

ACTA MEDICA ha sentido la necesidad de dar a conocer el Sistema Internacional de Unidades; reconoce la conveniencia de contar con vehículos de comunicación universales y al mismo tiempo es conciente de los obstáculos que presentan la adopción de un sistema nuevo. El uso, la costumbre, llegan a convertirse en leyes que es difícil modificar a pesar del compromiso de aceptación y utilización que suscriban los gobiernos. No es fácil predecir la rapidez de un cambio que debe modificar la estructura mental de millones de personas y quizá llegue a ser necesaria en algunos medios una disposición legal. El tiempo lo dirá.

Por otra parte, no debe perderse de vista que gran número de aparatos e instrumentos (calculadoras, computadoras y otros) que imprimen de manera automática signos, tendrán que ser desechados o modificados y en el mejor de los casos acompañarse de una tabla de equivalencias que permita continuar con su uso. Esto también es un problema no sólo a nivel institucional sino individual.

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Alberto Folch Pi*

INTRODUCCION

Desde tiempo inmemorial el hombre ha sentido la necesidad de adoptar cierta uniformidad en pesas y medidas; exactamente desde que la vida nómada pasó al asentamiento y desaparecieron el trueque y la auto-suficiencia. Pero así como han resultado innumerables las lenguas —o las modificaciones de formas de lenguaje— tampoco se ha podido lograr uniformidad en las unidades de medición.

Inglaterra, la madre de la revolución industrial, a quien más y más había de interesar facilitar el comercio, conservó su llamado sistema "imperial" de pulgadas, pies, codos, etc., entre otros motivos porque el sistema métrico decimal, tan simple y tan cómodo fue establecido a fines del siglo XVIII por la nación enemiga por excelencia, la Francia de Bonaparte. Otro argumento fue que su principal cliente eran los EE.UU. —y éstos aducían que su principal comprador y el grupo más afín era el de Gran Bretaña— y de mutuo acuerdo se empeñaron en conservar el viejo sistema, primitivo pero eminentemente "práctico". Es célebre la anécdota de como Lloyd George, a comienzos de siglo, frenó los esfuerzos de quienes preconizaban la adopción del sistema decimal al increpar en el Parlamento a un colega diciéndole "si

quería que un cargador del muelle fuera a la taberna pidiendo 0,567 l de cerveza".

Sin embargo, cada vez resultaba más necesario adoptar algún sistema de amplia aplicación aunque tuviera defectos, mejor era la uniformidad que el desorden, como decía Goethe. Así por ejemplo, en plan uniforme u erróneo los países anglosajones siguen trabajando con la escala de temperaturas Fahrenheit, a pesar de haberse demostrado hasta la saciedad que el físico alemán se equivocó al tomar como temperatura normal del hombre la de un empleado de laboratorio que tenía fiebre; por eso persiste en forma pintoresca que la temperatura normal del hombre sea de 98.6.

Prescindiendo de otros intentos (pueden comprobarse detalladamente en *Scientific American*, VII-970), en 1960 la Comisión Internacional de Pesas y Medidas decidió establecer el llamado Sistema Internacional de Unidades, recomendando que en plazo máximo de 20 años fuera adoptado universalmente —por lo menos el área que llamamos "occidental". Desde 1965 ha sido adoptado oficialmente en gran parte del planeta. Rusia lo hizo oficialmente en 1951.

La British Standard Institution actúa desde 1961; en septiembre de ese año comenzó la implantación del sistema en las escuelas primarias de Inglaterra. El sistema es una ampliación adaptada del sistema métrico decimal. Allí, desde 1973, las carreteras llevan las indicaciones obligatoriamente en Km,

* Sección de Graduados de la Escuela Superior de Medicina del IPN.

acompañadas generalmente de millas. Estados Unidos no ha sido tan disciplinado, y en casi todos los terrenos siguen predominando medidas “imperiales” más o menos mezcladas con denominaciones decimales. En 1960 tuvo lugar el XI Congreso General de Pesas y Medidas, seguido por otro igual en 1967. México, desde comienzos de siglo, estableció como oficial el sistema métrico decimal.

Así pues, en 1960 cristalizó el denominado Sistema Internacional al que nos vamos a referir y que muy lentamente se va abriendo paso. En el campo médico, la Organización Mundial de la Salud lo adoptó en mayo de 1977, recomendando que en 1985 fuera ya empleado en todas partes.

Además de las unidades que luego consideraremos, este sistema —llamado SI— intenta acabar con una serie de discrepancias que muchas veces dificultan seriamente comprender y valorar publicaciones científicas. Por ejemplo, al pasar el predominio de la química desde Francia (siglo XVIII y mediados del XIX) a Alemania, y más tarde a los países anglosajones, las concentraciones que durante muchos años se señalaron por litro (así estaba todavía en los libros de texto no hace muchos años) pasaron a establecerse por 100 cm^3 . Otra divergencia fue en la manera de expresar las fracciones. En Francia, España, Italia, etc., el paso de unidades a fracciones se señaló (y se señala todavía) por una coma. Así, $37,5^\circ$ es la temperatura de 37° y medio grados. En EE.UU. (y en México desde hace años) esta temperatura se expresa por 37.5° y las comas se reservan para separar grupos de tres dígitos. Ello hace que muchas veces el lector, europeo o americano, tenga duda acerca del valor que da un periódico si alterna puntos y comas en forma poco discriminada. El sistema SI sólo admite el litro o fracciones del mismo, de manera que los 100 cm^3 se transforman en un dl (decilitro, décima parte del litro) y el cm^3 se llama ml (milésima parte de un litro). En cuanto al punto, desaparece para indicar solamente multiplicación (a.b significa a multiplicado por b, como en álgebra). Las cifras con muchos dígitos se separan de tres en tres con un espacio vacío (por ejemplo, vivimos

en el año 1 983) y las fracciones se indican por una coma, según señalamos antes.

Los intentos de uniformizar evolucionaron, pero en los diversos países y tiempos se emplearon simultáneamente unidades diferentes: recuérdese el sistema cgs (centímetro, gramo, segundo), el LMT (Länge en metros, Masse en Kg, Tiempo en segundos), el inglés F Lb S (pie, libra, segundo) el MKS, etc.

Toda esta confusión pretende acabarse con el sistema SI. La adaptación es lenta (y no es seguro que se logre 100%). Actualmente ocurre que se publican, en EE.UU. por ejemplo, obras en dos ediciones simultáneas: la de valores clásicos (imperiales) y la del sistema SI. Esta última se lee más en países que podríamos llamar “latinos”, la primera en EE.UU. e Inglaterra.

Han aparecido muchos artículos y gran número de pequeños textos para hacer “comprender” y popularizar el sistema SI. Un defecto principal, a nuestro juicio, es que proporcionan un número elevado de “factores de conversión” y dejan a cargo del lector que en cada caso resuelva el problema (si lo ha entendido claramente). Aquí vamos a ceñirnos a las aplicaciones del mismo en el campo medicobiológico e insistiremos en ejemplos. Sólo proporcionaremos factores de conversión para comodidad de quienes deseen emplearlos.

Estamos a dos años de la supuesta fecha de adopción internacional, y sólo en publicaciones anglosajonas, y en algunas instituciones oficiales, por ejemplo el ejército francés, se ha adoptado el SI. Felizmente, empieza la costumbre de dar los valores clásicos, a los cuales está acostumbrado el médico o el biólogo o químico, acompañados entre paréntesis de las correspondientes cifras del sistema SI.

En **ACTA MEDICA** interesan únicamente algunas aplicaciones de estas unidades, sus múltiplos y fracciones. Por tanto, a sabiendas de que no exponemos todo el SI, sino únicamente su empleo en el medio médico, consideraremos los principales puntos en los cuales procede irse acostumbrando a entender o expresar los valores según el nuevo sistema (que ya no es tan “nuevo”, dado que

tiene 23 años de existencia). El hecho de que un número cada vez mayor de artículos y libros vengan con estas unidades, y la adopción del sistema en diversos laboratorios oficiales (esperemos que tarde o temprano sea mucho más frecuente) requiere un pequeño esfuerzo; pero las ventajas evidentemente son muchas.

En este artículo usaremos la coma decimal en lugar del punto y el espacio vacío en las cifras.

ANTECEDENTES

Antes de referirnos detalladamente al SI, recordaremos brevemente las unidades clásicas más empleadas y su origen.

Longitud. La anarquía de medidas terminó cuando a fines del siglo XVIII en Francia se mide el meridiano de París entre Dunkerque y Barcelona. Admitiendo como valor del círculo terrestre los 40 000 kilómetros, se establece un "metro" de platino-iridio que será el patrón que se enviará copiado a los demás diversos países. Esta unidad es el *metro*, con sus múltiplos y submúltiplos.

Masa de substancia (en la práctica, peso). Es el *kilo*, preparado también en un cilindro de platino-iridio y conservado, como el metro, en Sevrés, cerca de París. La milésima parte, o sea el gramo, correspondía a la masa (peso) de "un centímetro cúbico de agua destilada a su máxima densidad, o sea 4°C". No debe confundirse este gramo-fuerza, que depende de la gravedad, con el gramo-masa, del que hablaremos más tarde, valor invariable que, según veremos, se expresa en otra forma. Una *dina*, otra unidad, es el peso aproximado de un pedacito de papel de 1 cm × 1 cm.

Tiempo. La unidad era, y sigue siendo, el *segundo*. Se definió como "1/86 400 de la duración del día", pero es evidente la imprecisión; en 1952 se definió como la fracción 1/31 532 925 727 del año 1900. La tradicional división del día en 24 horas, cada una de 60 minutos y cada minuto de 60 segundos da el valor práctico del segundo. Pero en 1967 se estableció un valor exacto a base de la radiación del átomo de cesio 133.

Recuérdese la diferencia entre este segundo de tiempo, llamado centesimal y el segundo del sistema sexagesimal que divide la circunferencia terrestre en 360 grados; cada grado tiene 60 minutos y un minuto 60 segundos. Un segundo sexagesimal es una medida de distancia de aproximadamente 31 metros.

Trabajo o energía. (Para los físicos es igual a fuerza por distancia.) Como en griego fuerza es *dynam*, se tomó la unidad *dina*, que ya consideramos antes. Una fuerza de una dina que desplaza un cuerpo 1 cm, equivale al denominado *erg* (en griego, *erg* = trabajo). Pero este valor es tan pequeño (aproximadamente corresponde al peso de 1 mg) que se emplean valores mayores. En 1843 el físico inglés J.P. Joule, considerando que todo trabajo puede convertirse en calor, y viceversa, estableció como unidad 10 millones de ergios. Este es el que se ha adoptado como unidad, llamándolo *joule* (julio).

Por otra parte, 1 kg elevado a 1 m, el kilográmetro, en la práctica es una unidad demasiado grande. Este kilográmetro se ha substituido por el *newton*, que viene a ser 0,102 kgm y corresponde a 100 000 dinas. Para tener una idea de estos valores, recordemos que una dina por cm sería el trabajo de un insecto que subiera una gota de agua a 1 cm de altura, o el peso de 1 cm² de papel. Un joule o julio es un newton que desplaza un cuerpo un metro. En realidad 1 kilográmetro = 9,81 joules.

Fuerza. (Los físicos dicen masa × aceleración.) Cuando J. Watt, físico escocés, trabajaba con la electricidad, comprobó que el paso de una corriente eléctrica provocaba calor, y estableció como julio la cantidad de calor correspondiente a la energía disipada por un amperio atravesando una resistencia de un ohmio; señalaba (como calculamos antes) que 1 joule equivalía a 0,102 kilográmetros. Para establecer un valor práctico de fuerza quiso medir la de un caballo (entonces la fuente principal de energía) e hizo que tirara de una cuerda cuyo extremo iba a parar a un pozo y llevaba a un peso de "150 libras", comprobó así que en un minuto el animal podía elevar dicho peso en "221

pies". El valor era, pues, de "33 000 libras-pies". Este es un HP u *horsepower*. A título de comparación práctica, recordemos que en electricidad un amperio multiplicado por un voltio es lo que establece la unidad watt o vatio. Un foco luminoso que consume medio amperio con fuerza de 120 voltios tiene valor de 60 vatios. Un HP = 745 vatios. El metabolismo basal de un hombre, según veremos, corresponde aproximadamente a la energía calórica de dos focos (bombillas) de 60 vatios.

Temperatura. Con Lavoisier, en la década de 1790, acabó la teoría del flogisto y del "calórico". En 1798 Thompson, conde de Rumford, físico inglés (casado con la viuda de Lavoisier) al considerar que el frotamiento intenso de dos metales (en la fabricación de cañones) producía gran calentamiento, ya establece la equivalencia de calor con trabajo mecánico. Unos años antes, R.J. Clausius, físico alemán, señaló que el calor no es una substancia sino una forma de energía debida a la vibración de las moléculas: a mayor vibración, mayor temperatura. Todo ello culmina al establecer dos valores: primero, la unidad de calor, luego la equivalencia de calor con otras formas de energía. Una caloría es el calor necesario para pasar un gramo de agua 14,5° a 15,5°. Esta caloría pequeña, de difícil empleo, sirve para establecer la kilocaloría, o caloría grande, cuando en lugar de un gramo se valora con mil gramos de agua. Como todas las formas de energía, se pueden tener equivalencias en calor, 1 cal = 4,185 joules. En medicina trabajamos siempre con grandes calorías, y una caloría grande (kilocaloría) equivale a 4 185 joules, o sea 4,185 kJ. Trataremos más detalladamente el tema a propósito del metabolismo basal.

Volumen. Litro = dm³. En realidad, 1,000027 dm³, pues se midió a 760 mm Hg y 0° cuando la densidad máxima del agua es de 3,980. Esta unidad se conserva.

Presión. Desde los tiempos del alcade de Magdeburgo se sabía que una esfera vacía estaba sometida a una fuerte presión. Si se aspira agua por un tubo resulta imposible hacerla subir a más de 33 pies (repetimos los

términos de los primeros observadores ingleses). Galileo ya lo había observado, pero no logró explicar el motivo. Uno de sus estudiantes, Evangelista Torricelli, supuso que era la presión del aire ejercida sobre el recipiente del cual salía el tubo sometido a la aspiración. Como era muy incómodo trabajar con tubos de tales dimensiones, se le ocurrió ver si un metal líquido —el mercurio— "que pesa unas 13 veces más que el agua" podía servir para repetir el experimento, y en 1643, trabajando con un tubo de vidrio de un metro de altura y una cubeta llena de mercurio, comprueba que el mercurio sube un poco más de 30 pulgadas (760 mm). Pocos años más tarde, en 1648, Pascal emplea el tubo de Torrecelli y repite la determinación comparando el valor obtenido en París y luego en lo alto de una montaña; comprueba que la "presión atmosférica" es menor. Y queda consagrada como medida el milímetro de mercurio. Esta unidad ha persistido, y en la práctica suele emplearse así. Se establecen otras unidades: el *torr*, correspondiente a 1 mm de Hg. El *bar* (de bar, presión-barómetro) vale 750 torr. La unidad del SI es el *pascal* que mide fuerza × área y vale un newton por m². Equivale a 0,0075 mm Hg, de manera que resulta demasiado pequeño en la práctica y se emplea mucho más el kilopascal, equivalente a 7,5 mm Hg. Si se quieren establecer equivalencias, 1 mm Hg = 1 torr = 133,3 Pa. Un centímetro de agua (medida frecuentemente empleada, por ejemplo para pleura y líquido cefalorraquídeo) equivale a 9,81 pascales. En el campo médico, en 1714, el físico alemán G.D. Fahrenheit con una esfera de vidrio llena de mercurio y una abertura muy fina unida a un tubo de vidrio vacío con el extremo cerrado, comprueba que al subir la temperatura el mercurio se desplaza, por dilatarse (la dilatación del vidrio carece de importancia). Así, establece unas unidades al emplear la temperatura más baja que entonces podía obtenerse (mezcla de hielo y sal) y que llama cero, hasta la del hombre sano (un mozo de su laboratorio) que llama 100. Ya señalamos el error en el que incurrió. En esta escala el agua hierve a 212° Fahrenheit. En 1742 el astrónomo y

físico sueco Anders Celsius propone una escala que admite como cero la temperatura del agua hirviendo, y como 100 la del hielo fundente (eran los tiempos en que el calor “estaba” en los cuerpos; por lo tanto, al hervir se desprendía, mientras que a cero grados la sustancia estaba llena de calor). Algo más tarde se invierten los valores y queda la actual escala Celsius —o sea la centígrada— de 0 a 100. En 1787 el francés Jacques A.C. Charles, al estudiar los gases, comprueba que por cada grado C de disminución de la temperatura, los gases disminuyen en $1/273$ de su volumen. Deduce que a 273 grados bajo cero los gases desaparecerían y llama a -273 el cero absoluto (los gases no desaparecen, se hacen líquidos y más tarde sólidos; así disminuyen hasta anularse las vibraciones que explicaban la temperatura). Mucho más tarde, en 1860, el físico inglés W. Thomson explica que las moléculas que se entrechocan al llegar a -273 ya no se mueven; por lo tanto no puede haber una temperatura más baja (tres años antes había expresado ya la misma idea el alemán R.J. Clausius, según vimos antes). En 1892 el físico inglés W. Thomson, elevado a la nobleza (barón de Kelvin) propuso la escala que lleva su nombre, y que parte del cero absoluto. O sea, que en la escala Kelvin la temperatura es la misma de Celsius añadiéndole 273. La temperatura corporal normal es igual a $273 + 37 = 310$.

Masa molecular. Recordemos lo dicho antes acerca de masa de sustancia, en la práctica con unidad de kilo. La masa molecular es algo similar, pero enfocado en el campo químico. Recordemos que la mínima masa que puede existir —y que puede actuar en algún sentido— es la molécula, compuesta de varios átomos. Incluso elementos como el hidrógeno o el oxígeno, son diatómicos, es decir, sus moléculas están formadas por dos átomos. Los compuestos tienen peso molecular, la suma de los pesos atómicos de su fórmula, por ejemplo, la glucosa, $C_6H_{12}O_6$, resulta $(12 \times 6) + (12 \times 1) + (16 \times 6)$ total, 180, que es el peso molecular de la glucosa. Es difícil saber el peso de cada molécula, pero es fácil saber su peso relativo; es decir, comparándola con el peso de la molécula de

hidrógeno, tomada como unidad por ser el cuerpo más ligero que existe. Avogadro, en 1811, enseñó que todos los gases, a igualdad de volumen, temperatura y presión, han de tener un mismo número de moléculas. Por lo tanto, pesando oxígeno, nitrógeno, etc., en el volumen correspondiente, podemos asegurar que, por ejemplo, la molécula de oxígeno pesa 32 veces más que la de hidrógeno. La unidad de peso atómico del hidrógeno es el *dalton*. Un *mol* es el peso en gramos de una molécula del cuerpo que se considera. En el ejemplo anterior, un mol de glucosa pesa 180 g. El peso real de la molécula puede obtenerse a partir del número propuesto por Amadeo Avogadro en 1811, o sea, $6,02 \times 10^{23}$, el número de moléculas existentes en un mol. La que los fisicoquímicos llaman unidad atómica física de masa (uafm) es la masa del átomo de oxígeno, O_{16} .

Veremos que el SI expresa en moles y minimoles lo que estamos acostumbrados a indicar en peso. Esta forma de presentar los valores es más inteligente y permite tener una idea más clara del número de moléculas que intervienen en una reacción. Cuando conocemos el número de receptores para cada producto fisiológico o terapéutico (como ya lo conocemos para acetilcolina, insulina, dopamina, morfina, serotonina, etc). Indudablemente la fisiología y la farmacología serán más científicas que ahora. Quizá para ello se necesite tiempo.

Después de este recuerdo, que consideramos de cierto valor para comprender bien el motivo y los fundamentos del nuevo sistema de unidades, pasemos específicamente a tratar del SI y luego de su empleo en el campo médico.

El SI admite siete unidades: amperio (cantidad de corriente), candela (intensidad luminosa), Kelvin (unidad de temperatura), kilogramo (cantidad de masa), mol (concentración de sustancia, recordemos la diferencia entre éste y el anterior), metro (distancia) y segundo (unidad de tiempo). Con estas denominaciones deben enunciarse todos los pesos y todas las medidas. Para complementar, procede emplear múltiplos (cuando la cifra es elevada) y submúltiplos (cuando es infe-

rior a la unidad). Estos prefijos son los siguientes:

Tera = 10 ¹²	deci = 10 ⁻¹
Giga = 10 ⁹	centi = 10 ⁻²
Mega = 10 ⁶	mili = 10 ⁻³
kilo = 10 ³	micro = 10 ⁻⁶
hecto = 10 ²	nano = 10 ⁻⁹
deca = 10 ¹	pico = 10 ⁻¹²
	femto = 10 ⁻¹⁵
	atto = 10 ⁻¹⁸

Nota: nano en griego = enano; pico = pequeño; femton en sueco = 15; atto en danés = 18; gigous en griego = gigante; teras en griego = monstruo.

Con estas unidades, múltiplos y submúltiplos pueden (y deben) expresarse todos los valores.

Además, hay que seguir las siguientes normas:

1. Después de una unidad no se pondrá punto para indicar la porción decimal, pues este punto significa multiplicación. Los números con muchos dígitos se expresarán separando grupos de tres dígitos por un espacio en blanco (ni puntos ni comas). La parte decimal se indicará por una coma. Por ejemplo estamos en el año 1 983. Un recuento de hematías da 5 123 000; una urea en sangre da 27,4 g por litro.

2. Las unidades y todos los valores se expresarán sin punto ni adición alguna, aunque se trate de múltiplos. Por ejemplo 65 kg, no kgs.

3. Se evitarán los prefijos múltiples. Por ejemplo, se dirá nanómetro pero no milimicrómetro.

4. Los resultados de análisis, informes de datos, etc., han de incluir sistema o muestra, componente, tipo de cantidad, valor numérico y unidad. Por ejemplo: (*sistema*) suero o plasma; (*componente*) urea; (*tipo de cantidad*) concentración de la sustancia; (*valor*) 5,10; (*unidad*) mmol/l.

5. Los múltiplos y submúltiplos se emplean en etapas de 10³ o 10⁻³

6. Las temperaturas se indicarán con escala celsius o centígrada, pero sin el signo de grado. Así, 39,2C pero no 39,2°C.

7. Se suprime la expresión p.p.m. Hay que aclarar si es en volumen, en peso, o cómo.

Algunas otras indicaciones no las transcribimos porque se refieren a problemas de lenguaje en inglés.

VEAMOS AHORA ALGUNOS EJEMPLOS

Presión arterial. Se ha objetado que difícilmente se emplearán unidades SI, ya que los esfigmomanómetros del comercio vienen calibrados en cm y mm de mercurio. No es absolutamente cierto; por ejemplo, diversas casas fabricantes de estos aparatos en Alemania ya ponen los dos valores (como en los velocímetros se ponen, generalmente en color diferente, la velocidad en millas y en kilómetros). En honor al gran genio del siglo XVII que perfeccionó el descubrimiento de Torricelli y le dio expresión matemática, la unidad es el *pascal* (un newton por m²; recordemos que el newton son 100 000 dinas, o sea 0,102 kg). En resumen: 1 mm Hg = 133 Pa; 1 cm de agua = 98 Pa. Como este valor es muy bajo, se emplea casi siempre su múltiplo mil, o sea el kilopascal. Un kPa = 7,5 mm Hg. La presión atmosférica de 760 mm Hg = 101,08 kPa. Todo ello resulta en las siguientes equivalencias de presiones arteriales (suprimimos decimales para simplificar):

mm Hg	kPa Valor práctico	Valor real
60	8	7,99
75	10	9,99
90	12	11,99
120	16	15,99
150	20	19,99
180	24	23,99
200	27	26,99
210	28	27,99

$$x \times 133,2 = \longrightarrow$$

Metabolismo basal. La unidad es el julio (ver antes en temperatura). Recordando que una caloría grande equivale a 4 185 J, sea, 4,185 kJ, es fácil establecer los valores. En

reposito el metabolismo basal de un varón adulto sería, por ejemplo, de unas 1 800 calorías en las 24 horas. Si multiplicamos 1 800 por 4,185 tendremos un metabolismo basal de 7 533 kJ, que será mejor expresar en 7,533 MJ. Por lo demás, $1\ 000\ \text{cal} = 4,185\ \text{MJ}$, entonces $3\ 000\ \text{cal} = 12,555\ \text{MJ}$.

La costumbre establecida de expresar el metabolismo en porcentaje del considerado normal en función de área superficial, peso y talla, probablemente siga empleándose. Pero ya es frecuente leer en textos, principalmente europeos, el metabolismo basal en kilojulios o megajulios.

Valores de la dieta. La costumbre de expresar en números redondos el valor calórico está muy enraizada. En el SI diríamos: 1 g de proteína proporciona 4 cal ($4 \times 4,185$ equivale a 16,74 kJ), igual valor para glúcidos, y 1 g de grasa, 9 kcal ($9 \times 4,185 = 37,66\ \text{kJ}$).

Aunque a base de estos dos factores de conversión puede establecerse el cálculo para cualquier dieta, quizá tarde bastante en adoptarse el sistema. Por otra parte, es posible asimismo establecer en el SI las cantidades de Fe, Ca, vitaminas, etc. Los valores correspondientes los daremos más tarde.

Resultados de análisis clínicos. Es aquí donde el SI ha entrado de lleno en la práctica en muchos países y en muchos textos. El médico debe recordar que ya llevamos años expresando las concentraciones de ciertos elementos, como sodio, potasio, cloruro, etc., en miliequivalentes, y el miliequivalente es simplemente la milésima parte del equivalente. Este último es el valor de dividir el peso atómico por la valencia (el calcio es divalente, por ejemplo). Una ventaja del SI es que no tiene en cuenta la valencia. Se expresan las cantidades en moles y múltiplos o submúltiplos. Este paso de valores "clásicos" (mg por 100 ml, o por l) se ha ido efectuando lentamente, pero desde Gamble ya ha adquirido carta de ciudadanía definitiva. Pues bien, se trata simplemente de hacer lo mismo con los demás componentes que vienen expresados en los resultados de los análisis.

Ejemplo: al determinar la *glucemia*, teniendo en cuenta que su peso molecular es de 180 (véase antes masa molecular), la expresi

ón debería ser de moles por litro. Esta cifra evidentemente sería muy alta para expresar una glucemia normal en ayunas. Pongamos 100 mg por 100 ml. Entonces la glucemia será de 1 g por litro. Este valor de 1 000 mg equivale (dividido por 180) a 5,555 milimoles por litro; si queremos volver al valor de los anteriores 100 ml, una glucemia de 100 mg/100 ml es de 0,55 mmol/dl (decilitro).

Ejemplo de *colesterol* (total). Supongamos un valor de 200 mg por 100 ml. Pasándolo a litros, son 2 000 mg, o sea 2 g. Para indicar el valor en moles o fracción, recordemos que el peso molecular del colesterol es de 386,64. Por lo tanto, 2 g por l equivale a 2 000 mg dividido por 386,64 = 5,172 mmol por litro (0,517 mmol por dl).

Ejemplo de *creatinina*. Un enfermo tiene 2 mg en 100 ml de plasma. Pasando a litros son 20 mg. El peso molecular de la creatinina es de 131. Por lo tanto, en un litro hay 20 mg, divididos por 131 = 0,152 67 milimoles por litro (0,015 267 mmol/decilitro). Suelen suprimirse los dígitos después de 10^{-3} . Diremos 0,152 mmol/l.

Así sucesivamente pueden hacerse los cálculos para la mayor parte de datos que se reciben en los análisis. Sin embargo, en la práctica se presentan dificultades con productos cuyo peso molecular se desconoce, o que son polímeros o mezclas (por ejemplo hemoglobina o ácidos grasos).

Al hacer oficiales las expresiones del SI ha habido necesidad de atribuir pesos determinados a ciertos compuestos; o, cuando se trata de gases diatómicos de "nitrógeno residual o no ureico", etc. A continuación señalaremos algunos valores "oficiales", luego daremos los pesos moleculares y factores de conversión para los productos que más frecuentemente se emplean en clínica; en fin, señalaremos los casos en los cuales la mayoría de los autores admiten que de momento más vale seguir con las expresiones clásicas, en espera de que se reglamenten los datos.

Para el fibrinógeno se calcula un peso molecular de 341 000. Para la hemoglobina, p m 64 500 daltones. Pero como los autores discuten si debe considerarse el producto como

monómero o tetrámero, se limitan a dar los resultados en la forma hasta aquí acostumbrada. La expresión de temperaturas en kelvines resulta poco práctica; claro que basta restar 273 de la cifra, pero en clínica es tan frecuente el empleo de temperaturas aproximadas, que se aconseja expresarlas en grados C —o sea como están calibrados los actuales termómetros. Para ceruloplasmina se admite p m 151 000.

Enzimas. En este caso el problema no está resuelto, pues las enzimas son proteínas —simples o complejas— de peso molecular casi siempre dudoso o desconocido. Es sabido que hay unidades muy diferentes para una misma enzima según los autores y las técnicas. Por eso en 1964 la Unión Internacional de Bioquímica propuso una unidad que sería la cantidad de enzima que convertiría un micromol de substrato por minuto. Pero el SI propone la unidad *katal* o sea la cantidad de enzima que cataliza el ritmo de reacción de un mol por segundo. Esto se aplica no sólo a las enzimas, sino a todas las catálisis. Pero al intervenir tantos factores y variables como pH, tipo de substrato, presencia o ausencia de inhibidores, etc., el SI no parece ofrecer ventaja alguna sobre los valores generalmente empleados de unidades internacionales que existen para la mayor parte de enzimas.

pH. Según el SI se expresará la acidez o basicidad por la concentración, no por el logaritmo; así se dirá directamente la concentración de hidrogeniones (sin profundizar). Quizá esta notación dé mejor la idea de las variaciones en el número de iones hidronio, que a veces escapa al considerar los valores logarítmicos que son el pH. Dudamos que esta notación entre fácilmente en la práctica. Además, los márgenes de error, tanto con método colorimétrico como potenciométrico, son bastantes para que en clínica no resulte necesaria una exactitud muy grande.

Exámenes que dan resultado en tiempo. No se modificarán los valores usuales de tiempo de sangrado, tiempo de protrombina, tiempo de circulación y algunos más.

Datos numéricos que no cambian con el SI. El número de leucocitos o hematías; el de

cilindros en orina; la velocidad de sedimentación; el número de parásitos (nulo, escaso, elevado) en coprología; la valoración de anticuerpos (se efectúa raramente) en valor recíproco de la última dilución seriada que resulta positiva, etc.

No nos ocupamos de dos unidades, la *candela* (luz) y el *amperio* (electricidad) que tienen interés en investigación y en otros campos pero que no maneja el médico. Tampoco pretendemos dar todos los factores de conversión para no extender excesivamente el texto. Creemos que en la práctica lo expuesto será de utilidad y bastará. Durante cierto tiempo probablemente se sigan empleando muchas de las expresiones acostumbradas para indicar los resultados. Pero también es probable que cada día sea más común dar los dos valores, el acostumbrado y el del SI. No creemos posible que se cumpla el acuerdo de emplear sistemáticamente este último. Desde luego, en la literatura norteamericana, que es la más consultada en México, no hemos visto que se sigan las indicaciones de las reuniones internacionales. Ni tan sólo en la expresión de los millares y los valores decimales; siguen empleándose los puntos y las comas en forma que resulta clara si se está acostumbrado y las cifras no son muy altas, pero equívoco en otras situaciones. Hay ya algunas obras que se ofrecen en dos ediciones simultáneas diferentes, una de unidades "imperiales" clásicas y otra de SI, pero son muy pocas. La obligatoriedad que en diversos países de Europa se ha establecido, y que se traduce netamente en muchos libros allí publicados, no ha resultado válida en nuestro continente. Pero tenemos la obligación de conocer el nuevo sistema, adoptándolo o, por lo menos, para entender expresiones en obras que lo sigan. Es con este fin que brindamos este artículo a los lectores de ACTA MEDICA.

Señalemos, finalmente, que si el SI llega a imponerse, es muy probable que se aplique también a la dosificación y clasificación de fármacos. Es así como podrá tenerse una idea más clara del real modo de acción de algunos productos. Sobre todo si se descubren y valoran cualitativa y cuantitativamente los

receptores en cada órgano.

El no observar el SI, se acompaña muchas veces de la adopción de valores y abreviaturas que tampoco corresponden al sistema centesimal. Por ejemplo, es frecuente leer en publicaciones médicas, sobre todo en EE.UU., que la concentración de un componente determinado es de *n mcgs* para indicar “microgramos” —cuando en realidad *mcg* significaría milésima de centigramo. Esta anarquía es paralela a la de millón y billón, por ejemplo, que tantos errores crea en la prensa diaria. Es evidente que en una u otra forma habrá que ir acostumbrándose a res-

petar cierta uniformidad para lograr entenderse.

En la imposibilidad de dar las equivalencias de todos los valores que suelen emplearse en clínica, presentamos algunos ejemplos. Junto con las instrucciones que se dieron antes, pueden obtenerse los valores correspondientes mediante un cálculo sencillo.

Hemos añadido algunos factores de conversión para completar la presentación, pero desaconsejamos fiar estrictamente en ellos para obtener con seguridad los valores deseados.

Substancia	p.m.	Valor clásico mg / 100 ml	g / l	mmol / l	Factor de Conversión
Acido úrico	168,11	2,5-8	0,258-0,8	0,15-0,48	0,0595
Calcio total	40,08	9-11	0,09-0,110	2,25-2,75	0,25
Colesterol total	386,64	150-200	1,5-2	3,88-5,18	0,0259
Creatinina	113,13	1-3	0,01-0,02	0,15-0,3	88,4
Glucosa total	180,16	80-100	0,8-1	5,5555	0,0555
Magnesio	24,31	1-3	0,01-0,03	0,41-1,25	0,411
Urea	60,06	20-35	0,2-0,35	3,33-5,83	0,167

Los valores siguientes son ejemplos de cifras que no se cambiarán

Bilirrubina total	584,6	0,1-0,3	0,001-0,003	1,71-5,1 ($\mu\text{mol/l}$)	
Hierro	55,84	75-125 ($\mu\text{g}/100$)	750-1 750 ($\mu\text{g}/l$)	no se emplea	
Fosfato in. total	30,97	3,4,5	0,03-0,45	0,0009-0,001	0,323

Cloruro total se expresa en meq litro 97-105

Potasio sérico se expresa en meq litro... 3,8 a 4,8

Sodio total 22,99, se expresa en meq por litro, 135 a 145

ALGUNOS FACTORES DE CONVERSION APROXIMADOS PARA LAS UNIDADES SI

	De unidades SI		A unidades SI	
Bilirrubina	$\mu\text{mol/l} \times 0,058$	= mg/dl	mg/dl:0,058	= $\mu\text{mol/l}$
Calcio				
Plasma	$\text{mmol/l} \times 4$	= mg/dl	mg/dl:4	= mmol/l
Orina	$\text{mmol/24h} \cdot 40$	= mg/24 h	mg/24 h:40	= mmol/24 h
Colesterol	$\text{mmol/l} \cdot 39$	= mg/dl	mg/dl:39	= mmol/l
Cortisol				
Plasma	$\text{nmol/l} \times 0,36$	= $\mu\text{g/dl}$	$\mu\text{g/dl}:0,036$	= nmol/l
Orina	$\text{nmol/24 h} \cdot 0,36$	= $\mu\text{g/24 h}$	$\mu\text{g/24 h}:0,36$	= nmol/24 h
Creatinina				
Plasma	$\mu\text{mol/l} \times 0,011$	= mg/dl	mg/dl:0,011	= $\mu\text{mol/l}$
Orina	$\mu\text{mol/24 h} \times 0,11$	= mg/24 h	mg/24 h:0,11	= mol/24 h
Gases				
PO_2	$\text{kPa} \times 7,5$	= mm Hg	mm Hg:7,5	= kPa
PCO_2				
Glucosa	$\text{mmol/l} \times 18$	= mg/dl	mg/dl:18	= mmol/l
Hierro	$\mu\text{mol/l} \times 5,6$	= $\mu\text{g/dl}$	$\mu\text{g/dl}:5,6$	= $\mu\text{mol/l}$
HBC				
Fósforo	$\text{mmol/l} \times 3$	= mg/dl	mg/dl:3	= mmol/l
Proteínas				
Suero				
Total				
Albúmina	$\text{g/l}:10$	= g/dl	$\text{g/dl} \times 10$	= g/l
Inmunoglobulinas				
Orina				
Concentración	$\text{g/l} \times 100$	= mg/dl	mg/dl:100	= g/l
Eliminación diaria	g/24 h		No varia	
Urato	$\text{mmol/l} \cdot 17$	= mg/dl	mg/dl:17	= mmol/l
Urea	$\text{mmol/l} \times 6$	= mg/dl	mg/dl:6	= mmol/l
5-HIAA	$\mu\text{mol/24 h} \times 0,2$	= mg/24 h	mg/24 h:0,2	= $\mu\text{mol/24 h}$
HMMA				
Estriol				
17-Oxosteroides				
Esteroides 17-oxo génicos. Totales	$\mu\text{mol/24 h} \times 0,3$	= mg/24 h	mg/24 h:0,3	= $\mu\text{mol/24 h}$
"Grasa" fecal	$\text{mmol/24 h} \times 0,3$	= g/24 h	$\text{g/24 h}:0,3$	= mmol/24 h

VALORES NORMALES

Cada laboratorio debe imprimir su propia lista de valores "normales" para que los clínicos puedan consultarla al interpretar los resultados. Los estudiantes deben tener una idea del orden de magnitud de los valores "normales". En esta lista damos los valores medios. El estudiante debe llenar la columna en blanco (derecha) escribiendo los valores de su laboratorio. Las determinaciones señaladas con un asterisco son las que más fácilmente estarán afectadas por estas diferencias. Esto es especialmente válido para los valores enzimáticos.

Determinación en plasma, suero o sangre (plasma si no se menciona lo contrario)	Valores normales medios aproximados		Valores normales en el laboratorio de los estudiantes (anótese)
	Unidades antiguas	Unidades SI y otras "nuevas" unidades	
* Amilasa	Menos de 200 unidades Somogy		
Bilirrubina	Menos de	Menos de	
	1 mg/dl	17 $\mu\text{mol/l}$	
Calcio	9 mg/dl	2,25 mmol/l	
Colesterol	200 mg/dl	5,2 mmol/l	
* Colinesterasa	350 mU/dl		
"Cortisol"			
9 mañana	16 $\mu\text{g/dl}$	440 $\mu\text{mol/l}$	
medianoche	4 mg/dl	110 $\mu\text{mol/l}$	
* Creatincinasa	Hasta		
	50 U/l		
Creatinina	1 mg/dl	88 $\mu\text{mol/l}$	
Electrolitos			
Sodio	140 mEq/l	140 mmol/l	
Potasio	4 mEq/l	4 mmol/l	
Bicarbonato (estándar y actual)	24 mEq/l	24 mmol/l	
Cloro	100 mEq/l	100 mmol/l	
Acidos grasos libres (FFA;NEFA)	0,5 mEq/l	500 mmol/l	
Gases y pH (sangre total)			
PO ₂	95 mm Hg	12,6 kPa	
pH	7,4		
PCO ₂	40 mm Hg	5,3 mmol/l	
Glucosa (sangre total) en ayunas	95 mg/dl	3,3 mmol/l	
* HBD	125 U/l a 35° C		
	90 U/l a 35° C		
Hierro			
varón	120 $\mu\text{g/dl}$	21,5 $\mu\text{mol/l}$	
hembra	80 $\mu\text{g/dl}$	14,3 $\mu\text{mol/l}$	
Capacidad total de fijación de hierro	300 $\mu\text{g/dl}$	54 $\mu\text{mol/l}$	
Lípidos			
Colesterol (total)	200 mg/dl	5,2 mmol/l	
* Fosfolípidos	8 mg/dl (como P)	5,2 mmol/l	
* Triglicéridos (en ayunas)	88 mg/dl (como trioleína)	1 mmol/l	
Magnesio	1,6 mEq/l	0,8 mmol/l	
* 5'-Nucleotidasa	10 U/l		
* Fosfatasa ácida	Hasta		
(Tartrato lábil)	Hasta		
Alcalina	0,9 Unidades KA		
	1,6 U/l a 37° C		
	10 Unidades KA		
	71 U/l a 37° C		

Determinación en plasma, suero o sangre (plasma si no se menciona lo contrario)	Valores normales medios aproximados		Valores normales en el laboratorio de los estudiantes (anótese)
	Unidades Antiguas	Unidades SI y otras "nuevas" unidades	
* Fosfato	4 mg/dl (como P)	1,3 mmol/l	
* Proteínas (suero)			
Total	6 g/dl (aprox. 0,3 g/dl más en plasma)	60 g/l (aprox. 3 g/l más en plasma)	
Albúmina	4 g/dl	40 g/l	
Yodo protéico	6 µg/dl	472 nmol/l	
Tiroxina (T ₄) e índices			
T ₄	8 µg/dl	103 nmol/l	
Relación de captación por resina	0,95		
Índice de tiroxina libre	8 µg/dl	103 nmol/l	
* Transaminasas			
ALT (SGPT)	12 U/l a 35° C 9 U/l a 25° C		
AST (SGOT)	15 U/l a 35° C 12 U/l a 25° C		
Urato			
varón	5,5 mg/dl	0,33 mmol/l	
hembra	4,5 mg/dl	0,27 mmol/l	
Urea	20 mg/dl	3,3 mmol/l	
Orina			
5-HIAA	6 mg/24 h	31 µmol/24 h	
HMMA (VMA)	4 mg/24 h	20 µmol/24 h	
Esteroides			
17 Oxosteroides			
Esteroides 17-Oxogénicos totales	13 mg/24 h 10 mg/24 h	45 µmol/24 h 35 µmol/24 h	
varón			
hembra			
"Cortisol"			
varón	250 µg/24 h	690 nmol/24 h	
hembra	200 µg/24 h	550 nmol/24 h	
Heces			
Grasa (recogida en un periodo de 5 días)	Hasta 5 g/24 h (como ácido esteárico)	Hasta 18 mmol/24 h (como ácido graso)	