

# LOS PILARES DE LA CIENCIA

MIGUEL ARTOLA

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON



Una monumental historia de la Ciencia, con un enfoque novedoso, que combina la aportación de dos de los más prestigiosos investigadores del panorama académico español contemporáneo. Un historiador y un científico se unen por vez primera para ofrecernos un exhaustivo recorrido a través de los hitos fundamentales de la Ciencia a lo largo de los siglos.

Los pilares de la Ciencia es un ambicioso proyecto que aborda la explicación de los métodos de investigación y los principales experimentos en este campo, y nos informa sobre los protagonistas y las circunstancias históricas que acompañan el proceso de elaboración de los conceptos científicos. Asimismo, la obra da cuenta de los avances más notables que, desde el principio de los tiempos, han contribuido al desarrollo intelectual del ser humano.

## INTRODUCCIÓN

Cuando, hace 2,5 millones de años (M. a.), aparecieron sobre la Tierra los primeros individuos del género *Homo*, los *homínidos*, y dentro de ellos la especie *homo habilis*, se encontraron en un mundo que tenía una larga historia (ellos mismos eran fruto de un largo proceso de evolución biológica). En efecto, la formación del planeta en el que vivían, la Tierra, comenzó hace 4500 M. a., a partir de una masa de polvo que giraba alrededor del Sol y que se condensó en una gran esfera debido a la atracción gravitacional. La formación de una corteza sólida, y en ella de los océanos, se sitúa en torno a hace unos 4100 M. a. Aún se discute si la vida se originó, hace alrededor de 3600 M. a., en la Tierra, como producto de reacciones químicas entre materiales presentes en ella, o si llegó del exterior, transportada por alguno de los numerosísimos meteoritos que chocaron contra su superficie en los primeros tiempos de su historia, cuando la atracción gravitacional —especialmente la del Sol— no había «puesto orden» en el entonces convulso Sistema Solar. La aparición de células semejantes a las procariontas (carentes de núcleo) dio lugar al proceso de la fotosíntesis, la producción de oxígeno que absorbían los metales y en particular el hierro. Cuando estos se saturaron, hace entre 2500 y 2400 M. a., el oxígeno libre se incorporó a la atmósfera, acabando (hace unos 2000 M. a.) en una gran crisis de «oxigenación» con la mayor parte de los entonces dominantes seres anaeróbicos; fue entonces cuando la atmósfera terrestre alcanzó una composición semejante a la actual. Durante el período denominado Proterozoico

(2500-542 M. a.) aparecieron las células eucariotas (provis-tas de núcleo), se inició la reproducción sexual y surgieron los protozoos. La explosión de vida animal del Cámbrico (590-505 M. a.) y la colonización del suelo por las plantas a partir de los 470 M. a. cambiaron la imagen del planeta. El Carbonífero (359-299 M. a.) dejó tras de sí grandes estratos de carbón. Y la extinción de los dinosaurios, hace unos 60 M. a., dejó libre el campo para el desarrollo de los mamíferos y la aparición de los homínidos.

El *homo habilis* (los homínidos que vivieron en África desde hace aproximadamente 1,9 hasta 1,6 M. a.) recibió este nombre por su capacidad para fabricar herramientas (armas entre ellas), con las que surgió la posibilidad —implementada— de explotar y transformar el mundo en que vivía. La cultura de Olduvai —el conjunto arqueológico y paleontológico situado en Tanzania, descubierto por el geólogo alemán Hans Reck antes de la Primera Guerra Mundial, en donde se encuentran sedimentos de una antigüedad entre 2 M. a. hasta 15 000 años— es uno de los testimonios de esas habilidades. La aparición del *homo erectus* (vivieron desde hace 1,8 M. a. a 300 000 años), el gran productor de la tecnología lítica denominada achelense (herramientas del tipo de cuchillos, martillos o puntas de flechas), constituye otro momento sobresaliente en la historia de los homínidos, lo mismo que la primera salida de estos de África, que se produjo hace aproximadamente 1,5 M. a., o el uso del fuego (se han encontrado restos de hace 400 000 años en la cueva china de Zukudian, mientras que los más antiguos hogares conservados son de hace 125 000 años y están en Sudáfrica).

Otra especie notable, finalmente desaparecida, la de los *neandertales*, llegó a asentarse (hace entre 120 000 y 30 000 años) en Europa y Oriente Próximo, época de la cultura musteriense. El último de los homínidos, el único que ha sobrevivido, el *homo sapiens*, apareció en África hace unos 200 000 años. Organizados en bandas de cazadores-

recolectores, se extendieron por los otros continentes a partir de hace 50 000 años. Sabemos que por entonces ya existían instrumentos de caza como el arco y un arma arrojada; algo más tarde, hace unos 20 000 años, en un proceso que podemos denominar de «desarrollo tecnológico», las flechas llevaban una punta de piedra. En un abrigo de Tassili, en el desierto del Sahara, datado del 700 al 500 a. C., se conservan unas 15 000 muestras de arte rupestre, entre las que se encuentra la imagen de un arquero con su carcaj. La «revolución neolítica» comenzó en torno a 9000 a. C. Su nombre se justifica por el salto cualitativo que supuso la domesticación de animales y vegetales. Comenzó con la de los lobos y las ovejas hacia 6500 a. C., continuó (4000 a. C.) con la del ganado mayor y la de los caballos. La domesticación de las plantas —trigo en el 7000, cebada en el 5000, patatas en Perú y Bolivia en el 4400— aumentó la producción y multiplicó la población, un hecho que se reflejó en la importancia de los asentamientos. Jericó, junto con Damasco, la ciudad más antigua de las aún habitadas, se levantó 8000 años antes de nuestra era, y a partir de 5500 a. C. se generalizó el nuevo estilo de vida, en el que la agricultura y la ganadería desempeñaban papeles centrales. Las herramientas que requerían mayor fuerza que la individual dieron origen a la utilización de la fuerza animal. El arado ligero necesitaba dos personas: una para tirar de él y otra para guiarlo, hasta que la domesticación de los animales de tiro permitió prescindir del primero. Cuando el agua no llegaba del cielo, se extraía de un pozo mediante el uso de un cigüeñal (2500 a. C.) o de una noria, como la descrita en una tablilla babilónica de 700 a. C. La noria permitió la irrigación de los huertos, en tanto que la de los campos requería el uso de canales, de los que se conservan restos de hace 3600 años. La invención de la rueda del alfarero permitió fabricar recipientes de distintas formas y tamaños, destinados al almacenamiento del agua, los granos y las harinas, mientras que la construcción de hornos cubiertos

hizo posible aumentar la temperatura de la combustión hasta los 1000 grados centígrados (3500 años antes de Cristo), lo que permitió la fabricación de ladrillos, cuyas proporciones (4:2:1) eran las más convenientes para la estabilidad de la construcción en cuestión. El bronce, una aleación del cobre y el estaño, mucho más duro que el cobre, tenía toda clase de usos, entre ellos la construcción de armas y la fabricación de ruedas. Apareció en el Próximo Oriente y en el Egeo, en la divisoria del cuarto al tercer milenio, y mediado este tuvo un gran desarrollo en el valle del Indo. Fue decisivo para la fabricación de armas.

Otro notable desarrollo, el carro sumerio con ruedas macizas de madera, se documenta en el estandarte de Ur, 2500 años antes de Cristo, y el carro de guerra con radios se encuentra en las réplicas de los enterramientos en Kazakhashán, unos 2000 años antes de Cristo. El elevado coste de su fabricación limitaba la aplicación del bronce y por ello fue sustituido, salvo en los usos suntuarios, por el hierro, en 1400 a. C. Los hititas guardaron el secreto de su producción hasta el siglo XI a. C. para mantener su supremacía militar.

En cuanto a la navegación, planteó problemas, relacionados entre sí, de todo tipo: flotabilidad, propulsión y dirección. Las cuatro grandes aportaciones de la China antigua, la aguja magnética, la pólvora, el papel y la imprenta, fueron novedades técnicas, a las que habría que añadir el ábaco para realizar cálculos. Y con respecto a la maquinaria, es preciso recordar las denominadas *maquinas simples*, artefactos destinados a multiplicar la fuerza aplicada. Eran seis: la palanca para desplazar los cuerpos, el plano inclinado para facilitar la carga y descarga, la cuña para dividir los troncos, la polea para levantar y bajar cargas, el tornillo para mantener unidas dos piezas y la asociación del eje y la rueda para transportar cargas.

Sin embargo, la más potente de las técnicas fue la invención del *lenguaje*, que proporcionó a los humanos la ca-

pacidad de expresar sus pensamientos y de manifestar sus deseos. Este invento —que fue posible gracias a un cambio en el sistema de fonación de los *sapiens* que se produjo hace unos 40 000 años, el descenso de la laringe, que les permitió vocalizar, favoreciendo el habla (hay que señalar que el aprovechamiento de la laringe para sustentar la comunicación en los órganos de fonación exigió previamente un desarrollo cerebral que hiciera posible la propia posibilidad de poder comunicarse)— permitió la aparición de los idiomas, productos de la comunicación en el interior de grupos humanos que mantenían contactos habituales. Aunque el Génesis explicaba la diversidad de lenguas como el castigo de Dios, la verdadera razón reside, por supuesto, en el aislamiento de las poblaciones. En un primer momento, había un signo o imagen para cada idea, eran una unidad de significado, y la asociación de dos o más signos constituía una forma económica de expresar nuevos pensamientos o deseos. Así, a partir de la combinación de los pictogramas correspondientes a *boca* y *agua*, para expresar la acción de *beber*, se abrían cientos de posibilidades para, por medio de la combinación de *boca* con otros signos, expresar otras acciones.

Primero debieron aparecer, efectivamente, los lenguajes *pictográficos* (esto es, escritos con *imágenes*), llegando luego los *ideográficos*, en los que se escriben *ideas*, y finalmente los *logográficos*, que utilizan *palabras* escritas.

Entre las primeras muestras de escritura, pictográficas, están las realizadas en tablillas de barro, antes de secarse, por medio de un punzón. Es la que conocemos como escritura cuneiforme, empleada en el caso del sumerio, que exigía disponer de un gran número de signos: 2000 signos cuneiformes a mediados del IV milenio a. C. (la etapa sumeria), si bien en el III milenio a. C. (la etapa acadia) los signos utilizados se redujeron a 600.

Este hubo de ser el comienzo de la manera de expresar gráficamente las lenguas, que habían nacido con una base

oral. Un avance dado en la adaptación de la escritura cuneiforme de los sumerios a la lengua semítica de los acadios fue la «escritura» de los componentes de los signos por medio de sus *sílabas*, la unidad fónica, lo cual permitió reducir a 300 el número de sus signos gráficos. Un paso más supuso recurrir a la representación de los sonidos o, si se prefiere, a los fonemas, que combinados dan lugar a una palabra, lo que posiblemente se dio ya en la adaptación que se hizo de la escritura cuneiforme en ugarítico (la lengua de los cananeos) o en el persa antiguo.

El caso de la escritura china es particularmente interesante, porque muestra uno de los primeros pasos en la transición de una escritura basada en imágenes que se convirtieron en representaciones de unidades de sonido con significado. Y como la unidad de significado era la palabra, se necesitaron miles de símbolos diferentes (del orden de 50 000).

La historia de las lenguas y de los alfabetos en los que estas se codifican es la propia historia de la humanidad. De hecho, no podría ser de otra forma, ya que nuestros conocimientos de esa historia (no confundir con la de la especie humana, de la que podemos averiguar a través de otros mecanismos; paleontológicos y genéticos, por ejemplo) dependen de los sistemas simbólicos y comunicativos que nos han llegado, sistemas que fijan la lengua hablada: mientras que el habla es una capacidad innata del *homo sapiens*, la escritura es un fenómeno cultural restringido. Desentrañar las relaciones entre los diferentes idiomas, cómo unos proceden de otros y por qué se fueron diversificando, constituye una historia tan compleja como fascinante. Y otro tanto se puede decir de los sistemas alfabéticos de escritura, que derivan, en última instancia, de un modelo que surgió durante el segundo milenio antes de Cristo en Oriente Próximo. En la ilustración adjunta incluimos la genealogía de nuestra letra A, cuyos orígenes se remontan al antiguo Egipto, con su lenguaje jeroglífico, aunque la familia a la que pertenece más propiamente es a la del fenicio temprano, cuyo alfabeto estaba compuesto por veintidós signos y del que proceden los principales alfabetos actuales.

La introducción del alfabeto, reducido a dos docenas de letras, facilitó el aprendizaje de la lectura y aumentó las dimensiones del diccionario a costa de multiplicar los polisíla-



bos. Hacia 2700 a. C. los egipcios habían desarrollado 22 signos jeroglíficos que correspondían a las consonantes. Fue la fuente del alfabeto consonántico fenicio, del que proceden el indio antiguo, el arameo, el griego arcaico y sus derivados: el sánscrito del primero, el árabe y el hebreo del segundo y el griego, que introdujo letras para las vocales, el eslavónico y el romano del tercero. Desde un punto de vista léxico, la *palabra* es la unidad mínima de sentido, aunque el mismo signo puede tener distintos significados (acepciones) y pueden existir distintos signos para el mismo significado. El lenguaje oral permitía la comunicación de las personas vecinas, mientras que la escritura hizo lo propio con las lejanas en el espacio y en el tiempo, y por medio de la traducción con los que hablaban otras lenguas. Sin el lenguaje no había lugar para el conocimiento, del tipo que este fuese, incluyendo, por supuesto, lo que ahora llamamos ciencia, esto es, conocimiento del comportamiento de la naturaleza. Además de servir para la comunicación social, que en sus orígenes pudo limitarse a un corto número de palabras, el lenguaje fue necesario para que la actividad mental produjese el pensamiento.

Junto a los desarrollos que hemos mencionado, se produjo otro que, aunque de un carácter diferente, no fue menos importante para el establecimiento y la consolidación de la actividad científica: la aparición de la ciudad-estado.

Disponer de recursos agrícolas y ganaderos terminó generando asentamientos humanos de tamaño y posibilidades cada vez mayores, un proceso que, a su vez, introdujo la división del trabajo, conduciendo finalmente a la ciudad-estado, uno de los «descubrimientos» determinantes para la historia de la humanidad.

La ciudad-estado, un centro de poder con estructuras administrativas de una cierta complejidad, permitió que se almacenasen excedentes que se podían conservar, y esto hizo posible la aparición de grupos dispensados de las tareas en las que en el pasado se centraba la actividad de

prácticamente todos sus habitantes, la producción de alimentos; grupos diferentes de otros necesarios como los artesanos o los sanadores (médicos). Surgió así un pequeño número de colectivos, pequeño en cuanto número, pero cuya importancia a partir de entonces fue inmensa: los dedicados a la guerra, a la administración (los funcionarios) y los sacerdotes. No es preciso detenerse en explicar la aparición de los primeros, y de los segundos acaso bastaría con decir que se hicieron necesarios al hacerse más complejas las estructuras sociales, como sucedía en las ciudades-estado. Y no digamos ya en imperios como el egipcio, en el que los funcionarios constituían una de las cinco clases: soldados, sacerdotes, artesanos, esclavos del rey (estas cuatro aparecen enumeradas por el escriba militar Tjaneni de la XVIII dinastía; esto es, entre 1540 y 1293 a. C.) y funcionarios. De la importancia de estos da idea que Estrabón se parase en alabar la administración egipcia, adjudicándole la responsabilidad de que no hubiese hambrunas, ni siquiera en el caso de bajas crecidas del Nilo.

Ahora bien, para que la Administración sea eficaz es preciso mantener memorias de lo sucedido, al igual que de otros apartados como pueden ser derechos, deberes, conexiones familiares o propiedades. En otras palabras, registros escritos de algún tipo. Y en este punto aparece el escriba, tal vez inicialmente un mero auxiliar de los administradores, con funciones contables, pero cuya importancia fue aumentando con el paso del tiempo, al irse haciendo más complejas y refinadas las exigencias administrativas, más extensos los anales históricos y más elaborado el discurso religioso. De esta manera, los escribas, algunos al menos que se elevaron de cumplir la función de amanuenses en base a escrituras primitivas, pasaron (en Egipto durante el III milenio a. C.) a convertirse en creadores, inventores y perfeccionadores de la escritura. E insistamos en que la escritura constituye una de las bases imprescindibles pa-

ra la ciencia, aunque luego esta desarrolle sus propios lenguajes.

En cuanto a los sacerdotes, en cierto sentido su origen no es demasiado diferente al de la ciencia: responder a preguntas que surgen imperiosamente en los humanos. En el caso de los sacerdotes, las preguntas estaban, entonces como ahora, relacionadas con la conciencia de la precaria situación de los humanos: ¿cómo es que existimos?, ¿cuál es nuestro destino: morimos y se acabó todo, sin más? Íntimamente ligada a estas preguntas está la de qué es lo que podemos llamar «Universo», el conjunto de todo, y de cómo es que existe. En el carácter evidente, atávico y doloroso de preguntas como estas radica la antigüedad y fuerza de las religiones y la razón de la temprana aparición de profesionales que se dedicaban a ella, a una actividad que no parecía dar frutos materiales.

Intentando producir explicaciones a esas cuestiones atávicas, los sacerdotes, las religiones, produjeron cosmogonías; esto es, explicaciones —en general de alto contenido antropomórfico— del mundo. Una de esas ideas, la que adquirió mayor fuerza en diferentes versiones, es la asociada a la idea de un «Dios» responsable, causa y motor, de lo que existe. La existencia del Universo se entendió como una emanación divina. Hacia el siglo V a. C., el Génesis, el libro sagrado del cristianismo, ofreció la imagen de una creación secuencial, que en seis días había hecho surgir de la nada el cielo y la Tierra, la luz, el firmamento, el agua y las plantas, el Sol y la Luna, los animales que habitan los diversos medios y el hombre. Ahora bien, aunque los orígenes de religión y ciencia tienen algo en común, les diferencian claramente las trayectorias posteriores que siguieron; una basada en la fe, en creencias no demostradas, o indemostrables, y la otra en la elaboración de sistemas lógicos cuya verosimilitud se comprueba comparándolos con la observación de lo que sucede en la naturaleza.

## OBSERVACIÓN

Establecidos los anteriores desarrollos, el andamiaje sin el que no podría haber existido el objeto de nuestro estudio, es el momento de decir unas palabras acerca de lo que pretendemos. Pues bien, el fin que ha movido nuestros esfuerzos es construir una narración no dominada por la secuencia temporal histórica, sino por los elementos, por los *pilares*, sobre los que consideramos está basada, y caracterizada, la ciencia. Como los lectores comprobarán, semejante propósito obliga en ocasiones a alterar notablemente la cronología histórica, adelantando de entrada la presentación de los acontecimientos. Esperamos, sin embargo, haber sido capaces de desvelar cuáles son los fundamentos de la ciencia, mostrando al mismo tiempo los hitos y protagonistas esenciales de su desarrollo.

Para tal fin nos basaremos en una serie de conceptos esenciales, sobre los que a continuación diremos unas palabras, aunque su desarrollo detallado tendrá lugar a lo largo de los capítulos que siguen. En la *Ética a Nicomaco*, Aristóteles formuló la distinción entre dos formas de actividad humana: el conocimiento (*episteme*) y la habilidad manual (*techne*). Homínidos anteriores desarrollaron sus técnicas antes de que los *neandertales* y los *sapiens* diesen muestra de una cultura simbólica. Los elaborados enterramientos de los primeros precedieron a las representaciones de animales y humanos producidas por miembros de nuestra especie. Los griegos llamaron *physis* a lo que los romanos denominaron *natura*: el conjunto de todas las cosas y seres que se encuentran en la Tierra. Por oposición, *cultura* describe aquello creado por la especie humana, ya sea un producto intelectual o uno material. En cuanto a la *scientia*, la definieron por su objeto, el conocimiento de la naturaleza. Y los humanos son los únicos seres capaces de producir o atesorar conocimiento. Lo adquieren mediante la *observa-*

*ción*, lo que les permite identificar las cosas del mismo tipo y los seres de la misma especie, en virtud de la presencia o ausencia de determinados caracteres (*propiedades*), así como medir los aspectos mensurables de la realidad, las *magnitudes*. En función de sus propiedades, dividieron la naturaleza en *tres reinos: mineral, vegetal, animal*.

La observación se inicia con las *sensaciones*, los cambios que se producen en los sentidos al recibir los impulsos físicos procedentes del exterior. Los individuos de las distintas especies comparten los *cinco sentidos*, aunque sus capacidades sean distintas en cada una. La *visión* es el proceso más complejo y también el más eficaz a efectos de la observación. La luz produce una imagen en la retina, que cuenta con cien millones de fotorreceptores y se comunica con el córtex del cerebro por medio del nervio óptico, compuesto por un millón de filamentos nerviosos. La conversión de la imagen en impulsos eléctricos se realiza en treinta zonas distintas del cerebro, dando lugar a la *percepción*, que reconstruye la imagen en el cerebro y restablece su posición en el espacio. Esa imagen se almacena en la memoria, lo que permite la comparación con otras, anteriores o posteriores, y la identificación de las que son iguales. Las funciones mentales —memoria, imaginación, inteligencia, etc.— contribuyen a la identificación de las imágenes, lo que permite la asociación de las del mismo género, la clasificación de las cosas en categorías, como los polígonos o los poliedros, y de los seres vivos en familias o especies, como las plantas y los animales. La primera y principal consecuencia de la percepción es la *clasificación* de las cosas y los seres en grupos en función de sus propiedades. La clasificación de las plantas y animales, debida a Linneo, marcó una época en el conocimiento de la naturaleza. La Tabla periódica de los elementos es otro de los éxitos debidos a la observación.

Las *magnitudes* son los aspectos mensurables de las cosas: las dimensiones de los objetos (longitud, superficie y

volumen), el peso de los cuerpos, la distancia entre ellos, el movimiento en el espacio y en el tiempo. La medición de las magnitudes requirió la creación arbitraria de las unidades, hasta la generación del sistema métrico decimal, y la construcción de los instrumentos adecuados: la regla y la rueda para medir longitudes y distancias, el compás para los ángulos, la balanza y la romana para el peso, el reloj de sol para medir las horas, el de arena para medir los múltiplos de un tiempo determinado: el que se necesita para trasvasar la arena de un depósito a otro al invertir su posición.

Las medidas se obtienen por varios procedimientos: las que se obtienen directamente por la aplicación de un instrumento al objeto. Una regla graduada basta para medir la longitud en codos, pies, pulgadas o metros. La sombra de un palo clavado en el suelo en el centro de un semicírculo graduado (*gnomon*) medía el tiempo en horas y fracciones, sin mayor precisión, mientras que la *clepsidra*, un instrumento mecánico que utilizaba la caída del agua, ofrecía medidas más precisas. En Egipto, el equilibrio de los platillos de una balanza permitía calcular el peso de las cosas en función de las unidades que se ponían en el otro platillo. La balanza romana era un instrumento móvil, aunque de menor precisión. Contar los pulsos de la sangre era el medio más simple de medir el tiempo. La dilatación del mercurio incluido en un tubo sellado y graduado permitió calibrar la temperatura corporal. En todos estos casos la aplicación de un instrumento era suficiente para determinar la medida. Un sistema más complejo es el que requiere dos o más medidas y un cálculo elemental. El cálculo determina el área de un cuadrado de lado  $a$  ( $a^2$ ), el volumen del cubo ( $a^3$ ), la longitud de la circunferencia ( $2\pi \cdot r$ ) y el volumen de la esfera ( $\pi r^2$ ). La geometría utiliza la relación entre las líneas y los ángulos para calcular el perímetro de los polígonos regulares. La construcción de unidades de capacidad permi-

tió medir la capacidad por comparación con la unidad — azumbre, galón, litro...— mediante la extracción de un número de estas. Arquímedes descubrió la propiedad de las materias que para un mismo volumen tenían distinto peso (densidad), pero no encontró el modo de medirla. Hoy se hace por comparación con la de volumen de agua en los líquidos y de aire en los gases.

Otro tipo de magnitud es la velocidad, una *propiedad* de los cuerpos en movimiento. Era posible concebir la velocidad uniforme de las estrellas, pero otra clase de medidas, como un día o un año, carecían de precisión, como se aprecia en las diferencias existentes entre los antiguos calendarios. La velocidad en Grecia y Roma era una propiedad, como la densidad o el color: un corredor era más veloz que otro, un color más intenso que el de al lado. Tomando dos cuerpos, uno con una velocidad media dada y otro con una velocidad creciente, Nicolás Oresme, un filósofo y matemático del siglo XIV, demostró geoméricamente que, al llegar al punto en que la velocidad del segundo era el doble que la del primero, los espacios recorridos en el mismo tiempo eran iguales. Pero la representación que utilizó no involucraba ninguna función, concepto este que aún no existía, sino una relación puntual, que no contribuía al cálculo, apartado matemático que se desarrollaría en el siglo XVII. Solo pudo medirse la velocidad —convirtiéndola finalmente en una *magnitud*, logro en el que destaca por encima de todos Galileo— mediante un artificio consistente en la asociación de dos magnitudes, espacio y tiempo, y un cálculo que se expresa con una función: el cociente de dos medidas. Y en cuanto a otras propiedades, tenemos que, por ejemplo, las unidades de energía incluyen distintas magnitudes que se igualan a la unidad. La unidad de carga, el coulombio, es la cantidad de electricidad que lleva en un segundo una corriente de un amperio. El newton, la fuerza que al actuar durante un segundo sobre una masa de un kilo produce una aceleración de un metro por segundo. *El*