



David Bueno i Torrens
Profesor e investigador de genética de la UB y divulgador científico

¿Cuánto pesa un kilogramo?

1 DE MARZO DE 2011

La cultura humana está llena de convenciones, indispensables para lograr una comunicación eficaz. Un ejemplo clásico lo encontramos en el uso del lenguaje. Cuando decimos cama, por ejemplo, todos los catalanohablantes lo asociamos a una de nuestras extremidades inferiores. Es un convencionalismo, porque si es un castellanoparlante que el que oye esta palabra sin duda lo asociará a un mueble destinado a yacer en él y a dormir, un convencionalismo diferente vinculado a un idioma distinto. Y muy probablemente en muchos otros idiomas no signifique absolutamente nada.

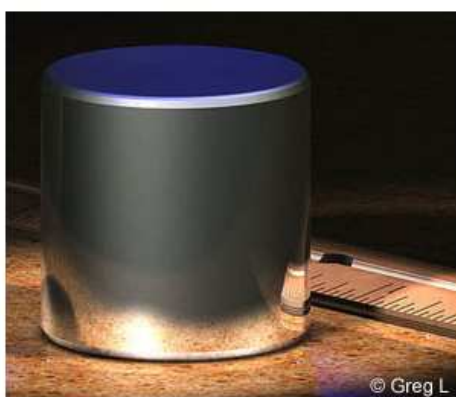


Imagen generada por ordenador de un Prototipo internacional del kilogramo

Si bien todos asumimos que en el caso de los idiomas cada cultura ha establecido sus propias convenciones, en matemáticas, y más concretamente en cuanto a las unidades de medida, ya hace tiempo que se hizo evidente la necesidad de un sistema común universal que estableciera las unidades, unas unidades que debían ser, además, inmutables. ¿Inmutables? Hablemos, porque a veces las cosas que asumimos como simples son, en realidad, muy complejas, como recientemente ha puesto en evidencia en el caso concreto del kilogramo. ¿Por qué?, ¿tenemos claro qué compramos cuando pedimos al tendero un kilo de manzanas? Un artículo publicado recientemente en la revista *Nature* plantea serias dudas, al menos a nivel físico.

Pero empecemos haciendo un poco de historia, porque esta universalidad de las unidades no ha sido siempre así. Sin movernos de casa y por poner un ejemplo, antiguamente en los Países Catalanes la palabra medida se empleaba para designar una unidad de capacidad que era variable según las comarcas y también en función de la cosa a medir. Por ejemplo, si se quería cuantificar una determinada cantidad de grano, una medida equivalía aproximadamente a unos 18 litros, con pequeñas variaciones según las comarcas: en Girona equivalía a 18,08 litros, en Lleida a 18,34 litros y en Rosellón a 18,69 litros, entre otros. En cambio, una medida de aceitunas equivalía aproximadamente a 20 litros en muchas de estas comarcas. Un sistema que ahora seguro que consideramos curioso, dado que actualmente cuantificamos el grano y las aceitunas por su peso, no por su volumen. Pero la medida también se usaba para cuantificar el volumen de líquidos. Así, por ejemplo, en el Penedès una medida de vino equivalía a unos 8 litros, y en Mallorca una medida de aceite equivalía a unos 16.

Sistemas de medida comunes

El primer sistema de medida común aceptado por muchos países fue el llamado sistema métrico decimal, que fue propuesto por un grupo de científicos que habían sido comisionados por el rey Luis XVI de Francia con el encargo de crear un sistema de medidas unificado y racional. Así surgió una unidad de masa universal, el kilogramo, que fue definida como la masa de un litro de agua al punto de congelación. La unidad de longitud elegida fue el metro, definido como la diezmillonésima parte de un cuarto de meridiano terrestre. Y la de tiempo fue el segundo, definido en función del periodo de rotación de la Tierra.

Tanto del metro como del kilogramo se construyeron unos patrones teóricamente inmutables que pudieran ser utilizados de referencia. Así, por ejemplo, el kilogramo patrón se forjó en Londres hace 131 años, en forma de un cilindro de platino e iridio de 39 milímetros de longitud que reproducía con la mayor exactitud la masa de un litro de agua. Tanto el kilogramo patrón como el metro patrón, una barra hecha con los mismos materiales para que no se viera afectada por la temperatura-es decir, para que no se dilatara-, se guardaron cuidadosamente en un sótano acorazado de la **Oficina Internacional de Pesas y Medidas**, en Sèvres (Francia).

Sin embargo, en 1960, durante la celebración de la 11ª Conferencia General de Pesos y Medidas, que se celebró en París, se adoptó una evolución del sistema métrico decimal, el llamado **Sistema Internacional de Unidades** (abreviado SI), que actualmente se utiliza en todo el mundo tanto en ciencia como en la vida diaria, salvo en los Estados Unidos de América, Australia y Myanmar. El SI, además de las unidades de masa, longitud y tiempo, también ha ido incorporando progresivamente como unidades fundamentales el amperio (unidad de intensidad de corriente eléctrica), el kelvin (unidad de temperatura), la candela (unidad de luminosidad) y el mol (unidad de cantidad de materia).

Los avances científicos de los últimos años hacen necesario redefinir el Sistema Internacional de Unidades

¿Por qué cuento todo esto? Pues porque estas últimas décadas, con el avance de las ciencias en general y de la física en particular, y también con la sofisticación y el incremento de precisión de los aparatos de medida, se ha puesto de manifiesto la imperiosa

necesidad de redefinir muchas de estas unidades del SI. Por ejemplo, actualmente el metro ya no se define como la diezmilmillonésima parte de un cuarto de meridiano terrestre, porque este puede sufrir sutiles modificaciones en virtud de la dinámica geológica del planeta y, además, la Tierra no es una esfera perfecta. Ahora definimos el metro como la longitud del trayecto que recorre la luz en el vacío durante un 299.792.458o de segundo, dado que la velocidad de la luz en el vacío es una constante inmutable del Universo. Del mismo modo, actualmente la unidad de tiempo, el segundo, se define como la duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133, una medida extremadamente mucho más cuidada que la tradicional.

¡El kilogramo patrón ya no pesa un kilogramo!

¿Y qué pasa con el kilogramo? Pues que el kilogramo sigue siendo la masa del prototipo internacional de platino e iridio que se guarda en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sèvres, lo que la convierte en la única unidad fundamental que aún se define en relación a un objeto. Cada año, como si fuera una película de espionaje, tres personas bajan al sótano donde se custodia este kilogramo patrón y comprueban que continúa intacto. Son el director de esta oficina, el presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas y el Director de los Archivos de Francia, cada uno de ellos custodia en exclusiva una de las tres claves necesarias para abrir la puerta del sótano. Y, de vez en cuando, se repesa este kilogramo patrón, para garantizar la inmutabilidad de esta unidad. Hay dos maneras de pesar este kilogramo histórico. Una es con la llamada balanza de potencia: en un lado se sitúa el cilindro de platino e iridio y en el otro una vacuna por la que circula una corriente eléctrica que reproduce la llamada **constante de Planck**, cuyo valor es próximo, pero no igual, al peso de un electrón, y que aparece en todas las ecuaciones de la mecánica cuántica.

La otra manera de repesar el kilogramo patrón es utilizando la llamada **constante de Avogadro**, que es el número de átomos de carbono 12 que hay en 12 gramos de esta sustancia-el carbono 12 es un isótopo o variedad de carbono que contiene seis protones, seis

La constante de Planck como la de Avogadro presentan una discrepancia de un manantial milenio millonésima parte

neutrones y seis electrones-. Tanto la constante de Planck como la de Avogadro son constantes inmutables de la naturaleza, de aplicación y validez universal, por lo que su utilización debería dar un valor completamente idéntico. ¡Pero no! A pesar de ser constantes universales, presentan una discrepancia de una diezmilmillonésima parte, una diferencia muy pequeña si atendemos a las medidas que estamos acostumbrados a hacer en nuestra vida cotidiana, pero inaceptable desde el punto de vista de la física.

¿Cuánto pesa un copo de nieve?

Así, pues, ¿cuánto pesa el kilogramo patrón? Pues bien, las discrepancias no acaban aquí, ni son tan escasas. Los resultados de las dos últimas pesadas oficiales que se hicieron del kilogramo patrón, en 1946 y 1989, proporcionaron un resultado ciertamente inquietante: en los 43 años transcurridos entre ellas, el kilogramo patrón ha adelgazado 0,00005 gramos. Y nadie sabe por qué.

Quizá haya quien piense que esta diferencia también es poco importante, pero 0,00005 gramos (o 50 microgramos) es lo que puede pesar un copo de nieve. Y el peso de un copo de nieve sí es importante. Y si no os lo creéis, leed este cuento del escritor alemán Kurt Kauter. Porque quizás la búsqueda de la exactitud necesaria para el avance de la ciencia nos permita repensar y reconsiderar algunos de los convencionalismos humanos que tenemos más arraigados, como los que a menudo nos hacen pensar que, dentro de una colectividad, una sola persona es casi insignificante.

EL CUENTO DE KURT KAUTER

Una vez, un gorrión le preguntó a una paloma:

- ¿Cuánto pesa un copo de nieve?

Y la paloma le respondió:

- ¿Cuánto pesa? Un copo de nieve no pesa nada.

- ¿Nada? ¿Estás seguro? -Dijo el gorrión-. Pues mira, escucha esta historia que me sucedió hace tiempo, a ver qué te parece:

Un día me puse en la rama de un abeto, justo donde la rama se junta con el tronco. Al cabo de un rato empezó a nevar, pero muy poco, de forma tan suave que parecía que casi no nevara. Como no tenía otra cosa que hacer, me puse a contar, uno tras otro, los copos de nieve que se iban amontonando encima de la rama. El tiempo iba transcurriendo, había contado ya 3.741.952 copos de nieve. Cuando cayó el siguiente, lo que hacía 3.741.953, muy pequeño, tan ligero que parecía que no pesaba nada ... la rama se partió.

Finalizado su relato, el gorrión se despidió de la paloma y emprendió el vuelo.

Y la paloma, dándole vueltas a la historia del pájaro, se quedó pensando:

Es posible, quizás sólo hace falta una voz más, un esfuerzo más, quizás el mío, para que la paz sea posible en el mundo ...