l'increment de precisió dels aparells de mesura, s'ha posat de manifest la imperiosa necessitat de redefinir moltes d'aquestes unitats de l'SI. Per exemple,

actualment el metre ja no es defineix com la deu mil·lionèssima part d'un quart de meridià terrestre, perquè aquest pot patir subtils modificacions en virtut de la dinàmica geològica del planeta i, a més, la Terra no és una esfera perfecta. Ara definim el metre com la longitud del trajecte que recorre la llum en el buit durant un 299.792.458è de segon, atès que la velocitat de la llum al buit és una constant immutable de l'Univers. De la mateixa manera, actualment la unitat de temps, el segon, es defineix com la durada de 9.192.631.770 períodes de la radiació corresponent a la transició entre els dos nivells hiperfins de l'estat fonamental de l'àtom de cesi 133, una mesura extremadament molt més acurada que la tradicional.

### El quilogram patró ja no pesa un quilogram!

I què passa amb el quilogram? Doncs que el quilogram continua sent la massa del prototip internacional de platí i iridi que es guarda a la Oficina Internacional de Peses i Mesures de Sèvres, per la qual el converteix en l'única unitat fonamental que encara es defineix en relació a un objecte. Cada any, com si fos una pel·lícula d'espionatge, tres persones baixen al soterrani on es custodia aquest quilogram patró i comproven que continua intacte. Són el director d'aquesta oficina, el president del Comitè Internacional de Pesos i Mesures i el Director dels Arxius de França, cadascun dels quals custodia en exclusiva una de les tres claus necessàries per obrir la porta del soterrani. I, de tant en tant, es repesa aquest quilogram patró, per garantir la *immutabilitat* d'aquesta unitat. Hi ha dues maneres de pesar aquest quilogram històric. Una és amb l'anomenada balança de potència: en un costat se situa el cilindre de platí i iridi i en l'altre una bovina per la qual circula un corrent elèctric que reproduïx l'anomenada [constant de Planck](#), el valor de la qual és proper, però no igual, al pes d'un electró, i que apareix en totes les equacions de la mecànica quàntica.

L'altra manera de repesar el quilogram patró és fent servir l'anomenada [constant d'Avogadro](#), que és el número d'àtoms de carboni 12 que hi ha en 12 grams d'aquesta substància —el carboni 12 és un isòtop o varietat de carboni que conté sis protons, sis neutrons i sis electrons—. Tant la constant de Planck com la d'Avogadro són constants immutables de la naturalesa, d'aplicació i vàlidesa universal, per la qual cosa la seva utilització hauria de donar un valor completament idèntic. Però no! Malgrat ser constants universals, presenten una discrepància d'una deu mil·lionèssima part, una diferència molt petita si atenem a les mesures que estem acostumats a fer en la nostra vida quotidiana però inacceptable dels del punt de vista de la física.

La constant de Planck com la d'Avogadro presenten una discrepància d'una deu mil·lionèssima part



## Quant pesa un floc de neu?

Així, doncs, quant pesa el quilogram patró? Doncs bé, les discrepàncies no acaben pas aquí, ni són tant minses. Els resultats de les dues darreres pesades oficials que es van fer del quilogram patró, el 1946 i el 1989, van proporcionar un resultat certament inquietant: en els 43 anys transcorreguts entre elles, el quilogram patró s'ha aprimat 0,00005 grams. I ningú sap per què.

Potser hi hagi qui pensí que aquesta diferència també és poc important, però 0,00005 grams (o 50 micrograms) és el que pot pesar un floc de neu. I el pes d'un floc de neu sí que és important. I si no us ho creieu, llegiu aquest conte de l'escriptor alemany Kurt Kauter. Perquè potser la cerca de l'exactitud necessària per l'avenç de la ciència ens permeti repensar i reconsiderar alguns dels convencionalismes humans que tenim més arrelats, com els que sovint ens fan pensar que, dins una col·lectivitat, una sola persona és quasi insignificant.

### EL CONTE DE KURT KAUTER

Una vegada, un pardal li va preguntar a un colom:

- Quant pesa, un floc de neu?

I el colom li va respondre:

- Quant pesa? Un floc de neu no pesa res.

- Res? Estàs segur? –va dir el pardal–. Doncs mira, escolta aquesta història que em va succeir fa temps, a veure que et sembla: Un dia em vaig posar en la branca d'un avet, just on la branca s'ajunta amb el tronc. Al cap d'una estona va començar a nevar, però molt poc, de forma tan suau que semblava que gairebé no nevés. Com no tenia una altra cosa que fer, em vaig posar a contar, un darrere l'altre, els flocs de neu que s'anaven amuntegant damunt de la branca. El temps anava transcorrent, havia contat ja 3.741.952 flocs de neu. Quan va caure el següent, el que feia 3.741.953, molt petit, tan lleuger que semblava que no pesava res... la branca es va partir.

Finalitzat el seu relat, el pardal es va acomiadar del colom i va emprendre el vol.

I el colom, donant-li voltes a la història del pardal, es va quedar pensant:

És possible, potser només fa falta una veu més, un esforç més, potser el meu, perquè la pau sigui possible al món...