

En torno a las escalas en la naturaleza

Luis Manuel Gaggero Sager y Rolando Pérez Álvarez

Facultad de Ciencias, UAEM.

Miembros de la Academia de Ciencias de Morelos.

Según la Real Academia de la Lengua Española [1] la palabra *escala* significa escalera de mano. Esta palabra tiene otras acepciones pero queremos llamar la atención del lector sobre la acepción que se refiere al “tamaño o proporción”. Un mapa, por ejemplo, se hace a cierta escala, aumentando o reduciendo los detalles. Los arquitectos suelen hacer maquetas de sus proyectos en donde, como es sabido, las características de su obra se reducen proporcionalmente. En este artículo queremos introducir al lector en el tema de las distintas escalas, en cuanto tamaño o proporción, en la Naturaleza.

De distancias y masas Probablemente el primer aspecto que debemos resaltar es que en la Naturaleza las magnitudes toman valores en un amplio intervalo. Por ejemplo, la relación entre la conductividad de un metal y la de un dieléctrico o material aislante puede ser de 10^{40} , o sea, un número con nada más y nada menos que 40 dígitos (el número 1 seguido por 40 ceros). Si se toma el cociente entre las conductividades de un material superconductor y un material dieléctrico este número puede aumentar hasta 50 dígitos o más. Otro caso es el de las distancias. En la Naturaleza, estudiada hasta el momento, las longitudes se encuentran en un intervalo enorme: hablando en números aproximados, entre las longitudes más pequeñas y las más grandes puede haber una diferencia de muchos dígitos. Pongamos un ejemplo de lo que decimos: el tamaño que se asigna a un electrón es del orden de 10^{-15} m (14 ceros a la derecha del punto decimal, y después un uno) mientras que el radio mínimo que se calcula puede tener el Uni-

Órdenes de Magnitud	PREFIJO	SIMBOLO
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000 000 = 10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^9	giga	G
1 000 000 = 10^6	mega	M
1 000 = 10^3	kilo	k
100 = 10^2	hecto	h
10 = 10^1	deca	da
0.1 = 10^{-1}	deci	d
0.01 = 10^{-2}	centi	c
0.001 = 10^{-3}	milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
0.000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
0.000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a
0.000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-21}	zepto	z
0.000 000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-24}	yocto	y

Tabla 1. Prefijos que se usan para denotar el orden de magnitud de los valores que se utilizan para realizar mediciones.

verso es algo así como 10^{24} m (un uno seguido de 24 ceros). Las masas, por su lado, también pueden cubrir un intervalo gigante. Podemos mencionar, por ejemplo, que la masa de un electrón es aproximadamente 10^{-30} kg, mientras que la de la estrella Betelgeuse supera los 10^{30} kg. Si dividimos una cantidad entre la otra obtenemos un número con 60 dígitos.

De la vida cotidiana Para manejar estos números con cierta facilidad, en la actualidad se usan los prefijos que se muestran en la Tabla 1. En la vida cotidiana solemos usar con relativa frecuencia el prefijo “kilo”, que en griego significa mil. Un kilogramo es igual a mil gramos, un kilómetro es lo mismo que mil metros, y así sucesivamente. No sería incorrecto decir, por ejemplo, que un carro cuesta cien kilopesos, o sea 100 mil pesos. Otro tanto sucede con el prefijo mili cuyo significado es una milésima parte de la unidad. Decimos que una pastilla de vitamina C tiene 500 miligramos, es decir, 500 milésimas partes de un gramo; que una pieza mide cinco

milímetros, es decir, cinco milésimas partes de un metro, etc. Otros prefijos son menos usados en la vida cotidiana, probablemente porque no accedemos a magnitudes tan pequeñas o tan grandes, pero en la ciencia y la tecnología se usan de manera ineludible al tratar con objetos pequeñísimos, como es el caso de la nanociencia [2] o con sistemas gigantescos, como el caso de la astronomía. Es importante tener una idea del orden de magnitud o valor aproximado de las diferentes cantidades con que nos enfrentamos en la vida cotidiana. A veces incluso podemos prescindir del valor exacto porque intuimos los valores aproximados de algo (distancias, pesos, volúmenes) y podemos tomar decisiones o tener criterios de las cosas. Por ejemplo, la distancia a la que se encuentra la Estación Espacial Internacional de la Tierra (figura 1). Las fotos y películas de los cosmonautas *flotando* sugieren a algunas personas que la nave y sus

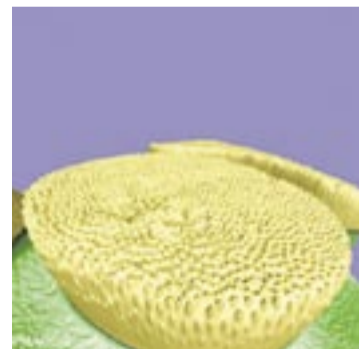


Figura 3. La imagen muestra un glóbulo rojo infectado por el parásito de la malaria (*Plasmodium malariae*). La superficie de la célula muestra abultamientos de unos 50 nm de diámetro en su base y unos 10 nm de altura. Estas nanoestructuras están formadas por la aglomeración de proteínas producidas por los parásitos en el interior de la célula.



Figura 1. Estación Espacial Internacional vista desde el Transbordador Espacial Endeavour fotografiada el 30 de mayo del 2011.

tripulantes están a gran distancia de la Tierra y por tanto fuera del campo gravitatorio terrestre, pero esta idea es errónea. La Estación está apenas a unos 400 km sobre nuestras cabezas. La distancia de Cuernavaca a Guadalajara, por ejemplo, es mayor (470 km en línea recta, 570 km en ruta). A esta distancia de la Tierra, la atracción gravitacional disminuye tan sólo un uno por ciento respecto del valor que tiene cuando el objeto está en sobre superficie terrestre. Son otros fenómenos físicos, en particular las fuerzas de inercia las que explican por qué los objetos *flotan* cuando están girando alrededor del planeta.

Distancias y tamaños astronómicos

En ocasiones nos cuesta trabajo imaginar las extraordinarias distancias que hay entre los cuerpos celestes. Por su parte, el tamaño de los astros, por ejemplo, es muy variado. En la figura 2 se puede ver el tamaño relativo de algunos de los planetas pertenecientes al Sistema Solar.

Podríamos seguir con esta sucesión de esquemas del tamaño relativo de los astros pues hay algunos que son tan grandes que si construimos un esquema similar,

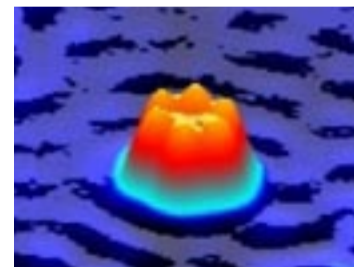


Figura 4. Esta imagen a una escala de 12 nm x 9 nm, muestra una molécula de nombre complejo, hexa-ter-butyl-hexafenilbenceno, que ha sido manipulada mediante la punta de un microscopio hasta atrapar en su interior dos átomos libres sobre la superficie. Esta molécula puede llegar a contener seis átomos de cobre, y permite almacenar, transportar y posteriormente liberar dichos átomos en otro lugar de la superficie. La imagen muestra también, en la parte inferior, algunos átomos de cobre aislados, esperando ser capturados por esta molécula.

nuestro planeta no se vería en el papel. Y si hablamos de su masa ésta también toma valores muy distintos. El cociente de la masa del Sol (10^{30} kg) con la del electrón (10^{-30} kg) es un número de 60 dígitos, aunque habría que decir que el electrón no es el objeto más ligero ni nuestro Astro Rey es, con mucho, el más masivo. Algunos objetos celestes son tan masivos que atraen hacia sí todo lo que los rodea, incluso la luz, y debido a que lo que entra en ellos no sale, se les llama “hoyos negros”.

Escala humana y más, mucho más pequeña

Se suele decir que el entorno humano está en la unidad conocida como metro y/o tal vez en algunos de sus múltiplos (por ejemplo, el kilómetro) o submúltiplos (por ejemplo, los centímetros). A escalas menores, tenemos ejemplos como las células con dimensiones típicas en el micrómetro, esto es, la millonésima parte de un metro; los átomos cuyos tamaños típicos están en el nanómetro, o la milmillonésima parte de un metro; las partículas subatómicas, como los protones o neutrones, y componentes del núcleo atómico, cuyas dimensiones corresponden al orden de los femtómetros, es decir, una mil billonésima parte de un metro, y así sucesivamente.

En la figura 3, se pueden ver glóbulos rojos infestados por protozoos del género *Plasmodium* causantes de la malaria. En la figura 4, tenemos otro ejemplo, ahora del dominio de la nanotecnología. Ambas fotos, y muchas más, pertenecientes al fascinante mundo de lo pequeño pueden verse en la exposición que la Academia de Ciencias de Morelos junto a la Universidad Autónoma del estado tiene expuesta en el Museo de la Ciencia.

Con estos ejemplos, esperamos despertar en el lector el interés hacia el tema de las escalas en distintos niveles, y al lector impaciente le sugerimos el trabajo de nuestras colegas Sánchez y Tagüeña, en la referencia 4. Así como visitar la exposición que la Academia de Ciencias de Morelos y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, tienen sobre el mundo de la nanociencia y nanotecnología, en el Museo de la Ciencia.

Bibliografía

- [1] <http://www.rae.es/rae.html>
- [2] R. Pérez, “Electrónica, microelectrónica y nanoelectrónica”, La Unión de Morelos, 12 de abril de 2012, p. 38. http://www.acmor.org.mx/descargas/12_abr_02_electronica.pdf
- [3] [http://es.wikipedia.org/wiki/Plut%C3%B3n_\(planeta_enano\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Plut%C3%B3n_(planeta_enano))
- [4] M. Sánchez-Mora, J. Tagüeña, “Las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia”, Mundo Nano Vol.4, No 2, 83-102 (2011).



Figura 2. Tamaño relativo de algunos de los componentes del Sistema Solar. El radio de la Tierra es aproximadamente de 6,400 km; el de Venus 6,000 km; el de Marte 3,400 km; el de Mercurio 2,400 km; y el de Plutón 1,200 km. Cabe recordar que todos estos ejemplos son planetas mientras que Plutón “perdió” últimamente esta condición [3].