

El rincón de la lengua

por Ricardo Guerrero y Mercè Piqueras, de la revista INTERNATIONAL MICROBIOLOGY

LA METROLOGÍA Y EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Hace un año hablamos en esta sección de los "falsos amigos y otras contradicciones". Durante este tiempo, los "dramáticos" (por espectacular, intenso, drástico, etc.), los "actualmente" (cuando se quiere decir "de hecho") y los "billones" (cuando son en realidad miles de millones) han seguido poblando las páginas de los artículos que leemos en castellano, o las diversas páginas que encontramos en Internet. A veces, evitarlo es sólo cuestión de consultar un diccionario. Pero en un diccionario habitual no se encuentran muchos términos científicos ni muchas unidades de uso frecuente en nuestros artículos; es necesario utilizar diccionarios científico-técnicos. Como prometimos en la entrega anterior (*Actualidad SEM*, junio 2001), al final de este artículo mencionamos un buen libro* que nos permitirá solucionar muchos problemas. No dudemos en echar mano de él con frecuencia.

Toda ciencia experimental se basa en la observación de las propiedades de las entidades objeto de estudio. Cuando esas propiedades pueden medirse, se denominan **magnitudes**. Las magnitudes que pueden tener un valor cualquiera de los comprendidos dentro de un conjunto se denominan **variables**. Actualmente existe una tendencia a denominar parámetro a cualquier magnitud o variable. Sin embargo, debería evitarse ese uso inadecuado de un término matemático que designa a la variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar a cada uno de ellos mediante su valor numérico. Referirse a la temperatura, a la salinidad, a la presión o al potencial de oxidoreducción (u óxido-reducción, o redox) como "parámetros" ambientales es, por tanto, inadecuado.

Historia

La ciencia que estudia las medidas es la **metrología**. Para medir cualquier magnitud es necesario disponer de una unidad. A lo largo de la historia se han desarrollado numerosas unidades de medida, que se definían de manera empírica y sin que existiese entre ellas ninguna relación matemática. Es famoso el caso de la yarda: según la leyenda, cuando algunos súbditos de Enrique I de Inglaterra (1100-1135) le pidieron que les diera

una unidad de longitud, éste respondió señalando la distancia que había entre su nariz y la punta de sus dedos con el brazo extendido. Aunque este origen es seguramente ficticio, hay unidades muy antiguas que han llegado hasta nuestros días. Por ejemplo la libra o la onza, que eran medidas romanas, pero que han tenido valores diferentes de los actuales y variables según donde se han usado. Así, la libra romana equivalía a 0,32745 kilogramos, mientras que la libra de Castilla era 0,460093 kilogramos, la de Gerona 0,400 kilogramos y la inglesa actual 0,454 kg.

El primer conjunto de unidades que formó un sistema integrado fue el **sistema métrico decimal**, creado en Francia a finales del siglo XVIII. El 22 de junio de 1799 se depositaban en los Archivos de la República, en París, las dos piezas de platino iridiado que eran la medida estándar para el metro y el kilogramo. En 1874 se introdujo el **sistema cegesimal (CGS)**, basado en el centímetro, el gramo y el segundo. En 1875 se adoptaron nuevos prototipos que tomaron el metro y el kilogramo como unidades básicas de longitud y masa. En 1901 el físico e ingeniero italiano Giovanni Giorgi propuso el llamado **sistema MKS** (o **MKSA**), conocido también como **sistema Giorgi**, que se basaba en el sistema métrico decimal, pero combinaba unidades mecánicas con unidades eléctricas. A partir del MKS se originó el **Système International d'Unités (SI)**. El SI fue adoptado y recomendado por el 11º Congreso General de Pesos y Medidas en 1960. Estos congresos se celebran cada cuatro años en París y participan en él los representantes de los estados integrados en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), con sede en la capital francesa. Su uso internacional permite disponer de un sistema de unidades de medida común a todos los campos de la ciencia y de la tecnología. Debe advertirse que las siglas del Sistema Internacional deben escribirse siempre así, SI, aunque el texto esté en inglés, ya que son las iniciales inalterables del nombre original en francés.

Unidades básicas y derivadas

Componen el SI dos clases de unidades de medida: las **básicas** o **fundamentales** y las derivadas. Hay siete unidades básicas, que son independientes entre sí, según se estableció por convenio (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades básicas.

| Magnitud | Símbolo | Unidad SI | Símbolo |
|-----------------------------------|---------|-----------|---------|
| Cantidad de sustancia | n | mol | mol |
| Intensidad de corriente eléctrica | I, i | ampère | A |
| Intensidad luminosa | Iv | candela | cd |
| Longitud | L, l | metro | m |
| Masa | m | kilogramo | kg |
| Temperatura termodinámica | T | kelvin | K |
| Tiempo | t | segundo | s |

Las unidades derivadas se forman combinando unidades básicas, según relaciones algebraicas que se establecen entre ellas (mediante multiplicaciones o divisiones). Las unidades de medida y sus símbolos se escriben siempre en letra redonda (no en cursiva), independientemente del tipo de letra empleado en el texto donde aparezcan, y los símbolos no llevan ningún punto detrás (a no ser que les corresponda gramaticalmente, por ser el final de una frase). Desde 1960, el SI ha evolucionado para satisfacer nuevas necesidades de medida y han surgido nuevas unidades derivadas.

El mencionado Congreso General de Pesos y Medidas de 1960 también aceptó otras unidades que, sin pertenecer al SI, son de uso habitual en muchos países. Por ejemplo, el **litro**, que no pertenece al SI, substituye al **metro cúbico**, que es la unidad de volumen propia del SI, en varias magnitudes derivadas de uso muy frecuente. El símbolo del litro es L o l (es recomendable usar L para evitar que la *le* minúscula se confunda con el número 1). Un ejemplo de unidad usada con frecuencia y que tampoco pertenece al SI es el **ángstrom** (Å), que se emplea cuando se habla de la medida de átomos o moléculas. Es recomendable substituir el ángstrom por la unidad del SI que tiene un valor más cercano: el **nanómetro**, cuyo símbolo es **nm** (1 nm = 10 Å).

Múltiplos y submúltiplos

El SI admite el uso de **múltiplos** y **submúltiplos** para evitar usar números muy grandes o muy pequeños de las unidades de medida. Los múltiplos y los submúltiplos se indican mediante prefijos que acompañan a los símbolos de las unidades SI (Tabla 2). Es aconsejable usarlos con el nombre completo de la unidad correspondiente; por tanto, no escribiremos **kilos**, **micras** o **megas**, para referirnos a **kilogramos**, **micrómetros** o **megabites**.

Normas prácticas para el uso de unidades

- Los símbolos que representan unidades derivadas de nombres propios se escriben con la letra inicial mayúscula (ejemplos: Ci, curie; A, ampère. Siempre se escriben con letra romana, excepto el ohm, cuyo símbolo es Ω . Una excepción es litro, L, ya que ningún científico se ha llamado así, todavía.

- Los símbolos de las unidades no varían en plural y sólo van seguidos de punto cuando se encuentran al final de una frase (ejemplos: 1 kg; 30 s).

- El símbolo de la unidad sigue al símbolo del prefijo sin espacio (ejemplos: km, fg). El número que acompaña a la unidad debe ir separado de ésta por un espacio (1 kg, 30 s), aunque los ingleses tradicionalmente suelen escribirlos juntos.

- El producto de dos o más unidades se indica preferentemente usando un punto volado como signo de multiplicar (ejemplos: coulomb, s·A; lumen, cd·sr), o escribiendo los símbolos de las diferentes unidades uno detrás de otro, sin separación (sA, cdsr). En este último caso, hay que evitar colocar delante una unidad que tenga el mismo símbolo que un prefijo, porque podría causar confusión (por ejemplo, Nm -newton por metro- y no mN, que es milinewton).

- El cociente de dos o más unidades puede indicarse mediante un cociente normal, mediante la barra inclinada (evitando que el denominador contenga un producto) o mediante potencias negativas (ejemplos: 30 g/L; 30 gL⁻¹).

- Los nombres de las unidades se escriben siempre con minúsculas (ejemplos: gramo, ampère, segundo).

- Los nombres de las unidades siguen las reglas gramaticales para el plural (ejemplos: gramos, ampères, segundos).

Tabla 2. Múltiplos y submúltiplos en el SI.

| Múltiplos | | | Submúltiplos | | |
|-----------|---------|------------------|--------------|---------|-------------------|
| Prefijo | Símbolo | Factor | Prefijo | Símbolo | Factor |
| yotta- | Y | 10 ²⁴ | yocto- | y | 10 ⁻²⁴ |
| zetta- | Z | 10 ²¹ | zepto | z | 10 ⁻²¹ |
| exa- | E | 10 ¹⁸ | atto- | a | 10 ⁻¹⁸ |
| peta- | P | 10 ¹⁵ | femto- | f | 10 ⁻¹⁵ |
| tera- | T | 10 ¹² | pico- | p | 10 ⁻¹² |
| giga- | G | 10 ⁹ | nano- | n | 10 ⁻⁹ |
| mega- | M | 10 ⁶ | micro- | μ | 10 ⁻⁶ |
| kilo- | k | 10 ³ | mili- | m | 10 ⁻³ |
| hecto- | h | 10 ² | centi- | c | 10 ⁻² |
| deca- | da | 10 ¹ | deci- | d | 10 ⁻¹ |

- En cálculos de termodinámica y en estudios de cinética, la temperatura debería expresarse en kelvin (K), que es la la unidad del SI (es incorrecto referirse a esta unidad como "grados kelvin"), aunque es aceptable expresar la temperatura de un experimento en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), que es la escala que utilizamos habitualmente en biología. Es un error frecuente denominar "grados centígrados" a los grados Celsius, o escribir el "cero volado" delante de la K. Por tanto, deberíamos escribir, por ejemplo, 10°C . equivalen a 283,16 K.

- Según el BIPM antes mencionado, los nombres de las unidades que proceden de un nombre de persona deben escribirse con la misma ortografía que el nombre correspondiente, pero con minúscula inicial (ejemplos: ohm, ampère, joule, coulomb). Por tanto, no es conveniente "castellanizarlos" (ohmio, amperio, julio, culombio).

- El BIPM tiene comités que velan por el buen uso y actualización de las unidades científicas. En caso de duda, debe recurrirse a las personas o entidades adecuadas. Existen todavía muchos desacuerdos o inconsistencias en el uso de los

conceptos o terminología científicos. Uno de ellos es la expresión de los decimales. El acuerdo general es que debe hacerse con una coma ortográfica escrita abajo (como hacemos tradicionalmente en España). No obstante, en la inmensa mayoría de los artículos y revistas se sigue la costumbre anglosajona: punto abajo. Mientras no se uniformice la expresión habrá que tener cuidado con frases como la siguiente: "la densidad del agua destilada a 4°C es 1,000." La frase tendría sentido en castellano, o en francés, pero causaría asombro si la escribiéramos en una revista internacional (en inglés, ese número es mil), sin cambiarlo por 1.000 (y ahora nos toca a nosotros sorprendernos).

* Aunque existen varios diccionarios científico-técnicos en español, el mejor sin duda es el "**Vocabulario Científico y Técnico**" de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 3^a ed. Editorial Espasa Calpe. Madrid, 1996. 1628 pp.