

muY

INTERESANTE

EDICION COLECCIONISTA

KIOSKOS



INVENTOS

**DE LA RUEDA AL WIFI, LOS GRANDES
AVANCES DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA**

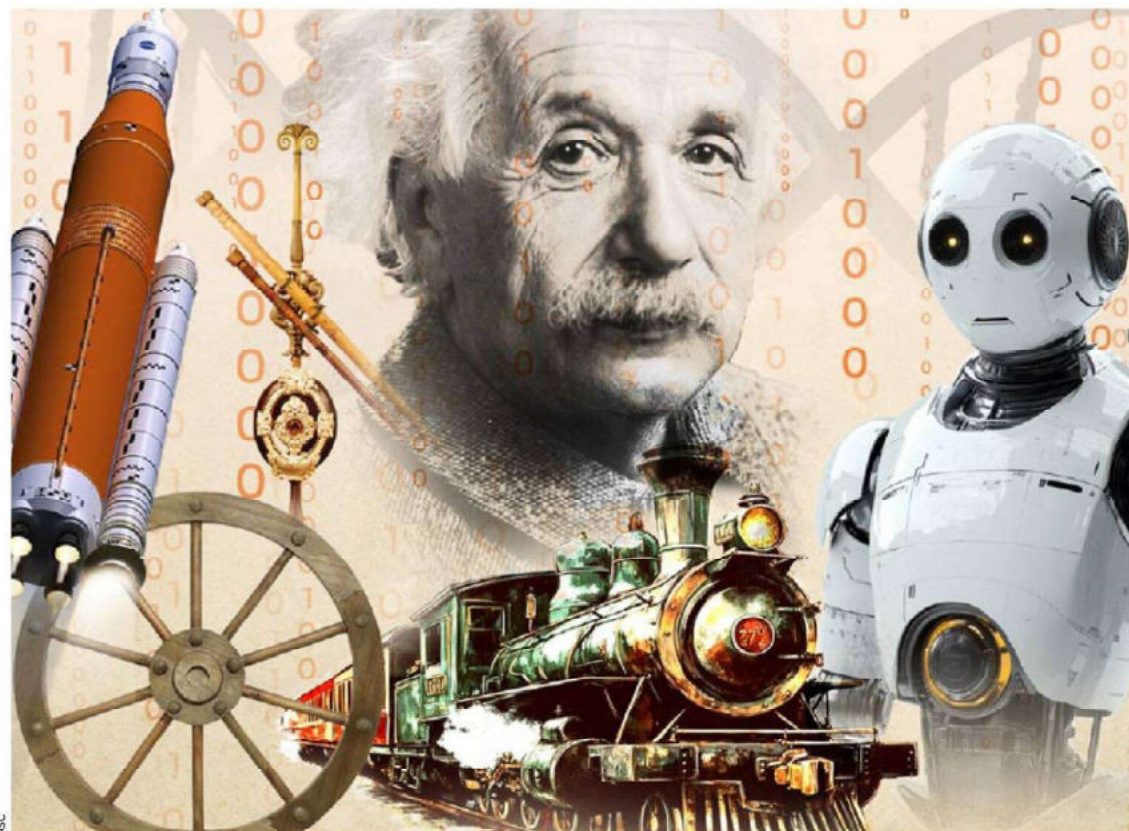


ASC

La historia de la humanidad es un libro abierto donde cada descubrimiento, cada invento, cada hallazgo..., desde la rueda hasta el wifi, nos impulsa a seguir explorando lo imposible, haciéndolo posible.

**«Son aquellos que saben
poco, y no aquellos que
saben mucho, los que
afirman positivamente que
tal o cual problema
jamás podrá ser resuelto
por las ciencias»**

Charles Darwin



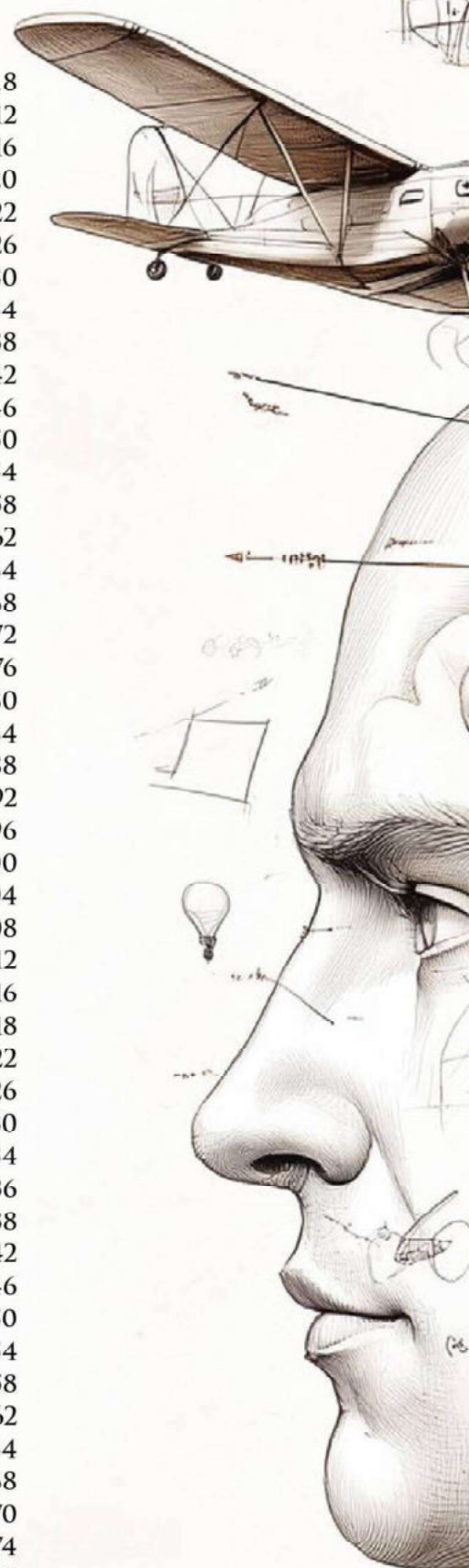
Construyendo el futuro

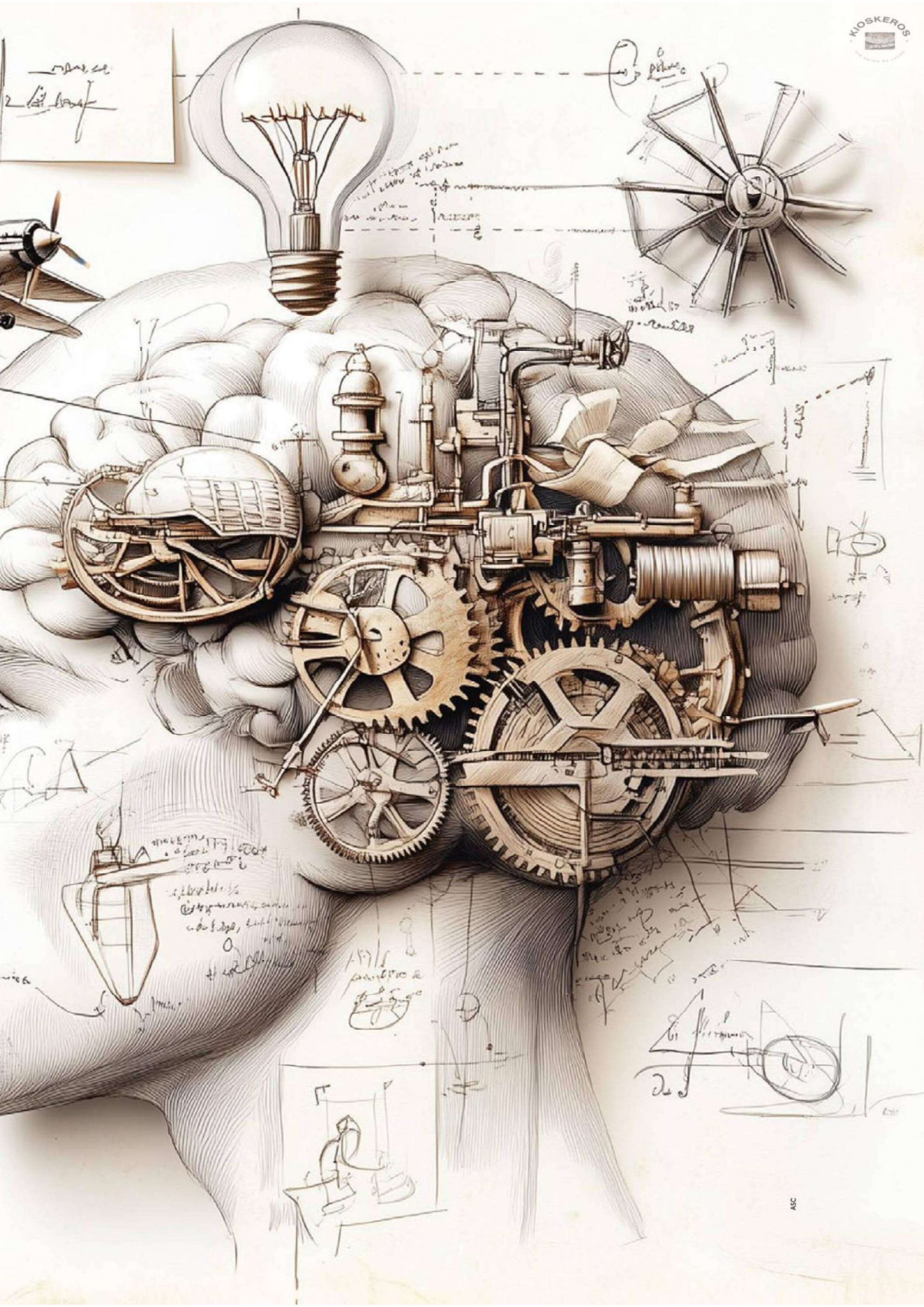
La humanidad ha tejido su historia mediante hallazgos que marcaron un antes y un después. Esta revista, escrita en su integridad por el gran divulgador científico Daniel Torregrosa, propone un viaje fascinante por los momentos estelares del ingenio humano. Todo comenzó con gestos elementales: el fuego, la rueda, la escritura cuneiforme. A partir de ahí, el pensamiento lógico encontró su cauce con Tales de Mileto, Pitágoras o Euclides, quienes trazaron los primeros mapas abstractos de las matemáticas y la geometría. El pulso de la ciencia clásica se mantuvo con Aristóteles, Arquímedes o Hipócrates, quienes dejaron un legado que perdura aún en la medicina y la física. La revolución se aceleró con el Renacimiento y la modernidad: Copérnico cambió el lugar de la Tierra en el cosmos; Galileo, Newton y Hooke desentrañaron leyes que gobiernan lo visible y lo invisible. La óptica, la electricidad, el electromagnetismo con Faraday, Coulomb, Ørsted o Maxwell abrieron nuevas ventanas a la realidad. Más adelante, la vida y sus secretos se revelaron con Lavoisier, Darwin, Mendel y la extraordinaria contribución de figuras como Ramón y Cajal. La física cuántica, el descubrimiento de la radioactividad, la estructura del átomo con Rutherford o la teoría de Einstein transformaron nuestra percepción del universo. Y junto con ellos, mentes como Ada Lovelace o Hedy Lamarr nos recuerdan que la innovación también ha sido femenina; de la programación a las telecomunicaciones, su huella desafía los relatos unívocos. Cada avance, desde la comprensión del sistema circulatorio hasta la síntesis de la penicilina, ha supuesto una emancipación de la ignorancia, una apuesta por el saber. Disfruta de la lectura.

CARMEN SABALETE
DIRECTORA

CONTENIDOS

LA INVENCION DE LA RUEDA	8
LA ESCRITURA CUNEIFORME	12
EL PAPIRO DE EDWIN SMITH	16
TAPPUTI, LA PERFUMISTA.....	20
TALES DE MILETO PREDICE UN ECLIPSE SOLAR.....	22
LOS TEOREMAS MATEMÁTICOS DE PITÁGORAS.....	26
HIPÓCRATES Y LA MEDICINA MODERNA.....	30
ARISTÓTELES Y EL MÉTODO EMPÍRICO	34
LAS CIENCIAS MATEMÁTICAS DE EUCLIDES	38
PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA DE ARQUÍMEDES	42
HIPARCO DE NICEA Y LA TRIGONOMETRÍA.....	46
HERÓN Y LA MÁQUINA DE VAPOR.....	50
LA INVENCION DEL PAPEL EN CHINA.....	54
ALGORITMOS DE AL-JUARISMI.....	58
ALHAZEN, PADRE DE LA ÓPTICA MODERNA.....	62
LA TEORÍA HELIOCÉNTRICA DE COPÉRNICO	64
TYCHO BRAHE DESAFÍA AL CIELO	68
EL TELESCOPIO DE GALILEO	72
EL SISTEMA CIRCULATORIO DE HARLEY	76
LA LEY DE BOYLE SOBRE LOS GASES	80
ROBERT HOOKE PUBLICA <i>MICROGRAPHIA</i>	84
LA LEY DE GRAVITACIÓN DE ISAAC NEWTON	88
BENJAMIN FRANKLIN Y LA ELECTRICIDAD	92
LA QUÍMICA DEL MATRIMONIO LAVOISIER.....	96
COULOMB Y LOS FUNDAMENTOS ELECTROSTÁTICOS.....	100
LA VACUNA PARA LA VIRUELA DE JENNER.....	104
LA RADIACIÓN INFRARROJA DE LOS HERSCHEL.....	108
JOHN DALTON PROPONE SU TEORÍA ATÓMICA	112
ØRSTED: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO	116
FARADAY, EL IMÁN Y LAS BOBINAS.....	118
LAS PLANTAS SON CÉLULAS, SEGÚN SCHLEIDEN.....	122
ADA LOVELACE CREA LA PROGRAMACIÓN.....	126
DARWIN PUBLICA EL ORIGEN DE LAS ESPECIES	130
PASTEUR, BERNARD Y LA PASTEURIZACIÓN.....	134
LOS GUISANTES DE MENDEL	136
DMITRI MENDELÉYEV Y LOS ELEMENTOS.....	138
LAS ECUACIONES DE JAMES CLERK MAXWELL.....	142
NIKOLAUS OTTO Y LA COMBUSTIÓN INTERNA.....	146
LAS CONEXIONES NEURONALES DE RAMÓN Y CAJAL.....	150
HENRI BECQUEREL DESCUBRE LA RADIOACTIVIDAD.....	154
MAX PLANK PROPONE LA TEORÍA CUÁNTICA.....	158
LOS CURIE AÍSLAN EL RADIO.....	162
ALBERT EINSTEIN Y LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD.....	164
EL PAN DE AIRE DE FRITZ HABER	168
RUTHERFORD Y EL MODELO NUCLEAR ATÓMICO	170
EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE DE HEISENBERG.....	174
FLEMING DESCUBRE LA PENICILINA.....	178
HUBBLE Y LA LEY DE EXPANSIÓN DEL UNIVERSO.....	182
HEDY LAMARR Y EL ORIGEN DEL WIFI	186
LA LLEGADA A LA LUNA	190
BIBLIOGRAFÍA.....	192





3500 A. C.

La invención de la rueda

Cuesta trabajo imaginar un mundo sin ella. La invención de la rueda en Mesopotamia, algo que podemos situar alrededor del cuarto o quinto milenio antes de nuestra era, marca uno de los momentos más cruciales en la historia de la humanidad. Esta invención revolucionó el transporte y estableció los cimientos para numerosos avances tecnológicos y culturales posteriores. La rueda, tan aparentemente simple en su diseño, es un testimonio vigente del ingenio humano y su capacidad para transformar la vida cotidiana.

Seguramente tuvo un origen anterior, pero la evidencia arqueológica sugiere que la rueda fue inventada por primera vez en la región de Mesopotamia, en lo que hoy es Irak y parte de Siria. Los primeros ejemplos de ruedas se remontan al 3500 a. C., durante la transición del Neolítico al Bronce. Inicialmente, las ruedas no se utilizaron para el transporte, sino como ruedas de alfarero, facilitando la producción de cerámica de manera más eficiente y precisa. El desarrollo de la rueda alfarera permitió a los artesanos mesopotámicos crear vasijas y otros objetos cerámicos con mayor rapidez y uniformidad, lo que representó un avance significativo en la producción artesanal de la época. Este primer uso de la rueda demuestra cómo una simple innovación puede tener un impacto profundo en una cultura y mejorar tanto la calidad como la cantidad de los productos manufacturados.

SU INVENCION INFLUYO EN LA TECNOLOGÍA Y LA INGENIERÍA

La adaptación de la rueda para el transporte fue un proceso gradual. Los primeros vehículos con ruedas, como carros y carretas, aparecieron alrededor del 3000 a. C. Estos primeros vehículos utilizaban ruedas sólidas de madera unidas a un eje. La combinación de la rueda y el eje permitió la creación de carros que podían ser tirados por animales, facilitando el transporte de personas y mercancías a mayores distancias.

Uno de los artefactos más representativos de esta evolución es el «Estandarte de Ur», una caja decorativa que muestra escenas de guerra y paz en Sumeria, datada alrededor del 2500 a. C. En este artefacto se pueden observar carros con ruedas macizas, lo que demuestra el uso temprano de la rueda en vehículos



SHUTTERSTOCK

La rueda no se utilizó inicialmente para los carros y el transporte, su primer uso fue como torno de alfarero. Sirvió para hacer cerámica más eficiente antes de usarse en carros.

militares. Los carros representados en el Estandarte de Ur tenían ruedas de madera maciza y eran tirados por onagros (asnos salvajes), lo que indica una sofisticación en la tecnología de transporte y la organización militar de la época.

Su invención un profundo impacto en la sociedad mesopotámica. Facilitó el comercio a larga distancia, lo que fomentó el intercambio de bienes y cultura entre distintas regiones. Los carros con ruedas se convirtieron en una parte integral de las economías agrícolas y comerciales, ya que permitían transportar productos como granos y mercancías manufacturadas de manera mucho más eficiente, cómoda y rápida.

Además, la rueda influyó en otros campos de la tecnología y la ingeniería. Por ejemplo, las ruedas se incorporaron en máquinas de tracción y dispositivos para levantar agua, lo que mejoró la irrigación y la agricultura. La idea de usar ruedas en mecanismos complejos allanó el camino para desarrollos posteriores en ingeniería mecánica y civil. Los sistemas de riego y las máquinas elevadoras de agua, como las norias, se beneficiaron enormemente de la aplicación de la tecnología de la rueda, incrementando la productividad agrícola y permitiendo el desarrollo de ciudades más grandes y complejas.

Con el tiempo, su tecnología continuó evolucionando. Se hicieron más ligeras y fuertes mediante la adición de radios y la mejora de los materiales utilizados. Estos avances permitieron la construcción de vehículos más rápidos y manio-
brables, como los carros de guerra utilizados por los ejércitos de la región. La introducción de ruedas con radios, probablemente alrededor del 2000 a. C., fue un avance crucial que mejoró significativamente la eficiencia y velocidad de los vehículos tirados por animales.

La rueda también se adaptó para usos en maquinaria no relacionada con el transporte. Los molinos de agua y los tornos de alfarero son ejemplos de cómo la rueda se integró en diversas tecnologías para aumentar la eficiencia en la producción y procesamiento de bienes. En los molinos de agua, las grandes ruedas giratorias convertían la energía del agua en trabajo mecánico, lo que permitía moler granos y realizar otras tareas pesadas de manera más eficiente. Esta aplicación en la generación de energía mecánica fue un precursor de las modernas tecnologías de generación de energía hidroeléctrica.

LA VERDADERA REVOLUCION: SU COMBINACION CON EL EJE

Pero la innovación vital que convirtió a la rueda en una herramienta revolucionaria fue su combinación con el eje. Este diseño permitió que giraran libremente mientras el eje permanecía fijo, proporcionando estabilidad y control a los vehículos. La implementación de ejes fijos y ruedas giratorias fue un paso significativo hacia la creación de carros y carretas más eficientes. Esta innovación permitió a los vehículos soportar cargas más pesadas y moverse con mayor facilidad, lo que amplió las posibilidades de transporte y comercio.

El desarrollo de la rueda y el eje también tuvo implicaciones importantes para la construcción y la ingeniería. Los antiguos ingenieros mesopotámicos utilizaron esta tecnología para crear dispositivos que facilitaban el movimiento de grandes bloques de piedra y otros materiales de construcción, lo que contribuyó a la construcción de monumentos y estructuras complejas. Este conoci-



ASCD/ENS BOURZEBRITISH MUSEUM

El Estandarte de Ur (ca. siglo **xxvi** a. C.) muestra carros que tirados por ruedas sólidas, lo que da evidencia de su uso en la época. Es una de las representaciones más antiguas del uso de la rueda.

miento se transmitió a otras culturas y civilizaciones y su impacto se extendió por toda la arquitectura y la ingeniería del mundo antiguo.

En Europa, las ruedas se incorporaron en vehículos y herramientas agrícolas que mejoraron la productividad. En Asia, la tecnología de la rueda se aplicó en la construcción de carros y otros dispositivos de transporte, así como en la maquinaria de irrigación y la manufactura. También desempeñó un papel crucial en la expansión de las rutas comerciales, como la Ruta de la Seda, que conectaba Oriente con Occidente y permitía el intercambio de bienes, ideas y tecnologías entre diversas culturas. Y así hasta llegar a hoy, mire a su alrededor... ¿Hay un invento más redondo? ■

3200 A. C

La escritura cuneiforme



ACS

Tablilla del 2600 a. C. encontrada en la antigua ciudad sumeria de Shurupak. Contiene un contrato en sumerio en escritura precuneiforme acerca de un campo y una casa.

La escritura cuneiforme es una de las contribuciones culturales más importantes de la humanidad y su desarrollo es una de las mayores hazañas de la civilización sumeria. Este sistema de escritura, desarrollado en la antigua ciudad sumeria de Uruk alrededor del 3200 a. C., marcó el inicio de la historia documentada y permitió la creación de la literatura, la contabilidad y la administración compleja, pilares sobre los que se levantaron las sociedades modernas.

La escritura cuneiforme surgió en Uruk, una de las primeras y más influyentes ciudades de Sumer, situada en la región que hoy conocemos como Irak. Los sumerios, reconocidos por sus avances en agricultura, arquitectura y administración, necesitaban una forma de registrar sus transacciones y actividades económicas. Este imperativo práctico impulsó la invención de un sistema de escritura eficiente.

Inicialmente, los sumerios utilizaban simples pictogramas para representar objetos y conceptos. Estos primeros símbolos eran dibujos directos de los objetos que representaban, como un pez para indicar un pez o una espiga de trigo para representar la agricultura. Sin embargo, a medida que las sociedades se volvieron más complejas, este sistema pictográfico resultó insuficiente. Los sumerios comenzaron a estilizar y simplificar estos dibujos, transformándolos en un sistema de signos abstractos que podrían ser utilizados de manera más flexible.

El término «cuneiforme» proviene del latín *cuneus*, que significa «cuña», una referencia a las marcas en forma de cuña hechas en tablillas de arcilla. Estas marcas se producían utilizando una herramienta llamada estilete, que se presionaba en la arcilla húmeda para crear impresiones en forma de cuña. Con el tiempo, el sistema cuneiforme se volvió cada vez más abstracto y complejo para permitir la representación de no solo objetos tangibles, sino también de conceptos abstractos, sonidos y sílabas. Este desarrollo permitió a los escribas sumerios registrar una amplia gama de información, desde transacciones comerciales hasta decretos legales, poesía y mitología. La capacidad de documentar información con precisión y detalle fue crucial para la administración y el crecimiento de las ciudades sumerias, y más tarde, para otras civilizaciones de Mesopotamia que adoptaron y adaptaron la escritura cuneiforme a sus propios idiomas y necesidades.

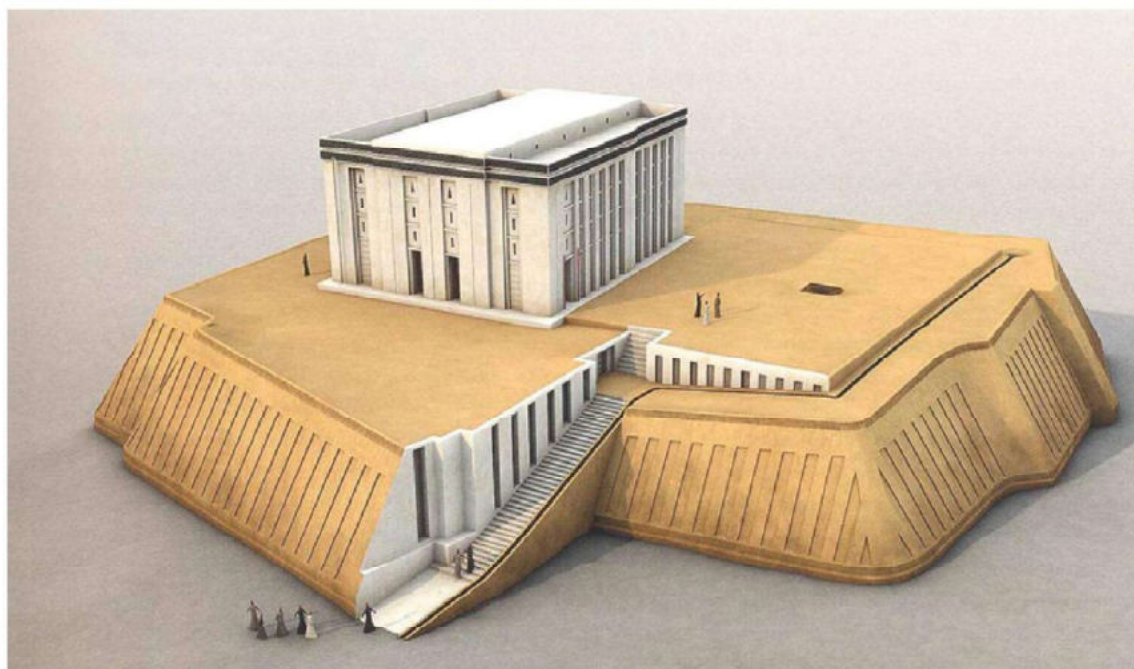
LA ESCRITURA CUNEIFORME NO SE LIMITO A SUMER

Uruk fue, además del lugar de nacimiento de la escritura cuneiforme, un centro cultural y político de gran importancia. Durante su apogeo, Uruk era una de las ciudades más grandes del mundo, con una población que se estima podría haber alcanzado los 50 000 habitantes, algo inusual para su época. La ciudad estaba organizada en torno a templos y palacios que servían como centros de administración y culto religioso. Uno de ellos es el Templo Blanco de Uruk, dedicado al dios Anu, un ejemplo de la arquitectura monumental sumeria y de la centralidad de la religión en la vida urbana. Los templos no solo eran lugares de culto, sino también centros de almacenamiento y redistribución de bienes, lo que subraya la importancia de la contabilidad y la administración en la economía sumeria. La escritura cuneiforme, desarrollada en este contexto, permitió una administración más eficiente y precisa que facilitó la gestión de recursos y la ejecución de proyectos públicos.

El uso de la escritura cuneiforme no se limitó a Sumer. Con el tiempo, fue adoptada por otras civilizaciones de la región, incluyendo los acadios, los asirios y los babilonios.



Héroe dominando a un león. Relieve de la fachada de la sala del trono, palacio de Sargón II en la ciudad de Dur Sharrukin, Asiria.



Templo Blanco de Uruk (3300-3000 a. C.). En Uruk se encuentran por primera vez tablillas que demuestran la existencia de una contabilidad, lo que puede interpretarse como el inicio de la escritura.

lonios. Cada una de estas culturas adaptó el sistema cuneiforme a su propio idioma, creando variantes que, aunque basadas en los mismos principios, reflejaban las particularidades lingüísticas y culturales de sus usuarios.

EL PODER DE LA ESCRITURA PARA PRESERVAR Y TRANSMITIR

El cuneiforme fue fundamental para la administración de los imperios mesopotámicos. Los registros cuneiformes encontrados en ciudades como Nínive y Babilonia incluyen tratados diplomáticos, códigos legales, correspondencia real y obras literarias como *La epopeya de Gilgamesh*, considerada una de las primeras grandes obras literarias de la humanidad, y que representa el testimonio del poder de la escritura para preservar y transmitir historias y conocimientos a lo largo del tiempo. La invención de la escritura cuneiforme tuvo un impacto profundo y duradero en la civilización humana, pues nos permitió una administración más eficaz y la creación de literatura, así como el desarrollo de la ciencia, las matemáticas y la astronomía. Los sumerios y sus sucesores registraron observaciones astronómicas, cálculos matemáticos y textos médicos en tablillas de arcilla que sirvieron para establecer los fundamentos de disciplinas que continuarían evolucionando a lo largo de los milenios.

Aunque la escritura cuneiforme dejó de usarse alrededor del siglo I d. C., su legado y evolución hacia el alfabeto perdura en la historia de la escritura y la civilización. Los miles de tablillas cuneiformes descubiertas por arqueólogos en los últimos siglos han proporcionado una ventana invaluable a las primeras sociedades urbanas de la humanidad. Estos documentos nos permiten entender mejor sus logros, desafíos y modos de vida. En palabras de Irene Vallejo en su inmortal *El infinito en un junco*: «El alfabeto sacó la escritura fuera de la atmósfera cerrada de los almacenes de palacio y la hizo bailar, beber y sucumbir al deseo». ■

1600 A. C.

El papiro Edwin Smith

Decía Ray Bradbury que había tres temas que nunca decepcionaban ni podían dejar de fascinar a cualquier persona curiosa: el planeta Marte, el antiguo Egipto y los dinosaurios. Comenzamos por Egipto. El papiro Edwin Smith es uno de los documentos médicos más antiguos y valiosos de la humanidad y ofrece una visión fascinante del avanzado conocimiento médico que poseían los antiguos egipcios. Este papiro, que data de alrededor del 1600 a. C., pero que se cree es una copia de un texto aún más antiguo de aproximadamente el 3000 a. C., revela una comprensión sorprendentemente sofisticada de la anatomía, las lesiones y los tratamientos médicos. Su contenido destaca la destreza de los médicos egipcios, lo que refleja la importancia de la medicina en una de las civilizaciones más antiguas del mundo.

El papiro debe su nombre a Edwin Smith, un egiptólogo estadounidense que lo adquirió en Luxor, Egipto, en 1862. Después de su muerte, fue donado a la Sociedad Histórica de Nueva York, donde permaneció sin traducir hasta que el egiptólogo James Henry Breasted lo estudió y publicó su traducción a principios del siglo. Desde entonces, ha sido reconocido como un documento crucial para entender la práctica médica en el antiguo Egipto.

ENFOQUE RACIONAL Y BASADO EN LA OBSERVACIÓN

Se trata de un tratado quirúrgico que se centra en la diagnosis y tratamiento de varias lesiones, principalmente traumáticas. A diferencia de otros textos médicos egipcios que combinan elementos mágicos y religiosos con la práctica médica, este papiro se distingue por su enfoque racional y empírico. El texto está organizado en 48 casos clínicos, cada uno describe una lesión específica y su correspondiente tratamiento.

Cada caso en el papiro sigue una estructura sistemática: comienza con la descripción de la lesión, seguida de la diagnosis, prognosis y tratamiento recomendado. Las lesiones descritas incluyen fracturas, dislocaciones, heridas y contusiones, principalmente en la cabeza, el cuello y la parte superior del cuerpo. La precisión con la que se detallan las observaciones anatómicas y los procedimientos médicos es muy minuciosa y sugiere un alto nivel de especialización.



Redactado en escritura hierática, el papiro Edwin Smith es un documento médico datado hacia el 1600 a. C., que contiene tratamientos para heridas de guerra y descripciones anatómicas

Por ejemplo, en uno de los casos, se describe una fractura de la nariz. El texto explica cómo examinar la nariz, los signos que indican una fractura y el método para tratarla. Se menciona la importancia de limpiar la herida y aplicar vendajes adecuados, un enfoque que resuena con las prácticas médicas modernas. Por desgracia, ha servido como aliciente para las disparatadas teorías conspirativas, con ideología racista de fondo, sobre el origen alienígena de la construcción de las pirámides y la ciencia en Egipto.

Pero volvamos con el papiro; lo que distingue a este de otros textos médicos antiguos es su enfoque racional y basado en la observación. El autor del papiro evita recurrir a explicaciones mágicas o sobrenaturales y se centra en la observación cuidadosa y la lógica. Este método empírico refleja una comprensión avanzada de la anatomía humana y de los principios de causa y efecto en la medicina. También menciona que algunas lesiones son «tratables» mientras que otras se clasifican como «no tratables». Esta distinción sugiere para algunos autores una comprensión realista de las limitaciones de la medicina de la época y una actitud profesional hacia el tratamiento de pacientes.

Asimismo, revela un conocimiento sorprendentemente detallado de la anatomía humana. Los antiguos egipcios conocían diversas partes del cuerpo y sus funciones, lo que les permitía diagnosticar y tratar lesiones con una precisión innovadora para su época y medios. Descripciones detalladas de estructuras como el cráneo, el cerebro, las vértebras y los vasos sanguíneos muestran que los médicos egip-

cios tenían un conocimiento práctico de la anatomía, probablemente adquirido a través de la observación y la disección. Uno de los aspectos más impresionantes es su referencia al cerebro y sus funciones. En varios casos, se describen lesiones craneales y se observa la relación entre el cerebro y ciertos síntomas neurológicos. Aunque el conocimiento del cerebro no estaba completamente desarrollado, el reconocimiento de su importancia es un indicio temprano de neurociencia, en un sentido generoso del término. El papiro también detalla varias técnicas médicas y tratamientos que se usaban para tratar lesiones. Estos incluyen la inmovilización de fracturas con vendajes y tablillas, la limpieza y desinfección de heridas, y la aplicación de ungüentos y emplastos hechos de ingredientes naturales como la miel y el lino. La práctica de la cirugía, aunque limitada, se menciona en el contexto de la sutura de heridas y el drenaje de abscesos.

El conocimiento médico avanzado que se refleja en el Papiro Edwin Smith no surgió en un vacío; el antiguo Egipto era una civilización altamente desarrollada, con una profunda comprensión de la ciencia, las matemáticas y la ingeniería. Los médicos egipcios, conocidos como *sunu*, eran respetados profesionales que se formaban en escuelas de medicina asociadas a templos y trabajaban en estrecha colaboración con sacerdotes. La medicina egipcia estaba estrechamente relacionada con la religión y la magia, pero el papiro Smith muestra que también existía un enfoque paralelo más racional y empírico. Esta coexistencia de prácticas mágicas y racionales es característica de la medicina egipcia y ha sido objeto de debate durante siglos.

MERIT PTAH, ¿LA PRIMERA MÉDICA?

No hay duda de que la medicina griega, que a menudo se considera la cuna de la occidental, estuvo influenciada por el conocimiento egipcio. Médicos griegos como Hipócrates y Galeno estudiaron los textos médicos egipcios y adoptaron muchas de sus prácticas y principios. El enfoque racional y basado en la observación que caracteriza lo que sabemos por el papiro Edwin Smith resonó con los principios de la medicina hipocrática y continuó influyendo en la práctica médica durante siglos.

Una curiosidad final. Merit Ptah, mujer egipcia que vivió alrededor del 2730 a. C. y que ha sido durante largo tiempo reconocida como la primera médica de la historia, resulta ser un fascinante caso de construcción de mitos modernos. En realidad, investigaciones recientes revelan que esta mujer probablemente nunca existió tal y como se ha afirmado. Durante décadas, Merit Ptah fue presentada en artículos de divulgación como símbolo de inspiración para mujeres en el ámbito de la medicina y la ciencia. Sin embargo, parece que su figura surgió de un error de identificación histórico. El origen del mito se remonta a la obra de la historiadora médica Kate Campbell Hurd-Mead en 1938, quien describió a Merit Ptah basándose en una mezcla de referencias a antiguas tumbas egipcias. Al revisar el registro histórico, el investigador Jakub Kwiecinski descubrió que la confusión provino de una mujer médica real llamada Peseshet, conocida en inscripciones como «supervisora de las mujeres sanadoras» en la época del Imperio Antiguo y que fue mencionada en la tumba de su hijo. Sin embargo, el nombre de Merit Ptah y su descripción como «la primera mujer médica» parecen haber sido una invención basada en esta mezcla de datos, sin evidencia demostrable en las inscripciones o tumbas de Egipto. ■



Merit Ptah ha sido reconocida como la primera médica de la historia, aunque resulta ser un caso de construcción de mitos modernos, porque investigaciones recientes revelan que probablemente nunca existió tal y como se ha afirmado.

ALBUM

1200 A. C.

Tapputi, la perfumista

En la Baja Mesopotamia una mujer destacó por sus conocimientos y habilidades en lo que hoy podríamos precisar como ciencias experimentales. Su nombre, Tapputi-Belatekallim. Considerada como «la primera química de la historia», Tapputi vivió alrededor del 1200 a. C. en la ciudad de Babilonia, un centro neurálgico de comercio y cultura. Durante el reinado de Hammurabi y posteriormente bajo la dinastía casita (o Dinastía III de Babilonia). Se convirtió en una ciudad próspera con una rica vida intelectual. Fue en este entorno en el que Tapputi-Belatekallim vivió y trabajó. Su trabajo en la perfumería y la destilación no solo demuestra el avanzado conocimiento científico de su época, sino que también sitúa a una mujer como parte importante de la historia de la ciencia y, en particular, de la química.

Lo que podemos llamar química en la antigua Mesopotamia estaba intrínsecamente ligada a la práctica de la alquimia y la perfumería. Los babilonios eran conocidos por su habilidad en la preparación de perfumes, ungüentos y medicamentos. La destilación, la filtración y la fermentación eran técnicas comunes utilizadas para extraer y purificar sustancias. Sorprende que estas mismas técnicas, avanzadas y refinadas, todavía se emplean en la industria química moderna.

Los registros antiguos muestran que la fabricación de perfumes y cosméticos era una industria floreciente. Los perfumistas, o «ungüentarios», como Tapputi, eran altamente respetados por su habilidad para crear fragancias y productos medicinales. Sus conocimientos químicos no solo eran prácticos, sino también valiosos para las prácticas religiosas y la vida cotidiana.

Tapputi-Belatekallim, cuyo nombre completo puede traducirse como «Tapputi, la perfumista del palacio», aparece —insistimos— como la primera persona en la historia mencionada por su trabajo directo utilizando la química. Los registros cuneiformes que mencionan a Tapputi fueron encontrados en una tablilla de arcilla en Babilonia, donde se describen sus métodos de fabricación de perfumes.

Desde el palacio real, Tapputi era la responsable de la creación de perfumes y cosméticos para la nobleza y la élite babilónica. Utilizaba una variedad de ingredientes naturales, como flores, aceite, cálamo, ciprés y mirra. Su proceso incluía técnicas avanzadas de destilación y filtración, lo que demuestra un conocimiento preciso de la manipulación y purificación de sustancias químicas. Una de estas téc-



Representación en terracota de la diosa Ishtar (principios del II milenio a. C.) encontrada en la ciudad-Estado de Mesopotamia de Eshnunna (actual Irak).



La tablilla de Tapputi-Belatekallim es uno de los documentos más antiguos que registran la actividad de una mujer en la historia de la química y la perfumería.

nicas más destacadas utilizadas por Tapputi era la destilación, un proceso que implica la vaporización y posterior condensación de líquidos para purificarlos o extraer componentes específicos. La tablilla cuneiforme que documenta su trabajo describe cómo Tapputi combinaba ingredientes, los dejaba macerar, los hervía y luego destilaba el líquido resultante para crear perfumes. Increíble.

La descripción del proceso de destilación es relevante porque muestra un entendimiento de los principios químicos fundamentales. La destilación requiere el control preciso de la temperatura y el conocimiento de las propiedades volátiles de los materiales, lo que indica que Tapputi tenía una comprensión práctica de conceptos que son esenciales en la química moderna. Sus contribuciones a la química son

fascinantes tanto por su antigüedad como por su sofisticación. Su trabajo en la destilación y la fabricación de perfumes supuso los primeros pasos hacia el desarrollo posterior de otros alquimistas y perfumistas. Aunque sus métodos eran rudimentarios comparados con las técnicas más actuales, los principios y técnicas que utilizó deben despertar nuestra admiración.

El reconocimiento de Tapputi como la primera química nos debe servir de recordatorio de que las mujeres han contribuido a la ciencia desde tiempos inmemoriales. A pesar de las barreras sociales y culturales, Tapputi logró destacar en su campo y dejar un legado que ha perdurado a lo largo de los siglos. Su trabajo es un ejemplo temprano de la aplicación práctica de la química para mejorar la vida humana, un tema que sigue siendo central en la investigación científica moderna.

Su historia podría utilizarse como fuente de inspiración para las generaciones futuras de científicos, especialmente mujeres, que pueden seguir sus pasos y contribuir al avance del conocimiento. Sean sinceros, ¿habían escuchado su nombre antes? ■

600 A. C.

Tales de Mileto predice un eclipse solar

Hace más de 2500 años, un filósofo griego llamado Tales de Mileto (624-546 a. C.) hizo un asombroso pronóstico para su época: la predicción de un eclipse solar. Este evento marcó un hito significativo en la historia de la ciencia, ya que fue una de las primeras veces que un fenómeno natural fue anticipado con éxito basándose en observaciones y razonamientos lógicos en lugar de en supersticiones o interpretaciones religiosas. Este logro puso a Tales de Mileto en la lista de los más grandes pensadores de la Antigüedad y sentó las bases para el desarrollo de la ciencia y la filosofía occidental.

Para entender la magnitud del logro de Tales, es esencial situarlo en el contexto histórico y cultural del siglo VI a. C. Este periodo fue testigo de grandes cambios y avances en varias partes del mundo. Por ejemplo, en Grecia el siglo VI a. C. es conocido como la Época Arcaica, una etapa de desarrollo político, cultural y social precursora de la civilización griega clásica. Durante este tiempo, las ciudades-Estado griegas (polis) estaban floreciendo. Estas ciudades eran centros de comercio, cultura y pensamiento intelectual. Mileto, situada en la costa occidental de Asia Menor (actual Turquía), era una de estas prósperas urbes y se destacaba como un importante centro comercial y de intercambio cultural debido a su ubicación estratégica en el mar Egeo. Era una polis influyente, conocida por su riqueza y por ser un crisol de culturas donde griegos, persas, egipcios y otras civilizaciones interactuaban y compartían conocimientos. Esta interacción multicultural fue un caldo de cultivo para el pensamiento innovador y la especulación filosófica. En este entorno dinámico y diverso, surgieron los primeros filósofos presocráticos, quienes buscaban explicaciones racionales para los fenómenos naturales, alejándose de las explicaciones mitológicas que habían dominado hasta entonces.

A Tales de Mileto, nacido alrededor del 624 a. C. en la ciudad que le dio nombre, se le considera como uno de los primeros filósofos en la tradición occidental. Fue uno de los Siete Sabios de Grecia, un grupo de filósofos, legisladores y estadistas

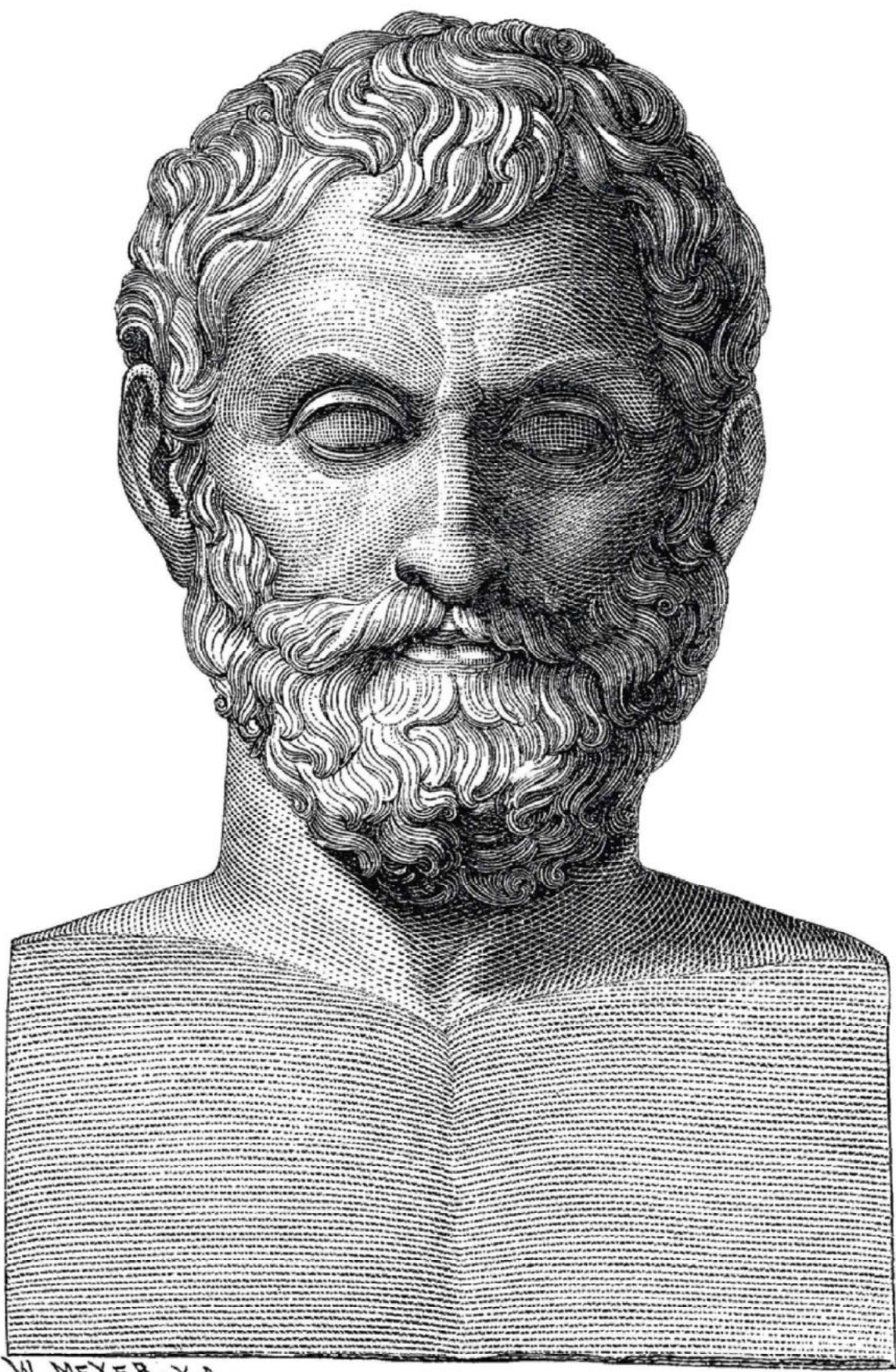


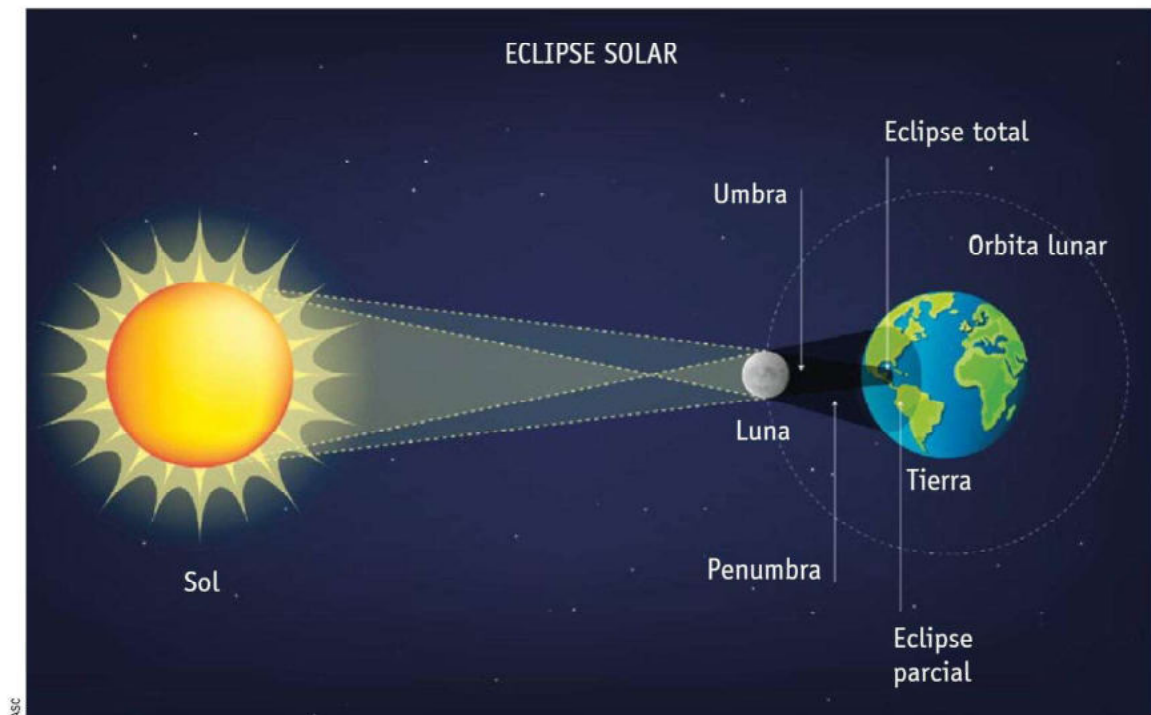
Ilustración de Tales de Mileto (1877) aparecida en la obra *Illustrerad verldshistoria utgifven*, Volume I, del egiptólogo, orientalista y filólogo británico Ernest Wallis Budge.

renombrados por su sabiduría práctica y sus contribuciones a la sociedad griega. Tales propuso que el universo está gobernado por principios racionales y naturales que pueden ser comprendidos a través de la observación y el razonamiento. Esta idea fue revolucionaria en una época dominada por explicaciones mitológicas de los fenómenos naturales. También postuló que el agua era el principio fundamental, el *arjé*, de todas las cosas, lo que implicaría que todas las formas de materia se derivan de este elemento esencial.

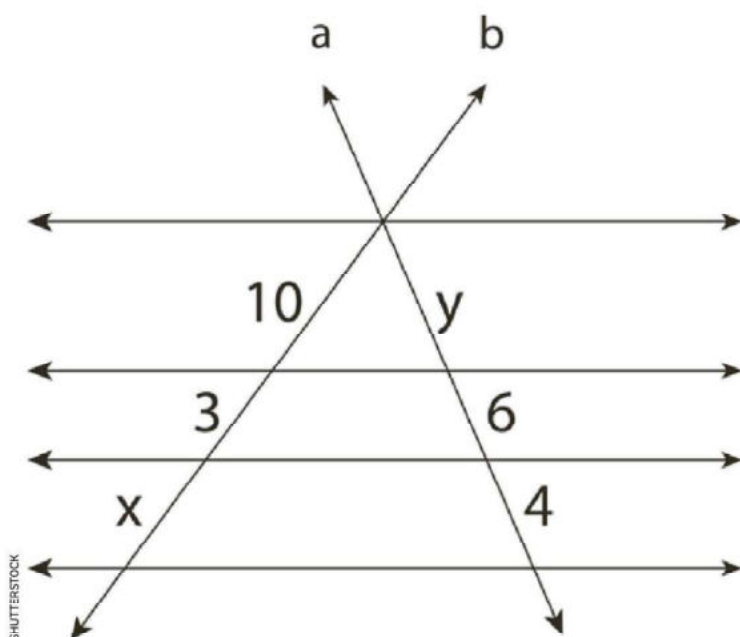
En matemáticas, nuestro filósofo es famoso en nuestras escuelas por el Teorema de Tales, que establece que un triángulo inscrito en un semicírculo es un triángulo rectángulo. También se le atribuye la introducción de la geometría de Egipto a Grecia y la aplicación de principios geométricos a la resolución de problemas prácticos, como la medición de la altura de las pirámides egipcias utilizando su sombra y los principios de semejanza. Pero el evento que he elegido de la vida de Tales de Mileto es el de la predicción de un eclipse solar. Según Heródoto, un eclipse solar interrumpió una batalla entre los medos y los lidios, quienes interpretaron el fenómeno como una señal divina y acordaron la paz. Este eclipse, que se cree ocurrió el 28 de mayo de 585 a. C. (una efeméride que podemos calcular ahora con facilidad), fue predicho por Tales, un logro impresionante considerando la limitada comprensión astronómica de la época.

PIONERO DE LA FILOSOFÍA Y LA CIENCIA

La predicción de un eclipse solar requiere un profundo conocimiento de los ciclos astronómicos y la capacidad de interpretar estos ciclos de manera precisa. Aunque no se conoce con certeza el método exacto que utilizó Tales, podría ser



Un eclipse solar ocurre cuando la Luna pasa entre la Tierra y el Sol, proyectando una sombra sobre él y ocultando parcial o totalmente la luz del Sol.



El teorema de Tales de Mileto muestra que cuando trazamos líneas paralelas que cortan un triángulo se crean figuras más pequeñas, pero con la misma forma.

que se basara en la observación de patrones y ciclos en los movimientos del Sol y la Luna. Los babilonios ya habían registrado datos astronómicos detallados y habían identificado ciclos como el «saros», que dura aproximadamente 18 años y 11 días, después de los cuales se repiten los eclipses similares. Tales pudo haber tenido acceso a estos conocimientos babilonios y los aplicó para hacer su predicción. Esta aplicación del conocimiento astronómico extranjero y su interpretación racional sería todo un ejemplo temprano de la interculturalidad y el avance científico en el mundo antiguo.

La predicción del eclipse solar por parte de Tales tuvo cierto impacto en el desarrollo de la ciencia y la filosofía. Este logro demostró que los fenómenos naturales podían ser predichos y entendidos a través de la observación y el razonamiento, en lugar de atribuirlos a la voluntad de los dioses. Este enfoque racional y empírico es la base del método científico, que sigue siendo fundamental en la investigación científica moderna.

Tales inspiró a generaciones de filósofos y científicos griegos que siguieron su camino. Su discípulo Anaximandro continuó explorando la naturaleza del cosmos y propuso la idea de que el universo es infinito y eterno. Anaxímenes, otro discípulo de Tales, sugirió que el aire es el principio fundamental del universo. Estos pensadores presocráticos allanaron el camino para filósofos posteriores como Sócrates, Platón y Aristóteles, quienes desarrollaron sistemas filosóficos más complejos y detallados.

Debemos recordar en justicia a Tales de Mileto como uno de los pioneros de la filosofía y la ciencia. Su enfoque racional y su capacidad para predecir fenómenos naturales han sido reconocidos como hitos en la historia del pensamiento humano. Esta historia sobre su predicción del eclipse solar nos sirve de ejemplo del conocimiento y habilidades de este gran personaje. Pero, como he dicho antes, esta narración la conocemos por Heródoto, a quien algunos divertidos divulgadores de la historia se refieren en tono humorístico como «Herodótrolos». Sea o no cierta, no podía dejar pasar la oportunidad de contarla. ■

500 A. C.

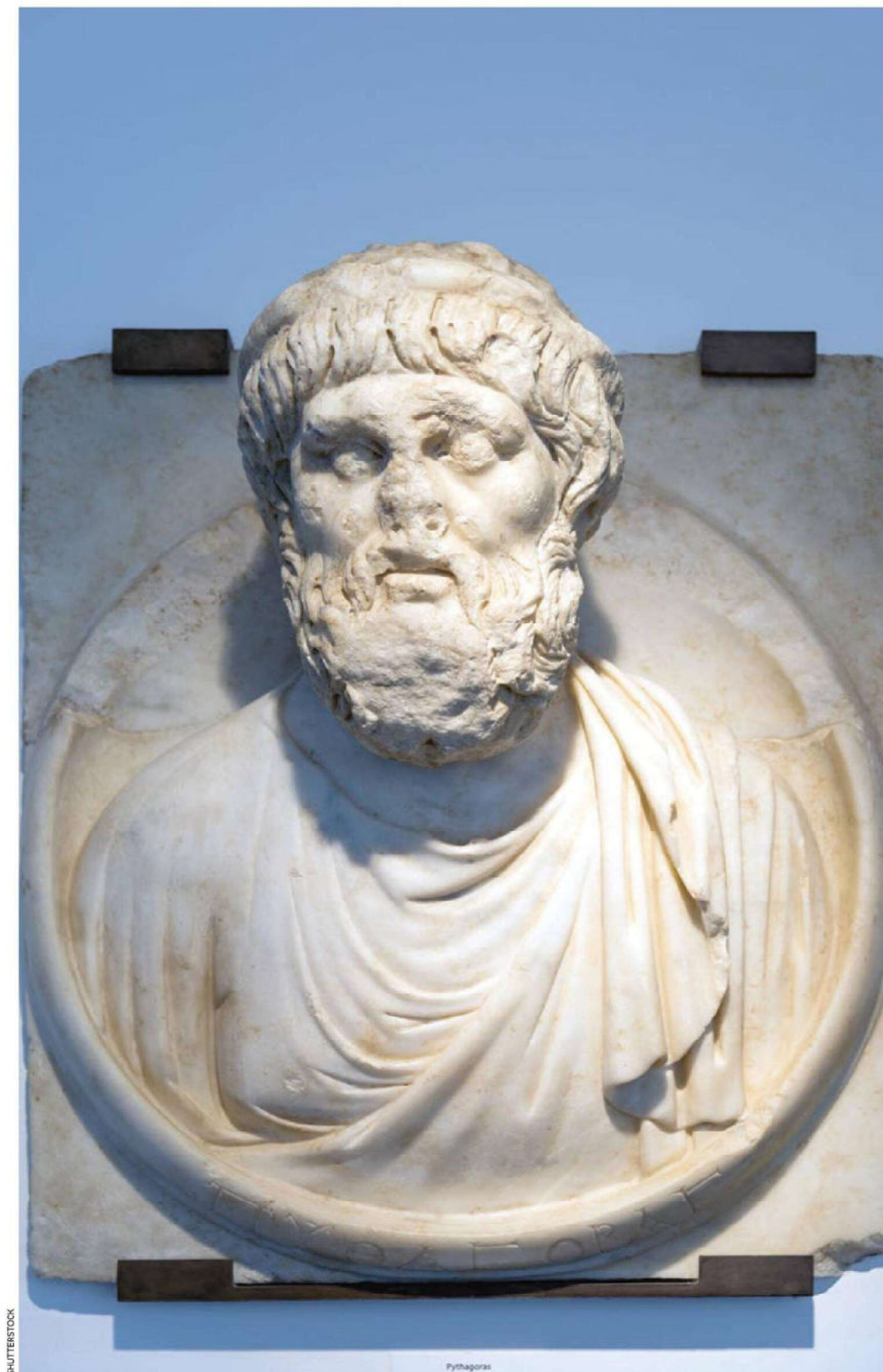
Los teoremas matemáticos de Pitágoras

En el siglo VI a. C., un filósofo y matemático griego llamado Pitágoras dejó una huella indeleble en la historia de la ciencia y las matemáticas. Nació alrededor del 570 a. C. en la isla de Samos y es conocido universalmente por su trabajo en la teoría de los números y por formular teoremas matemáticos fundamentales, incluyendo el famoso teorema de Pitágoras.

Su influencia trascendió su época y sigue vigente en las matemáticas modernas y la filosofía científica. Para comprender la importancia de Pitágoras y sus inmensas contribuciones, es esencial situarlo en el contexto del siglo VI a. C., conocido como la época arcaica en Grecia. Este periodo fue testigo de una gran expansión cultural, política y económica. Las ciudades-Estado (polis) griegas florecían, se establecieron colonias y se inició el comercio con regiones distantes, lo que promovía un intercambio de ideas y conocimientos. La educación y la filosofía también estaban en pleno auge. Los primeros filósofos, conocidos como presocráticos, comenzaron a explorar el mundo natural y a buscar explicaciones racionales para los fenómenos que observaban. En este entorno dinámico, Pitágoras emergió como una figura clave capaz de combinar la filosofía y las matemáticas en un enfoque único para entender el universo.

TODO ES NÚMERO

Pitágoras fundó una escuela en Crotona, en el sur de Italia, que no solo era una institución educativa, sino también una comunidad religiosa y filosófica. Los pitagóricos, como se conocía a sus seguidores, vivían bajo estrictas reglas comunitarias y compartían una profunda creencia en la relación entre las matemáticas y la espiritualidad. En el fondo, era una secta, pero esta comunidad se convirtió en un centro de estudio e investigación donde se desarrollaron muchas de las ideas matemáticas fundamentales atribuidas a Pitágoras. El logro más famoso del matemático es, sin duda, el teorema que lleva su nombre. Este establece que, en un



SHUTTERSTOCK

Pythagoras

Medallón con retrato de Pitágoras en Afrodísias (Grecia). Para los pitagóricos, las matemáticas no eran solo una herramienta práctica, sino también una forma de purificación espiritual.

triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa (el lado opuesto al ángulo recto) es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados. Matemáticamente, esto se expresa como $a^2 + b^2 = c^2$.

Este teorema, que es fundamental en la geometría, también tiene aplicaciones prácticas en diversas disciplinas, desde la arquitectura hasta la navegación. Aunque existen evidencias de que los babilonios y egipcios conocían relaciones similares antes de Pitágoras, su formulación y posterior demostración sistemática del teorema marcó un avance significativo en las matemáticas griegas. Pitágoras y su escuela también realizaron importantes avances en la teoría de los números. Los pitagóricos consideraban que los números eran el principio fundamental de todas las cosas, una idea que se resume en la famosa frase «Todo es número». Exploraron propiedades de los números, incluyendo conceptos como los números perfectos, los números amigos y los números poligonales. Los perfectos, por ejemplo, son aquellos que son iguales a la suma de sus divisores propios. El número 6 es el ejemplo más simple de un número perfecto, ya que sus divisores 1, 2 y 3 suman 6. Este tipo de investigaciones no solo amplió el conocimiento matemático, sino que también influyó en el desarrollo posterior de la teoría de los números.

Una de las áreas más intrigantes de las investigaciones pitagóricas fue la relación entre las matemáticas y la música. Pitágoras descubrió que los intervalos musicales podían expresarse en términos de relaciones numéricas simples. Por ejemplo, la octava, la quinta y la cuarta corresponden a las proporciones 2 : 1, 3 : 2 y 4 : 3, respectivamente. Este descubrimiento llevó a los pitagóricos a desarrollar una teoría de la armonía que vinculaba la música con las matemáticas y la cosmología. Creían que los movimientos de los cuerpos celestes seguían proporciones armónicas similares, una idea que más tarde influiría en el concepto de la «música de las esferas» en la filosofía y la astronomía renacentista.

INTERCONEXIÓN ENTRE LAS MATEMÁTICAS Y EL MUNDO NATURAL

No obstante, la filosofía de Pitágoras no se limitaba a la vertiente matemática. Él y sus seguidores también adoptaron creencias espirituales profundas, incluyendo la doctrina de la metempsicosis o la transmigración de las almas. Según esta creencia, las almas eran inmortales y pasaban a nuevos cuerpos después de la muerte, un ciclo que podía ser influenciado por el comportamiento y el conocimiento adquirido en cada vida.

Para los pitagóricos, las matemáticas no eran solo una herramienta práctica, sino también una forma de purificación espiritual. Creían que el estudio de los números y las proporciones armonizaba el alma y acercaba al individuo a la comprensión de la naturaleza divina del cosmos. Este enfoque dual de las matemáticas y la espiritualidad hizo de la escuela pitagórica una de las más influyentes de su tiempo, ya que integraba aspectos científicos y místicos en una filosofía coherente.

Las ideas matemáticas desarrolladas por Pitágoras y su escuela tuvieron un impacto duradero en la historia de las matemáticas. Sus teoremas y conceptos fueron transmitidos a través de generaciones e incorporados en los trabajos de matemáticos posteriores como Euclides y Arquímedes. El teorema de Pitágoras, en particular, se convirtió en un pilar de la geometría euclidiana y sigue siendo una parte fundamental de la educación matemática en la actualidad.



SHUTTERSTOCK

Estatua que representa el teorema de Pitágoras en la isla de Samos, Grecia. La influencia de Pitágoras trascendió su época y sigue vigente en las matemáticas modernas, en la filosofía...

El enfoque de Pitágoras hacia la interconexión entre las matemáticas y el mundo natural también influyó en la filosofía y la ciencia. Su idea de que el universo está gobernado por principios matemáticos racionales plantó la semilla de la que nacería el pensamiento científico moderno. Esta perspectiva fue adoptada y ampliada por filósofos y científicos posteriores, incluyendo a Platón, quien consideraba a Pitágoras como una de sus principales influencias.

El legado de Pitágoras fue transmitido a través de sus discípulos y seguidores, quienes continuaron desarrollando y difundiendo sus ideas. La escuela pitagórica sobrevivió varios siglos, durante los cuales contribuyó al desarrollo de las matemáticas, la filosofía y la ciencia. Aunque muchas de las enseñanzas pitagóricas originales se han perdido, su influencia persiste en la actualidad y su elegante teorema se enseña en las escuelas de todo el mundo.

Como curiosidad final, no debe confundirse a nuestro protagonista matemático con otro Pitágoras, un famoso boxeador de los juegos olímpicos. La similitud de los nombres y el hecho de que ambos vivieran en la misma época ha provocado, en algunos relatos históricos, una mezcla entre los logros de uno y otro. Esta confusión es más evidente en textos antiguos o en referencias más generales, donde no siempre se hace la distinción clara entre el filósofo y el atleta. ■

460 A. C.

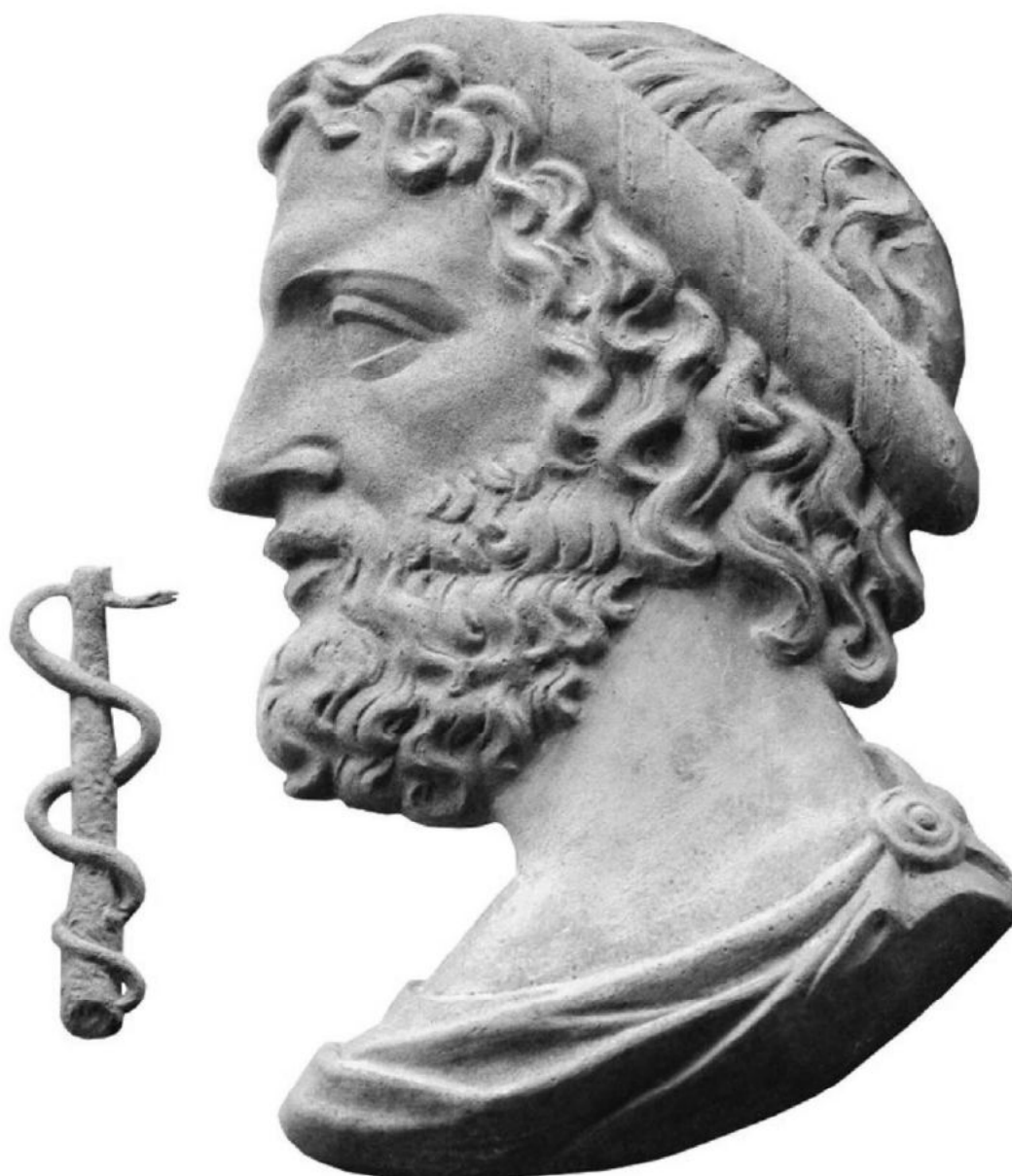
Hipócrates y la medicina moderna

En el siglo V a. C., Hipócrates de Cos, comúnmente conocido como el padre de la medicina, transformó la práctica médica al introducir un enfoque basado en la observación y la racionalidad. Hipócrates (460-370 a. C.) rechazó las explicaciones sobrenaturales de las enfermedades y en su lugar promovió la idea de que las enfermedades tenían causas naturales que podían ser estudiadas y tratadas sistemáticamente. Este cambio de paradigma revolucionó la medicina de su tiempo y estableció los cimientos de la medicina moderna.

Para comprender el impacto de Hipócrates, es fundamental situarlo en el contexto de la Grecia Clásica. Este periodo, que abarca aproximadamente del 500 al 323 a. C., fue una era de grandes avances culturales, filosóficos y científicos. Atenas, la ciudad-Estado más influyente de la época, era un centro de pensamiento y aprendizaje, hogar de filósofos como Sócrates, Platón y Aristóteles. En este entorno de efervescencia intelectual, la medicina también comenzó a evolucionar. Antes de Hipócrates, la medicina en Grecia estaba estrechamente ligada a la religión y la superstición. Las enfermedades se atribuían a la ira de los dioses o a fuerzas sobrenaturales, y los tratamientos a menudo incluían rituales y sacrificios.

EL EQUILIBRIO DE LOS CUATRO HUMORES

La educación médica en Grecia estaba en gran medida dominada por tradiciones orales y prácticas empíricas. Los médicos adquirían su conocimiento a través de la observación y la experiencia, pero sin un marco teórico sólido. Fue en este contexto que Hipócrates emergió como una figura revolucionaria, proponiendo un enfoque más sistemático y racional para entender y tratar las enfermedades. Había nacido en la isla de Cos, en el mar Egeo, en una familia de médicos. Desde joven, fue instruido en las prácticas médicas tradicionales, pero rápidamente se distinguió por su deseo de entender las enfermedades desde una perspectiva más lógica.



SHUTTERSTOCK

Asclepio (Esculapio en latín) fue el dios griego de la medicina y la curación. La vara de Asclepio (una vara con una serpiente enrollada) se asocia con la curación de enfermos mediante la medicina.

y empírica. Sus viajes a diversas regiones del territorio griego le permitieron ampliar sus conocimientos y observar diferentes prácticas médicas.

Uno de los mayores aciertos de Hipócrates fue su rechazo de las explicaciones sobrenaturales de las enfermedades. En lugar de atribuir las enfermedades a la ira de los dioses o a maldiciones, Hipócrates propuso que todas las enfermedades tenían causas naturales. Este enfoque racional marcó el inicio de una nueva era en la medicina, donde la observación y la lógica reemplazaron a la superstición y la religión. Con esta convicción, fundó una escuela de medicina en Cos, que se convirtió en un centro de enseñanza y práctica médica. La escuela hipocrática promovía la idea de que la salud y la enfermedad estaban relacionadas con el equilibrio de los cuatro humores: sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra. Según esta teoría, la enfermedad resultaba de un desequilibrio entre estos humores y el objetivo del tratamiento era restaurar el equilibrio.

Una de las contribuciones más importantes de Hipócrates fue su insistencia en los exámenes cuidadosos y la documentación de los síntomas que contaban los pacientes. Los escritos hipocráticos, conocidos como *Corpus hippocraticum*, incluyen descripciones detalladas de enfermedades, síntomas y tratamientos, basadas en la observación directa. Gracias a esto, los tratados hipocráticos abarcan una amplia gama de temas, desde la cirugía hasta la ginecología. Aunque no todos los textos del *Corpus* fueron escritos por Hipócrates personalmente, todos ellos reflejan los principios de su escuela y su enfoque racional.

El Juramento hipocrático es uno de los legados más perdurables de Hipócrates. Este juramento, que se cree fue formulado por la escuela hipocrática, establece principios éticos que los médicos deben seguir, en los que se incluye el respeto por la vida, la confidencialidad del paciente y la responsabilidad profesional. Aunque el juramento ha sido modificado a lo largo de los siglos, sus principios fundamentales siguen siendo una guía ética para los médicos modernos.

Hipócrates también promovió un enfoque holístico de la medicina, considerando al paciente en su totalidad, incluyendo factores como la dieta, el estilo de vida y el entorno. Creía que un tratamiento efectivo debía abordar no solo los síntomas de la enfermedad, sino también las causas subyacentes y el bienestar general del paciente. Este enfoque integral es un precursor de la medicina preventiva y la atención centrada en el paciente que se practica hoy en día. También enfatizó la importancia del ambiente y la dieta en la salud. Reconoció que factores como el clima, la calidad del agua y los hábitos alimentarios podían influir en la aparición y el curso de las enfermedades. Sus recomendaciones dietéticas y de estilo de vida, basadas en la observación y la experiencia, formaron una parte integral de su enfoque terapéutico.

DECLARACIÓN DE GINEBRA DE 1948

La influencia de Hipócrates se extendió mucho más allá de su tiempo. Sus escritos y enseñanzas fueron estudiados y respetados por generaciones de médicos en el mundo grecorromano y más allá. Durante la Edad Media, sus obras fueron traducidas y preservadas por los eruditos árabes, y más tarde redescubiertas por los médicos europeos durante el Renacimiento. Algunas de las figuras clave de la medicina posterior como Galeno, Avicena y Paracelso se vieron influidas por el enfoque hipocrático de la medicina basado en la observación, la racionalidad y la ética. Estos médicos y filósofos adoptaron y ampliaron las ideas hipocráticas, contribuyendo al desarrollo continuo de una medicina que cada vez era más científica en un sentido amplio de la palabra.

Hoy en día, el legado de Hipócrates perdura en la práctica médica moderna. El enfoque basado en la evidencia y la observación, la cercanía con el paciente y los principios éticos establecidos por el juramento siguen siendo fundamentales en la medicina contemporánea. Prueba de ello es la Declaración de Ginebra de 1948, un documento fundamental en la ética médica adoptado por la Asociación Médica Mundial tras los horrores vividos durante la Segunda Guerra Mundial. Su propósito era establecer un código ético para los médicos y reforzar los valores humanitarios en la práctica de la medicina, reemplazando al antiguo juramento de Hipócrates como una guía moderna de conducta. ■



Hipócrates de Cos rechazó las explicaciones sobrenaturales de las enfermedades y en su lugar promovió la idea de que se debían a causas naturales que podían ser estudiadas y tratadas.

350 A. C.

Aristóteles y el método empírico



La escuela de Atenas (1509-1511), una de las pinturas más destacadas del Renacimiento del pintor italiano Rafael Sanzio. Platón y Aristóteles son las figuras centrales en la pintura.

Turno para uno de los más grandes filósofos de la antigua Grecia, alguien que realizó aportes fundamentales en diversas áreas del conocimiento humano, incluyendo la zoología, embriología, física y metafísica. Aristóteles (384 a. C. - 322 a. C.) nació en Estagira (Macedonia), fue discípulo de Platón y maestro de Alejandro Magno. Su obra, que abarca una asombrosa variedad de temas, sigue siendo una influencia perdurable en la filosofía, la ciencia y la educación moderna.

El siglo IV a. C. fue una época de florecimiento cultural y moral en Grecia. Después de la muerte de Sócrates, Platón fundó la Academia en Atenas, que se convirtió en un centro de aprendizaje y debate filosófico. Aristóteles estudió en la Academia durante veinte años, antes de fundar su propia escuela, el Liceo, en el 335 a. C. Aquí, Aristóteles y sus discípulos desarrollaron un enfoque sistemático y empírico para estudiar el mundo natural y los fenómenos humanos. A diferencia de su maestro Platón, quien enfatizaba las ideas abstractas y el mundo de las formas, Aristóteles se centró en el mundo observable y tangible. Su método empírico, basado en la observación y la clasificación, sentó las bases para el desarrollo de la ciencia moderna. Creía que el conocimiento se derivaba de la experiencia sensorial y la inducción, es decir, de la acumulación y análisis de datos observacionales.

EL PRIMER TRATADO DE ZOOLOGÍA

En su obra *Historia animalium* (*Historia de los animales*), Aristóteles emprendió la tarea de describir y clasificar una amplia variedad de especies animales. Este trabajo, que puede considerarse el primer tratado de zoología, incluye descripciones detalladas de la anatomía, el comportamiento y el hábitat de numerosos animales, desde insectos hasta mamíferos. Aristóteles basó sus estudios en la observación directa y en los informes de viajeros y pescadores. A través de sus descripciones, introdujo conceptos importantes como la diferenciación entre especies y la idea de un sistema jerárquico en la naturaleza, donde los organismos pueden ser clasificados según su complejidad estructural y funcional. Aunque algunas de sus observaciones fueron incorrectas o inexactas, el enfoque de Aristóteles en la observación sistemática y la clasificación influyó profundamente en el desarrollo de la biología. Su trabajo inspiró a futuros naturalistas y científicos, incluyendo a Carlos Linneo en el siglo XVIII, quien desarrolló el sistema moderno de clasificación biológica.

En su obra *De Generatione Animalium* (*Generación de los animales*), Aristóteles exploró el proceso de reproducción y desarrollo de los seres vivos. Sus estudios embriológicos fueron pioneros en la comprensión del desarrollo embrionario, aunque mezclaron observaciones precisas con teorías especulativas. Describió el desarrollo de los embriones de varios animales, incluidos los pollos y los peces, y observó que los embriones pasan por una serie de etapas diferenciadas. Propuso que el desarrollo embrionario era un proceso gradual y continuo, donde las estructuras se formaban progresivamente a partir de una masa indiferenciada.

Aunque muchas de sus ideas sobre la embriología han sido superadas por descubrimientos modernos, las observaciones de Aristóteles sobre el desarrollo embrionario y su enfoque empírico proporcionaron una base para estudios posteriores en biología del desarrollo y embriología. Aristóteles también hizo contribuciones significativas al campo de la física, que en su tiempo se conocía como «filosofía

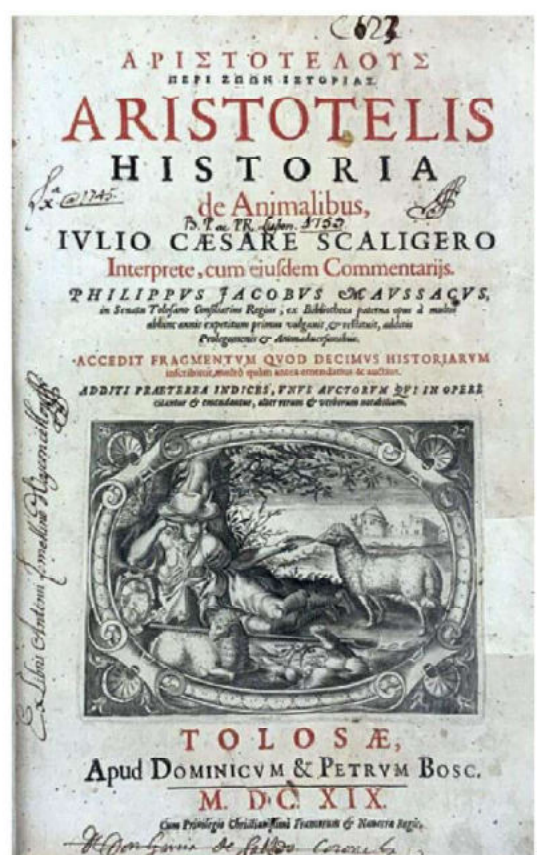
natural». En sus obras *Física* y *Sobre el Cielo*, Aristóteles presentó su visión del universo y las leyes que lo gobiernan. Postuló que el universo estaba compuesto por cinco elementos: tierra, agua, aire, fuego y éter. Creía que todos los objetos en la Tierra estaban compuestos de una combinación de estos elementos y que cada uno tenía su lugar natural en el universo. Este concepto de los elementos y su movimiento hacia sus lugares naturales fue una piedra angular en la física aristotélica. También desarrolló una teoría del movimiento basada en la idea de que todo movimiento requiere una causa. Identificó cuatro tipos de causas: material, formal, eficiente y final. Estas causas explicaban no solo el cambio y el movimiento en el mundo natural, sino también la existencia y la naturaleza de los objetos.

COMBINACIÓN DE MATERIA Y FORMA

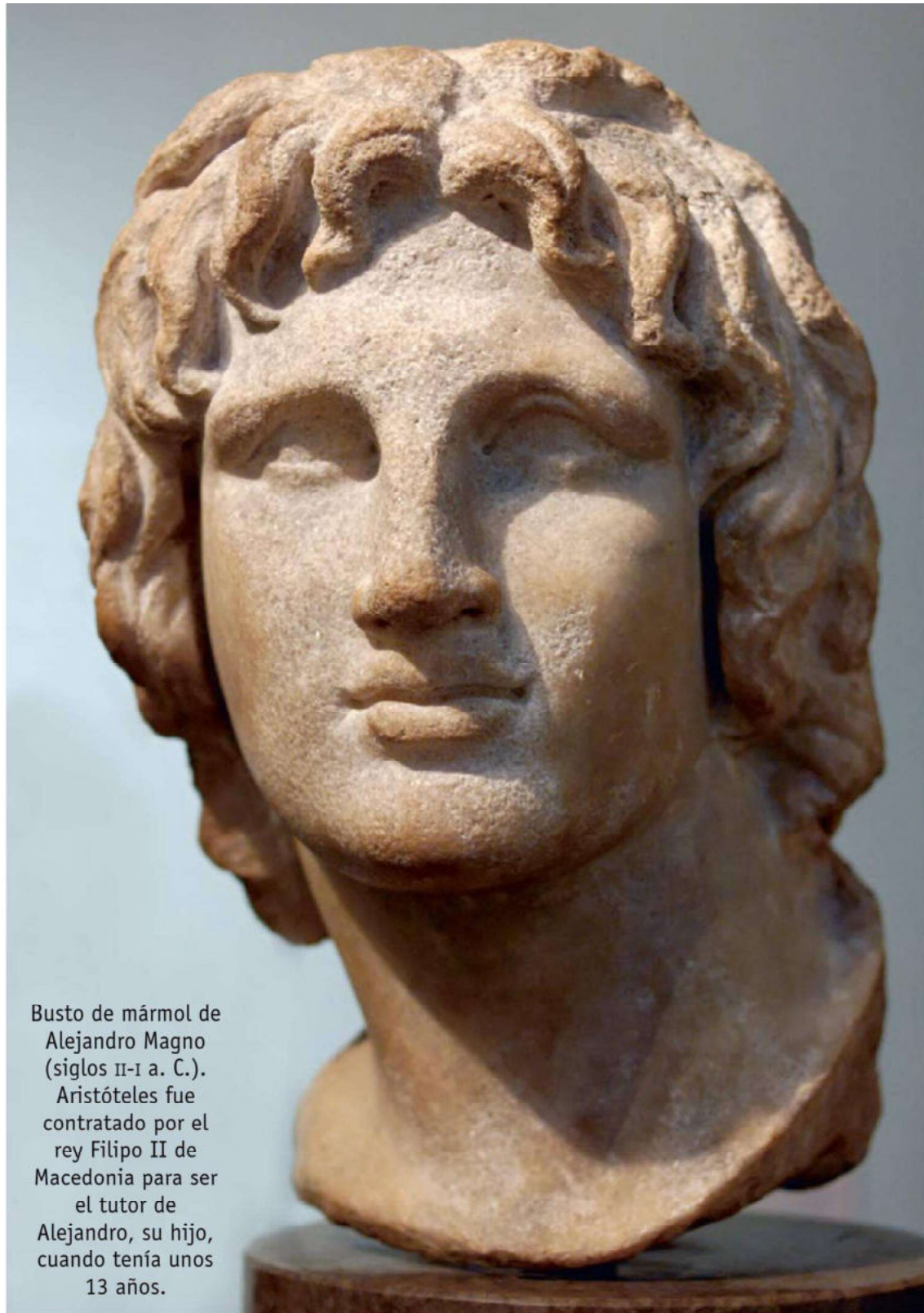
La *Metafísica* de Aristóteles es una obra fundamental que explora las cuestiones más profundas de la existencia y la realidad. En este tratado, Aristóteles investiga la naturaleza del ser, la esencia y la existencia, y la relación entre la materia y la forma. Una de las contribuciones más importantes a la metafísica es su teoría de la sustancia. Según esa teoría, una sustancia es una combinación de materia y forma. La materia es el potencial de un objeto para ser algo, mientras que la forma es lo que actualiza ese potencial y hace que el objeto sea lo que es. Esta distinción entre materia y forma proporcionó una base para la filosofía escolástica y la metafísica medieval.

La teoría de las cuatro causas de Aristóteles también es central en su metafísica. La causa material explica de qué está hecho algo; la causa formal describe la forma o esencia de algo; la causa eficiente es la fuente del cambio o el movimiento; y la causa final es el propósito o el fin de algo. Esta teoría permitió a Aristóteles desarrollar una comprensión más profunda y compleja de la realidad, explorando no solo cómo y por qué las cosas existen, sino también el propósito subyacente a su existencia.

Después de la caída del Imperio romano, las obras de Aristóteles fueron preservadas y estudiadas por eruditos islámicos, quienes las tradujeron al árabe y comentaron extensamente sobre ellas. Durante el Renacimiento, estas obras fueron redescubiertas por los eruditos europeos, lo que llevó a una revitalización del pensamiento aristotélico y su integración en la filosofía y la ciencia occidentales. Pese a que muchas de las ideas de Aristóteles fueron superadas por los avances científicos



Cubierta de *Historia animalium* de Aristóteles. Este libro salió de la imprenta del maestro Raymond Colomiez en 1691.



Busto de mármol de Alejandro Magno (siglos II-I a. C.). Aristóteles fue contratado por el rey Filipo II de Macedonia para ser el tutor de Alejandro, su hijo, cuando tenía unos 13 años.

conforme avanzaba el conocimiento, su método de observación empírica y su enfoque sistemático continúan siendo fundamentales en la investigación científica. Además, sus contribuciones a la lógica y la metafísica siguen siendo relevantes en la filosofía contemporánea; es un autor sumamente estudiado y citado.

Tras la muerte de Alejandro Magno, Aristóteles, quien había tenido una estrecha relación con la corte macedónica y había sido tutor del rey, no fue bien recibido en Atenas. Temiendo por su seguridad, se retiró a Eubea, donde falleció poco después. Su decisión de irse se basó en evitar el mismo destino que tuvo su admirado Sócrates, que había sido condenado a muerte unos años antes. ■

300 A. C.

Las ciencias matemáticas de Euclides

La publicación de los *Elementos* de Euclides representa un antes y un después en las ciencias matemáticas, porque se trata de un legado que se convirtió en uno de los tratados más influyentes de la historia de la ciencia. Esta monumental obra no solo consolidó el conocimiento geométrico y matemático de la época, sino que también estableció un marco metodológico que ha perdurado a lo largo de los siglos. Los *Elementos* es mucho más que un simple compendio de teoremas y problemas, se trata de una obra maestra de rigor lógico y claridad que ha moldeado la manera en que las matemáticas han sido enseñadas y entendidas hasta el día de hoy.

Para valorar la importancia de los *Elementos* es crucial que viajemos en el tiempo, a la Alejandría del siglo III a. C. Fundada por Alejandro Magno en 331 a. C., Alejandría se convirtió rápidamente en un centro de aprendizaje y cultura. La ciudad albergaba la famosa Biblioteca de Alejandría, un faro de conocimiento donde se reunían los más brillantes intelectuales de la época.

Euclides, que se estima que nació alrededor del 325 a. C., llegó a Alejandría durante el reinado de Ptolomeo I Sóter. Fue aquí donde fundó su escuela de matemáticas y comenzó a trabajar en los *Elementos*. Este entorno académico y cultural vibrante proporcionó a Euclides el espacio y los recursos necesarios para desarrollar su obra. Esta se compone de trece libros, donde cada uno de ellos trata diferentes aspectos de la geometría y otras ramas de las matemáticas. La obra abarca desde conceptos básicos hasta teoremas más complejos, organizados de manera sistemática y lógica. Este enfoque metodológico fue revolucionario para su tiempo y estableció un estándar de rigor y claridad que influiría en generaciones de matemáticos posteriores.

Los primeros seis libros están dedicados a la geometría plana, abordando conceptos fundamentales como puntos, líneas, ángulos y triángulos, así como teoremas sobre congruencia y semejanza. Los libros siete, ocho y nueve se centran en la teoría de números, incluyendo propiedades de los números primos



Estatua de Niccolò Fontana Tartaglia, matemático italiano del Renacimiento, conocido por sus traducciones de obras clásicas de matemáticas, entre las que destacan las de Euclides y Arquímedes.



Retrato de Carl Friedrich Gauss (1840), de Christian Albrecht Jensen. Gauss sentía gran admiración por el matemático y geómetra griego.

LOS ELEMENTOS FUE DURANTE MÁS DE DOS MIL AÑOS EL LIBRO DE TEXTO PRINCIPAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA

y la divisibilidad. El libro diez trata sobre números irracionales, mientras que los libros once a trece exploran la geometría de sólidos, incluyendo el estudio de poliedros regulares.

Uno de los aspectos más destacados de los *Elementos* es el uso del método axiomático, en el que Euclides parte de un conjunto de axiomas o postulados básicos que son evidentes por sí mismos. A partir de estos axiomas, deduce teoremas mediante razonamientos lógicos. Este enfoque no solo asegura la coherencia interna del sistema, sino que también establece un modelo para la formulación y prueba de teorías en toda la ciencia. La influencia de la obra de Euclides en las matemáticas es incalculable. Durante más de dos mil años fue el libro de texto principal para la enseñanza de la geometría. Su claridad y rigor han hecho que siga siendo relevante incluso en la era moderna. Su trabajo no solo consolidó el conocimiento geométrico de su tiempo, sino que también estableció un marco metodológico que ha perdurado a lo largo de los siglos.

TRADUCIDO Y EDITADO EN MUCHOS IDIOMAS

El enfoque lógico y axiomático de Euclides también tuvo un impacto significativo fuera de las ciencias exactas. Los principios de demostración rigurosa y deducción lógica que Euclides estableció en los *Elementos* se convirtieron en modelos para otras ciencias. La física, la ingeniería y la filosofía se beneficiaron de la metodología euclidiana, adoptando sus principios para desarrollar sus propias teorías y conceptos. La admiración por su obra se ha puesto de manifiesto a lo largo de los siglos, ejemplo de ello es el matemático alemán Carl Friedrich Gauss, uno de los más grandes de la historia, que en el siglo XIX expresó su admiración por Euclides diciendo: «Si se quisiera nombrar un libro que contenga solo verdades inmutables, yo indicaría sin vacilación los *Elementos* de Euclides». Su afirmación se explica sola.

Desde su publicación original, los *Elementos* ha sido traducido y editado en numerosos idiomas. Durante la Edad Media, los eruditos islámicos tradujeron la obra al árabe y la comentaron extensamente, preservando y difundiendo su conocimiento. En el Renacimiento, las traducciones al latín y otras lenguas europeas hicieron que estuviera disponible para un público más amplio, consolidando su influencia en las matemáticas europeas. Incluso, el decimosexto presidente de los Estados Unidos, Abraham Lincoln, sintió profundo aprecio por la obra de Euclides. El presidente, conocido por su liderazgo durante la guerra civil estadounidense o por su papel a la hora de abolir la esclavitud, estudió los *Elementos* y en una conversación con un amigo le explicó la razón para esto: «En los libros de leyes había muchas cosas que no podía entender, particularmente en relación con las cosas que deben ser demostradas. Al encontrar esto fuera de mi alcance, empecé a leer a Euclides para comprender qué era una demostración». ■

250 A. C.

Principios de la física de Arquímedes

En el siglo III a. C., en la ciudad de Siracusa (Sicilia), nació uno de los personajes más grandes de la historia: Arquímedes (287-212 a. C.). Un genio que formuló principios fundamentales que han perdurado a través de los siglos en campos como la física y las matemáticas. Entre estos principios destaca la ley de la palanca, que revolucionó el entendimiento de la mecánica y estableció las bases para el desarrollo de la física clásica.

Siracusa era un importante centro de comercio y cultura, conocido por sus instituciones educativas y su vibrante vida intelectual. Fue en esta ciudad, en este estimulante ambiente, donde Arquímedes recibió su educación y comenzó a desarrollar su interés científico. Aunque la mayoría de fuentes históricas sitúan su origen educativo en Alejandría, uno de los centros de conocimiento más importantes de la antigüedad, donde se estudiaban las obras de Euclides y otros matemáticos. Su formación en Alejandría le proporcionaría una sólida base en geometría y otras disciplinas matemáticas, que luego aplicaría a sus propios trabajos e investigaciones.

Una de las contribuciones más destacadas de Arquímedes a la física es, como hemos mencionado, la formulación de la ley de la palanca. Este principio fundamental establece que una palanca está en equilibrio cuando la fuerza aplicada por un lado es proporcional a la distancia desde el fulcro en el otro lado. Esta ley tiene innumerables aplicaciones prácticas, desde el uso de balanzas y catapultas en la antigüedad hasta las modernas máquinas y dispositivos de ingeniería. Arquímedes no solo formuló el principio teóricamente, sino que también lo demostró a través de experimentos y aplicaciones prácticas, mostrando cómo las fuerzas y las distancias interactúan para lograr el equilibrio. Una de las frases más célebres atribuidas a Arquímedes es: «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo». Todo un ejemplo sobre su comprensión profunda de la mecánica y la potencia de las palancas, y cómo una pequeña fuerza puede ser amplificada significativamente mediante el uso adecuado de la distancia y el fulcro.



ASC

Arquímedes pensativo (1620), de Domenico Fetti.
La obra representa a Arquímedes concentrado en su trabajo, rodeado de objetos que simbolizan la ciencia y las matemáticas.

«¡LO HE ENCONTRADO!»

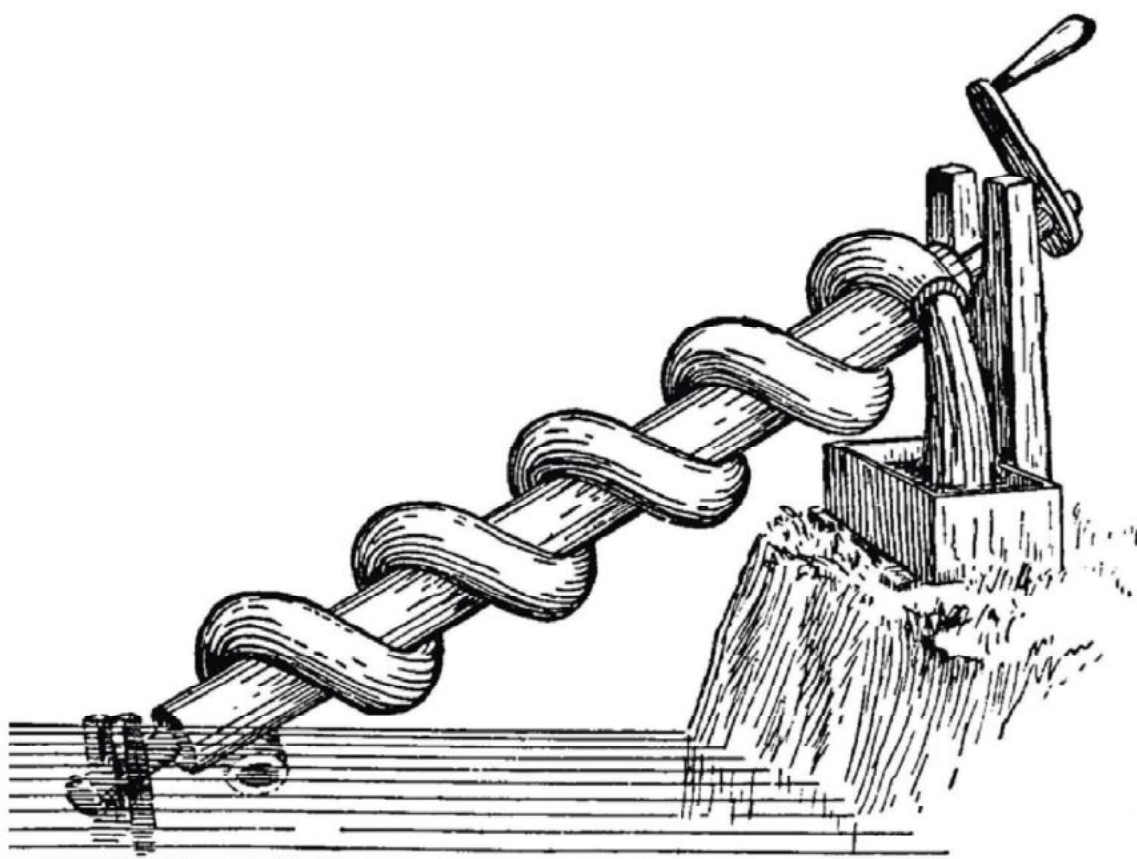
Otro descubrimiento fundamental del genio de Siracusa es el principio de flotación, también conocido como el principio de Arquímedes. Este establece que un objeto sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del fluido desplazado por el objeto. Este hallazgo fue crucial para la comprensión de la hidrostática y la ingeniería naval. Hay una historia famosa relacionada con este principio, seguramente apócrifa, la anécdota de la corona del rey Hierón II de Siracusa. Según la leyenda, el rey sospechaba que su corona de oro había sido adulterada con plata y pidió a Arquímedes que verificara su pureza sin dañarla.

Arquímedes encontró la solución mientras tomaba

un baño. Al sumergirse, notó que el agua en la tina se desplazaba en proporción al volumen de su propio cuerpo, una observación crucial. Esto le permitió deducir que la cantidad de agua desplazada era igual al volumen del objeto sumergido, sentando las bases de lo que hoy conocemos como el principio de Arquímedes: un objeto total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza de flotación igual al peso del fluido desplazado.

Para resolver el problema de la corona utilizó la densidad: si la corona estaba adulterada con plata, su volumen sería mayor al de una cantidad equivalente de oro puro debido a la menor densidad de la plata. Arquímedes entonces podía medir el volumen de la corona mediante el desplazamiento de agua y comparar la densidad resultante con la del oro puro. Según el mito, al resolver el dilema, salió corriendo desnudo por las calles gritando ¡Eureka!, una expresión que significa: «¡Lo he encontrado!».

El tornillo de Arquímedes es otra invención destacable. Se trata de un dispositivo utilizado para elevar agua desde niveles más bajos a más altos. Consiste en una hélice dentro de un cilindro; cuando se hace girar el tornillo, el agua atrapada en las espirales de la hélice es transportada hacia arriba a medida que la hélice gira. El tornillo de Arquímedes ha tenido aplicaciones prácticas a lo largo de los siglos, en irrigación y en diversos sistemas hidráulicos.



El tornillo de Arquímedes, también conocido como cochlea o tornillo sin fin, es una máquina simple que se usa para elevar líquidos, especialmente agua, de un nivel inferior a uno superior.

«¡NO TOQUES MIS CÍRCULOS!»

Además de sus contribuciones a la física, Arquímedes realizó avances significativos en geometría. Calculó áreas y volúmenes de figuras geométricas complejas, como el círculo, la esfera y el cilindro. Su trabajo sobre el valor de π (π) y la aproximación de este número irracional sigue siendo una de sus contribuciones más destacadas.

Sus obras sentaron las bases para muchos desarrollos posteriores en la ciencia y la ingeniería. Su enfoque riguroso y metodológico influyó en figuras clave del Renacimiento, como Galileo Galilei e Isaac Newton, quienes reconocieron la importancia de sus descubrimientos y métodos. Galileo, por ejemplo, estudió los principios de la mecánica establecidos por Arquímedes y utilizó sus conceptos en su propio trabajo sobre la caída de los cuerpos y el movimiento. Newton, en sus *Principia Mathematica*, también se basó en los principios de la estática y la dinámica que Arquímedes había formulado. Todo esto fue posible gracias a la labor de eruditos medievales que se encargaron de preservar muchos de los escritos de Arquímedes tanto en el mundo islámico como en Europa. Estas traducciones y comentarios permitieron que su conocimiento perdurara y se difundiera ampliamente, contribuyendo al avance de la ciencia durante siglos.

A pesar de su genio y sus contribuciones a la humanidad, la vida de Arquímedes tuvo un final trágico. En el año 212 a. C., durante la segunda guerra Púnica, las fuerzas romanas bajo el mando del general Marco Claudio Marcelo sitiaron Siracusa. Arquímedes, utilizando su conocimiento de la física y la ingeniería,

diseñó defensas innovadoras que retrasaron el avance romano, incluyendo catapultas y espejos ardientes que supuestamente enfocaban la luz solar para incendiar los barcos enemigos. A pesar de sus esfuerzos, Siracusa finalmente cayó. Según la leyenda, Arquímedes estaba absorto en sus estudios cuando un soldado romano irrumpió en su hogar. Se dice que Arquímedes, enfadado por la interrupción, exclamó: «¡No toques mis círculos!», refiriéndose a los diagramas geométricos en los que estaba trabajando. En su desdén, el soldado lo mató, poniendo fin a la vida de uno de los mayores genios de la Antigüedad. La muerte de Arquímedes fue una pérdida irreparable para la humanidad, pero su legado perdura. Sus principios y descubrimientos siguen siendo fundamentales en la ciencia y la ingeniería moderna. ■

ACTUALITES.

400.



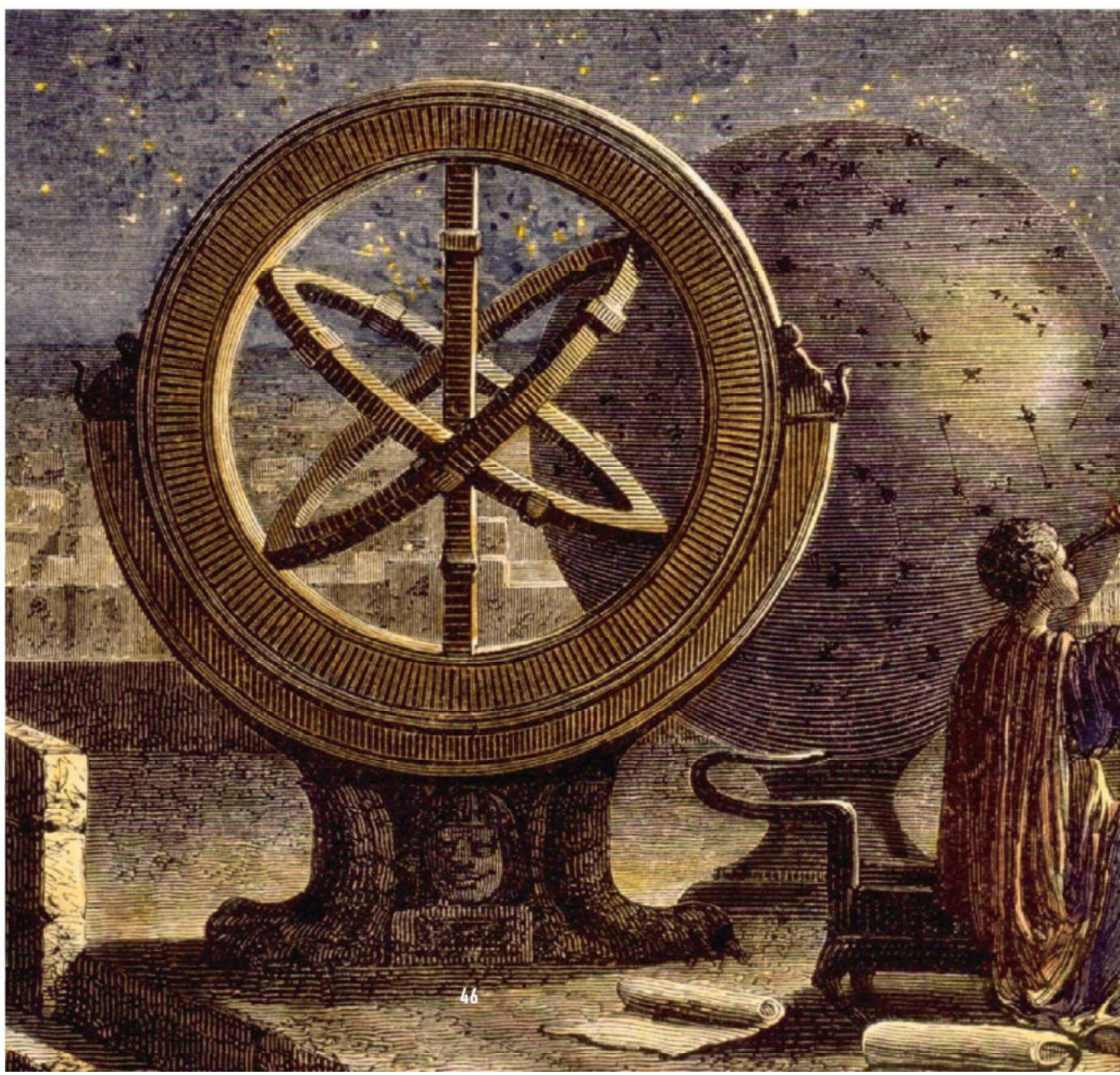
maison Martinet, 112 r. Rivoli et 41 r. Vivienne.

Lith. Destouche, 28 r. Paradis P^{te} Paris

Litografía del siglo XIX, del Honoré Daumier: «Arquímedes demostrando a los ingenieros ingleses cómo había levantado en Siracusa no un barco, sino toda una flota».

140 A. C.

Hiparco de Nicea y la trigonometría

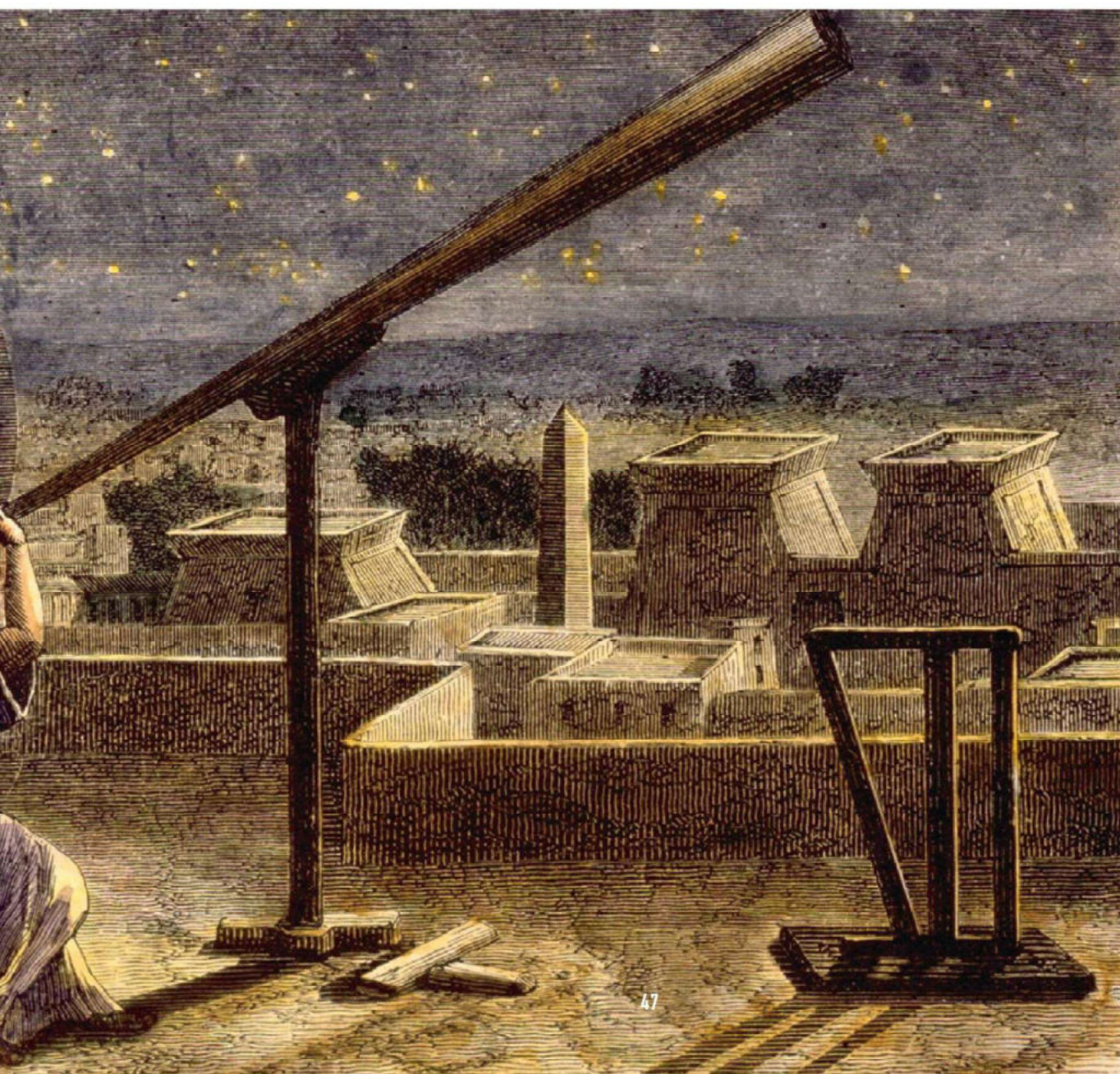


Seguimos en la antigua Grecia, donde un nombre destaca por sus contribuciones pioneras a la astronomía y las matemáticas. Esta persona fue Hiparco de Nicea (190-120 a. C.), un astrónomo y matemático griego que, alrededor del año 140 a. C., desarrolló el primer modelo conocido de trigonometría. Este logro monumental no solo revolucionó la forma en que los humanos entendían los cielos, sino que también sentó las bases para una disciplina matemática que se convertiría en fundamental para la ciencia y la ingeniería.

En el siglo II a. C., Grecia seguía siendo un epicentro de pensamiento y descubrimiento. Aunque ya no disfrutaba del esplendor de la época clásica, continuaba siendo una fuente de inspiración e innovación. Ciudades como Atenas y Alejandría eran núcleos de aprendizaje, donde filósofos, matemáticos y astrónomos intercambiaban ideas y ampliaban los límites del conocimiento humano.

Hiparco nació en Nicea, en la región de Bitinia (hoy Turquía), alrededor del año 190 a. C. Poco se sabe de su vida personal, pero sus logros científicos han dejado una huella imborrable. Trabajó principalmente en la isla de Rodas, donde Hi-

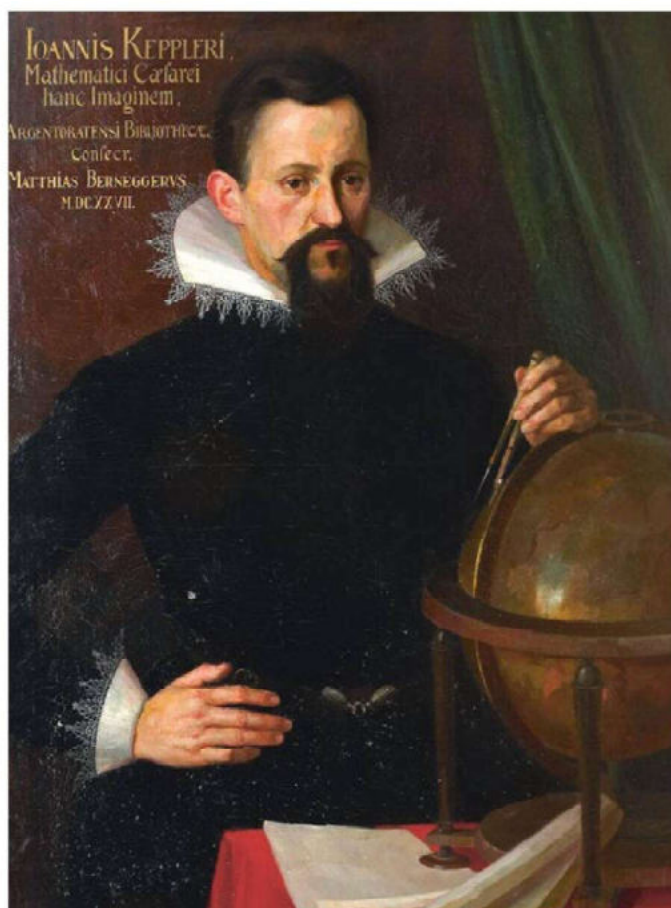
Se cree que Hiparco de Nicea pudo haber visitado o utilizado la Biblioteca de Alejandría, aunque sus principales observaciones y trabajos se realizaron en la isla de Rodas.



ALBUM

parco realizó observaciones astronómicas precisas y desarrolló métodos matemáticos avanzados para comprender el movimiento de los cuerpos celestes. A pesar de que la astronomía de la época requería herramientas matemáticas precisas para describir y predecir los movimientos de los cuerpos celestes. Hiparco, con su mente inquisitiva, se dio cuenta de que, para mejorar la precisión de sus observaciones y cálculos, necesitaba una nueva rama de las matemáticas. Así nació la trigonometría, una disciplina dedicada al estudio de las relaciones entre los ángulos y los lados de los triángulos.

Uno de los logros más significativos de Hiparco fue la creación de las primeras tablas trigonométricas conocidas. Estas tablas permitieron a los astrónomos calcular con precisión las posiciones de los cuerpos celestes. El astrónomo utilizó el concepto de cuerda de un círculo, una idea precursora de las funciones seno y coseno que utilizamos hoy en día. En un círculo de radio unitario, la cuerda de un ángulo es la línea recta que une dos puntos en el perímetro del círculo. Hiparco creó una tabla que mostraba la longitud de la cuerda para diferentes ángulos, proporcionando una herramienta esencial para la resolución de problemas en astronomía y geometría. También desarrolló lo que se conoce como el teorema de Hiparco, que describe la relación entre las longitudes de las cuerdas y los ángulos subtendidos en un círculo. Este teorema es una forma temprana de la ley de los senos, una fórmula fundamental en trigonometría que relaciona los lados de un triángulo con sus ángulos.



Astrónomos como Copérnico, Kepler o Brahe redescubrieron en el Renacimiento las obras de Hiparco. En la imagen, Kepler alrededor de 1620, figura clave en la Revolución científica.

CÁLCULO DEL AÑO SOLAR CON GRAN PRECISIÓN

Otro de sus hallazgos más destacados fue la medición precisa del año solar. A través de observaciones meticulosas y el uso de su nueva trigonometría, Hiparco calculó la duración del año con una precisión sin precedentes. Estimó el año solar en 365,25 días, un valor extremadamente cercano a la cifra moderna de 365,2425



Retrato de René Descartes (1649), de Frans Hals. Hiparco tuvo gran influencia en el desarrollo de la ciencia y las matemáticas, que luego fue retomada y ampliada por Descartes.

días. Además, descubrió la precesión de los equinoccios, un fenómeno que describe el cambio gradual en la orientación del eje de rotación de la Tierra. Al observar las posiciones de las estrellas a lo largo del tiempo, notó que las constelaciones parecían moverse lentamente en el cielo. Este descubrimiento fue fundamental para la astronomía y permaneció como uno de los pilares de la ciencia astronómica hasta la llegada de la era moderna.

Los trabajos de Hiparco no se limitaron a su tiempo. Durante la Edad Media, los astrónomos y matemáticos del mundo islámico estudiaron y expandieron sus ideas. Figuras como al-Battani y al-Juarismi desarrollaron las tablas trigonométricas de Hiparco, tradujeron sus obras y las integraron en sus propios

estudios astronómicos. En el Renacimiento, los astrónomos europeos redescubrieron las obras de Hiparco a través de las traducciones islámicas y las originales griegas. Nicolás Copérnico, Johannes Kepler y Tycho Brahe, entre otros, se basaron en los principios de Hiparco para desarrollar sus propias teorías. La trigonometría se convirtió en una herramienta esencial para la navegación, la cartografía y la ingeniería. Su desarrollo estableció los cimientos para la geometría analítica, un campo que floreció con los trabajos de René Descartes en el siglo XVII. La capacidad de relacionar los ángulos y las distancias en un triángulo permitió la creación de sistemas de coordenadas y la representación algebraica de figuras geométricas.

Hoy en día, la trigonometría es una rama fundamental de las matemáticas, con aplicaciones en diversas disciplinas. Desde la física y la ingeniería hasta la informática y la biología, las funciones trigonométricas son herramientas esenciales para modelar y resolver problemas complejos. Los métodos desarrollados por Hiparco siguen siendo relevantes y útiles en el mundo moderno. Si ha sufrido estudiando trigonometría en la escuela, ya conoce el nombre de su principal creador. La próxima vez que oiga hablar de senos, cosenos y tangentes, no olvide a quien lo inició todo: Hiparco. ■

100 D. C.

Herón y la máquina de vapor

Ingeniero, matemático e inventor del siglo I d. C., Herón de Alejandría es una figura muy poco conocida. Algo inexplicable, ya que es todo un ejemplo de ingenio y capacidad para transformar conceptos teóricos en aplicaciones prácticas. Entre sus numerosas contribuciones, la más fascinante es, sin duda, la invención de la primera máquina de vapor, conocida como eolípila o «bola de Eolo». Este innovador dispositivo no solo demuestra la habilidad técnica de Herón, sino que también anticipa el desarrollo de las tecnologías de energía de vapor que revolucionarían el mundo casi dos milenios después.

Herón de Alejandría (10-70 d. C.), conocido también como Hero, se formó en el entorno intelectual de Alejandría, como tantos otros que hemos visto. Aunque se sabe poco sobre su vida personal, sus escritos y descubrimientos han dejado un legado perdurable en la historia de la ciencia y la ingeniería.

LA PRIMERA MÁQUINA DE VAPOR DE LA HISTORIA

La ingeniería en la Antigüedad no era solo una disciplina técnica, sino también una práctica profundamente entrelazada con la cultura y la sociedad. Los ingenieros antiguos diseñaban y construían todo, desde acueductos y templos hasta máquinas de guerra y dispositivos automáticos. Herón, con su creatividad y conocimiento, fue un maestro en esta tradición. Ejemplo de ello es la eolípila o «bola de Eolo», en honor al dios griego del viento, es considerada la primera máquina de vapor de la historia. Este dispositivo simple pero ingenioso consistía en una esfera hueca montada sobre un par de tubos que actuaban como ejes. La esfera tenía dos o más boquillas curvas a través de las cuales el vapor podía escapar. Para operar la eolípila, se llenaba la esfera con agua y se calentaba hasta que el agua se convertía en vapor. El vapor salía por las boquillas curvas, creando una fuerza de reacción que hacía girar la esfera. Este fenómeno es un



Ilustración coloreada donde se ve a Herón de Alejandría mostrar su eolípila o «bola de Eolo» a los eruditos del Museo de Alejandría.

ejemplo temprano del principio de acción y reacción, que más tarde sería formalizado por Isaac Newton en su tercera ley del movimiento.

El funcionamiento de la eolípila se basa en la conversión de energía térmica en energía mecánica. Al calentar el agua en el interior de la esfera, se genera vapor, que se expande y busca escapar por las boquillas. La salida del vapor crea un empuje que hace girar la esfera en dirección opuesta. Este movimiento es continuo mientras se mantenga el suministro de calor y agua. Es, por tanto, una manifestación temprana del poder del vapor para realizar trabajo mecánico. Aunque no



Ilustración de una eolípila de Herón de Alejandría. Se considera la primera máquina térmica de la historia, dos mil años antes de su utilización.

EN SUS ESCRITOS, HERÓN DE ALEJANDRÍA DESCRIBE CON DETALLE SUS INVENTOS Y LOS PRINCIPIOS CIENTÍFICOS QUE LOS SUSTENTAN

nico. Aunque no tuvo aplicaciones prácticas significativas en la época de Herón, su diseño demostró la posibilidad de utilizar el vapor como fuente de energía.

La eolípila es solo una de las muchas invenciones atribuidas a Herón de Alejandría. Sus escritos abarcan una amplia gama de temas, incluyendo matemáticas, física y neumática. Entre sus otros inventos destacados se encuentran:

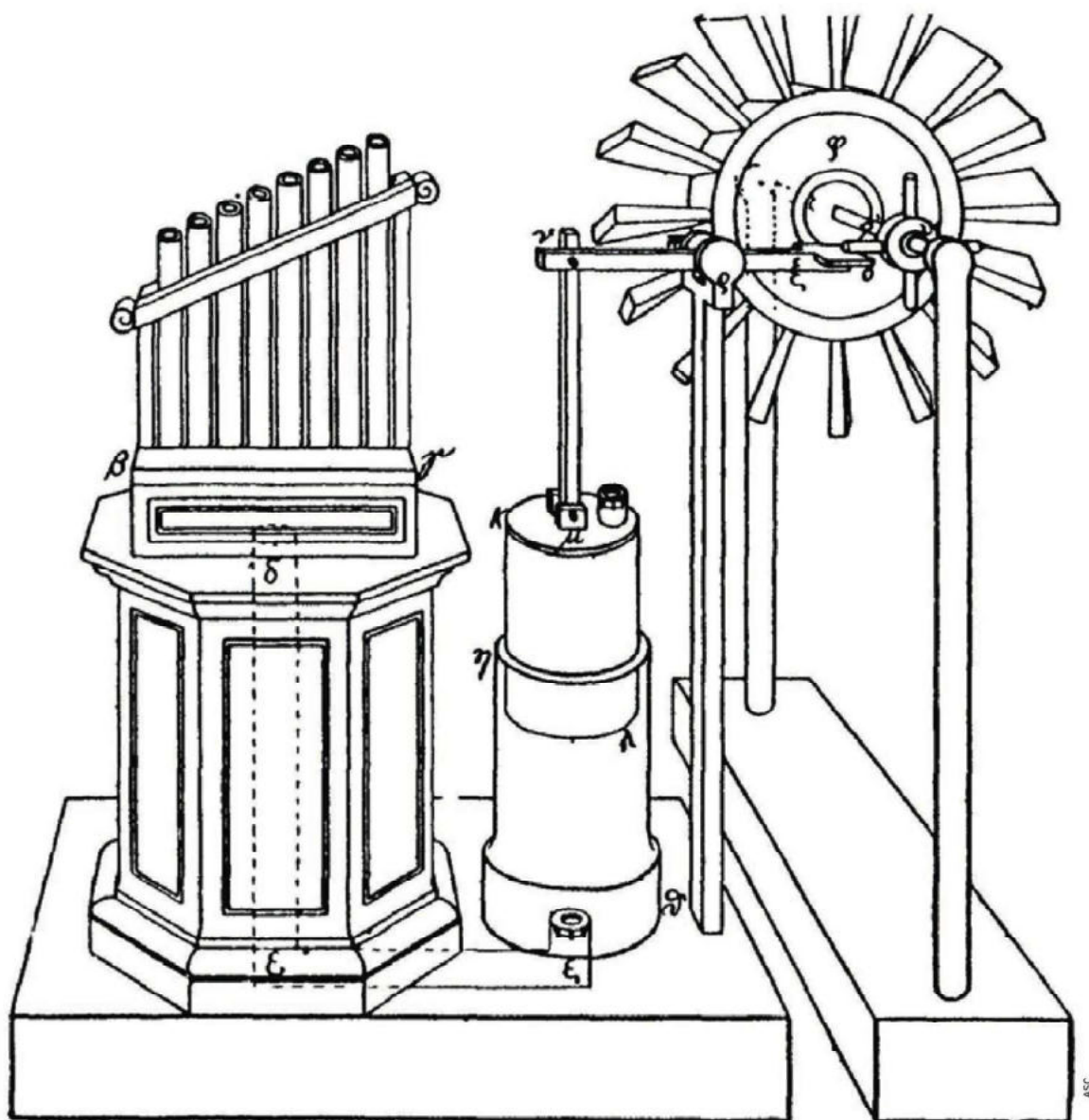
- La máquina automática de sacrificio: un dispositivo que utilizaba presión hidráulica para realizar sacrificios en rituales de manera automática.
- El teatro autómatas: un teatro que presentaba obras mediante mecanismos automáticos.
- La fuente de Herón: un dispositivo que utiliza principios de presión y vacío para crear un flujo constante de agua sin necesidad de una bomba.

LEONARDO DA VINCI SE INSPIRÓ EN LOS TRABAJOS DE HERÓN

Los conocimientos de Herón se han preservado en varios textos, siendo *Pneumática* y *Mecánica* dos de los más importantes. En estos escritos, Herón describe con detalle sus inventos y los principios científicos que los sustentan. Su enfoque práctico y metódico en la resolución de problemas técnicos es un testimonio de su habilidad como ingeniero y científico. En *Pneumática*, Herón no solo describe la eolípila, sino también una serie de dispositivos que utilizan el aire y el vapor para realizar diferentes tipos de trabajo. Estas descripciones muestran una comprensión avanzada de la mecánica de fluidos y la termodinámica, siglos antes de que estos campos fueran formalmente establecidos. Aunque las invenciones de

Herón no tuvieron aplicaciones industriales inmediatas, su trabajo sentó las bases para futuros desarrollos en la ingeniería y la física. La eolípila, en particular, es vista como un precursor de las máquinas de vapor que surgirían en el siglo XVIII y que desempeñarían un papel crucial en la Revolución Industrial.

Herón también influyó en la forma en que los ingenieros y científicos pensaban sobre la relación entre la teoría y la práctica. Sus descripciones detalladas demostraron la importancia de la observación y la experimentación. Durante la Edad Media y el Renacimiento, sus escritos fueron redescubiertos y traducidos por eruditos islámicos y europeos. Este redescubrimiento ayudó a preservar y difundir su conocimiento. Así, Leonardo da Vinci, por ejemplo, fue uno de los muchos pensadores del Renacimiento que estudiaron y se inspiraron en los trabajos de Herón. La fascinación de Leonardo por las máquinas y los dispositivos automáticos refleja la influencia duradera de Herón en la historia de la tecnología. ■



Reconstrucción de rueda de viento de Herón de Alejandría, que constituye el primer ejemplo de aprovechamiento del viento en Tierra.

105 D. C.

La invención del papel en China

Durante la dinastía Han (206 –220 d. C.), China experimentó un periodo de gran desarrollo cultural, tecnológico y científico. Este periodo es conocido por sus avances significativos en diversas áreas como la ingeniería, la astronomía y la medicina. Fue en este contexto de innovación y progreso que Cai Lun, un oficial de la corte, hizo una contribución monumental al inventar el papel alrededor del año 105 d. C. Cai Lun nació en la provincia de Hunan, China, alrededor del año 50 d. C. y sirvió como eunuco en la corte imperial de la dinastía Han. Su posición en la corte le permitió acceder a recursos y conocimientos que utilizó para llevar a cabo sus experimentos y desarrollos. Según registros históricos, Cai Lun presentó su invento del papel al emperador He de Han, quien quedó impresionado y lo recompensó con riqueza y prestigio.

Antes de la invención del papel, los chinos escribían en materiales como el bambú, la seda y las tablillas de madera, que eran costosos y poco prácticos. Cai Lun revolucionó este proceso al crear papel utilizando materiales más accesibles y económicos, como la corteza de morera, restos de cáñamo, trapos viejos y redes de pesca. Estos materiales se mezclaban con agua y se golpeaban hasta formar una pulpa que luego se extendía sobre un marco de tela para drenar el agua, dejando una fina hoja de fibras entrelazadas.

LA INVENCION DEL PAPEL FACILITÓ LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

El proceso desarrollado por Cai Lun, por tanto, hacía uso de materiales más baratos y disponibles y mejoraba significativamente la calidad del papel en comparación con las alternativas existentes. El papel resultante era más ligero, más fácil de producir en grandes cantidades y más conveniente para la escritura y la ilustración. Este avance permitió que el papel se convirtiera rápidamente en el medio de escritura predominante en China y, por extensión, en todo el mundo.



Ilustración de Can Lui en el proceso de fabricación del papel. Cai Lun revolucionó este proceso al crear papel utilizando materiales más accesibles y económicos.

FABRICACION DEL PAPEL DE BAMBÚ EN LA ANTIGUA CHINA

Se recolectan y cortan los tallos de bambú



Se cortan los tallos en fibras más pequeñas



Las fibras se sumergen en cal para ablandarlas y eliminar impurezas



Las fibras se hierven en grandes calderas para descomponerlas



Una vez cocidas se golpean para formar una pasta uniforme



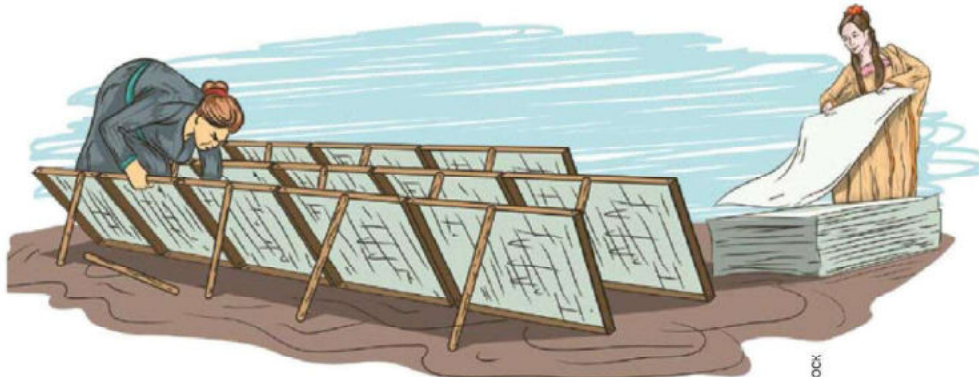
La pasta se mezcla con agua para lograr la consistencia adecuada



Se vierte la mezcla en moldes para formar hojas



Las hojas se dejan secar y luego se apilan para su conservación y su posterior uso



SHUTTERSTOCK

La invención del papel permitió una revolución cultural y administrativa: fue mucho más barato y ligero que la seda y mucho más fácil de producir que el pergamino.

EL PAPEL LLEGÓ A EUROPA DESDE ESPAÑA EN EL SIGLO XII, INTRODUCIDO POR LOS ÁRABES

En el siglo VII, el conocimiento del papel llegó a Japón y Corea, donde se adoptaron y perfeccionaron las técnicas de fabricación. Este intercambio cultural y tecnológico fue fundamental para el desarrollo de las civilizaciones asiáticas, ya que facilitó la educación, la administración y la comunicación.

El conocimiento del papel llegó al mundo islámico en el siglo VIII después de la batalla del río Talas en 751 d. C., cuando los árabes capturaron a artesanos chinos, incluyendo fabricantes de papel. Este evento marcó el inicio de la producción de papel en Samarcanda y, posteriormente, en Bagdad y Damasco. La producción de papel se extendió rápidamente por todo el Medio Oriente y el norte de África, desplazando gradualmente el uso del papiro y el pergamino.

El papel llegó a Europa a través de España en el siglo XII, introducido por los árabes durante su ocupación. La primera fábrica de papel europea se estableció en Xàtiva, Valencia. Desde allí, se extendió a Italia, Francia y otros países europeos. La disponibilidad de papel barato y abundante fue un factor crucial en la propagación de la alfabetización y el conocimiento durante el Renacimiento y la Revolución científica, facilitando la impresión de libros y la difusión de ideas.

La invención del papel transformó la manera en que las sociedades comunicaban y almacenaban información. Antes del papel, la escritura se realizaba en materiales que eran caros y difíciles de producir en masa. El papel proporcionó una superficie más práctica y accesible que permitía la producción de libros, documentos administrativos y correspondencia personal a gran escala. Esto tuvo un impacto profundo en la educación, la burocracia y la cultura, con la creación de bibliotecas y archivos que preservaron el conocimiento para las generaciones futuras. La disponibilidad de papel barato también impulsó el desarrollo económico. Permitió la creación de registros comerciales detallados y contratos escritos, lo que mejoró la eficiencia y la fiabilidad de las transacciones económicas. Además, el papel fue fundamental para la expansión del comercio a larga distancia, ya que facilitó la comunicación entre comerciantes y la documentación de acuerdos y envíos.

UN INVENTO QUE HA RESISTIDO EL PASO DEL TIEMPO

El papel ha sido fundamental en la difusión de ideas científicas y tecnológicas a lo largo de la historia. Durante la Edad Media, permitió la copia y distribución de manuscritos científicos entre los académicos europeos que podían acceder de esta manera a los conocimientos de los antiguos griegos, romanos y del mundo islámico. Su impacto no se limitó únicamente a la transmisión del saber, también se convirtió en el pilar de toda la cultura escrita. Desde sus primeros usos hasta su presencia cotidiana en nuestras vidas, el papel sigue siendo un invento extraordinario —que sostiene en sus manos en este preciso instante— mediante el cual estamos en contacto no solo con un material, sino con siglos de innovación, creatividad y progreso humano. Un invento extraordinario que ha resistido el paso del tiempo y sigue siendo un puente entre el pasado, el presente y el futuro. ■

830 D. C.

Algoritmos de al-Juarismi

La Edad de Oro del islam (siglos VIII al XIII) está considerada como una época de esplendor científico y cultural, marcada por un interés renovado en el conocimiento que desembocó en la traducción de textos antiguos y al avance en diversas disciplinas, incluyendo las matemáticas, la astronomía, la medicina y la filosofía. En el corazón de esta época surgió una figura cuyo impacto en las matemáticas y la informática sería clave cientos de años después: su nombre era Muhammad ibn Musa al-Juarismi, conocido comúnmente como al-Juarismi (780-850 d. C.).

Muhammad ibn Musa al-Juarismi nació en Juarism, una región situada en lo que hoy es Uzbekistán. Poco se sabe de su vida temprana, pero se cree que se trasladó a Bagdad, la capital del califato Abasí, un centro vibrante de aprendizaje y erudición, y se unió a su famosa Casa de la Sabiduría, un gran instituto de investigación y biblioteca que atrajo a académicos de todo el mundo islámico y más allá. Fue en este ambiente estimulante donde al-Juarismi desarrolló sus ideas revolucionarias. Allí, trabajó junto a otros grandes pensadores de la época, traduciendo textos griegos e indios al árabe y desarrollando sus propias teorías matemáticas.

En la Casa de la Sabiduría, al-Juarismi tuvo acceso a una vasta colección de textos científicos y matemáticos. Fue en este entorno intelectual y colaborativo donde escribió su obra más famosa entre el 813 y 833 d. C., titulada *Compendio de cálculo por reintegración y comparación*, que introdujo conceptos fundamentales del álgebra moderna y los algoritmos. En ella, al-Juarismi introdujo los fundamentos de lo que hoy conocemos como álgebra. La palabra «álgebra» proviene del término árabe *al-jabr*, que significa «restauración» o «recomposición», un proceso matemático descrito en su libro en referencia a la operación de transponer términos de una ecuación, es decir, recomponer una ecuación para hacerla más sencilla de resolver.

Este tratado abordaba métodos para resolver ecuaciones, a la vez que introducía términos y conceptos que aún se usan en la actualidad. Al-Juarismi empleó la notación matemática para representar ecuaciones lineales y cuadráticas, utilizando «x» para la variable desconocida, un concepto que sigue siendo fundamental en las matemáticas modernas. El libro de al-Juarismi abordaba métodos sistemáticos para resolver ecuaciones lineales y cuadráticas. Sus métodos

incluían la reducción (*al-jabr*) y el balanceo (*al-muqābala*) de ecuaciones, que permitían simplificar y resolver problemas matemáticos complejos.

Una de las contribuciones más importantes de al-Juarismi fue la introducción de los algoritmos. La palabra «algoritmo» deriva de la latinización de su nombre. Un algoritmo, en su forma más simple, es una serie de pasos lógicos que se siguen para resolver un problema o realizar una tarea. Los algoritmos descritos por él eran procedimientos detallados para realizar operaciones matemáticas, como sumar, restar, multiplicar y dividir, así como resolver ecuaciones. Su enfoque sistemático y metódico en la resolución de problemas matemáticos fue revolucionario y estableció un estándar para la precisión y la claridad en las matemáticas.

LOS ALGORITMOS SON LA BASE DE LA CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN

Al-Juarismi proporcionó numerosos ejemplos prácticos de cómo aplicar sus métodos a problemas reales. Estos ejemplos incluían la resolución de problemas de herencia, la distribución de bienes y la conversión de medidas, entre otros. Su capacidad para aplicar conceptos matemáticos abstractos a situaciones prácticas hizo que su obra fuera accesible y útil para una amplia audiencia. Uno de sus mayores logros fue su propuesta de un método sistemático para resolver ecuaciones cuadráticas. Aun-

que su enfoque no utilizaba símbolos algebraicos como en la actualidad, describía detalladamente los procedimientos verbales para resolver ecuaciones de segundo grado, una técnica que todavía se enseña en la educación secundaria actual.

El trabajo de al-Juarismi fue traducido al latín en el siglo XII, lo que permitió su difusión en Europa y su incorporación en el currículo educativo de la época. La traducción latina de su obra se tituló *Algoritmi de numero Indorum* («Al-Juarismi sobre los números hindúes»), y este texto tuvo una influencia significativa en el desarrollo de las ciencias matemáticas en Occidente. La traducción y difusión de su obra permitieron que sus métodos y conceptos se integraran en el cuerpo de conocimiento matemático europeo. Los académicos europeos adoptaron y adaptaron sus técnicas, lo que llevó a un avance muy significativo durante el Renacimiento.

El concepto de algoritmo es central en la informática moderna. Los programas de ordenador, que son esencialmente conjuntos de algoritmos, siguen los principios establecidos por al-Juarismi hace más de mil años. La capacidad de desarrollar y seguir algoritmos ha permitido avances tecnológicos significativos, desde la programación de *software* hasta la inteligencia artificial. De este modo, los fundamentos algorítmicos es-



Monumento a Muhammad al-Juarismi en la Ciudad Universitaria de Madrid.

Álgebra en la Edad Media

No es casual que términos como “álgebra” y “algoritmo” tengan origen árabe. Mientras Occidente se sumía en la oscuridad medieval, el mundo islámico se transformó en el centro matemático del mundo. A partir del siglo IX, diversos científicos árabes continuaron el camino emprendido por los griegos Euclides, Diofanto, Arquímedes y Ptolomeo y realizaron grandes aportaciones: introdujeron el sistema numérico que se usa hoy, ampliaron el sistema indio de decimales y fracciones y lograron avances en la teoría de los números. Igual que los hindúes, usaron los números irracionales, el cero y los negativos, que luego desarrollarían otros matemáticos como Leonardo da Pisa (Fibonacci) o Christoph Rudolff.

El lugar del saber

Conocida como “la Casa de la Sabiduría” (Bayt al Hikma), fue una especie de universidad fundada en Bagdad en el siglo IX. Constituyó uno de los más importantes centros matemáticos del mundo árabe.

1 Historia

La Casa del Saber se terminó de construir bajo el reinado del califa Al-Ma'amun (813-833), que soñaba con que Bagdad se convirtiese en una nueva Alejandría o centro cultural de su época.

Textos griegos

Eran traducidos en la Casa de la Sabiduría.

2 Disciplinas

Los alumnos de la institución no sólo estudiaban matemática sino también otras disciplinas científicas, tales como astronomía, medicina, alquimia, zoología, geología y cartografía.

3 Profesor

Uno de los miembros más destacados de esta institución fue el matemático y astrónomo árabe al-Juarismi, considerado el padre del álgebra y el introductor de nuestro sistema de numeración.



HITOS EN LA HISTORIA DEL ÁLGEBRA

Esta rama se basa en operaciones matemáticas analizadas desde un punto de vista abstracto y genérico, independiente de los números. A lo largo de la historia, diversas culturas han realizado aportaciones y dejado su legado, muchas veces rescatado por copistas y traductores árabes.

2000 a.C.

SABERES BABILÓNICOS

Sus conocimientos se aprecian en inscripciones cuneiformes en tablillas. No conocían los números negativos y su sistema de numeración era de base 60.

450-300 a.C.

ÁLGEBRA GEOMÉTRICA

Los griegos se destacaron en álgebra geométrica. Además de las ecuaciones cuadráticas de Euclides, brillaron Teodoro de Cirene, Teeteto y Eudoxo de Cnido.

tablecidos por al-Juarismi se han convertido en la base de la ciencia de la computación. Sus principios han sido aplicados en el diseño de algoritmos eficientes para la resolución de problemas complejos, la optimización de procesos y la gestión de datos. Su trabajo ha influido en otras áreas como el análisis de datos, la teoría de la complejidad y la inteligencia artificial.

El álgebra en el mundo árabe

El mundo árabe fue el centro del álgebra en el mundo. Se trata de la rama de la matemática que estudia las estructuras, las relaciones y las cantidades. Uno de los primeros en utilizar esta palabra fue el matemático persa Muhammad ibn Musa al-Juarismi que introdujo el sistema de numeración. En su honor se utiliza el término actual algoritmo.

Destrucción

La Casa del Saber fue destruida durante la invasión mongol de Bagdad en 1258.

Biblioteca

Se conservaban obras de Galeno, Hipócrates, Platón y Aristóteles.



100 a.C.

JIUZHANG SUANSHU

Obra esencial de la antigua matemática china, los "Nueve capítulos sobre el arte matemático" incluyen métodos para resolver ecuaciones lineales y cuadráticas.

Siglo V

APORTES INDIOS

Los matemáticos Aryabhata, Brahmagupta, Mahavira y Bhaskara Akaria aportaron la utilización de números negativos, la introducción del cero y los números irracionales.

Siglo X

SIGNO CERO

La invención del signo "cero" por Mohammed Ben Ahmad revolucionó las matemáticas. Se cree que los árabes tomaron el concepto de los hindúes.

Siglo XIII

ESCUELA CHINA

El álgebra china alcanza su apogeo con los trabajos de Quin Jiu-shao, Li Ye, Yang Hui y Zhu Shi-jie y su método para la resolución de ecuaciones de grado superior.

El legado de al-Juarismi se ha immortalizado en la palabra «algoritmo», que no dejamos de escuchar (redes sociales) y sus contribuciones a las matemáticas y la ciencia siguen siendo fundamentales. En el mundo islámico, es recordado como uno de los grandes pensadores de la Edad de Oro, y en todo el mundo su trabajo continúa siendo una fuente de inspiración para matemáticos, científicos e ingenieros. ■

1020 D. C.

Alhazen, padre de la óptica moderna

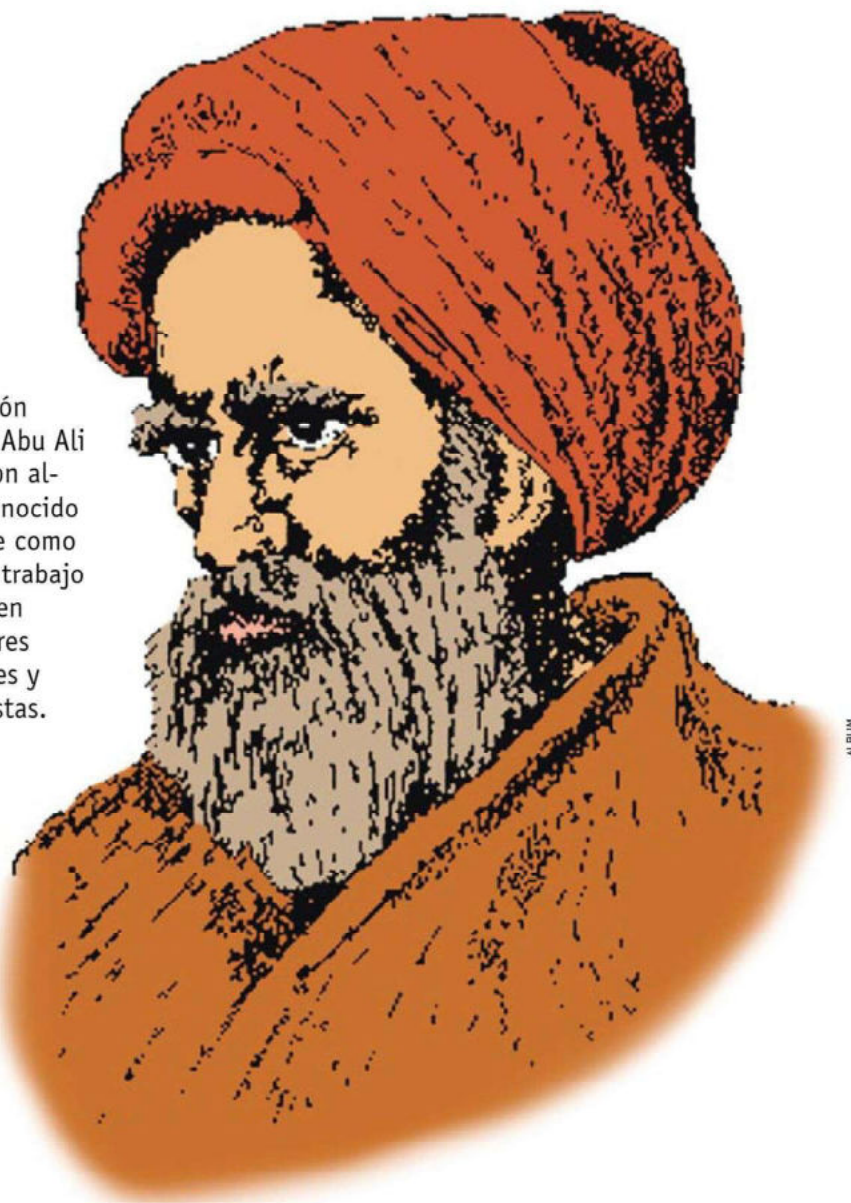
También en la Edad de Oro del islam destacó Abu Ali al-Hasan ibn al-Haytham, conocido en Occidente como Alhazen (965-1040 d. C.), por sus contribuciones significativas a la ciencia de la óptica.

Ibn al-Haytham nació alrededor del año 965 en Basora, en lo que hoy es Irak. Tras recibir una formación temprana en matemáticas y ciencias, se trasladó a El Cairo, donde pasó gran parte de su vida productiva. Fue durante su estancia en Egipto cuando escribió su obra más influyente, el *Kitāb al-Manāẓir* (*Libro de Óptica*), entre los años 1011 y 1021, una obra monumental que revolucionó la comprensión de la luz y la visión. Dividido en siete volúmenes, este tratado abordó una variedad de temas, incluyendo la naturaleza de la luz, la anatomía del ojo y las teorías de la visión. Ibn al-Haytham desafió las teorías prevalentes de su tiempo, particularmente las de Ptolomeo y Euclides, al proponer que la visión no ocurre porque los ojos emitan rayos, sino porque los objetos reflejan luz que luego entra en los ojos.

TEORÍA DE LA VISIÓN

Ibn al-Haytham fue pionero en el uso del método científico para estudiar la óptica. Realizó experimentos rigurosos para comprobar sus teorías, introduciendo conceptos que aún son fundamentales en la óptica moderna. Argumentó que la luz viaja en líneas rectas y describió cómo los diferentes medios pueden refractar la luz, una observación clave que sentó las bases para el estudio de la refracción y la reflexión. Uno de los mayores logros de Ibn al-Haytham fue su teoría de la visión. A través de sus experimentos, demostró que la visión es un proceso que ocurre en el cerebro y no en los ojos. Su detallada descripción de la anatomía del ojo y su funcionamiento fisiológico superó con creces el conocimiento previo. Además, Ibn al-Haytham fue el primero en explicar correctamente cómo se forma la imagen en el ojo, estableciendo que solo los rayos de luz que llegan perpendicularmente a la

Ilustración
coloreada de Abu Ali
al-Hasan ibn al-
Haytham (conocido
en Occidente como
Alhazen). Su trabajo
influyó en
pensadores
medievales y
renacentistas.



ALBUM

superficie del ojo contribuyen a la percepción visual. Esta comprensión fue crucial para el desarrollo posterior de la óptica y la teoría de la imagen.

El *Libro de Óptica* fue traducido al latín en el siglo XII y se difundió rápidamente por Europa. Esta obra influyó profundamente en pensadores medievales y renacentistas como Roger Bacon, Johannes Kepler y Leonardo da Vinci. El trabajo de Ibn al-Haytham tuvo un impacto duradero en la ciencia de la óptica. Sus principios de reflexión y refracción fueron fundamentales para el desarrollo de instrumentos ópticos como lentes y telescopios. Isaac Newton y otros científicos posteriores se basaron en sus teorías para formular leyes más completas sobre la luz y la óptica. El enfoque de Ibn al-Haytham en la observación empírica y la experimentación rigurosa influyó en el desarrollo de la metodología científica. Su insistencia en que las hipótesis debían ser verificadas mediante experimentos es una práctica estándar en la ciencia actual.

A Ibn al-Haytham se le reconoce en la actualidad como el «padre de la óptica moderna», con permiso de Newton, y uno de los primeros científicos verdaderamente empíricos. Su enfoque multidisciplinario y sus contribuciones a la óptica, la física y las matemáticas han sido ampliamente reconocidos y celebrados. En 2015, la UNESCO declaró el Año Internacional de la Luz en honor al milenario de su *Libro de Óptica*, destacando su legado perdurable en la ciencia y la tecnología. ■

1543 D. C.

La teoría heliocéntrica de Copérnico

El Renacimiento, un periodo de renovación cultural y científica que floreció en Europa entre los siglos XIV y XVII, fue testigo de un resurgimiento en el estudio de la astronomía, las matemáticas y la filosofía natural. Este contexto histórico de exploración y redescubrimiento de conocimientos antiguos preparó el terreno para la publicación de una obra que revolucionaría nuestra comprensión del universo: *De revolutionibus orbium coelestium*, de Nicolás Copérnico.

Nicolás Copérnico (1473-1543) nació en Torún, en la región de Prusia, que entonces formaba parte del Reino de Polonia. Recibió su educación en la Universidad de Cracovia y posteriormente en Italia. A lo largo de su vida, combinó su carrera como clérigo con sus estudios científicos entre los que se encontraban las matemáticas, astronomía, derecho canónico y medicina. Acabó desarrollando una gran pasión por la astronomía que culminaría en su teoría heliocéntrica.

En 1543, poco antes de su muerte, Copérnico publicó una obra que proponía una visión radicalmente nueva del cosmos, *De revolutionibus*. En lugar de situar a la Tierra en el centro del universo, como lo hacía el modelo ptolemaico vigente, propuso que el Sol era el centro y que la Tierra, junto con los otros planetas, giraba a su alrededor. Esta teoría heliocéntrica desafiaba la visión geocéntrica que había dominado durante siglos y proporcionaba una explicación más simple y elegante de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes. El modelo de Copérnico eliminaba la necesidad de los complicados sistemas de epiciclos y deferentes que se utilizaban para explicar las observaciones astronómicas bajo el sistema ptolemaico.

De revolutionibus está dividido en seis libros, cada uno de los cuales aborda diferentes aspectos de la teoría heliocéntrica y la astronomía:

- Libro I: presenta una visión general de la teoría heliocéntrica y una exposición resumida de la cosmología de Copérnico.
- Libro II: describe los principios de la astronomía esférica y ofrece un catálogo exhaustivo de las estrellas fijas.



Mapa del sistema solar siguiendo la teoría heliocéntrica de Copérnico (fecha aproximada, 1543).

- Libro III: aborda la precesión de los equinoccios y los movimientos aparentes del Sol.
- Libro IV: detalla los movimientos de la Luna y sus fenómenos orbitales.
- Libro V: explica cómo calcular las posiciones de los planetas en base al modelo heliocéntrico y proporciona tablas para los cinco planetas conocidos.
- Libro VI: trata de las desviaciones en latitud de los planetas desde la eclíptica.

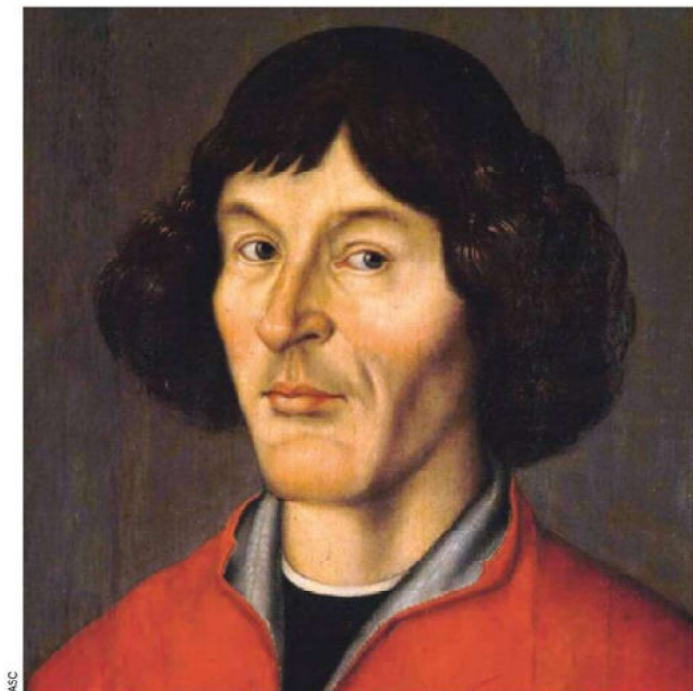
EL SER HUMANO EN EL COSMOS

La publicación fue supervisada por Georg Joachim Rheticus, un discípulo de Copérnico, quien llevó el manuscrito a Nuremberg para su impresión. Andreas Osiander, que supervisaba la publicación, añadió una introducción anónima que presentaba la teoría heliocéntrica como una herramienta matemática hipotética, posiblemente para mitigar la controversia que preveía que el libro generaría. No se equivocaba. La propuesta de un universo heliocéntrico marcó el inicio de la Revolución científica. Aunque inicialmente recibió una recepción mixta y tardó en ganar aceptación, la teoría de Copérnico sentó las bases para futuros astrónomos como Johannes Kepler y Galileo Galilei, quienes aportaron evidencias observacionales y matemáticas que reforzaron y expandieron el modelo heliocéntrico.

Kepler utilizó las observaciones de Tycho Brahe para formular sus leyes del movimiento planetario, que describían órbitas elípticas en lugar de circulares, refinando aún más el modelo heliocéntrico. Galileo, con sus observaciones telescópicas, proporcionó pruebas empíricas que apoyaban la teoría de Copérnico, como las fases de Venus y las lunas de Júpiter.

El desafío de Copérnico a la cosmología aristotélica y ptolemaica también tuvo profundas implicaciones filosóficas. Desplazar a la Tierra del centro del

universo cuestionaba la visión tradicional del lugar del ser humano en el cosmos y estimulaba un enfoque más crítico y empírico de la investigación científica. Esta transformación en la forma de pensar fue crucial para el desarrollo del método científico, que enfatiza la observación, la hipótesis y la verificación experimental. Esta nueva visión hizo que la teoría heliocéntrica no estuviera exenta de controversia. La acogida inicial de la obra por parte de la Iglesia fue compleja. En el momento de su publicación, no se generó una condena inmediata. De hecho, Copérnico



Retrato anónimo de Nicolás Copérnico en el Ayuntamiento de Torún (Polonia), ciudad donde nació el polímata renacentista el 19 de febrero de 1473.

ner, in quo terram cum orbe lunari tanquam epicyclo contineri diximus. Quinto loco Venus nono mensuratur; Sextum denique locum Mercurius tenet, octuaginta dierum spacio circūcurrentes. In medio uero omnium residet Sol. Quis enim in hoc



pulcherissimo templo lampadem hanc in alio uel meliori loco poneret, quam un de totum simul possit illuminare: Siquidem non inepte quidam lucernam mundi, alij mensuram, alij rectorem vocant. Trimegistus uisibilem Deum, Sophodis Electra inmensum omnia. Ita profecto tanquam in folio regali Sol residens circum agentem gubernat Astrorum familiam. Tellus quoque minime fraudatur lunari ministerio, sed ut Aristoteles de animalibus ait, maximā Luna cū terra cognitionē habet. Concipit interea Solem terrā, & impregnatur annuo partu. Inuenimus igitur sub

hac ordinatione admirandam mundi symmetriam, ac certū hanc monitae nexum motus & magnitudinis orbium: qualis alio modo reperiri non potest. Hic enim licet animaduertere, nō segnius contemplari, cur maior in Ioue progressus & regressus appareat, quam in Saturno, & minor quam in Marte: & rursus maior in Venere quam in Mercurio. Quod si frequentior appareat in Saturno talis reciprocatio, quam in Ioue: rarior adhuc in Marte, & in Venere, quam in Mercurio. Praeterea quod Saturnus, Iupiter, & Mars acronychi propinquiores sint terrae, quam circa eorū occultationem & apparitionem. Maxime uero Mars pernox factus magnitudine Iouem aequare uidetur, colore dumtaxat rustilo discretus: illic autem uix inter telluris est motu. Quod autem nihil eorum appareat in fixis, immensam illorū arguit celsitudinem, quae faciat etiam annui motus orbem suum eius imaginem ab oculis euanescere. Quoniam omne uisibile longitudinem distantiae habet aliquam, ultra quam non amplius spectatur, ut demonstratur in Opticis. Quod enim à supremo errantium Saturno ad fixarum sphaeram adhuc plurimum interit, scintillancia illorum lumina demonstrant. Quo indicio maxime discernuntur à planetis, quodque inter mota & non mota, maximam oportebat esse differentiam. Tanta nimirum est diutina haec Opt. Max. fabrica.

De triplici motu telluris demonstratio. Cap. XI.

Ubi igitur mobilitati terrae tot tantaque errantium siderum consentiant testimonia, iam ipsum motum in summa exponemus, quatenus apparentia per ipsum tanquam hypotesim demonstrantur, quae triplice omnino oportet admittere. Primum quem diximus, & quod à Graecis uocari, dici noctisque circuitum proprium, circa axem telluris, ab occasu in ortum uergentem, prout in diuersum mundum ferri putatur, æquinoctialem circulum describendo, quem nonnulli æquidiale dicunt, imitantes significationem Graeco

Handwritten marginal note in Latin.

Handwritten marginal note in Latin.

De revolutionibus orbium coelestium, edición de 1543 (Universidad de Lieja). En esta obra el astrónomo Nicolás Copérnico expone su teoría heliocéntrica.

dedicó su obra al papa Pablo III, lo que sugiere que su propuesta no fue vista como un ataque directo a la doctrina de la Iglesia. Muchos intelectuales e incluso algunos clérigos consideraban su teoría como una hipótesis matemática destinada a simplificar los cálculos astronómicos, sin necesidad de que reflejara una realidad física. La Iglesia aún no la percibía como una amenaza teológica significativa.

Sin embargo, a medida que la influencia de las ideas copernicanas crecía y los estudiosos como Giordano Bruno o Galileo Galilei comenzaron a defenderlas como una descripción literal del universo, la postura de la Iglesia cambió. En 1616, bajo la presión del debate generado por el apoyo de Galileo al heliocentrismo, la Congregación del Índice incluyó *De revolutionibus* en una lista de libros prohibidos hasta que se corrigieran ciertas partes que parecían contradecir las Escrituras. ■

1572 D. C.

Tycho Brahe desafía al cielo

La noche del 11 de noviembre de 1572, el astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601), desde su observatorio en la abadía de Herrevad en Dinamarca, descubrió una «nueva estrella» en la constelación de Casiopea. Esta «estrella», que brillaba más que el planeta Venus y era visible a plena luz del día, no aparecía en ninguno de los catálogos existentes sobre el cielo, lo que despertó gran interés y asombro.

Brahe nació en una familia noble y desde muy joven mostró un interés profundo por la astronomía. A pesar de que las herramientas de observación de su tiempo eran rudimentarias, Tycho dedicó su vida a recopilar datos astronómicos extremadamente precisos sobre el movimiento de los planetas y las estrellas. Uno de los episodios más curiosos de su vida ocurrió en 1566, cuando Tycho, con solo 20 años, participó en un duelo con un compañero de la aristocracia, probablemente por una discusión académica o lance amoroso. Durante el combate, Tycho perdió parte de su nariz, por lo que para ocultar la lesión, utilizó durante toda su vida una prótesis nasal hecha de una aleación de metales. Supuestamente esta pieza era de oro y plata, aunque análisis posteriores han sugerido que en realidad era de cobre. Esta característica peculiar lo hizo aún más famoso entre sus contemporáneos.

EL CIELO NO ES INMUTABLE

En la época de Brahe, la cosmología aristotélica era la corriente predominante, con la creencia de que el cielo era inmutable y perfecto. Según esta visión, cualquier cambio observable en el cielo debía estar en la esfera sublunar, es decir, antes de la Luna y dentro de la atmósfera terrestre. Sin embargo, Tycho Brahe desafió esta noción a través de su talento y perspicacia pues observó que la «nueva estrella» no mostraba paralaje diurna, es decir, su posición no cambiaba respecto a las estrellas de fondo cuando se observaba desde diferentes puntos de la Tierra. Esto indicaba que el objeto estaba más allá de la Luna, en las regiones celestes, contradiciendo la idea de un cielo inmutable.

En 1573, Brahe publicó *De Stella Nova*, un tratado en el que detallaba sus observaciones y conclusiones sobre su supernova (ahora sabemos que era una su-



El Observatorio de Rayos X Chandra de la NASA ha realizado extensas observaciones de la nebulosa del Cangrejo (en la imagen), una brillante región de gas y polvo resultante de la explosión de una supernova observada por astrónomos chinos en 1054.

ASC



Retrato de Tycho Brahe (1596), autor anónimo. Brahe demostró que el cielo podía cambiar, lo que requería una reevaluación de las teorías cosmológicas existentes.

EL OBJETO ESTABA MÁS ALLÁ DE LA LUNA, EN LAS REGIONES CELESTES, CONTRADIENDO LA IDEA DE UN CIELO INMUTABLE

pernova). En este documento, Brahe argumentó que esta debía estar situada en el cielo estrellado, mucho más allá de la Luna. Esta observación proporcionó una prueba clara de que el cielo no era inmutable, como había afirmado Aristóteles, y abrió nuevas discusiones sobre la naturaleza del universo. Esto tuvo profundas implicaciones científicas. Primero, demostró que el cielo podía cambiar, lo que requería una reevaluación de las teorías cosmológicas existentes. Segundo, la meticulosidad de las observaciones de Brahe estableció nuevos estándares en la precisión de las mediciones astronómicas, lo que preparó el terreno para futuros astrónomos como Johannes Kepler y Galileo Galilei.

OBSERVACIÓN EMPÍRICA Y EVIDENCIA DIRECTA

El trabajo de Tycho Brahe marcó un punto crucial en la Revolución científica. Sus observaciones extremadamente precisas proporcionaron datos esenciales para que Johannes Kepler formulara sus leyes del movimiento planetario, las cuales confirmaron el modelo heliocéntrico de Copérnico y refinaron nuestra comprensión de las órbitas planetarias. Kepler, asistente de Brahe en sus últimos años, se benefició de los datos recopilados por Brahe. Las observaciones detalladas del danés sobre el movimiento de los planetas, especialmente Marte, permitieron a Kepler demostrar que las órbitas planetarias eran elípticas y no circulares, como se creía anteriormente.

El descubrimiento también tuvo un impacto filosófico significativo. Al demostrar que el cielo no era inmutable, Brahe socavó una de las bases fundamentales de la filosofía natural aristotélica. Esto estimuló una nueva forma de pensar, que valoraba la observación empírica y la evidencia directa sobre las teorías aceptadas por autoridad. Este enfoque empírico se convertiría en un pilar del método científico.

El rey Federico II de Dinamarca, impresionado por los descubrimientos de Brahe, le concedió la isla de Hven, donde Brahe construyó dos observatorios, Uraniborg y Stjerneborg. Estos centros se convirtieron en los más avanzados de su tiempo, equipados con instrumentos diseñados por Brahe para mejorar la precisión de las observaciones astronómicas.

En la actualidad, a Tycho Brahe se le reconoce como uno de los astrónomos más importantes de la historia. La supernova de 1572, conocida como «Supernova de Tycho» (SN 1572), sigue siendo un objeto de estudio en astronomía moderna. Los restos de esta supernova, detectados en el espectro de radio y óptico, continúan proporcionando información valiosa sobre la evolución de las explosiones estelares. En particular, en sus más de dos décadas de funcionamiento, el Observatorio de Rayos X Chandra de la NASA ha capturado impresionantes imágenes de rayos X. Búsquenlas en internet, merece la pena. ■

1610 D. C.

El telescopio de Galileo Galilei

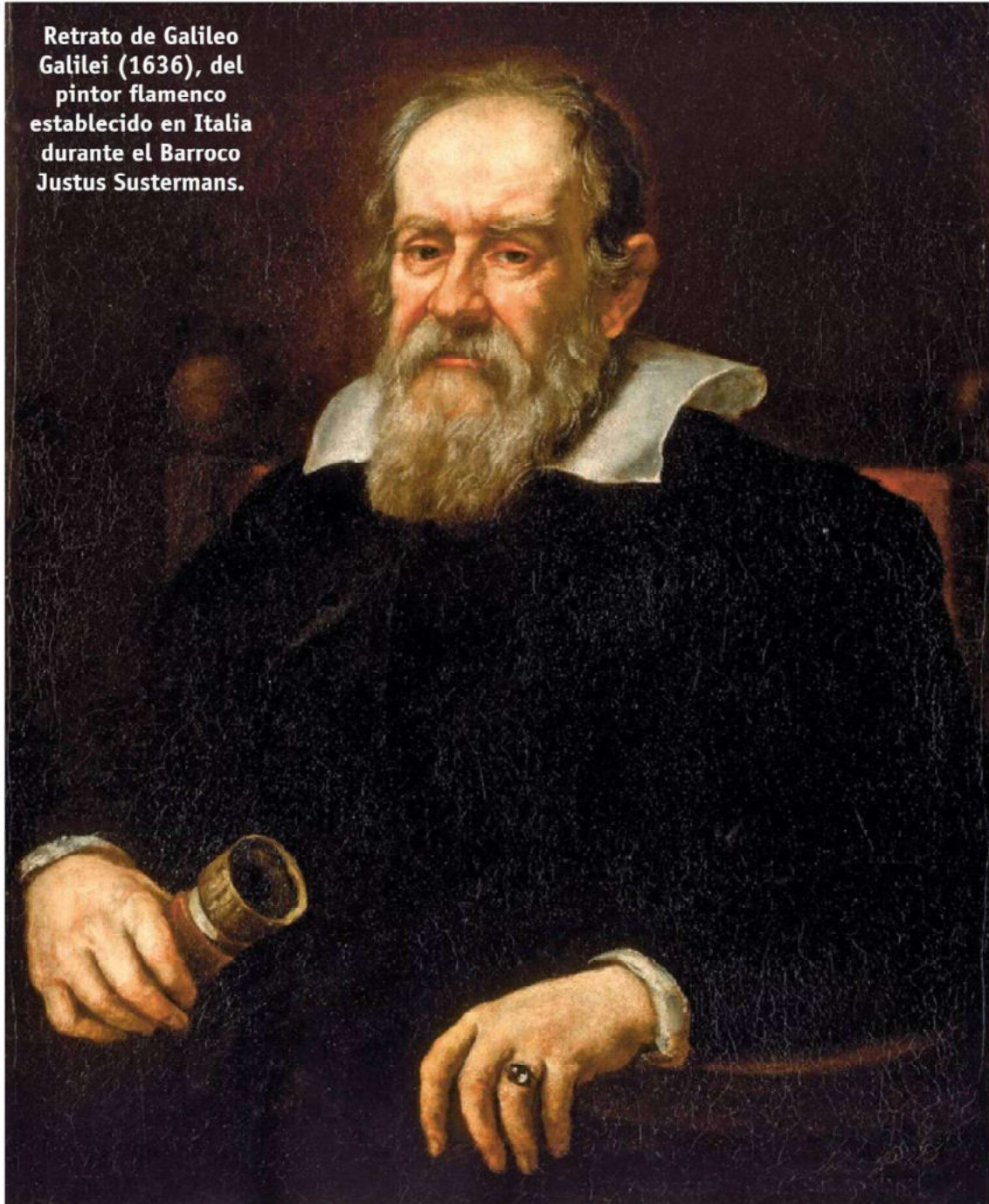
Galileo Galilei (1564-1642) nació en Pisa, Italia. Desde joven mostró un gran interés por las ciencias y las matemáticas y su educación lo llevó a estudiar en la Universidad de Pisa. A lo largo de su vida, Galileo combinó su carrera académica con excelentes investigaciones científicas, realizando importantes contribuciones en física, matemáticas y astronomía. Sin embargo, su nombre es probablemente más reconocido por ser uno de los primeros en utilizar el telescopio para explorar el firmamento.

Contraria a la creencia popular, el telescopio no fue inventado por Galileo, sino que se originó en los Países Bajos alrededor de 1608. Los primeros telescopios eran dispositivos rudimentarios utilizados principalmente para observaciones terrestres. En 1609, Galileo se enteró de este invento y rápidamente comenzó a construir y mejorar su propio telescopio. A través de la experimentación, Galileo logró crear uno con una capacidad hasta treinta aumentos, lo que le permitió observar detalles celestes nunca vistos.

Entre 1609 y 1610, Galileo dirigió su telescopio hacia el cielo y realizó una serie de descubrimientos que revolucionarían la astronomía:

- La Luna: descubrió que no era una esfera lisa y perfecta, como se creía, sino que tenía montañas, cráteres y valles. Esto desafió la concepción aristotélica de los cielos como esferas perfectas e inmutables.
- Lunas de Júpiter: observó cuatro lunas orbitando Júpiter (Io, Europa, Ganímedes y Calisto), con lo que demostró que no todos los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra. Este descubrimiento proporcionó fuertes evidencias contra el modelo geocéntrico y apoyó la teoría heliocéntrica de Copérnico.
- Fases de Venus: observó las fases de Venus, similares a las fases de la Luna, lo que solo podía explicarse si Venus orbitaba alrededor del Sol, no de la Tierra. Este fue otro golpe significativo para el modelo geocéntrico.
- Manchas solares: descubrió manchas solares y documentó su movimiento, lo que indicaba que el Sol no era un cuerpo perfecto e inmutable y que rotaba sobre su eje.

Retrato de Galileo Galilei (1636), del pintor flamenco establecido en Italia durante el Barroco Justus Sustermans.



- Estrellas de la Vía Láctea: descubrió que estaba compuesta de innumerables estrellas individuales, revelando la inmensidad y complejidad del universo más allá de lo que se había imaginado.

UNA AMENAZA A LA AUTORIDAD Y A LA DOCTRINA DE LA IGLESIA

Los descubrimientos de Galileo representaron un cambio de paradigma en la astronomía. Al proporcionar evidencia observacional que respaldaba la teoría heliocéntrica, Galileo desafió las creencias establecidas durante siglos sobre la estructura del cosmos. Sus observaciones pusieron en tela de juicio la cosmol-

ASC

Dos de los primeros
telescopios de Galileo
Galilei en el Museo
Galileo, Florencia
(Italia).



gía aristotélica y ptolemaica, que dominaban la doctrina científica y filosófica de la época. Esto provocó reacciones de todo tipo. Mientras que algunos científicos y académicos aceptaron sus observaciones con entusiasmo, otros se mostraron escépticos o abiertamente hostiles. La resistencia más significativa provino de la Iglesia católica, que veía en la teoría heliocéntrica una amenaza a su autoridad y doctrina. En 1616, declaró herética la teoría heliocéntrica y prohibió los libros que la promovían. A pesar de la censura, Galileo continuó defendiendo sus ideas, lo que finalmente lo llevó a ser juzgado por la Inquisición en 1633. Fue declarado culpable de «sospecha vehemente de herejía» y pasó el resto de su vida bajo arresto domiciliario.

A pesar de las dificultades, el legado de Galileo perduró. Sus métodos y descubrimientos sentaron las bases para el desarrollo de la astronomía moderna y el método científico. Actualmente, es considerado uno de los fundadores de la ciencia observacional y experimental, ya que insistió en la importancia de la observación

empírica y la verificación de hipótesis a través de experimentos. Sus trabajos influyeron a otros grandes científicos como Johannes Kepler e Isaac Newton, quienes los utilizaron como base sobre la que luego llevaron a cabo sus descubrimientos y continuaron ampliando nuestra comprensión del universo.

El diseño del telescopio de Galileo fue el precursor de los telescopios modernos. Aunque su versión tenía limitaciones, como un campo de visión estrecho y distorsiones ópticas, abrió el camino para futuros avances en la tecnología de estos

instrumentos. Johannes Kepler mejoró el diseño de Galileo al introducir el telescopio kepleriano, que permitía una mayor magnificación y menor distorsión, aunque producía imágenes invertidas. Estos desarrollos tecnológicos fueron cruciales para las observaciones astronómicas precisas y detalladas que seguirían en los siglos posteriores.

GALILEO INSPIRA A RUBENS

Una curiosidad final relacionada con el arte. Pedro Pablo Rubens, uno de los grandes maestros del arte barroco, tuvo una fascinación por la astronomía que quedó reflejada en algunas de sus obras, influenciado por los descubrimientos de Galileo Galilei. En su pintura *Saturno devorando a su hijo*, que podemos disfrutar en el Museo del Prado, Rubens representó al dios Saturno junto con una versión del planeta Saturno tal como lo describió Galileo, mostrando dos cuerpos más pequeños alrededor del planeta, un detalle que deriva directamente de las observaciones telescópicas de Galileo sobre los anillos de Saturno. Otra obra importante en este contexto es *El nacimiento de la Vía Láctea*, donde Rubens, influenciado por los descubrimientos de Galileo sobre la naturaleza de las estrellas, pinta el cielo estrellado con un realismo inusitado para la época. Galileo había demostrado que la Vía Láctea no era simplemente una nube de luz, sino un conglomerado de estrellas individuales. En este contexto, Rubens incorpora las estrellas de manera más precisa en términos de disposición y luminosidad, rompiendo con las representaciones convencionales de un cielo difuso y simbólico, acercándose a una visión más científica y empírica del cosmos. ■

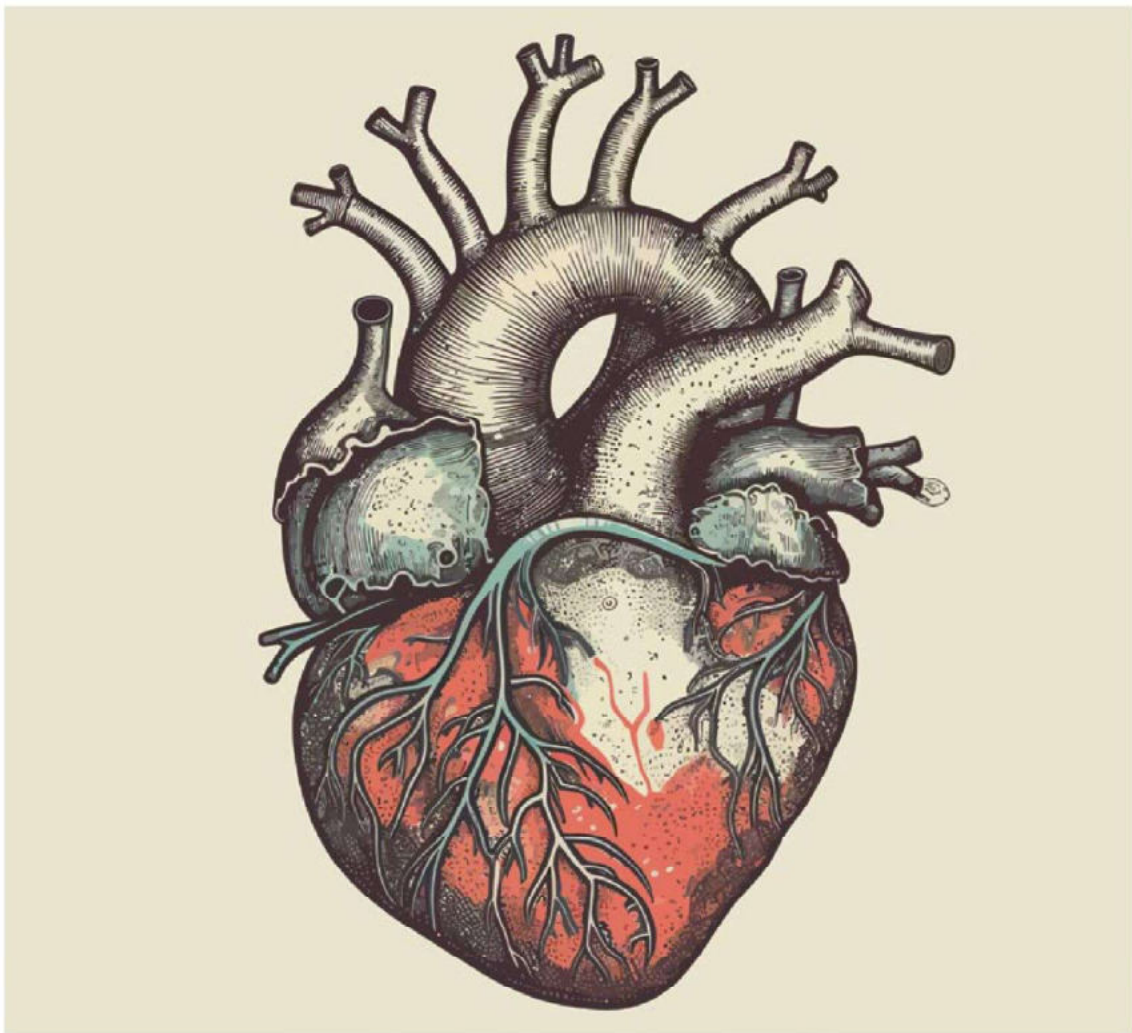


Saturno devorando a su hijo
(1640), de Peter Paul Rubens.

MUSEO DEL PRADO

1628 D. C.

El sistema circulatorio de Harvey



Harvey presentó pruebas detalladas de que la sangre circulaba continuamente por todo el cuerpo en un sistema cerrado, siendo impulsada por el corazón.

El siglo XVII fue una época de importantes descubrimientos y cambios en Europa. La medicina, en particular, estaba en un estado de transición. Durante siglos, la doctrina de Galeno había dominado el campo, estableciendo la idea de que el hígado producía sangre nueva continuamente, que luego era consumida por el cuerpo. Sin embargo, esta visión comenzó a ser cuestionada a medida que los avances en anatomía y fisiología revelaban más sobre el funcionamiento interno del cuerpo humano.

William Harvey (1578-1657) nació en Folkestone, Inglaterra. Estudió en Cambridge y luego en la Universidad de Padua, donde fue alumno del famoso anatomista Hieronymus Fabricius. Fue en esta última institución donde Harvey comenzó a interesarse por la circulación de la sangre, un tema que provocó una revolución en la medicina. En 1628, publicó su obra maestra, *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (*Estudio anatómico sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales*). En este libro, Harvey presentó pruebas detalladas de que la sangre circulaba continuamente por todo el cuerpo en un sistema cerrado, siendo impulsada por el corazón. Para llegar a estas conclusiones, realizó meticulosos experimentos y observaciones, incluyendo la disección de animales y el estudio del flujo sanguíneo en venas y arterias. Demostró que el corazón funcionaba como una bomba, al enviar sangre a través de las arterias y recibirla de vuelta a través de las venas. Esto contradijo la teoría galénica de que la sangre se consumía y se generaba constantemente, creencia que había dominado la medicina durante más de mil años. Como resultado, su teoría encontró una fuerte resistencia por parte de la comunidad médica y la Iglesia. Sin embargo, a pesar de la controversia y la crítica, Harvey se mantuvo firme en sus convicciones y continuó defendiendo su teoría con evidencia experimental.

UNO DE LOS MAYORES AVANCES EN LA HISTORIA DE LA MEDICINA

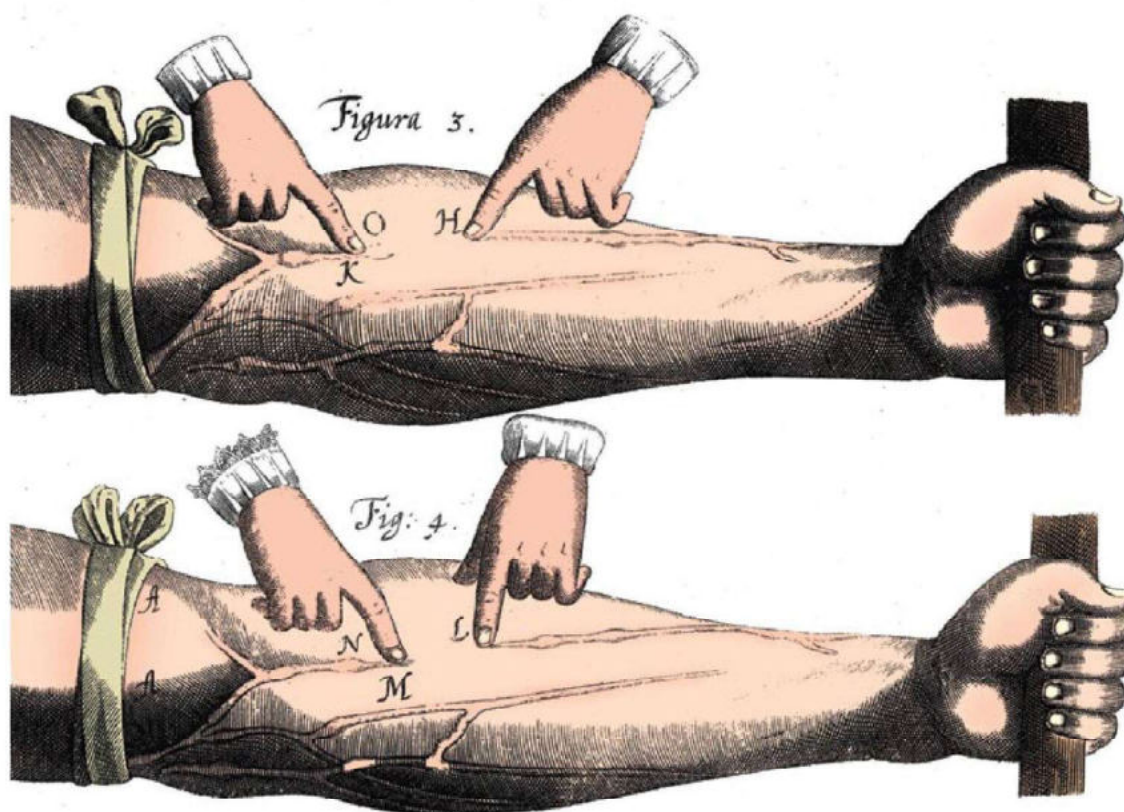
El enfoque de Harvey fue revolucionario no solo por sus descubrimientos, sino también por su metodología. Utilizó un enfoque empírico y experimental, insistiendo en que solo la evidencia repetida y verificable podía ser aceptada como prueba. Este método fue un precursor del método científico moderno y marcó un cambio significativo en cómo se realizaban las investigaciones médicas. Aunque el inglés no vio una aceptación completa de sus ideas durante su vida, su trabajo fue reconocido como uno de los mayores avances en la historia de la medicina. Su descripción del sistema circulatorio estableció las bases para la fisiología moderna y abrió el camino para futuros descubrimientos en biología y medicina.

Antes de Harvey, el médico español Miguel Servet ya había propuesto la idea de la circulación pulmonar en su obra *Christianismi Restitutio* publicada en 1553. Describió cómo la sangre se desplaza desde el ventrículo derecho del corazón hacia

LA TEORÍA DE HARVEY ENCONTRÓ UNA FUERTE RESISTENCIA POR PARTE DE LA COMUNIDAD MÉDICA Y LA IGLESIA



Harvey en el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza. El médico inglés proporcionó una descripción completa del sistema circulatorio, mientras que Servet identificó la circulación pulmonar.



Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus, comúnmente llamado *De Motu Cordis*, es el trabajo más conocido del médico William Harvey, que se publicó en 1628.

los pulmones, donde se mezcla con el aire y posteriormente regresa al ventrículo izquierdo del corazón. Este descubrimiento rompió con la teoría tradicional de Galeno, que proponía que la sangre atravesaba el tabique entre los ventrículos. Servet fue pionero al identificar que la sangre circula entre el corazón y los pulmones a través de un largo circuito de arterias y venas, destacando además el papel de los pulmones en la oxigenación y purificación de la sangre antes de que vuelva al corazón para ser distribuida al resto del cuerpo.

HARLEY PARTICIPÓ EN JUICIOS DE BRUJERÍA

Sin embargo, debido a sus ideas religiosas heréticas, fue condenado por la Inquisición y su obra no tuvo la difusión necesaria para influir en la medicina de su tiempo. Mientras que Servet identificó la circulación pulmonar, fue Harvey quien proporcionó una descripción completa y detallada del sistema circulatorio en su totalidad. La diferencia clave radica en la metodología de Harvey, que combinó observaciones anatómicas con experimentos rigurosos para demostrar la circulación sanguínea como un sistema cerrado e interconectado.

Un aspecto de la vida de Harvey poco conocido es el de su participación en juicios de brujería, puesto que fue llamado en 1634 para investigar el caso de cuatro mujeres de Lancashire acusadas de ser brujas. Siempre escéptico de cualquier fenómeno relacionado con lo sobrenatural llevó a cabo la averiguación. Su análisis resultó en la absolución de todas ellas. También fue médico personal del rey Carlos I de Inglaterra y conoció personalmente a Galileo Galilei en un viaje a Florencia. ■

1662 D. C.

La ley de Boyle sobre los gases

La Revolución científica del siglo XVII trajo consigo una transformación en la forma en que los científicos entendían y estudiaban el mundo natural. Este cambio incluyó el desarrollo de nuevos métodos experimentales y la formulación de leyes naturales basadas en observaciones empíricas. En este contexto, Robert Boyle (1627-1691), un adinerado químico y físico angloirlandés, que también era teólogo, hizo una contribución fundamental a la ciencia de los gases al formular lo que hoy conocemos como la ley de Boyle, en 1662.

La ley de Boyle establece que, para una cantidad fija de gas a temperatura constante, el volumen del gas es inversamente proporcional a su presión. Matemáticamente, esta relación se expresa como: $P \times V = k$, donde P es la presión del gas, V es el volumen y k es una constante para una cantidad dada de gas a una temperatura constante. Esta ley implica que, si se aumenta la presión sobre un gas, su volumen disminuye, y viceversa, siempre y cuando la temperatura no cambie. Por ejemplo, si el volumen de un gas se reduce a la mitad, la presión se duplicará. Para formularla, Boyle realizó una serie de experimentos utilizando un tubo en forma de J cerrado en un extremo. Vertiendo mercurio en el tubo, Boyle pudo observar cómo cambiaban la presión y el volumen del aire atrapado en el extremo cerrado del tubo. Sus resultados mostraron consistentemente que el producto de la presión y el volumen permanecía constante cuando se mantenía la temperatura fija.

FÍSICA, QUÍMICA, MEDICINA, INGENIERÍA...

Esta ley fue uno de los primeros pasos hacia el desarrollo de la termodinámica y la teoría cinética de los gases. Al establecer una relación cuantitativa precisa entre la presión y el volumen de un gas, Boyle sentó las bases para el estudio del comportamiento de los gases bajo diferentes condiciones. Esto fue crucial



para el desarrollo de leyes adicionales sobre los gases, como la de Charles y la de Avogadro.

La formulación de la ley de Boyle tuvo, y tiene, un impacto significativo en diversas áreas científicas y tecnológicas. La comprensión de cómo se comportan los gases bajo presión es fundamental en la química y la física. La ley de Boyle es una pieza esencial del modelo de gas ideal, que describe cómo los gases deberían comportarse en condiciones ideales.

En ingeniería, esta ley es utilizada en el diseño de sistemas de presión, como los compresores de aire y los sistemas de refrigeración. También es aplicable en la medicina, por ejemplo, en el funcionamiento de los pulmones y las máquinas respiratorias.

También es esencial para comprender cómo se comportan los gases en condiciones de baja presión, como las que se encuentran en la alta atmósfera y el espacio exterior. Esto es crucial para el diseño de aviones y naves espaciales.

La ley de Boyle no solo es una teoría abstracta; tiene aplicaciones prácticas en la vida cotidiana:

- Buceo: los buceadores deben ascender lentamente para evitar el mal de descompresión, que ocurre cuando la reducción rápida de presión causa que los gases disueltos en la sangre formen burbujas.
- Sistemas de frenos: en los sistemas de frenos hidráulicos, la compresión de fluidos de freno en líneas cerradas sigue los principios de Boyle.
- Medicina: en la ventilación mecánica, los respiradores utilizan la ley de Boyle para administrar la cantidad correcta de aire a los pulmones del paciente.

Como muchas innovaciones científicas, la ley de Boyle tuvo que hacer frente a una resistencia inicial. La idea de que el comportamiento de los gases podría ser descrito por una ley matemática precisa era revolucionaria y fue recibida con escepticismo por algunos contemporáneos. Sin embargo, los datos experimentales sólidos y reproducibles del científico ayudaron a resolver estas dudas.

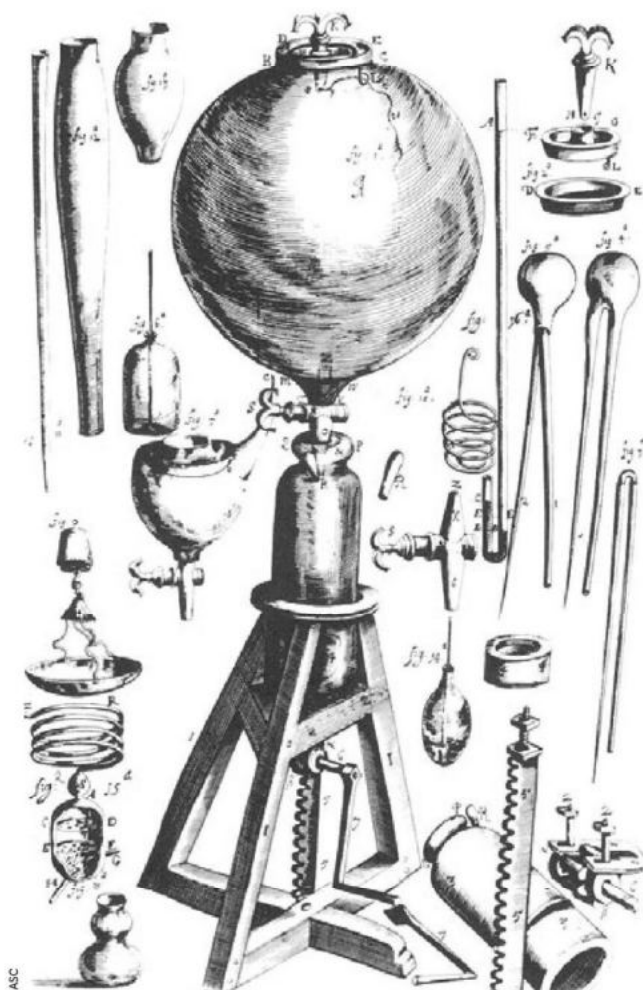


Ilustración de la bomba de aire de Boyle. Se trata de una máquina térmica que varía la densidad del fluido al variar la presión del mismo.

LEY DE BOYLE-MARIOTTE

El físico francés Edme Mariotte descubrió independientemente la misma ley en 1679, por lo que a veces se denomina ley de Boyle-Mariotte. Esta confirmación independiente subrayó la robustez de los hallazgos de Boyle y ayudó a su aceptación en la comunidad científica.

Robert Boyle escribió el libro *El químico escéptico* (1661), donde cuestionaba las teorías alquímicas tradicionales y proponía que la materia está compuesta por partículas, precursoras de los átomos. Boyle defendió el uso del método científico basado en la observación y la experimentación, criticando las creencias no fundamentadas de los alquimistas. Esta publicación fue un hito que ayudó a separar la química de la alquimia, propiciando el desarrollo de la química moderna y contribuyendo a la llegada de la Revolución científica. ■

THE
SCEPTICAL CHYMIST:
 OR
 CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
 Touching the
 SPAGYRIST'S PRINCIPLES
 Commonly call'd
HYPOSTATICAL;
 As they are wont to be Propos'd and
 Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.

Whereunto is præmis'd Part of another Discourse
 relating to the same Subject.

B Y
 The Honourable *ROBERT BOYLE*, Esq;

L O N D O N,

Printed by *J. Cadwell* for *J. Crooke*, and are to be
 Sold at the *Ship* in *St. Paul's Church-Yard*.
M D C L X I.

Portada de la primera edición de *The Sceptical Chymist* (1661) (*El químico escéptico*), una obra fundamental en la historia de la química, escrita por Robert Boyle.

1665 D. C.

Robert Hooke publica *Micrographia*

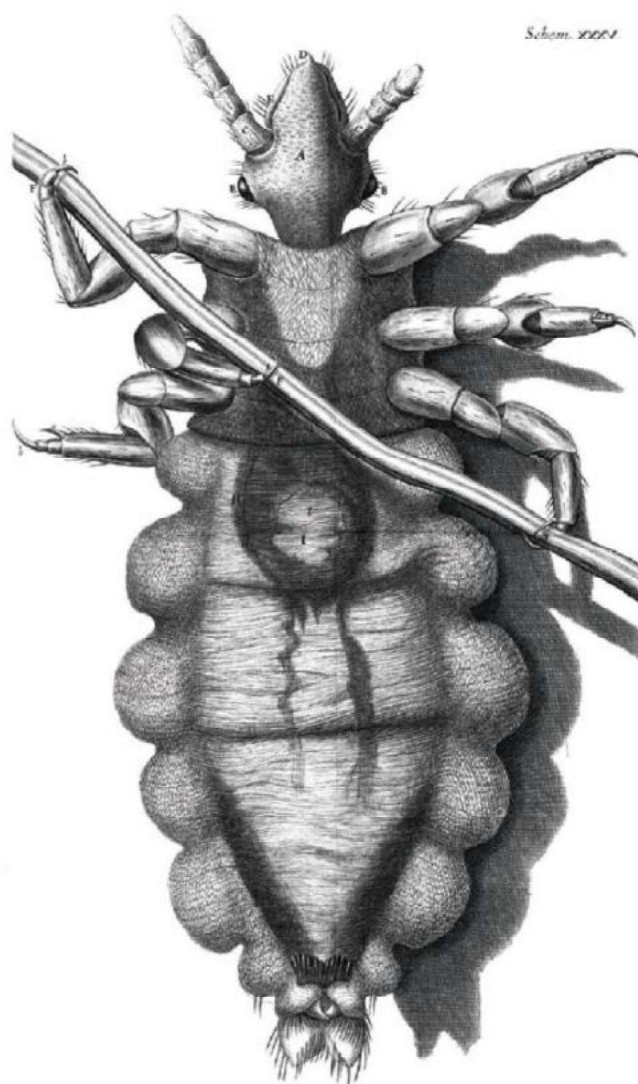


Diagrama de *Phthiraptera* (piojo) aparecida en la obra *Micrographia*, donde Robert Hooke realiza la descripción de 50 observaciones microscópicas y telescópicas con ilustraciones detalladas.

ASC

Dos figuras destacan en la historia de la observación de lo más pequeño: Robert Hooke (1635-1703) y Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723). Ambos hicieron contribuciones fundamentales a la microscopía, al ampliar enormemente nuestro conocimiento sobre los organismos microscópicos y la estructura de la materia.

Robert Hooke nació en 1635 en Freshwater, isla de Wight, Inglaterra. Trabajó como curator de experimentos para la Royal Society de Londres (un puesto de supervisión o comisariado) y fue un científico polifacético, que contribuyó a la física, la biología, la astronomía y la ingeniería. Su obra más influyente, *Micrographia*, publicada en 1665, es considerada una de las obras más importantes de la historia de la microscopía. Se trata de un compendio de observaciones realizadas con el microscopio, acompañadas de detalladas ilustraciones que mostraban estructuras biológicas y no biológicas. Uno de los descubrimientos más famosos de Hooke fue la observación de las células en una lámina de corcho. Hooke utilizó el término «célula» para describir estas estructuras, aunque no comprendía completamente su función en la biología. Esta observación fue el primer paso hacia la teoría celular, que se convertiría en un pilar fundamental de la biología. Además de las células, el científico describió la estructura de las plumas, los ojos compuestos de los insectos y las fibras de las plantas, entre otros. Sus detalladas ilustraciones y descripciones abrieron una nueva dimensión en el estudio de la naturaleza, revelando detalles que eran invisibles a simple vista. *Micrographia* también ayudó a otros a utilizar el microscopio y popularizó el uso de esta herramienta en la investigación científica. La publicación de la obra de Hooke tuvo un impacto significativo en la ciencia. Hooke demostró el poder del microscopio para revelar detalles ocultos del mundo natural, estableciendo un nuevo estándar para la documentación científica.

LA MICROBIOLOGÍA, UN NUEVO CAMPO DE ESTUDIO

Otro notable científico que propició el desarrollo de esta disciplina fue Antonie van Leeuwenhoek, nació en 1632 en Delft, Países Bajos. Aunque no tenía una formación científica formal, se convirtió en uno de los microscopistas más importantes de la historia. Van Leeuwenhoek fabricó sus propios microscopios, los cuales eran capaces de alcanzar aumentos mucho mayores que los disponibles en su época. Esto le permitió observar detalles minúsculos que nadie había visto antes. Entre 1673 y 1723, envió cientos de cartas a la Royal Society de Londres describiendo sus observaciones. Sus descubrimientos incluyeron bacterias, protozoos, espermatozoides, glóbulos rojos y fibras musculares. Van Leeuwenhoek fue el primero en observar microorganismos vivos, a los que llamó «animálculos». Sus observaciones refutaron la teoría de la generación espontánea y proporcionaron una nueva comprensión del mundo biológico.

Una de sus observaciones más destacadas fue la descripción de las bacterias en 1676. Utilizando un microscopio de una sola lente, observó organismos vivos en una muestra de agua de estanque y en su propia placa dental. Este descubrimiento sentó las bases para el desarrollo de la microbiología y demostró la existencia de un mundo microscópico que hasta entonces había sido desconocido. El hallazgo de microorganismos abrió un campo completamente nuevo de estudio: la microbiología. Sus descubrimientos son la base de áreas de la ciencia

Robert Hooke

1635-1703

natural
philosopher
horologist &
physiologist
microscopist
astronomer
anatomist
mechanist
physicist
architect
survey^r
artist



RITA
GREER
2014

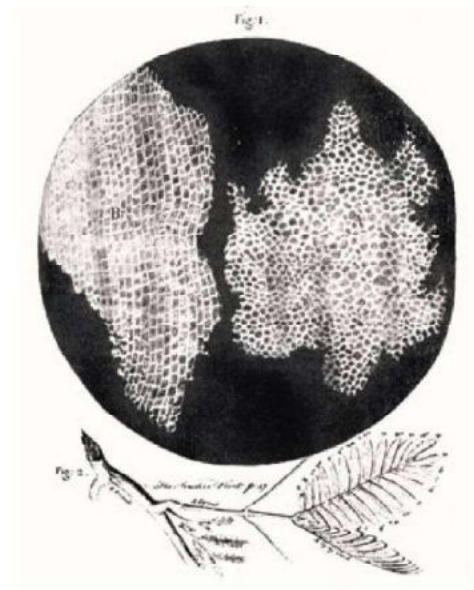
ASC

Hooke demostró el poder del microscopio para revelar detalles ocultos del mundo natural, estableciendo un nuevo estándar para la documentación científica.

tales como la bacteriología, la virología y otras disciplinas relacionadas. Además, su meticuloso enfoque experimental y su rigor en la observación empírica inspiraron a generaciones de científicos a seguir sus pasos y explorar el mundo microscópico.

Las contribuciones de Robert Hooke y Antonie van Leeuwenhoek revolucionaron la ciencia de la microscopía. Hooke, con su *Micrographia*, demostró el poder del microscopio para revelar detalles ocultos del mundo natural y estableció un nuevo estándar para la documentación científica. Van Leeuwenhoek, con sus observaciones de microorganismos, amplió enormemente el alcance de lo que se podía estudiar con un microscopio y abrió la puerta a nuevas disciplinas científicas.

La descripción de las células por Hooke y el descubrimiento de microorganismos por van Leeuwenhoek fueron fundamentales para el desarrollo de la teoría celular y la microbiología. Estas observaciones permitieron comprender la estructura y función de los seres vivos a nivel microscópico. En particular, la identificación de bacterias y otros microorganismos por Van Leeuwenhoek impulsó significativamente la microbiología médica y el estudio de las enfermedades infecciosas. ■



Células de súber y hojas de mimosa.
Micrographia (1665), de Robert Hooke.

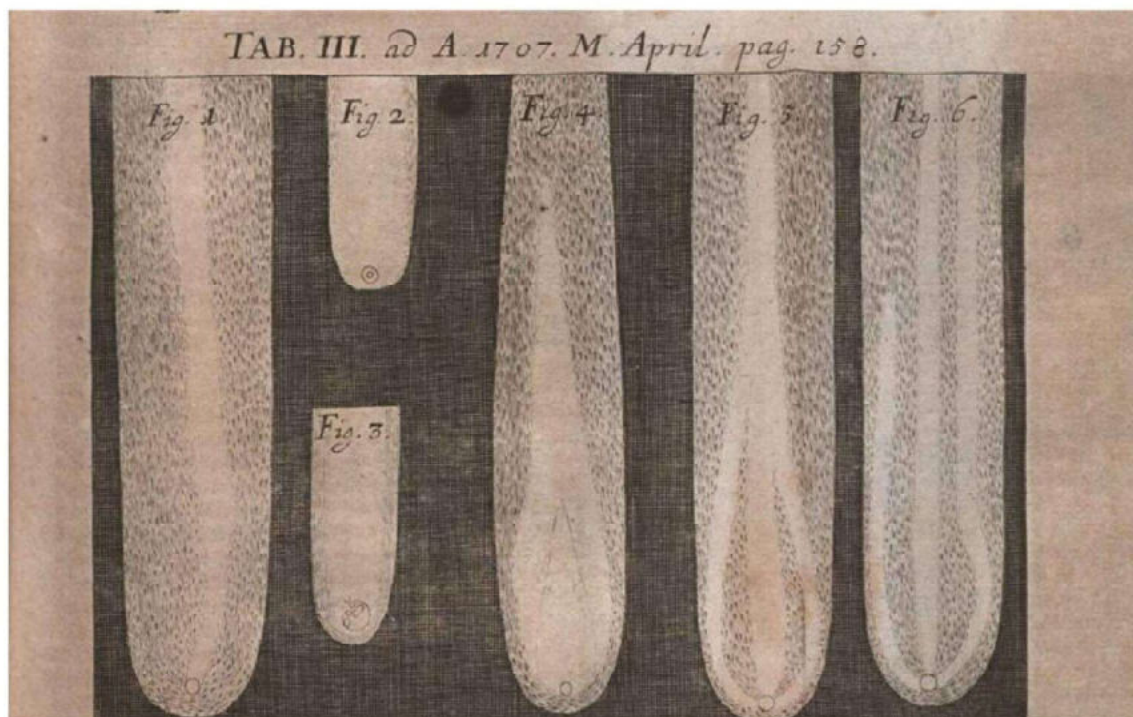


Ilustración incluida en *The posthumous works of Robert Hooke*, publicada en revista científica alemana *Acta Eruditorum*. Fue la primera revista de carácter científico de la historia alemana.

1687 D. C.

La ley de gravitación de Isaac Newton

Isaac Asimov, al ser preguntado sobre a quién consideraba el científico más importante en la historia, respondía que la elección era sencilla. Lo verdaderamente complicado, decía, sería determinar quién ocuparía el segundo lugar. Asimov tenía claro que Isaac Newton encabezaba la lista, al reconocer su impacto monumental en la ciencia, especialmente por sus contribuciones a la física y las matemáticas, las cuales transformaron nuestra comprensión del universo.

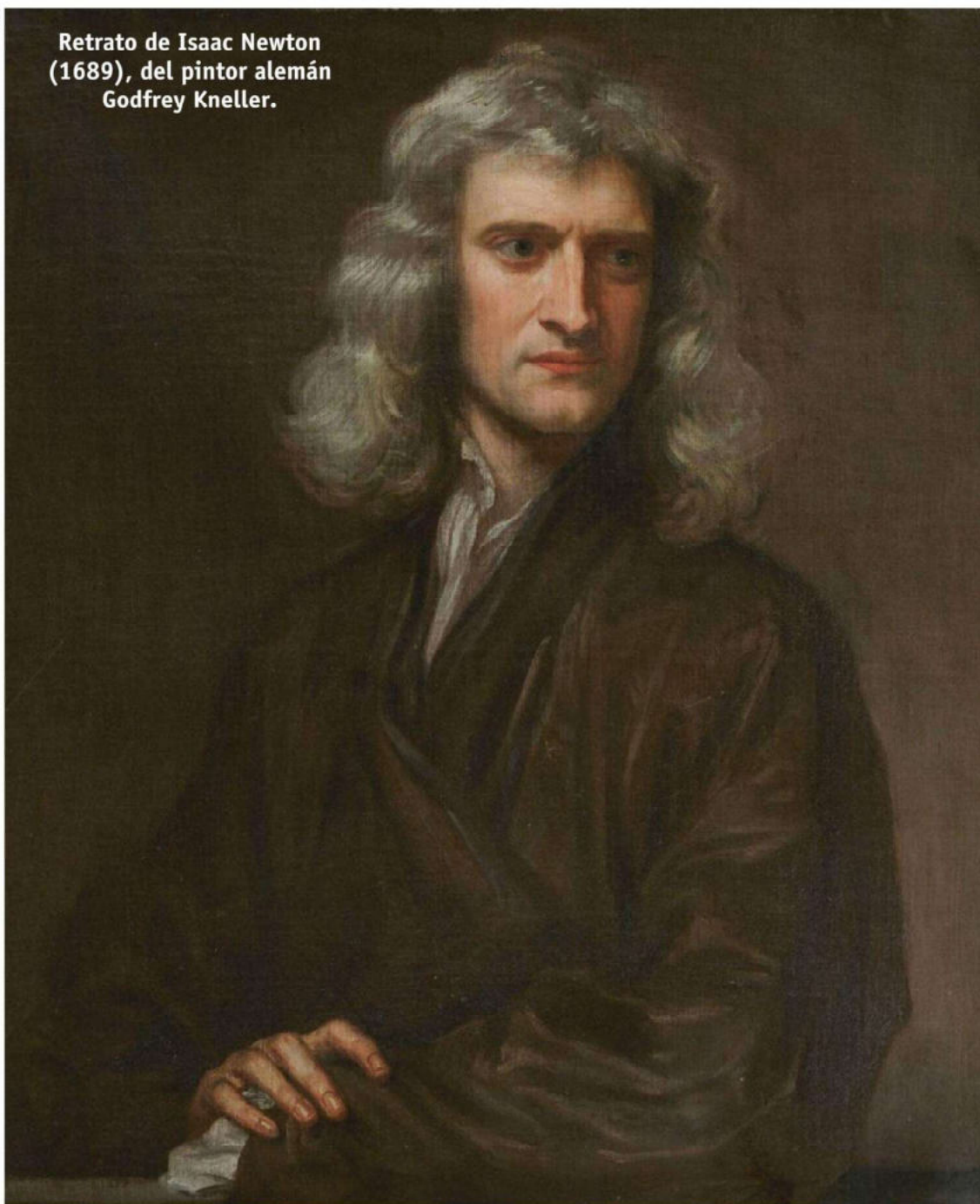
Isaac Newton (1642-1727) nació en Woolsthorpe, Inglaterra. Se trata de una de las figuras más influyentes en la historia de la ciencia. Su trabajo abarcó diversas disciplinas, como las matemáticas, física, astronomía y filosofía natural. Además, ocupó puestos académicos importantes, un ejemplo es la cátedra Lucasiana de Matemáticas en la Universidad de Cambridge. Su genialidad se manifestó en la formulación de leyes fundamentales que describen el comportamiento del universo físico. Prueba de ello es que uno de los acontecimientos más trascendentales en la historia del conocimiento científico fue la publicación de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* por Isaac Newton en 1687, comúnmente conocida como *Principia Mathematica* o los *Principia*.

INERCIA, FUERZA Y ACELERACIÓN Y ACCIÓN Y REACCIÓN

Esta obra monumental que se divide en tres libros expone las leyes del movimiento y la ley de la gravitación universal que Newton formuló. Estas proporcionan una descripción matemática precisa de cómo los cuerpos se mueven bajo la influencia de fuerzas:

- Primera ley (inercia): un cuerpo en reposo o en movimiento uniforme rectilíneo permanecerá en ese estado a menos que actúe sobre él una fuerza externa.
- Segunda ley (fuerza y aceleración): la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa.

Retrato de Isaac Newton
(1689), del pintor alemán
Godfrey Kneller.



- Tercera ley (acción y reacción): para cada acción, hay una reacción igual y opuesta.

La publicación de *Principia Mathematica* inició un cambio paradigmático en la ciencia. Antes de Newton, las explicaciones del movimiento y la gravitación eran cualitativas y a menudo especulativas. Newton introdujo un enfoque cuantitativo y empírico que permitió predicciones precisas y verificables. Su impacto fue inmediato y profundo. Estableció un marco unificador para la física y la astronomía, integrando el trabajo previo de científicos como Copérnico, Kepler y Galileo. La obra de Newton proporcionó las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para comprender una amplia variedad de fenómenos naturales.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore ꝑ S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Portada de *Philosophiæ naturalis principia mathematica* (1686), de Isaac Newton. Uno de los libros más influyentes en la historia de la ciencia, especialmente en física y matemáticas.



Réplica de un telescopio construido por Newton. Conocido como telescopio newtoniano, es el primer telescopio reflector funcional de la historia.

UNA MÁQUINA GOBERNADA POR LEYES NATURALES

Newton postuló que todos los cuerpos con masa en el universo se atraen mutuamente con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos. Estas formulaciones explicaron los movimientos de los planetas en el sistema solar y aplicaron los principios de la física a una amplia gama de fenómenos terrestres y celestes. Además, resolvió problemas que habían desconcertado a los científicos durante siglos a la vez que estableció un nuevo estándar para la investigación científica.

Las leyes de Newton permanecieron como los principios fundamentales de la física hasta la aparición de la teoría de la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica en el siglo xx. Incluso hoy en día, las leyes de Newton se aplican con gran precisión en una amplia gama de contextos, desde la ingeniería hasta la astronomía. Sus ideas trascendieron la teoría y encontraron aplicaciones prácticas en numerosos campos. Por ejemplo, sus principios fueron fundamentales para la ingeniería y la tecnología durante la Revolución Industrial. La capacidad de predecir con precisión el comportamiento de los cuerpos en movimiento permitió avances en la construcción de maquinaria, puentes y otros proyectos de ingeniería.

La obra de Newton inspiró a generaciones de científicos y filósofos. El enfoque metodológico y el éxito de *Principia Mathematica* demostraron el poder de las matemáticas para describir el mundo natural, lo que llevó a una mayor investigación en física, matemáticas y otras ciencias naturales. También influyó en el pensamiento filosófico de su tiempo. Su visión del universo como una máquina gobernada por leyes naturales y predecibles contribuyó al desarrollo del racionalismo y el empirismo en la filosofía. ■

1751 D. C.

Benjamin Franklin y la electricidad

El siglo XVIII fue un periodo de intenso avance científico y exploración intelectual, conocido como la Ilustración. Durante esta era, los científicos y filósofos buscaban entender y explicar los fenómenos naturales a través de la observación y el razonamiento. Fue en este contexto en el que Benjamin Franklin (1706-1790), uno de los padres fundadores de los Estados Unidos, realizó sus famosos experimentos con electricidad que revolucionaron la ciencia y sentaron las bases de la comprensión moderna de la electricidad.

Franklin, que nació en 1706 en Boston. Fue un auténtico polímata: impresor, escritor, político, científico, inventor y diplomático. La curiosidad y pasión que sentía por la ciencia lo llevaron a realizar numerosos experimentos en diversas áreas, pero es más conocido por sus contribuciones al estudio de la electricidad. Su experimento más célebre es, sin lugar a duda, el de la cometa, llevado a cabo hacia finales de 1751. Según sus biógrafos, Franklin voló una cometa durante una tormenta para demostrar que los rayos son una forma de electricidad. La cometa llevaba una llave metálica atada al hilo y al dejar que se elevase hacia las nubes de una tormenta, la electricidad de la atmósfera cargó la llave, lo que permitió a Franklin sentir una descarga eléctrica al tocarla. Aunque la veracidad de algunos detalles del experimento ha sido debatida, lo importante es que demostró que la electricidad atmosférica y la electricidad estática producida por fricción eran el mismo fenómeno. Esto fue un gran avance en la comprensión de la naturaleza de la electricidad.

LA ELECTRICIDAD COMO RAMA LEGÍTIMA DE LA FÍSICA

El científico era una persona que llevaba una estricta rutina diaria de estudio y trabajo, también ayudaba a esto su solvencia económica. Sus experimentos llevaron a importantes descubrimientos sobre la electricidad:



Al demostrar la relación entre el rayo y la electricidad, Franklin abrió nuevas vías para la investigación y el desarrollo de las tecnologías eléctricas que ahora nos rodean.

- Carga positiva y negativa: introdujo los términos «positivo» y «negativo» para describir los tipos de carga eléctrica, conceptos que aún usamos hoy en día.
- Conservación de la carga: descubrió que la carga eléctrica se conserva; es decir, no se crea ni se destruye, sino que se transfiere de un objeto a otro.
- Conductores y no conductores: identificó materiales que permiten el paso de la electricidad (conductores) y materiales que la bloquean (no conductores).
- La botella de Leyden: mejoró la comprensión de la botella de Leyden, un dispositivo que almacena cargas eléctricas, precursora del condensador moderno.

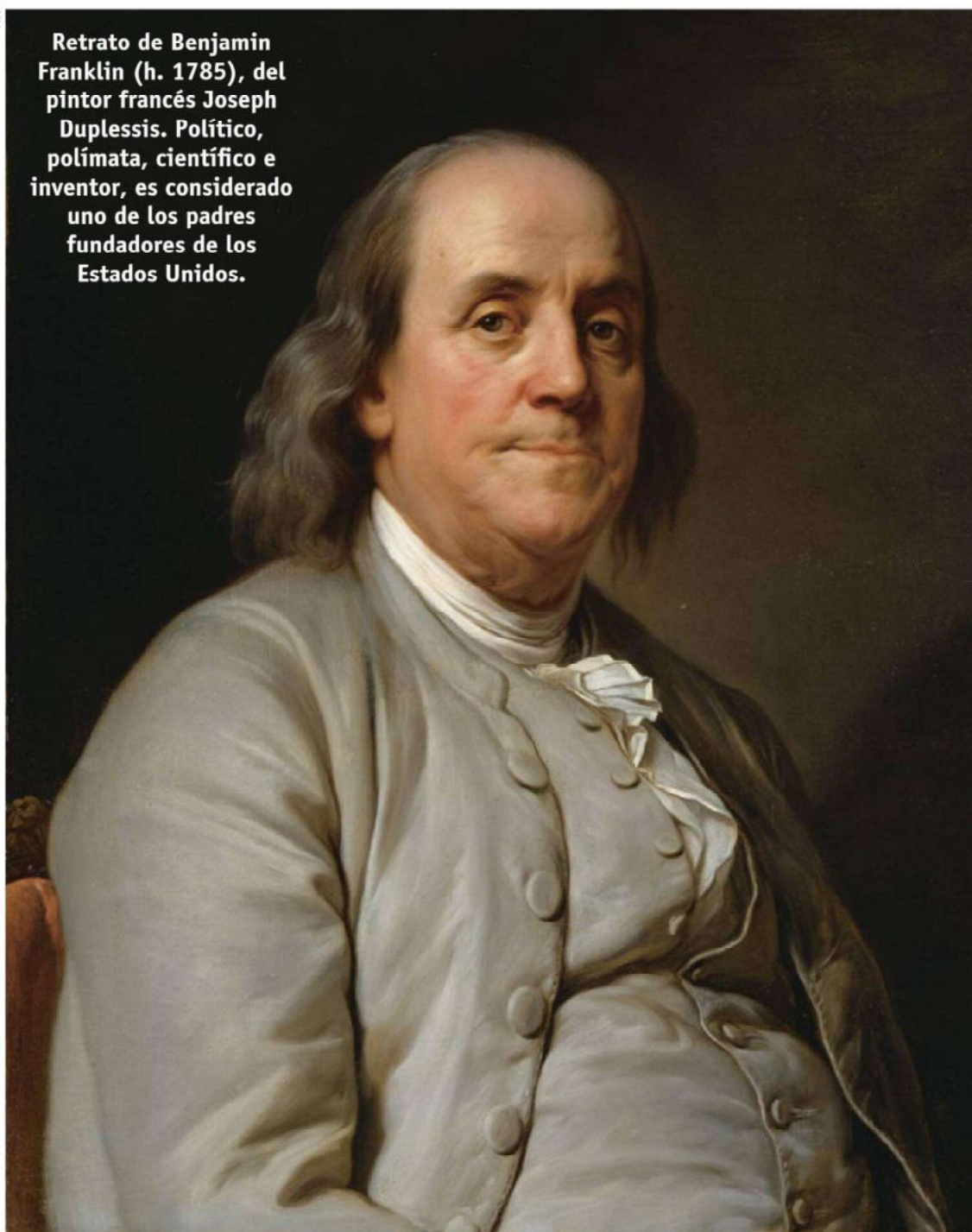
Los experimentos de Franklin ampliaron el conocimiento sobre la electricidad y cambiaron la manera en que los científicos abordaban el estudio de los fenómenos naturales. Al demostrar la relación entre el rayo y la electricidad, Franklin

abrió nuevas vías para la investigación y el desarrollo de las tecnologías eléctricas que ahora nos rodean. Uno de sus inventos más significativos derivados de sus estudios eléctricos fue el pararrayos. Al instalar barras de metal en edificios altos, conectadas a tierra, Franklin pudo proteger estructuras de los daños causados por los rayos. Este invento salvó innumerables edificaciones de incendios y demostró cómo los principios científicos podían aplicarse para resolver problemas prácticos y mejorar la vida cotidiana.

Cabe destacar que el enfoque experimental que adoptó y su habilidad para comunicar sus hallazgos tuvieron una influencia duradera en la ciencia. Sus tra-

ASC

Retrato de Benjamin Franklin (h. 1785), del pintor francés Joseph Duplessis. Político, polímata, científico e inventor, es considerado uno de los padres fundadores de los Estados Unidos.





Grabado aparecido en *Natural Philosophy for Common and High Schools* (1881), de Le Roy C. Cooley, donde se muestra experimento de la cometa de Benjamin Franklin.

bajos llegaron a Europa, inspirando a otros científicos a realizar sus propios experimentos eléctricos. Fruto de sus avances nació la teoría electromagnética de James Clerk Maxwell y surgieron los descubrimientos de Michael Faraday sobre la inducción electromagnética.

El impacto de los experimentos de Franklin fue reconocido por todo el mundo. Fue admitido en la Royal Society de Londres y recibió la Medalla Copley en 1753, uno de los más altos honores científicos de la época. Sus descubrimientos, su liderazgo y la claridad de sus escritos ayudaron a establecer la electricidad como una rama legítima de la física con principios y leyes que podían ser estudiadas y aplicadas de manera sistemática. Su relevancia fue tal que su imagen aparece en el billete de cien dólares estadounidense, el de mayor valor. Lo merece. ■

1778 D. C.

La química del matrimonio Lavoisier

Antoine Lavoisier (1743-1794) fue un químico parisino conocido como «el padre de la química moderna». Tras recibir una educación en leyes orientó después su carrera hacia la ciencia y se unió a la Academia de Ciencias de Francia a los 25 años. Sus experimentos en la década de 1770 desafiaron la teoría del flogisto, proponiendo en su lugar que la combustión y la respiración eran procesos de oxidación que implicaban la participación del oxígeno, un gas recién identificado. Lavoisier formuló la ley de conservación de la masa, demostrando que en una reacción química la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos. En 1789, publicó su *Tratado elemental de química*. Sin embargo, su papel como recaudador de impuestos lo convirtió en un blanco durante la Revolución francesa. Fue arrestado y guillotinado en 1794, a pesar de sus aportaciones.

Marie-Anne Paulze Lavoisier (1758-1836) fue una figura fundamental en el desarrollo de la química moderna, colaborando estrechamente con su esposo, Antoine Lavoisier, durante la Revolución química del siglo XVIII. Desde joven, Marie-Anne demostró interés por las ciencias naturales y el arte, habilidades que luego emplearía en el laboratorio y en el registro de descubrimientos científicos. Educada en lenguas extranjeras, tradujo importantes textos de química de científicos como Joseph Priestley, lo que permitió a su esposo acceder a los últimos avances y desafiar teorías como la del flogisto, una contribución clave al desarrollo de la teoría del oxígeno y la combustión.

COMPRENDER EL RESULTADO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

Además de su rol como traductora, Marie-Anne también era una hábil ilustradora, lo que la llevó a realizar los grabados y dibujos de los experimentos que acompañaban las publicaciones de su esposo. Ambos deberían ser citados conjuntamente como «el padre y la madre de la química moderna».



Retrato de Antoine Lavoisier y su esposa (1788), de Jacques-Louis David. Marie Lavoisier está considerada como «la madre de la química moderna».



Antoine Lavoisier fue una figura clave en la transformación de la alquimia en la química moderna, además también ayudó a darle un método riguroso, experimental y cuantitativo.

La ley de conservación de la masa formulada por el matrimonio Lavoisier en 1789 establece que, en una reacción química, la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos. En otras palabras, la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma. Esta ley se convirtió en un pilar fundamental de la química, lo que permitió a los científicos comprender y predecir el resultado de las reacciones químicas de manera cuantitativa. Antes de los Lavoisier, en 1756, el científico y polímata ruso Mijaíl Vasilievich Lomonósov (1711-1765) propuso una idea muy similar, pero no terminó de desarrollarla por completo. El descubrimiento de Lomonósov fue anterior e independiente y se merece un reconocimiento compartido por ello, aunque tradicionalmente solo se menciona una parte de la historia.

Volviendo a Francia, durante las décadas de 1780 y 1790, Antoine realizó numerosos experimentos en recipientes cerrados para demostrar que el peso de los reactivos antes de una reacción química era igual al peso de los productos después de la reacción. Por ejemplo, calentó estaño y plomo en aire y demostró que el aumento de peso del metal era igual a la cantidad de aire que se había combinado con él. Estos experimentos refutaron la teoría del flogisto, que afirmaba que una sus-

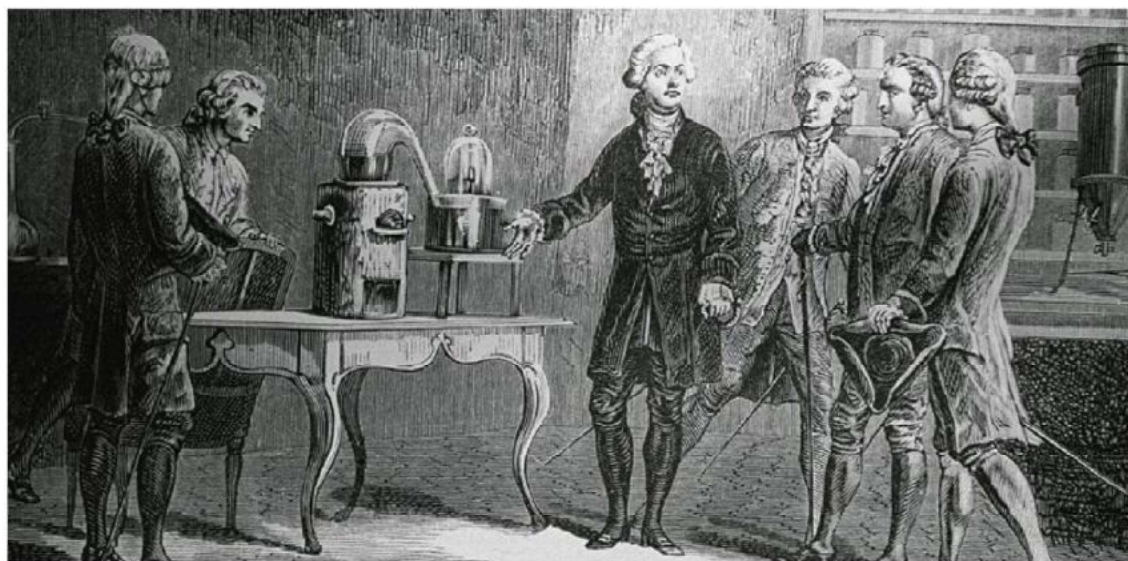
tancia llamada «flogisto» se liberaba durante la combustión, y establecieron que la combustión y la respiración eran reacciones químicas con el oxígeno.

La ley de los Lavoisier cambió radicalmente la química, al transformarla de una práctica cualitativa a una ciencia cuantitativa. Este principio permitió a los químicos desarrollar la estequiometría, el estudio de las relaciones cuantitativas en las reacciones químicas. La capacidad de predecir la cantidad de productos formados a partir de una cantidad conocida de reactivos fue un avance significativo que permitió el desarrollo de la química industrial y la farmacología. Además, Lavoisier también fue fundamental en la creación de un sistema de nomenclatura química. Junto con otros científicos, propuso un sistema que asignaba nombres sistemáticos a las sustancias químicas basándose en su composición y estructura. Este sistema facilitó la comunicación entre los químicos y estandarizó la terminología.

El trabajo de la pareja tuvo un impacto duradero en muchas áreas de la ciencia. Sus métodos experimentales rigurosos y su enfoque cuantitativo abrieron una nueva vía a generaciones de científicos para adoptar enfoques similares en sus investigaciones. La ley de conservación de la masa también es un principio fundamental en la física y la ingeniería, y sigue siendo un concepto clave en la educación científica.

EL LEGADO DE LOS LAVOISIER

Tras la ejecución de Antoine en 1794, Marie-Anne dedicó años a organizar y publicar las obras completas de su esposo, preservando su legado. Su vida reflejó los desafíos y las limitaciones enfrentadas por muchas mujeres científicas de su época, y hoy es reconocida no solo como una asistente, sino como una verdadera pionera de la ciencia en un contexto de grandes restricciones. Reconocer su trabajo y colaboración es esencial para entender plenamente el legado de los Lavoisier en la historia de la ciencia. ■



Aunque Lavoisier no fue quien descubrió el oxígeno, sí fue quien lo identificó correctamente como un elemento químico esencial para la combustión y la respiración.

1785 D. C.

Coulomb y los fundamentos electrostáticos

Legada la segunda mitad del siglo XVIII, como hemos visto en los capítulos anteriores, el mundo científico estaba en pleno auge con descubrimientos que desafiaban las nociones establecidas de la física y la química. En este contexto aparece Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806), cuyo nacimiento se sitúa en la pequeña localidad francesa de Angulema. Proveniente de una familia acomodada y respetada, Coulomb recibió una educación privilegiada en matemáticas, astronomía, química y botánica, culminando en su ingreso a la École du Génie en Mézières, una de las primeras escuelas de ingeniería del mundo.

LA BALANZA DE TORSIÓN

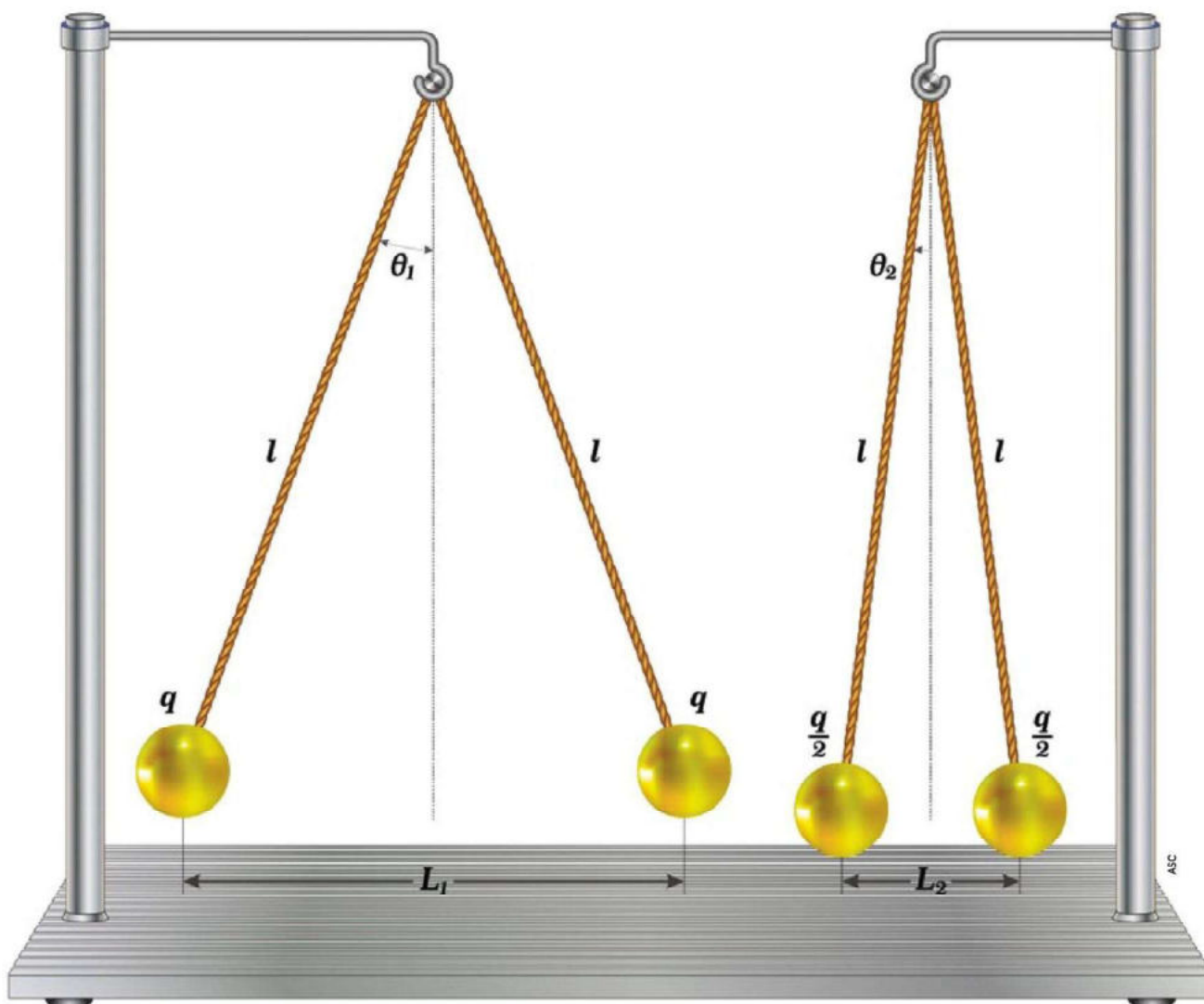
Coulomb comenzó su carrera como ingeniero militar, participando en la construcción de fortificaciones y estructuras militares en diversas partes del mundo. Su experiencia en ingeniería y su interés en la física lo llevaron a realizar importantes investigaciones en mecánica y electricidad. Uno de sus aportes más destacados fue el desarrollo de la balanza de torsión, un dispositivo que le permitió medir con precisión pequeñas fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas.

En 1785, Coulomb formuló su famosa ley de la electrostática, conocida hoy como la ley de Coulomb. Esta ley establece que la fuerza entre dos cargas eléctricas es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Gracias a su balanza de torsión, Coulomb realizó experimentos meticulosos que le permitieron cuantificar la fuerza eléctrica con una precisión sin precedentes. Demostró que la fuerza de repulsión entre dos esferas cargadas con la misma electricidad seguía una ley de inversa proporción al cuadrado de la distancia entre ellas. Además, comprobó que las cargas opuestas se atraían con la misma ley, estableció así los fundamentos de la electrostática.

La ley de Coulomb fue un avance revolucionario en la física que proporcionó la primera descripción cuantitativa precisa de las fuerzas eléctricas. Esto permitió a los científicos comprender mejor los fenómenos eléctricos y abrió la puerta para el desarrollo de la posterior teoría del electromagnetismo. La importancia de esta ley es comparable a la de la ley de gravitación universal de Newton, ya que ambas describen fuerzas fundamentales que gobiernan el comportamiento de la materia. Además, el parecido entre ellas debió ser inquietante en su momento. ¿Quién no lo ha pensado alguna vez?

COMPRENDER FENÓMENOS ATÓMICOS Y SUBATÓMICOS

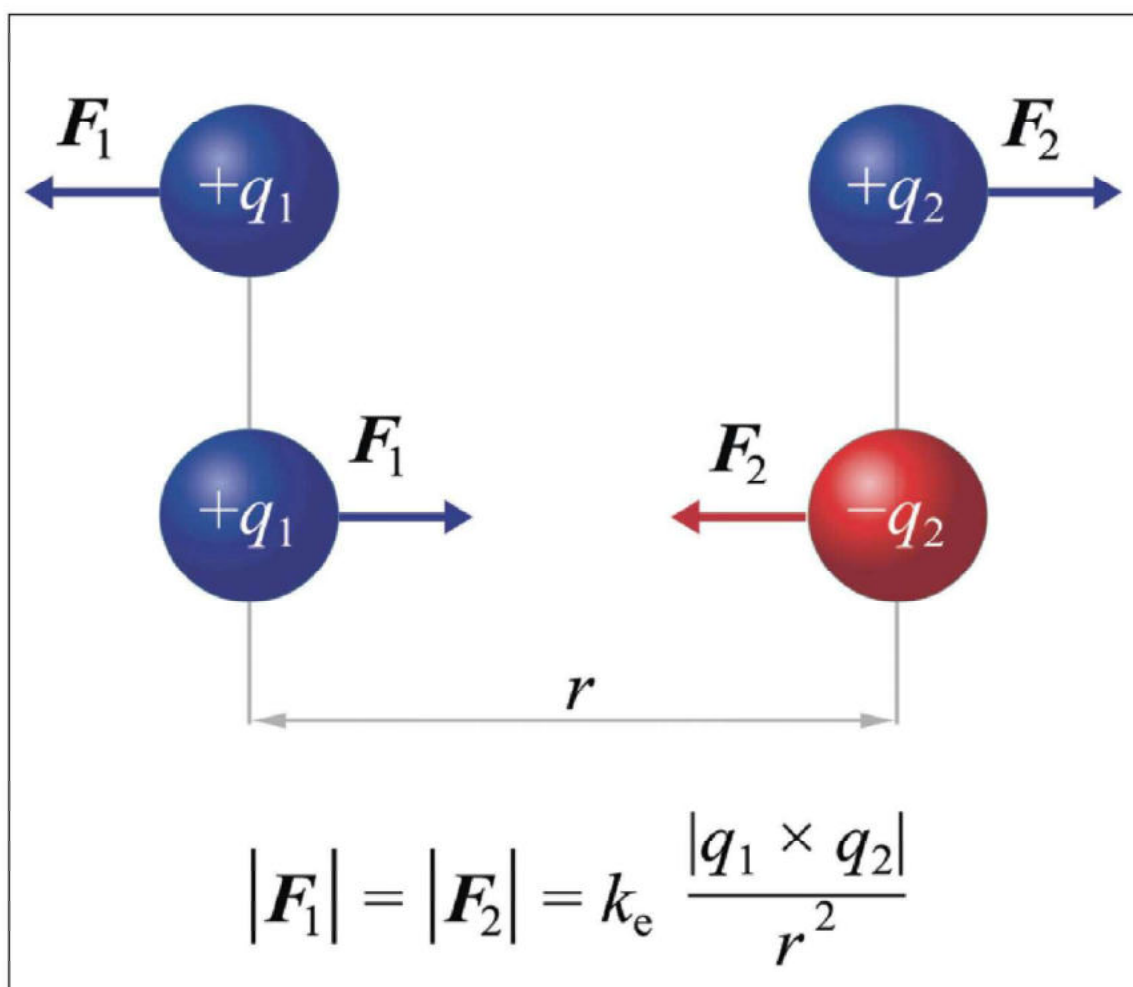
La ley de Coulomb, junto con las leyes de Gauss y Ampère, forjaron un conjunto de principios que James Clerk Maxwell integró en sus ecuaciones del electromagnetismo, que proporcionó una descripción unificada de los campos eléctricos y magnéticos. Este principio tiene aplicaciones prácticas en numerosos campos de



La ley de Coulomb dice que la fuerza electrostática entre dos cargas es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.



Ilustración de Charles-Augustin de Coulomb. El francés no era físico, sino ingeniero militar que trabajaba en fortificaciones y estructuras.



Las cargas eléctricas de signos opuestos se atraen entre sí, mientras que las del mismo signo se repelen, demostrando la fuerza electrostática descrita por la ley de Coulomb.

la ciencia y la tecnología. En la ingeniería eléctrica, es fundamental para el diseño de circuitos y dispositivos electrónicos. En la química, ayuda a explicar las interacciones entre partículas cargadas, como iones en soluciones y moléculas polares. Además, es esencial en la física moderna para comprender fenómenos a nivel atómico y subatómico.

En reconocimiento a sus contribuciones, la unidad de carga eléctrica en el sistema internacional de unidades se llama «culombio». Esta distinción subraya la importancia perdurable de su trabajo en la ciencia y la ingeniería. Pocos científicos han pasado a la historia con una unidad física con su nombre. Coulomb también es recordado por su trabajo en mecánica de suelos y fricción, ya que realizó estudios pioneros que aún son relevantes en la ingeniería civil y geotécnica. ■

**LA UNIDAD DE CARGA ELÉCTRICA EN EL
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES SE
LLAMA «CULOMBIO» EN SU HONOR**

1796 D. C.

La vacuna para la viruela de Jenner

Durante milenios (la primera evidencia física de la viruela son las pústulas en la momia del faraón Ramsés V, que falleció en 1157 a. C.), pero especialmente a finales del siglo XVIII, la viruela era una de las enfermedades más temidas en el mundo. Extremadamente contagiosa y con una tasa de mortalidad muy alta, dejaba a los sobrevivientes con cicatrices permanentes y, en muchos casos, ceguera. Antes de que el médico inglés Edward Jenner (1749-1823) desarrollara la primera vacuna, la variolización era una práctica común. Este procedimiento implicaba la inoculación deliberada de material de viruela en personas sanas para inducir una forma leve de la enfermedad y así inmunizarlas contra futuras infecciones graves. Sin embargo, este método no estaba exento de riesgos significativos, incluida la transmisión de la enfermedad en su forma completa y potencialmente mortal.

Edward Jenner observó un fenómeno interesante en su práctica rural en Gloucestershire: las lecheras que contraían viruela bovina (una enfermedad menos grave en el ganado) no parecían contraer viruela. Este hecho, algo ampliamente comentado en las comunidades rurales, captó su atención y lo llevó a investigar con mayor profundidad. La solución estaba delante de los ojos de mucha gente, pero solo Jenner fue capaz de dar el paso.

LA VACA Y LA VACUNA

En 1796, el inglés llevó a cabo su experimento más famoso, uno que ahora sería cuestionable éticamente. Tomó material de una pústula de viruela bovina de la mano de una ordeñadora llamada Sarah Nelmes e inoculó a un niño de ocho años, James Phipps. El niño desarrolló una leve enfermedad similar a la viruela humana, pero se recuperó rápidamente. Posteriormente, Jenner expuso a Phipps a la viruela, y el niño no mostró signos de infección, demostrando que la inoculación con la «vacuna» lo había inmunizado contra la viruela. El médico publicó sus hallazgos



Ilustración coloreada de Edward Jenner y sus dos colegas derrotan a tres antivacunas, del pintor, grabador, ilustrador y caricaturista escocés Isaac Cruikshank.

en 1798. A pesar de enfrentar escepticismo y resistencia inicial, especialmente de aquellos que practicaban la variolización, la vacunación pronto ganó aceptación debido a su eficacia y menor riesgo comparado con la variolización. El trabajo de Jenner salvó innumerables vidas y sentó las bases para la inmunología moderna. La vacunación contra la viruela se convirtió en una práctica estándar en muchos países y llevó a la erradicación global de la enfermedad en 1980, un logro histórico en la salud pública.

La metodología de Jenner inspiró a futuros científicos a desarrollar vacunas contra otras enfermedades. Louis Pasteur, del que hablaremos más adelante, desarrolló vacunas contra la rabia y el ántrax utilizando principios similares. El término «vacuna» en sí proviene del trabajo del inglés, derivado de *vacca*, la palabra latina para «vaca», en honor a la viruela bovina utilizada en su primera vacuna. Además pudo disfrutar de que su impacto fuera reconocido ampliamente durante su vida y después de su muerte en 1823. Recibió numerosos honores y premios, y su método de vacunación fue paulatinamente adoptado en todo el mundo, salvando millones



Edward Jenner on a tree, de John Raphael Smith. La metodología de Jenner inspiró a futuros científicos a desarrollar vacunas contra otras enfermedades.



Una caricatura de 1802 donde se representa a Edward a Jenner vacunando. En el año 1801 más de 100 000 personas habían sido vacunadas contra la viruela.

de vidas. La ciudad natal de Jenner, Berkeley, y su casa, ahora convertida en museo, son recordatorios permanentes de su contribución monumental a la medicina.

LA VIRUELA COMPLETAMENTE ERRADICADA

La campaña global de vacunación contra la viruela, basada en los principios establecidos por Jenner, culminó en 1980 con la declaración de la erradicación de la enfermedad por la Organización Mundial de la Salud. Esta fue la primera vez en la historia que una enfermedad infecciosa humana fue completamente erradicada, demostrando el poder y la eficacia de las vacunas.

Hoy en día, el legado de Jenner sigue vivo en cada vacuna que se administra. Desde la poliomielitis hasta el sarampión, y más recientemente las vacunas contra la COVID-19, el principio de inmunización introducido por Jenner sigue siendo una herramienta crucial en la lucha contra las enfermedades infecciosas. La investigación y desarrollo continuo en vacunología han permitido la creación de vacunas cada vez más seguras y eficaces, salvando millones de vidas cada año. Pero a pesar de estos avances, la vacunación se enfrenta a desafíos modernos, como la posible resistencia a las vacunas y la desinformación. Sin embargo, el éxito de las vacunas en la erradicación y control de enfermedades sigue siendo un testimonio del trabajo pionero de Edward Jenner. La educación continua y la confianza en la ciencia son esenciales para mantener y mejorar los logros alcanzados desde la primera vacuna. No lo olvidemos. ■

1800 D. C.

La radiación infrarroja de los Herschel

William y Caroline Herschel fueron un dúo de hermanos cuya colaboración no solo amplió nuestra comprensión del cosmos, sino que también reveló una nueva dimensión de la luz: la radiación infrarroja. Su trabajo, que abarcó desde el descubrimiento de planetas y nebulosas hasta la identificación de formas de luz invisibles al ojo humano, es un testimonio del poder de la curiosidad científica y la perseverancia.

William Herschel (1738-1822) nació en Hannover, Alemania, y comenzó su carrera como músico. Sin embargo, su amor por la astronomía lo llevó a trasladarse a Inglaterra, donde comenzó a construir sus propios telescopios, que rápidamente se convirtieron en los más poderosos de la época. Su habilidad para fabricar instrumentos ópticos de alta calidad, combinada con su incansable dedicación a la observación, lo llevó a descubrir el planeta Urano en 1781, un hito que transformó nuestra comprensión del sistema solar.

LA TEMPERATURA DE LOS COLORES

Pero William no estaba solo en su misión de explorar el cosmos. Su hermana menor, Caroline Herschel (1750-1848), lo acompañó y asistió en sus observaciones. Caroline comenzó su carrera de manera inesperada. Después de haber sufrido una enfermedad infantil que afectó a su crecimiento, fue educada para dedicarse profesionalmente como cantante soprano, algo que nunca ocurrió. Con el tiempo, y sin una educación científica reglada, se inclinó hacia la astronomía, desarrolló habilidades para construir y mantener telescopios, además de catalogar minuciosamente las observaciones de William.

Entre 1786 y 1797, Caroline descubrió ocho cometas, siendo una de las primeras mujeres en registrar descubrimientos astronómicos propios. En 1787, fue pionera en recibir un salario por su trabajo científico, otorgado por el rey Jorge III como asistente de William. Más tarde, en 1798, se publicó un catálogo de estrellas que



Así inmortalizó el retratista inglés Lemuel Francis Abbott al astrónomo germano-británico Frederick William Herschel (descubridor del planeta Urano y de otros objetos celestes), en 1785.



Retrato de Caroline Herschel (1829), de Melchior Gommard Tieleman, pintor belga de la corte real de Hannover.

complementaba y corregía el trabajo de John Flamsteed, el primer Astrónomo Real de Inglaterra. Su dedicación y precisión la hicieron merecedora de reconocimiento en su tiempo y de varios honores póstumos, como la Medalla de Oro de la Real Sociedad Astronómica en 1828 y la Medalla de Ciencia de Prusia en 1846.

Sin embargo, el descubrimiento más emblemático de los Herschel no fue un planeta ni una estrella, sino algo invisible al ojo humano: la radiación infrarroja. Este descubrimiento se produjo en 1800, mientras William realizaba un experimento para medir la temperatura de los diferentes colores del espectro de luz solar. Sabía que la luz blanca del Sol podía descomponerse en un espectro de colores utilizando un prisma, un

fenómeno que había sido estudiado previamente por Isaac Newton. Pero se preguntó si la luz de diferentes colores tenía diferente contenido térmico. Para probar esto, dirigió la luz solar a través de un prisma para descomponerla en su espectro y luego midió la temperatura en cada color utilizando termómetros de mercurio. Para su sorpresa, descubrió que la temperatura aumentaba de azul a rojo, pero lo más sorprendente fue que la más alta no se encontraba en la luz visible, sino justo más allá del rojo, en una región del espectro que no podía verse. Herschel había descubierto una nueva forma de radiación, la que conocemos como luz infrarroja, que tiene una longitud de onda más amplia que la luz visible.

Este hallazgo, obtenido con un prisma y un termómetro, fue toda una revolución. Hasta ese momento, se creía que la luz y el calor eran fenómenos separados. El descubrimiento de William Herschel demostró que la luz visible era solo una pequeña parte de un espectro más amplio de radiación electromagnética, una idea que cambiaría para siempre la física y la astronomía. La radiación infrarroja pronto se utilizó en una variedad de aplicaciones, desde la astronomía hasta la tecnología militar y médica. El descubrimiento de la radiación infrarroja tuvo un impacto profundo en la ciencia. Primero, amplió el concepto de luz más allá de lo visible, lo que llevó más adelante al descubrimiento de otras formas de radiación electromagnética, como los rayos ultravioleta, los rayos X y las ondas de radio. Este espectro electromagnético se convirtió en una herramienta fundamental para explorar el universo y para desarrollar tecnologías que van desde la comunicación por radio hasta las técnicas de diagnóstico médico por imagen.

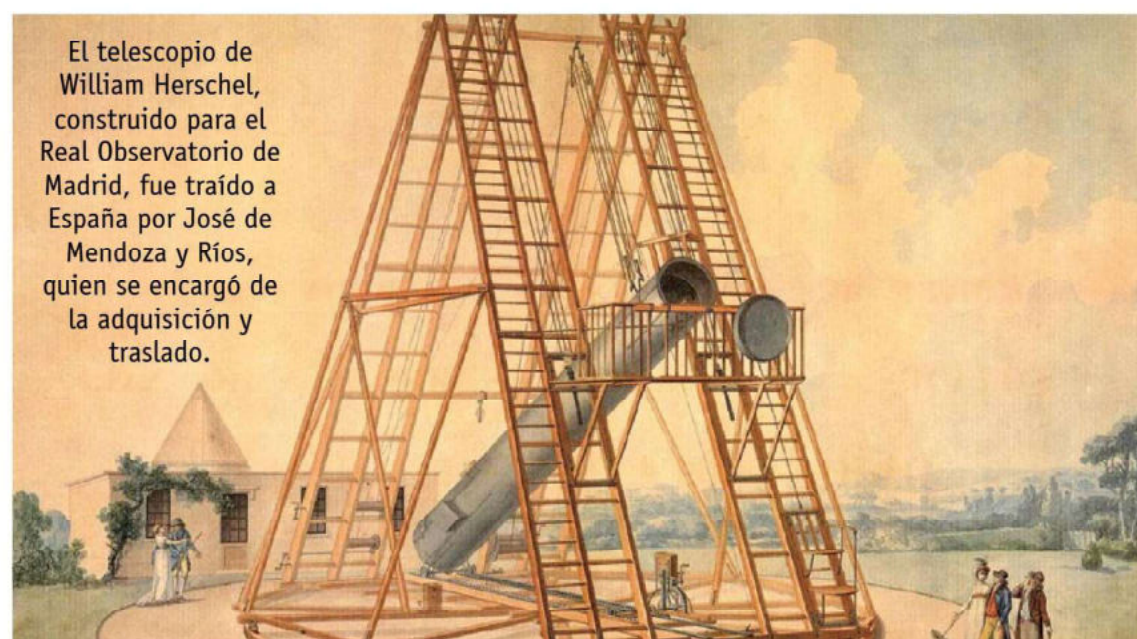
En la astronomía, la radiación infrarroja permitió a los científicos observar objetos en el espacio que son invisibles en luz visible, como las regiones polvo-

rientas donde nacen las estrellas. Los telescopios infrarrojos modernos, como el Telescopio Espacial *Spitzer* y el Telescopio Espacial *James Webb*, que se lanzó en 2021, son capaces de captar estas longitudes de onda y han proporcionado imágenes detalladas de las estructuras del cosmos. La radiación infrarroja se ha convertido en una herramienta esencial en la investigación científica y tecnológica en la Tierra. Las cámaras infrarrojas, por ejemplo, se utilizan en la medicina para detectar tumores, en la meteorología para estudiar patrones climáticos y en la tecnología militar para la visión nocturna.

TRABAJO EN EQUIPO

Aunque el descubrimiento de la radiación infrarroja es uno de los logros más destacados de William Herschel, él y su hermana Caroline realizaron muchos otros descubrimientos importantes en la astronomía. William, por ejemplo, fue el primero en identificar la existencia de nebulosas y en proponer que estas pudiesen ser cúmulos de estrellas muy distantes. También realizó un censo estelar que llevó al descubrimiento de la forma aplanada de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Caroline Herschel, por su parte, hizo historia como la primera mujer en descubrir un cometa. Entre 1786 y 1797, descubrió ocho cometas, y también catalogó miles de estrellas y nebulosas, proporcionando datos fundamentales para la astronomía de su tiempo. También compiló un catálogo de estrellas y corrigió errores en el trabajo de John Flamsteed, el primer Astrónomo Real de Inglaterra. Su contribución fue tan significativa que, en 1828, fue galardonada con la Medalla de Oro de la Real Sociedad Astronómica.

La colaboración entre los hermanos Herschel fue una de las más fructíferas en la historia de la ciencia. Mientras William se dedicaba a la construcción de telescopios y a la observación de objetos celestes, Caroline organizaba y registraba los datos, y realizaba sus propias observaciones y descubrimientos. Juntos, ampliaron nuestro conocimiento del universo de maneras que todavía resuenan. ■



El telescopio de William Herschel, construido para el Real Observatorio de Madrid, fue traído a España por José de Mendoza y Ríos, quien se encargó de la adquisición y traslado.

1803 D. C.

John Dalton propone su teoría atómica

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, la química era una disciplina en vertiginoso desarrollo, aunque carecía de una base teórica unificada. Los científicos de aquella gloriosa época discutían sobre la naturaleza de los elementos y los compuestos, pero no tenían un modelo claro que explicara cómo se combinaban y reaccionaban las sustancias. Fue en este contexto histórico en el que John Dalton (1766-1844), un modesto profesor y científico autodidacta inglés, desarrolló su revolucionaria teoría atómica.

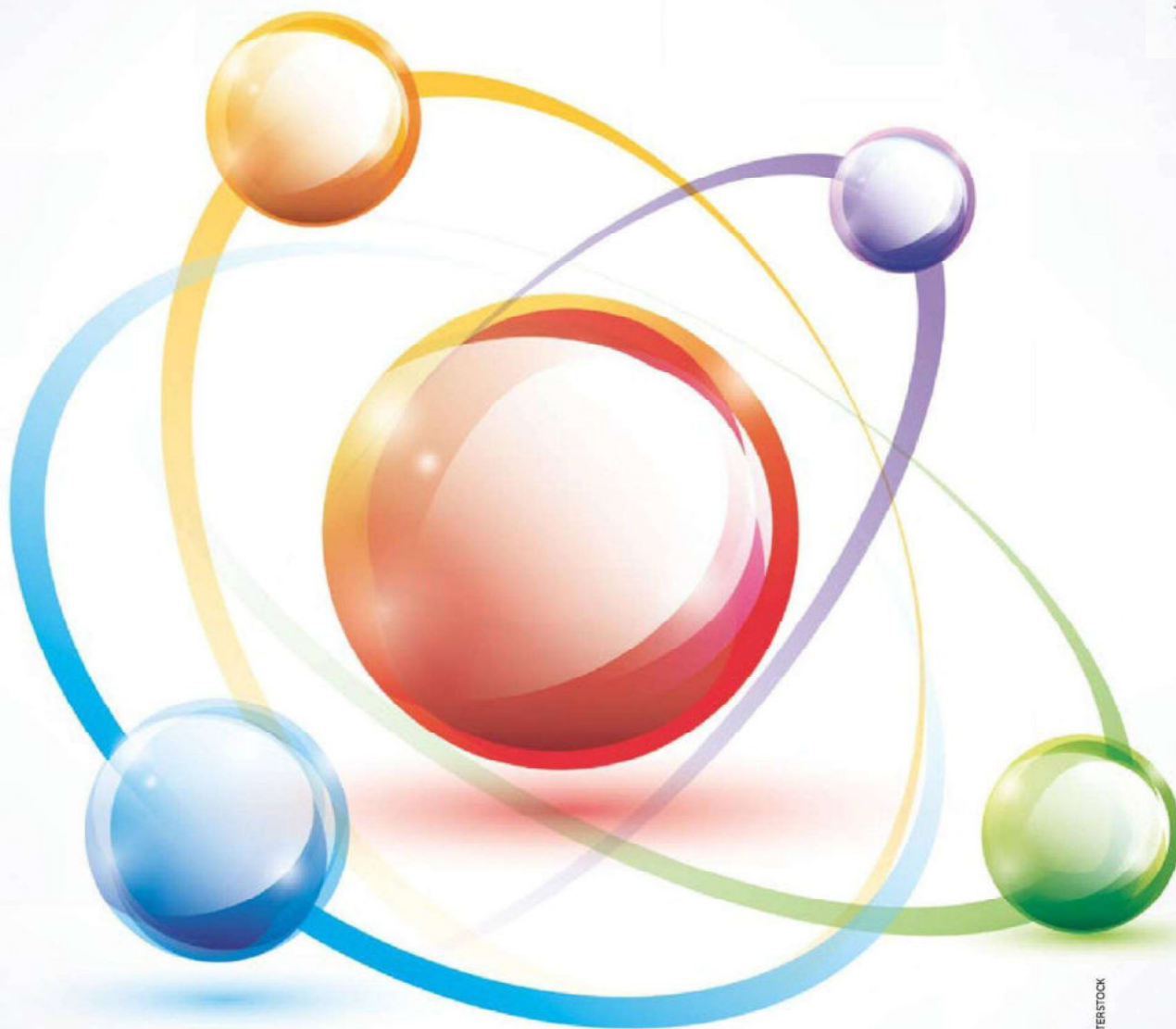
John Dalton nació en Cumberland, Inglaterra, en una familia cuáquera muy humilde. Desde muy pequeño mostró un gran interés por la ciencia y la educación, prueba de ello es lo joven que comenzó su carrera como maestro. A lo largo de su vida, mantuvo una intensa curiosidad por la meteorología, la física y la química, lo que lo llevó a realizar importantes descubrimientos y destacar en estas disciplinas.

SU TEORÍA SE BASABA EN VARIOS POSTULADOS CLAVE

Dalton comenzó su viaje hacia la teoría atómica a través de sus estudios meteorológicos. Mantuvo registros detallados del clima y observó cómo diferentes gases se comportaban en la atmósfera. Fue entonces cuando formuló la ley de las presiones parciales, que establece que, en una mezcla de gases, cada gas ejerce presión independientemente de los otros. Esta idea fue crucial para el desarrollo de su teoría atómica, ya que implicaba que los gases estaban compuestos de partículas individuales que no se influían mutuamente de manera significativa.

En 1803, Dalton presentó sus ideas sobre la teoría atómica. Su teoría se basaba en varios postulados clave:

- Indivisibilidad de los átomos: toda la materia está compuesta de átomos, que son indivisibles e indestructibles.
- Identidad de los átomos del mismo elemento: todos los átomos de un elemento dado son idénticos en masa y propiedades.



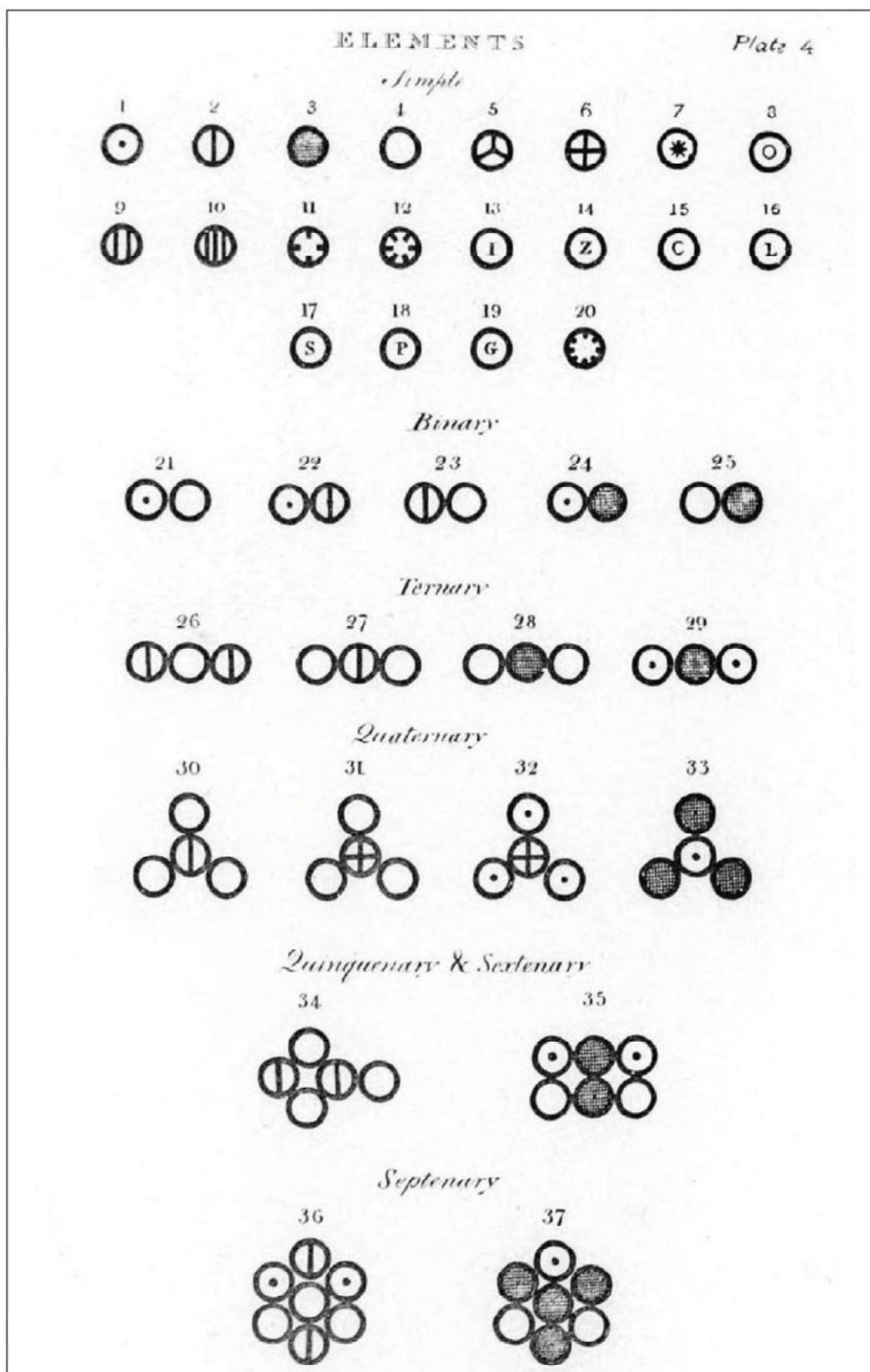
SHUTTERSTOCK

La contribución de Dalton fue revolucionaria porque estableció los fundamentos de la química moderna al proponer que los átomos eran los bloques básicos de construcción de toda la materia.

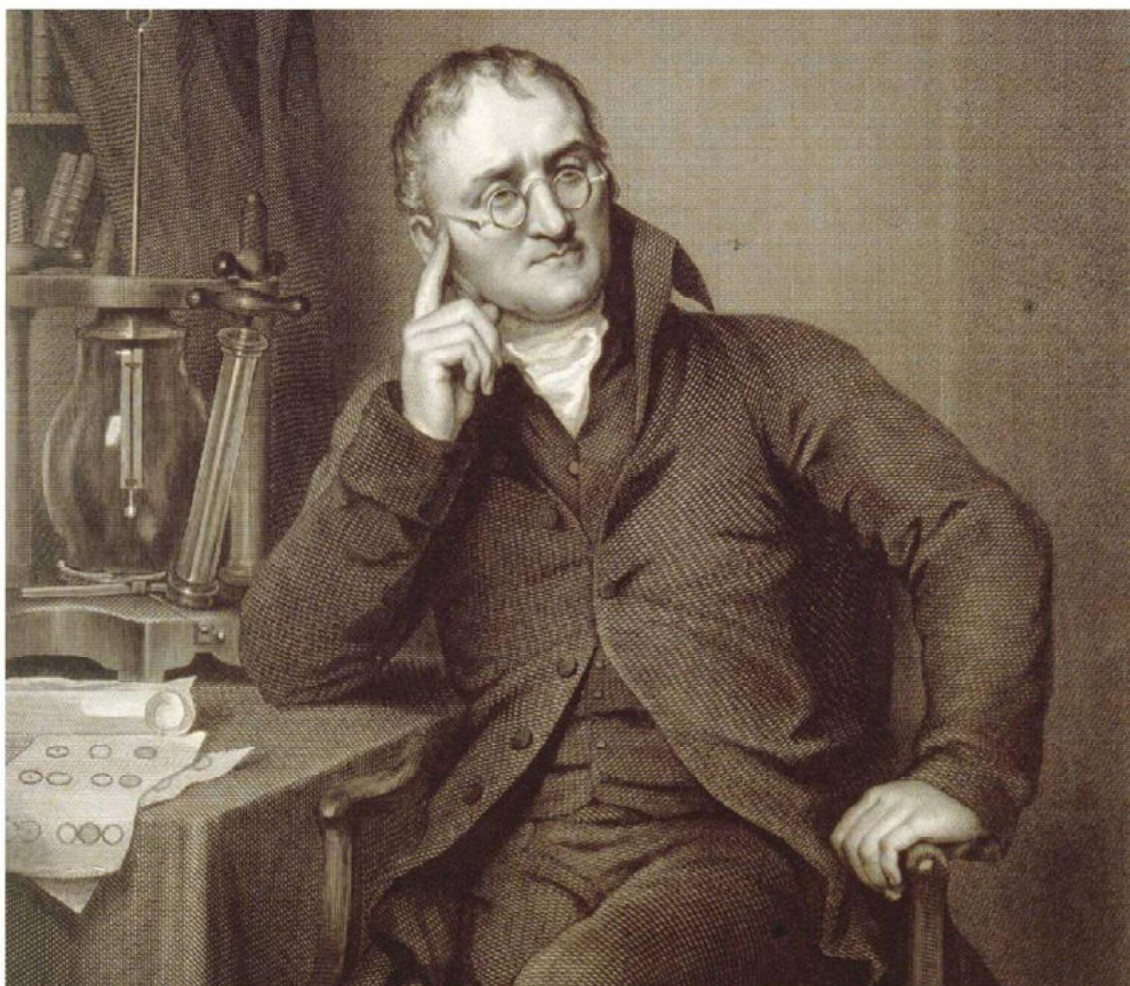
- Diferencias entre átomos de distintos elementos: los átomos de diferentes elementos tienen diferentes masas y propiedades.
- Compuestos como combinaciones de átomos: los compuestos químicos se forman cuando los átomos de diferentes elementos se combinan en proporciones fijas.
- Reacciones químicas como reorganización de átomos: las reacciones químicas implican la reorganización de los átomos; no se crean ni se destruyen átomos en una reacción.

TEORÍA CONFIRMADA EN 1905 POR ALBERT EINSTEIN

En 1808, publicó *Un nuevo sistema de filosofía química*, donde expuso detalladamente su teoría atómica y presentó las primeras tablas de pesos atómicos relativos. La comunidad científica recibió sus ideas con interés y escepticismo, lo esperable. Aunque algunos aspectos de su teoría, como la indivisibilidad de los átomos, fueron corregidos más tarde con el descubrimiento de partículas subatómicas, sus principios fundamentales fueron poco a poco aceptados y sentaron las bases para la química moderna. Supuso un punto de inflexión que permitió a los químicos



Diagramas originales de John Dalton de su teoría atómica y su notación simbólica para los elementos y compuestos químicos, publicados *A New System of Chemical Philosophy* (1808).



Grabado de John Dalton (1823), de W. H. Worthington. Aunque algunos aspectos de su teoría fueron corregidos, sus principios fundamentales fueron poco a poco aceptados.

comprender y predecir mejor las reacciones químicas. La idea de que los átomos se combinan en proporciones definidas y constantes permitió el desarrollo de la estequiometría y facilitó la formulación de leyes químicas más precisas.

Aunque la teoría de Dalton, a la que ahora nos referimos como «Modelo atómico de Dalton», ha sido refinada y ampliada, sus principios básicos siguen siendo válidos. La existencia real de los átomos fue confirmada en 1905 por Albert Einstein, a través de su trabajo sobre el movimiento browniano. El descubrimiento de los electrones, protones y neutrones en el siglo XX reveló que los átomos no son indivisibles, pero la idea de que la materia está compuesta de unidades discretas llamadas átomos sigue siendo fundamental. Además, inspiró investigaciones posteriores que llevaron al desarrollo de la mecánica cuántica y la física de partículas.

La comprensión moderna de los átomos y sus interacciones ha tenido innumerables aplicaciones prácticas. Desde la fabricación de nuevos materiales hasta la medicina, la teoría atómica es crucial para la innovación tecnológica. Por ejemplo, la química de los materiales ha permitido el desarrollo de semiconductores, que son esenciales para la electrónica moderna. En medicina, la radioactividad y la quimioterapia se basan en principios atómicos para diagnosticar y tratar enfermedades. ■

1820 D. C.

Ørsted: electricidad y magnetismo

GETTY

Hans Christian Ørsted realizó un descubrimiento que cambiaría la ciencia para siempre: la relación entre la electricidad y el magnetismo.



Al igual que ocurría con la química, en el periodo de finales del siglo XVIII y principios del XIX, el mundo científico (y también el general) estaba lleno de curiosidad sobre los fenómenos eléctricos y magnéticos, pero se pensaba que eran fuerzas completamente separadas. La mayoría de los científicos no veía ninguna conexión entre ellos. En este entorno, Hans Christian Ørsted (1777-1851), un físico y químico danés, realizó un descubrimiento que cambiaría la ciencia para siempre: la relación entre la electricidad y el magnetismo.

LA BRÚJULA REVELÓ EL ELECTROMAGNETISMO

Hans Christian Ørsted nació en Rudkøbing, Dinamarca. Desde joven, mostró un gran interés por la ciencia, y su formación fue influenciada por el trabajo de Immanuel Kant. Estudió en la Universidad de Copenhague, donde se enfocó en la física, la química y la filosofía. Su carrera incluyó viajes por Europa, donde se relacionó con otros científicos y se empapó de diversas teorías y experimentos que estaban en boga en ese momento.

En abril de 1820, durante una conferencia en la Universidad de Copenhague, Ørsted estaba realizando un experimento con una batería y un alambre cuando observó que la aguja de una brújula que había cerca se desviaba cuando pasaba corriente eléctrica por el alambre. Este fenómeno demostró claramente que el paso de un flujo de corriente eléctrica genera un campo magnético alrededor del conductor. El danés utilizó una pila voltaica, una forma temprana de batería, conectada a un alambre de platino. Al encender y apagar la corriente, la aguja de la brújula se movía, indicando la presencia de un campo magnético generado por la corriente eléctrica. Este descubrimiento fue sorprendente y rompió con la idea establecida de que la electricidad y el magnetismo eran fuerzas independientes.

Ørsted publicó sus hallazgos en un breve tratado en julio de 1820. La comunidad científica quedó fascinada por este descubrimiento y su trabajo fue rápidamente validado y ampliado por otros científicos, incluyendo André-Marie Ampère, quien formuló las leyes matemáticas que describen la relación entre la electricidad y el magnetismo, ahora conocidas como las leyes de Ampère.

CONVERTIR ENERGÍA ELÉCTRICA EN MECÁNICA

El descubrimiento de Ørsted fue fundamental para el desarrollo de la teoría del electromagnetismo. Demostró la conexión entre las fuerzas eléctricas y magnéticas y se convirtió en uno de los gigantes sobre cuyos hombros se apoyaron científicos como James Clerk Maxwell para desarrollar sus avances. Las icónicas ecuaciones de Maxwell, publicadas en 1865, proporcionaron una comprensión completa de los campos electromagnéticos y sobre cómo interactúan.

Su trabajo tuvo implicaciones prácticas inmediatas y duraderas. Su descubrimiento llevó al desarrollo posterior de tecnologías como los electroimanes, motores eléctricos y generadores, que son fundamentales en la vida moderna. Estos dispositivos utilizan la interacción entre electricidad y magnetismo para convertir energía eléctrica en mecánica y viceversa, lo cual es esencial en la generación y distribución de electricidad. ■

1831 D. C.

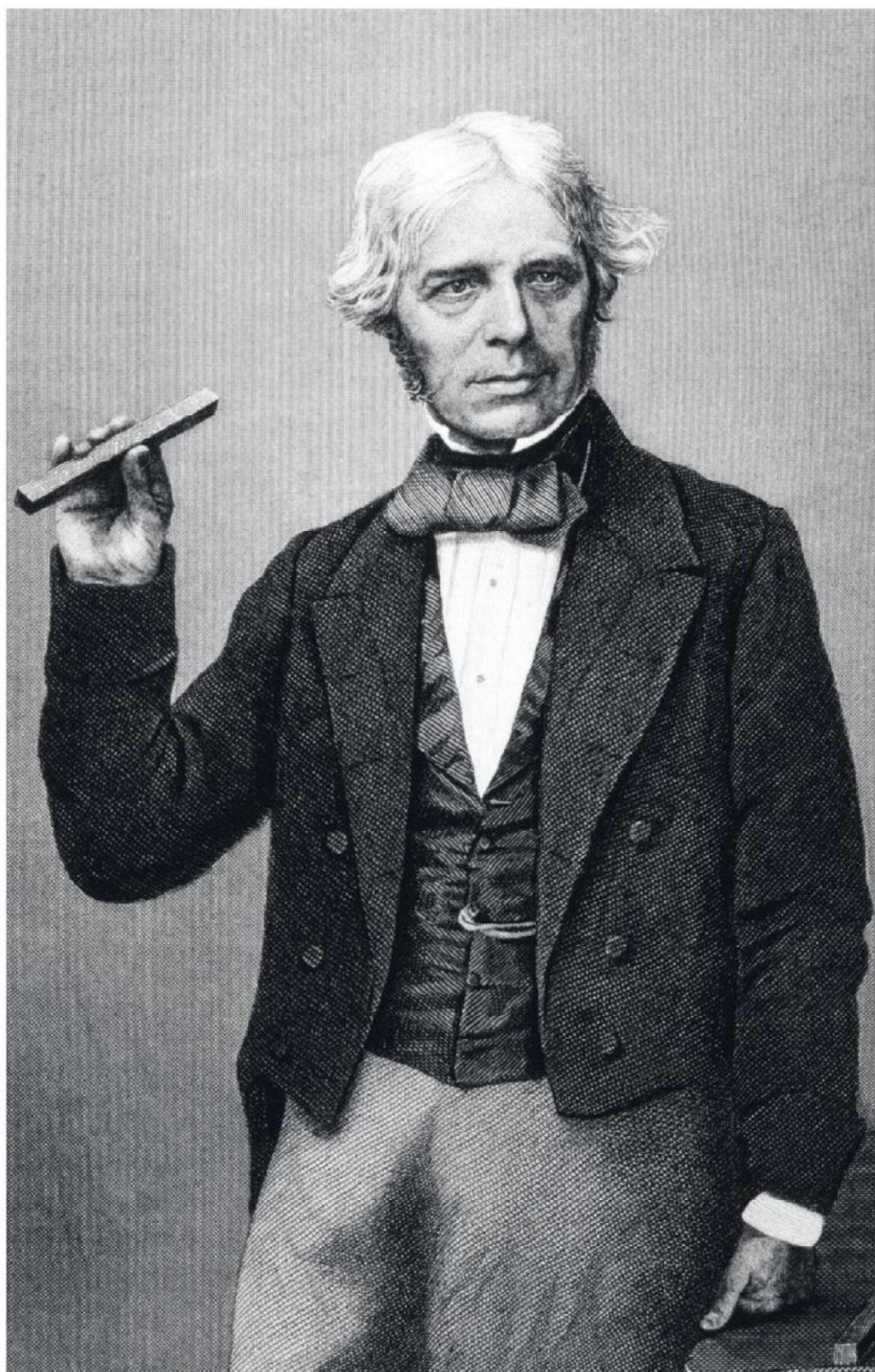
Faraday, el imán y las bobinas

En los primeros años del siglo XIX, la comprensión de la electricidad y el magnetismo estaba en su infancia. Aunque los fenómenos eléctricos y magnéticos eran conocidos, no se entendía muy bien cómo estaban interrelacionados. Esto cambió con la llegada de uno de los mayores genios de la historia de la ciencia, Michael Faraday (1791-1867), un científico británico autodidacta que realizó uno de los descubrimientos más trascendentales de la historia de la física: la inducción electromagnética.

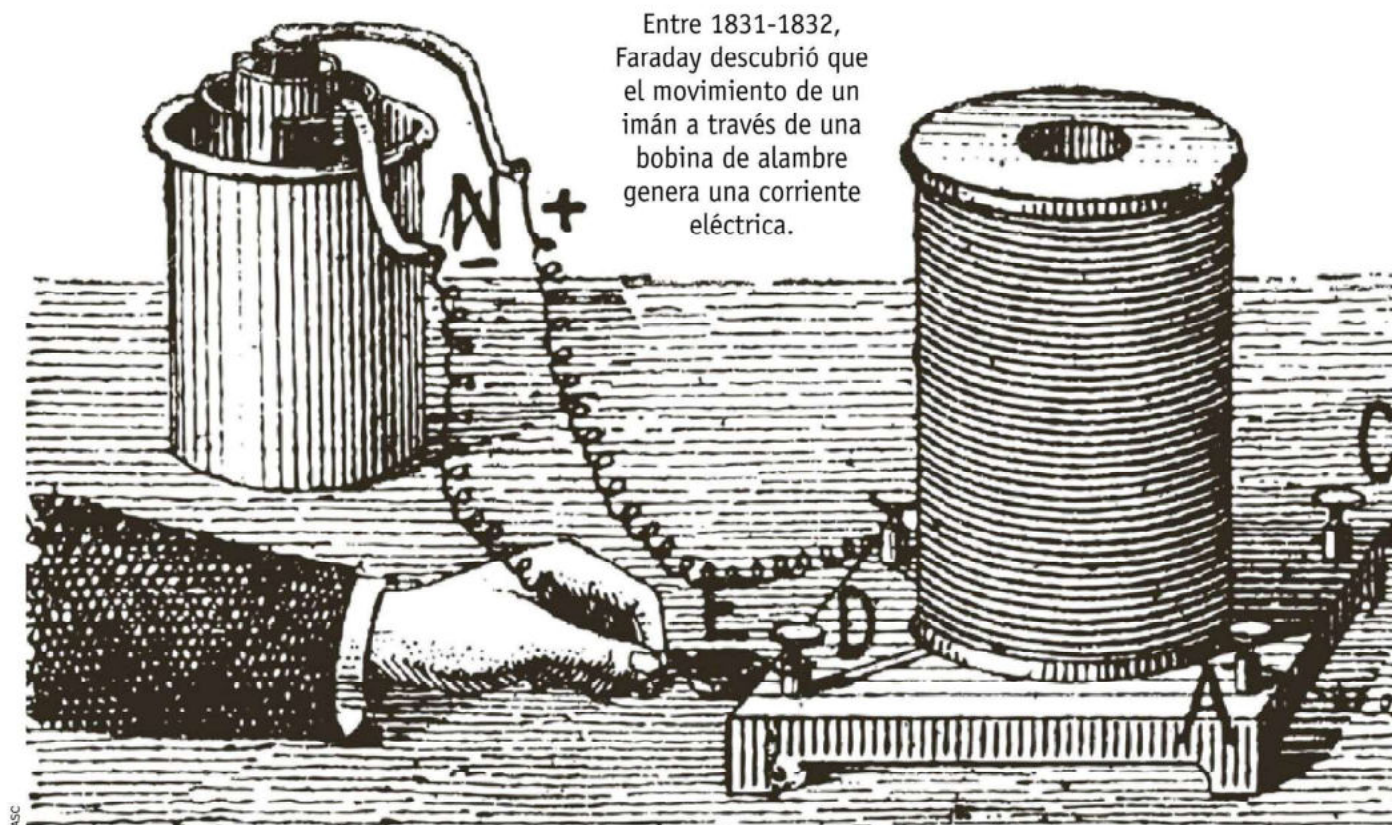
Michael Faraday nació en Newington, Surrey, Inglaterra, en el seno de una familia muy pobre. Desde niño mostró un gran interés por la ciencia, pero nunca tuvo acceso a una educación formal avanzada. Trabajó como aprendiz de encuadernador, lo que le permitió leer numerosos libros científicos que despertaron su pasión por la química y la física. Su oportunidad llegó cuando asistió a las conferencias del famoso químico sir Humphry Davy, quien más tarde lo contrató como asistente de laboratorio. Este puesto fue crucial para el desarrollo de Faraday como científico. Davy, descubridor de seis elementos químicos y uno de los mejores científicos de su tiempo, llegó a decir años después que su mayor descubrimiento, del que se sentía más orgulloso, fue descubrir a Michael Faraday.

En 1831, Faraday realizó un experimento que demostró la inducción electromagnética. Utilizó un anillo de hierro con dos bobinas de alambre enrolladas alrededor de él. Una bobina estaba conectada a una batería y la otra a un galvanómetro, un dispositivo para medir corrientes eléctricas. Faraday observó que, al cerrar y abrir el circuito de la batería, se inducía una corriente eléctrica en la segunda bobina. Este fenómeno demostraba que un campo magnético cambiante podía generar una corriente eléctrica.

A partir de sus experimentos, Faraday formuló la ley de la inducción electromagnética, que establece que el voltaje inducido en un circuito es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético a través del circuito. El descubrimiento de Faraday no solo proporcionó una comprensión fundamental de cómo se generan



Michael Faraday fotografiado en la década de 1850 por firma fotográfica londinense Maull & Polyblank para su serie de *Photographic Portraits of Living Celebrities*.

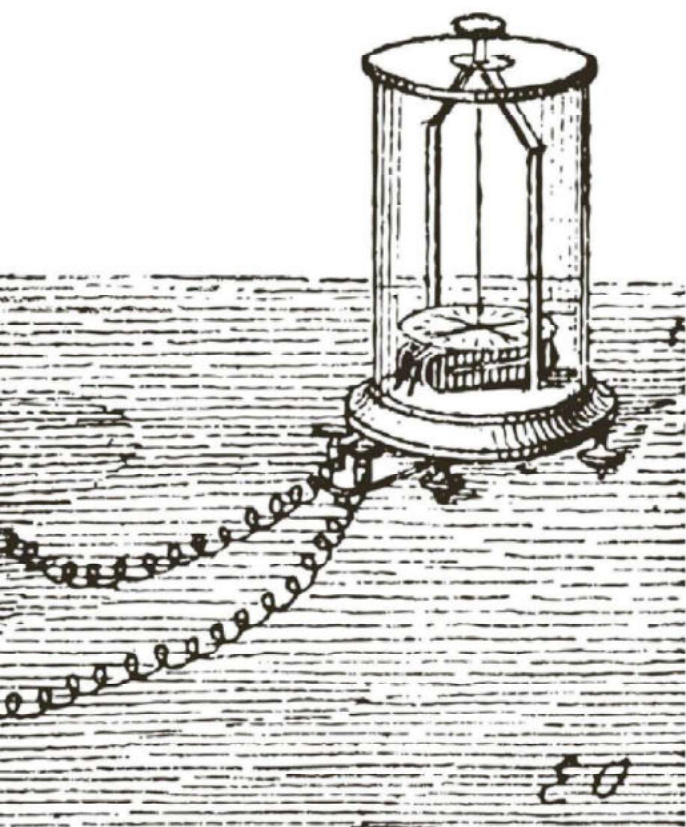


las corrientes eléctricas, sino que también sentó las bases para el desarrollo de tecnologías esenciales como los generadores eléctricos, los motores eléctricos y los transformadores. Estos dispositivos son fundamentales para la producción y distribución de electricidad en el mundo moderno. El hallazgo de la inducción electromagnética revolucionó la tecnología. Los generadores eléctricos, que convierten energía mecánica en energía eléctrica, se basan en los principios de Faraday. Estos generadores son el corazón de las plantas de energía, permitiendo la distribución de electricidad a gran escala. Los motores eléctricos, que convierten energía eléctrica en energía mecánica, se utilizan en innumerables aplicaciones, desde electrodomésticos hasta vehículos eléctricos. También cabe destacar el profundo impacto que las investigaciones de Faraday tuvieron en la física teórica. Sus descubrimientos se añaden a la lista de las bases para el desarrollo de las ecuaciones de Maxwell, que describen la unificación del electromagnetismo.

En honor a sus contribuciones, la unidad de capacidad eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades se llama «faradio» (F). Esta unidad mide la capacidad de un cuerpo para almacenar carga eléctrica, y su uso refleja importancia del trabajo de Faraday en la historia de la ciencia y la tecnología, en la construcción del mundo moderno tal y como lo conocemos.

GRAN HUMILDAD Y PROFUNDAS CONVICCIONES RELIGIOSAS

A pesar de su falta de educación formal, Faraday se convirtió en uno de los científicos más influyentes de su tiempo. Fue miembro de la Royal Institution, donde realizó la mayor parte de su trabajo, y su dedicación a la ciencia pura le permitió hacer



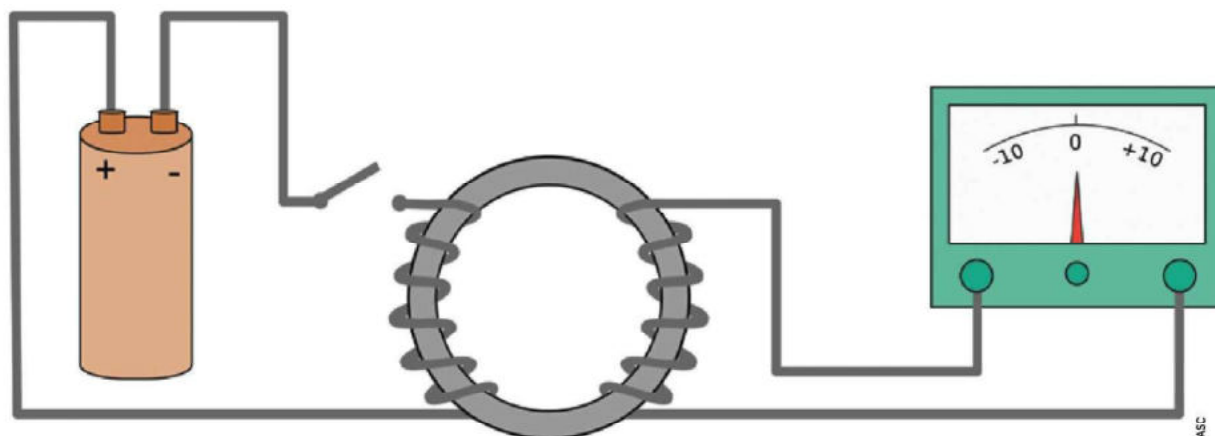
descubrimientos que cambiaron el mundo. Además de la inducción electromagnética, Faraday también hizo importantes contribuciones en la química, descubriendo el benceno y desarrollando las leyes de la electrólisis.

Los principios descubiertos por Faraday son la base de muchas tecnologías de nuestra vida cotidiana que nos hacen la vida más fácil. Los motores y generadores eléctricos son esenciales para la infraestructura energética global. Los transformadores, que también se basan en la inducción electromagnética, permiten la transmisión eficiente de electricidad a largas distancias, haciendo posible la existencia de redes eléctricas nacionales e internacionales. Y mucho más.

Faraday no solo es recordado por su brillante carrera científica, sino también por su humildad y profundas convicciones religiosas. Rechazó ofertas lucrativas de la industria para continuar con su investigación académica y nunca alardeó de sus éxitos. Su

vida y trabajo siguen inspirando a científicos y estudiantes de todo el mundo, demostrando que la pasión y la curiosidad pueden llevar a descubrimientos extraordinarios, incluso en ausencia de una educación formal avanzada.

El trabajo de Faraday pervive en la investigación científica contemporánea. Los avances en la física de partículas, la teoría de campos cuánticos y la tecnología de materiales magnéticos y superconductores están profundamente enraizados en los principios que Faraday ayudó a establecer. La física moderna sigue explorando las implicaciones de sus descubrimientos, llevando a innovaciones que podrían transformar aún más nuestra comprensión y utilización de la energía. ■



El experimento de Faraday de la fuerza electromotriz (FEM) demuestra cómo un cambio en un campo magnético puede inducir una corriente eléctrica en un circuito.

1838 D. C.

Las plantas son células, según Schleiden

Durante la primera mitad del siglo XIX, la biología estaba en un estado de transición. A pesar de que se habían hecho observaciones de células desde el siglo XVII, no existía una comprensión clara de su papel en la estructura y función de los organismos. En este contexto, Matthias Jakob Schleiden (1804-1881), un botánico alemán, hizo una observación revolucionaria: todas las plantas están compuestas de células. Esta idea, junto con las contribuciones de Theodor Schwann (1810-1882) sobre los animales, estableció la teoría celular como uno de los pilares fundamentales de la biología moderna.

Matthias Jakob Schleiden nació en Hamburgo, Alemania. Inicialmente, estudió derecho en la Universidad de Heidelberg, pero su interés por la botánica lo llevó a cambiar de carrera. Se convirtió en profesor de botánica en la Universidad de Jena, donde realizó gran parte de su trabajo pionero. La vida de Schleiden estuvo marcada por su pasión por la investigación científica y su deseo de establecer la botánica como una ciencia basada en principios empíricos y observacionales.

LA TEORÍA CELULAR PROPORCIONÓ EL MARCO UNIFICADOR

En 1838, Schleiden publicó su obra más influyente, en la que propuso que todas las plantas están compuestas de células. Gracias al microscopio, que en ese momento había mejorado significativamente, observó que todas las partes de las plantas, desde las hojas hasta las raíces, estaban formadas por estructuras celulares. Esta observación fue crucial, ya que permitió a los científicos entender que la célula es la unidad básica de la vida. También inspiró a su colega Theodor Schwann a investigar la estructura celular en animales. En 1839, Schwann publicó sus hallazgos, confirmando que los tejidos animales también están compuestos de células. Juntos, estos descubrimientos sentaron las bases de la teoría celular, que establece que todos los seres vivos están formados por células y que

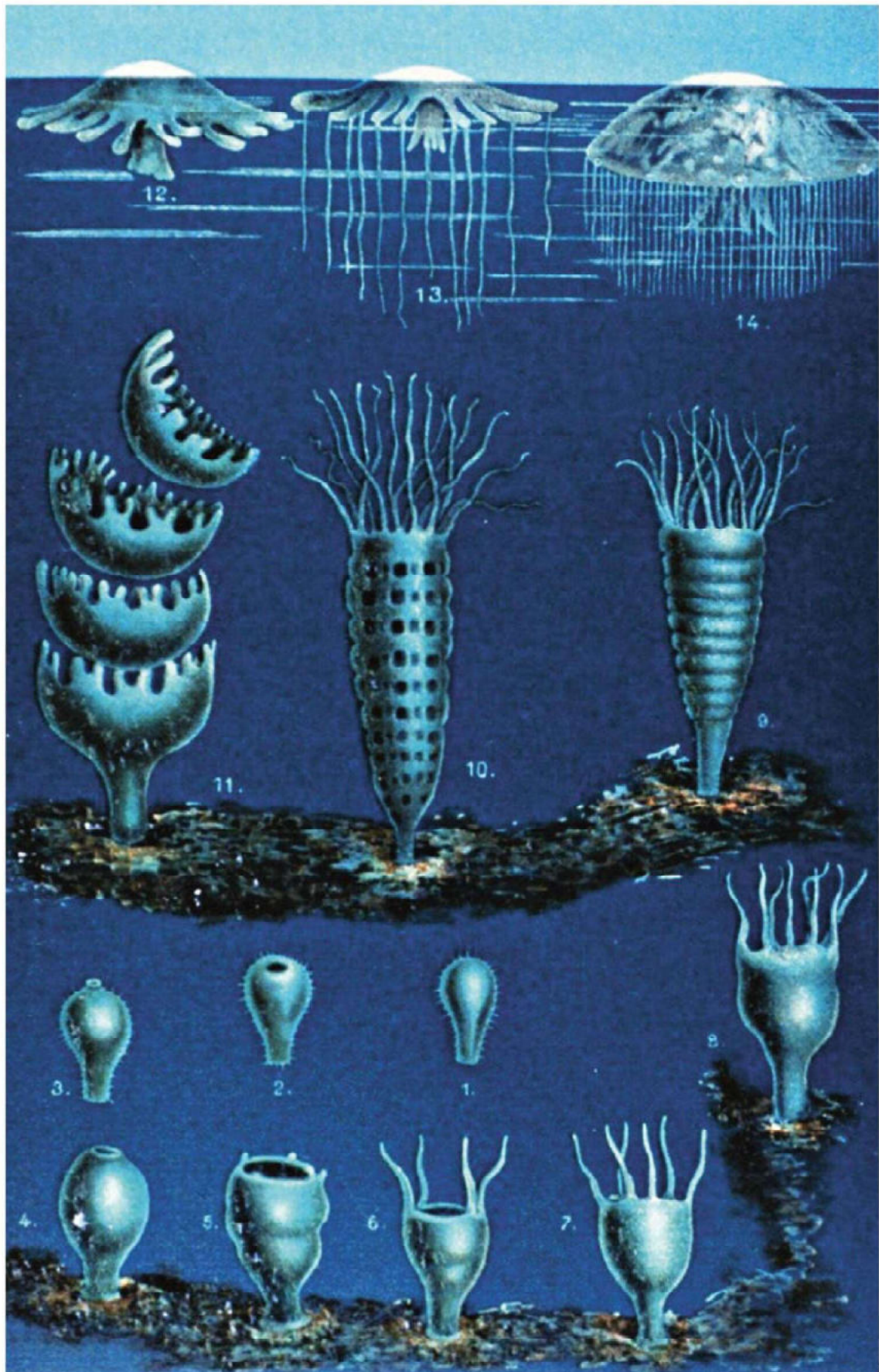
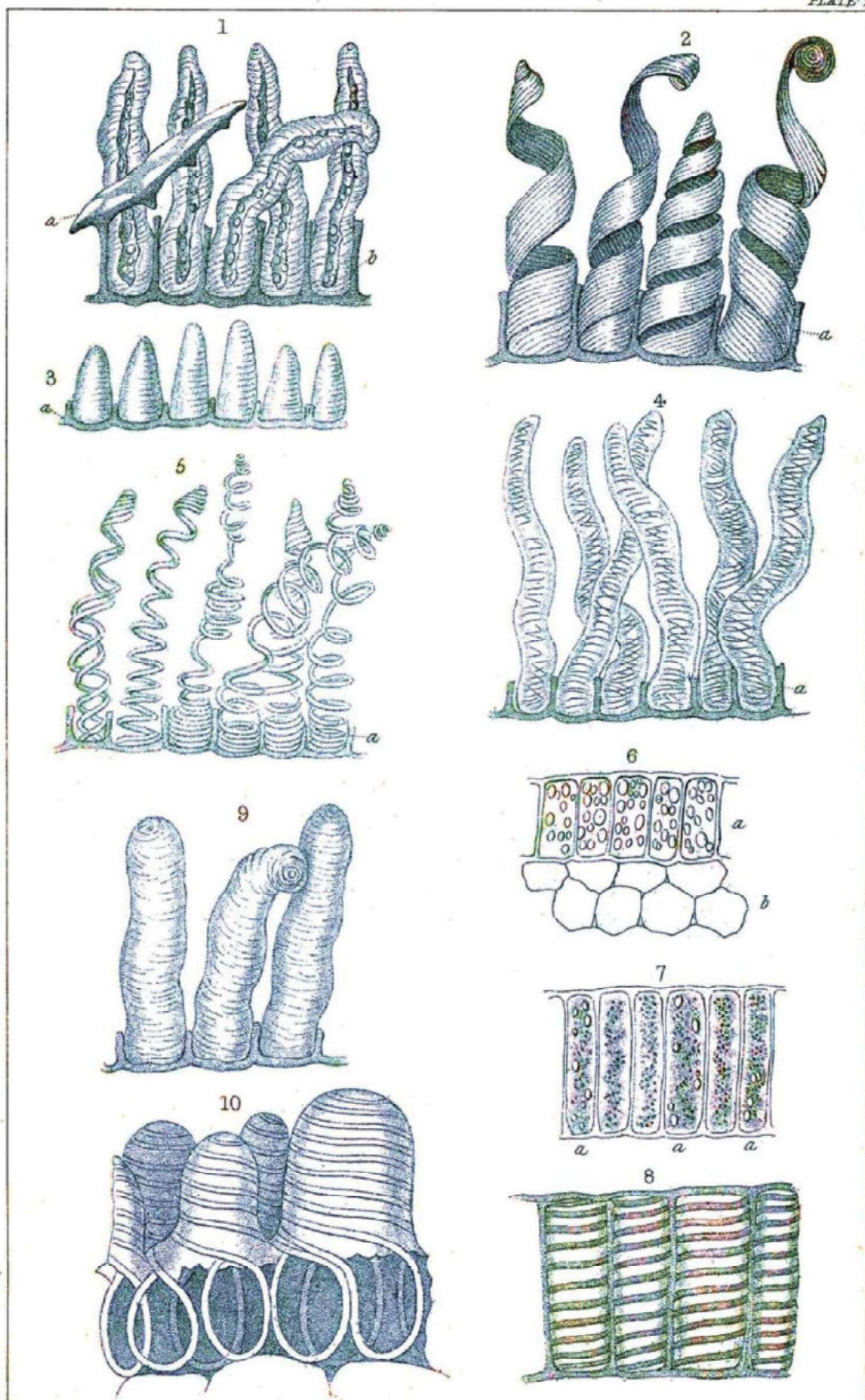


Ilustración del desarrollo de la medusa en la obra *Das Meer*, de Matthias Jakob Schleiden. Schleiden inspiró a Theodor Schwann a investigar la estructura celular en animales.



Boceto realizado por Schleiden de diferentes tipos de células vegetales, incluyendo la epidermis de los pericarpios y diversas estructuras celulares presentes en las semillas.



ASC

Gracias a Schleiden se comprendió que las células son las unidades básicas de la vida y permitió a los científicos investigar los procesos moleculares que ocurren dentro de las células.

estas son la unidad básica de la estructura y función de los organismos. Ahora nos parece obvio, pero en su momento fue toda una revelación.

La propuesta de Schleiden de que todas las plantas están hechas de células representó un avance monumental en la biología. Antes de su trabajo, la comprensión de la estructura y función de los organismos era vaga y fragmentada. La teoría celular proporcionó el marco unificador que permitió a los científicos estudiar los organismos de manera sistemática y coherente. Esta teoría no solo explicó la estructura de los organismos, sino que también permitió entender mejor los procesos biológicos fundamentales como el crecimiento, la reproducción y la enfermedad. La teoría celular

también tuvo un impacto profundo en la metodología científica. Estableció la importancia de la observación y la experimentación cuidadosa, principios que son fundamentales en la investigación científica moderna. La capacidad de visualizar y estudiar las células abrió nuevas áreas de investigación, incluyendo la fisiología celular, la genética y la biología del desarrollo.

UNIDADES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES

El trabajo de Schleiden y Schwann sirvió como trampolín para el desarrollo de la biología molecular. La comprensión de que las células son las unidades básicas de la vida permitió a los científicos investigar los procesos moleculares que ocurren dentro de las células. Descubrimientos posteriores, como la estructura del ADN y la síntesis de proteínas se basaron en la premisa de que las células son las unidades funcionales y estructurales de todos los organismos vivos. Otra área del conocimiento que también se vio afectada fue la medicina. La comprensión de que las enfermedades a menudo resultan de disfunciones celulares ha llevado al desarrollo de nuevas terapias y tratamientos. Por ejemplo, el cáncer se entiende ahora como una enfermedad de crecimiento celular descontrolado, y la investigación en células madre se basa en la capacidad de las células para diferenciarse y regenerar tejidos.

Hoy en día, la teoría celular es una parte fundamental de la educación en biología. Se enseña en todos los niveles, desde la escuela primaria hasta la universidad, y forma la base de la comprensión de los estudiantes sobre la estructura y función de los organismos vivos. ■

1843 D. C.

Ada Lovelace crea la programación

Ada Lovelace (1815-1852) es una de esas figuras históricas que, a pesar de su importancia, durante mucho tiempo permaneció en las sombras de la ciencia. Sin embargo, su contribución a la informática moderna es innegable. Nacida como Augusta Ada Byron a finales de 1815, fue hija del célebre poeta británico Lord Byron y de Annabella Milbanke, una mujer apasionada de las matemáticas y la lógica. Aunque la vida de Lovelace fue breve, murió con apenas treinta y siete años, sus ideas fueron increíblemente visionarias y es reconocida como la primera programadora de la historia.

Para entender la magnitud del logro de Ada Lovelace es crucial tener en cuenta el contexto histórico en el que vivió. En el siglo xix, las mujeres estaban casi completamente excluidas de los campos científicos y matemáticos. A pesar de estos obstáculos, Ada, alentada por su madre, recibió una educación en matemáticas desde temprana edad, algo inusual para una mujer de su tiempo. Annabella Milbanke, conocida como la «princesa de los paralelogramos», un calificativo que le otorgó su marido por sus habilidades matemáticas, quería que su hija se distanciara del comportamiento volátil de su padre, Lord Byron, y creía que las matemáticas podrían proporcionar ese equilibrio.

EL PRIMER PROGRAMA DE COMPUTADORA DE LA HISTORIA

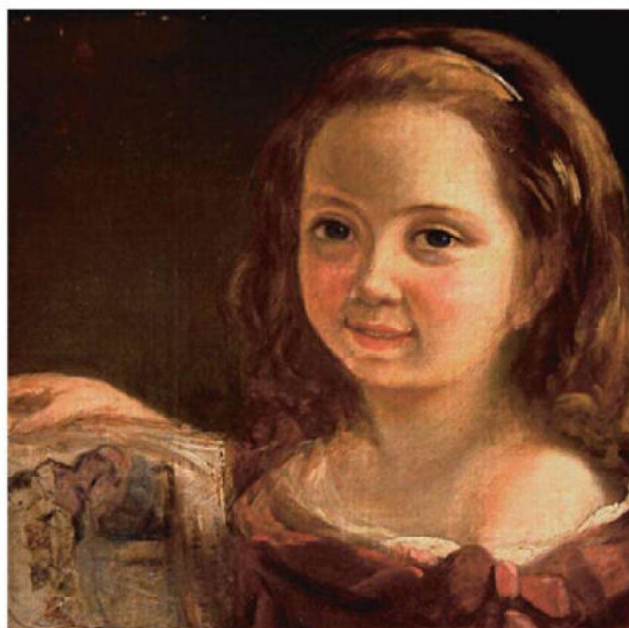
En 1833, conoció a Charles Babbage, un matemático e inventor británico cuando tenía tan solo 17 años. Babbage estaba trabajando en su «máquina analítica», un concepto que fue precursor de las computadoras modernas. La máquina analítica de Babbage era un dispositivo mecánico que podía realizar cálculos y almacenar datos, un avance radical para la época. Aunque Babbage nunca construyó la máquina en su totalidad, su diseño contenía todos los elementos esenciales de una máquina computadora moderna: una unidad aritmética, una unidad de



Retrato de Ada
Lovelace (1836), de
la pintora inglesa
Margaret Carpenter.

ASC

control, memoria y entradas y salidas. Fascinada por las ideas de Babbage, Ada Lovelace se sumergió en el estudio de la máquina analítica y comenzó a trabajar con él. En 1842, el matemático italiano Luigi Menabrea publicó una descripción de la máquina analítica en francés y Babbage pidió a Ada que tradujera el texto al inglés. Lovelace no solo tradujo el artículo, sino que también agregó un conjunto de notas propias que triplicaban el tamaño del texto original. Fue en estas notas donde Ada Lovelace dejó su huella en la historia de la informática. Entre las notas que Ada Lovelace añadió a la traducción del artículo de Menabrea, una de las más destacables es la que describe un algoritmo para calcular los números de Bernoulli utilizando la máquina analítica. Este algoritmo se considera el primer programa de computadora de la his-



Retrato de Augusta Ada Byron (c. 1822), del pintor amateur, mecenas y dandy francés Alfred d'Orsay.

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 722 et seq.)

Number of Operations	Statement of Operations	Variables used upon	Variables resulting	Instruction of change in the value in any Variable	Statement of Results	Data												Working Variables				Result Variables			
						V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{16}	V_{17}	V_{18}	V_{19}	V_{20}
1	$V_1 \times V_1$	V_2	$V_2 = V_1^2$	$-2n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	$V_2 - V_1$	V_3	$V_3 = V_2 - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
3	$V_3 + V_1$	V_4	$V_4 = V_3 + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
4	$V_4 - V_1$	V_5	$V_5 = V_4 - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
5	$V_5 + V_1$	V_6	$V_6 = V_5 + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
6	$V_6 - V_1$	V_7	$V_7 = V_6 - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
7	$V_7 + V_1$	V_8	$V_8 = V_7 + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
8	$V_8 - V_1$	V_9	$V_9 = V_8 - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
9	$V_9 + V_1$	V_{10}	$V_{10} = V_9 + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
10	$V_{10} - V_1$	V_{11}	$V_{11} = V_{10} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
11	$V_{11} + V_1$	V_{12}	$V_{12} = V_{11} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
12	$V_{12} - V_1$	V_{13}	$V_{13} = V_{12} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
13	$V_{13} + V_1$	V_{14}	$V_{14} = V_{13} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
14	$V_{14} - V_1$	V_{15}	$V_{15} = V_{14} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
15	$V_{15} + V_1$	V_{16}	$V_{16} = V_{15} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
16	$V_{16} - V_1$	V_{17}	$V_{17} = V_{16} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
17	$V_{17} + V_1$	V_{18}	$V_{18} = V_{17} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
18	$V_{18} - V_1$	V_{19}	$V_{19} = V_{18} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
19	$V_{19} + V_1$	V_{20}	$V_{20} = V_{19} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
20	$V_{20} - V_1$	V_{21}	$V_{21} = V_{20} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	$V_{21} + V_1$	V_{22}	$V_{22} = V_{21} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
22	$V_{22} - V_1$	V_{23}	$V_{23} = V_{22} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
23	$V_{23} + V_1$	V_{24}	$V_{24} = V_{23} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
24	$V_{24} - V_1$	V_{25}	$V_{25} = V_{24} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
25	$V_{25} + V_1$	V_{26}	$V_{26} = V_{25} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
26	$V_{26} - V_1$	V_{27}	$V_{27} = V_{26} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
27	$V_{27} + V_1$	V_{28}	$V_{28} = V_{27} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
28	$V_{28} - V_1$	V_{29}	$V_{29} = V_{28} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
29	$V_{29} + V_1$	V_{30}	$V_{30} = V_{29} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
30	$V_{30} - V_1$	V_{31}	$V_{31} = V_{30} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
31	$V_{31} + V_1$	V_{32}	$V_{32} = V_{31} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
32	$V_{32} - V_1$	V_{33}	$V_{33} = V_{32} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
33	$V_{33} + V_1$	V_{34}	$V_{34} = V_{33} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
34	$V_{34} - V_1$	V_{35}	$V_{35} = V_{34} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
35	$V_{35} + V_1$	V_{36}	$V_{36} = V_{35} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
36	$V_{36} - V_1$	V_{37}	$V_{37} = V_{36} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
37	$V_{37} + V_1$	V_{38}	$V_{38} = V_{37} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
38	$V_{38} - V_1$	V_{39}	$V_{39} = V_{38} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
39	$V_{39} + V_1$	V_{40}	$V_{40} = V_{39} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
40	$V_{40} - V_1$	V_{41}	$V_{41} = V_{40} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
41	$V_{41} + V_1$	V_{42}	$V_{42} = V_{41} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
42	$V_{42} - V_1$	V_{43}	$V_{43} = V_{42} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
43	$V_{43} + V_1$	V_{44}	$V_{44} = V_{43} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
44	$V_{44} - V_1$	V_{45}	$V_{45} = V_{44} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
45	$V_{45} + V_1$	V_{46}	$V_{46} = V_{45} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
46	$V_{46} - V_1$	V_{47}	$V_{47} = V_{46} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
47	$V_{47} + V_1$	V_{48}	$V_{48} = V_{47} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
48	$V_{48} - V_1$	V_{49}	$V_{49} = V_{48} - V_1$	$-2n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
49	$V_{49} + V_1$	V_{50}	$V_{50} = V_{49} + V_1$	$-2n+1$	1	2	3	4	5																



Lord Byron in Albanian dress (c. 1835), de Thomas Phillips. Ada fue la única hija legítima de Byron. Sus otras hijas fueron Allegra Byron, muerta a los 5 años, y posiblemente Elizabeth Medora Leigh.

toria. Lo eminente de este trabajo es que Lovelace no solo describió cómo se podría programar la máquina para realizar cálculos específicos, sino que también reconoció el potencial de la máquina analítica para ir más allá de las simples operaciones numéricas. Fue una visionaria al prever que las máquinas podrían hacer más que cálculos matemáticos, podrían manipular símbolos y, por lo tanto, crear música, arte o cualquier otra cosa que pudiera ser representada simbólicamente. Este es un concepto clave en la informática moderna y demuestra que comprendió la esencia de lo que hoy llamamos programación. Resulta particularmente significativo que viera el potencial de las máquinas para realizar tareas que no eran puramente matemáticas. Esta comprensión anticipó el desarrollo de la inteligencia artifi-

cial y las aplicaciones informáticas modernas en campos como la música, el arte y la literatura. En un momento en que las computadoras estaban lejos de ser una realidad tangible, Lovelace ya estaba imaginando un futuro en el que las máquinas podrían realizar tareas complejas y creativas.

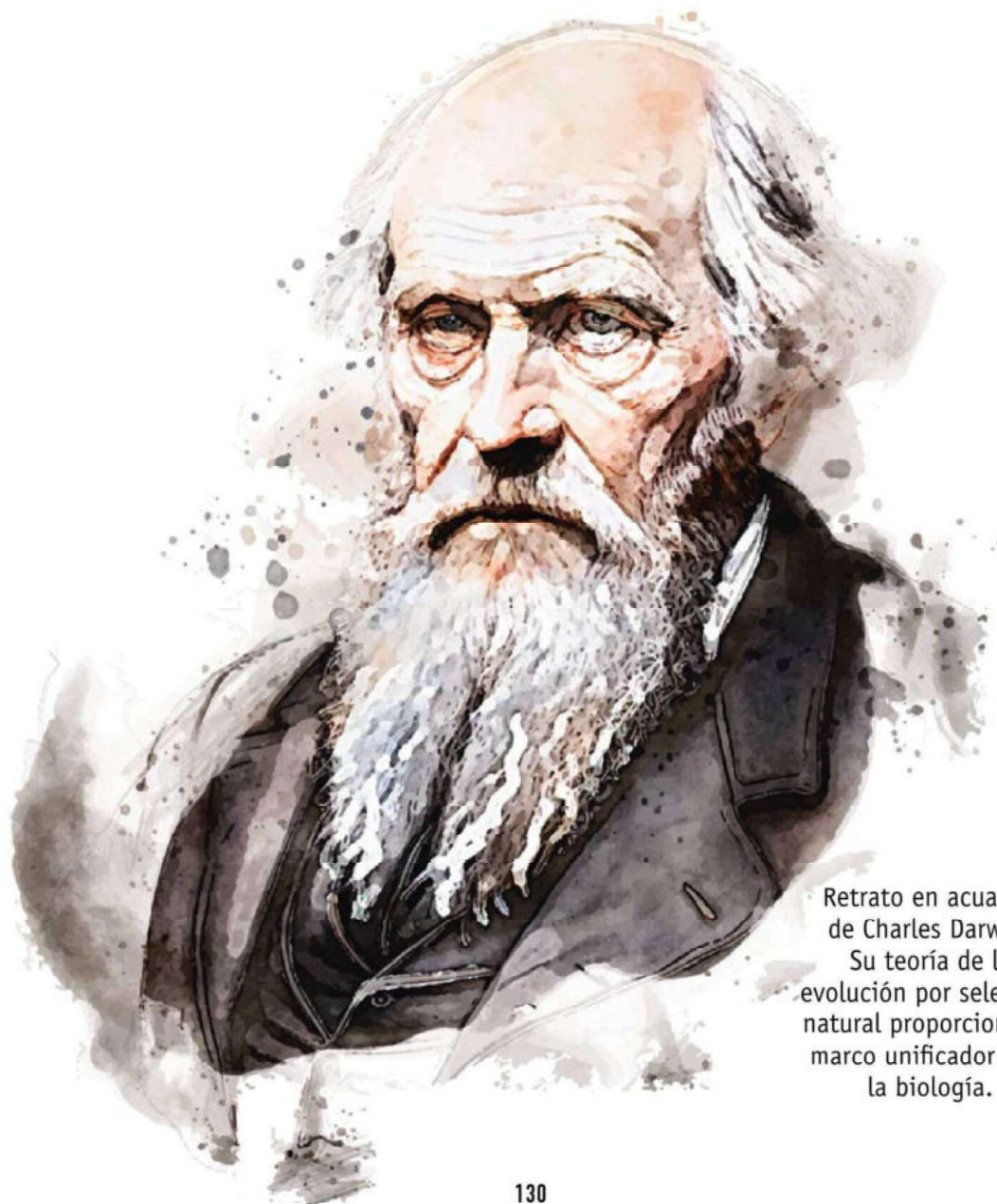
SU LEGADO HA INSPIRADO A QUIENES LUCHAN POR LA IGUALDAD

El trabajo de Ada Lovelace no solo marcó el nacimiento de la programación informática, sino que también desafió las nociones preconcebidas de lo que las mujeres podían lograr en ciencia y matemáticas en su época. Aunque sus contribuciones no fueron ampliamente reconocidas durante su vida y la máquina analítica de Babbage nunca se completó, su trabajo sentó las bases para futuras generaciones de científicos e ingenieros.

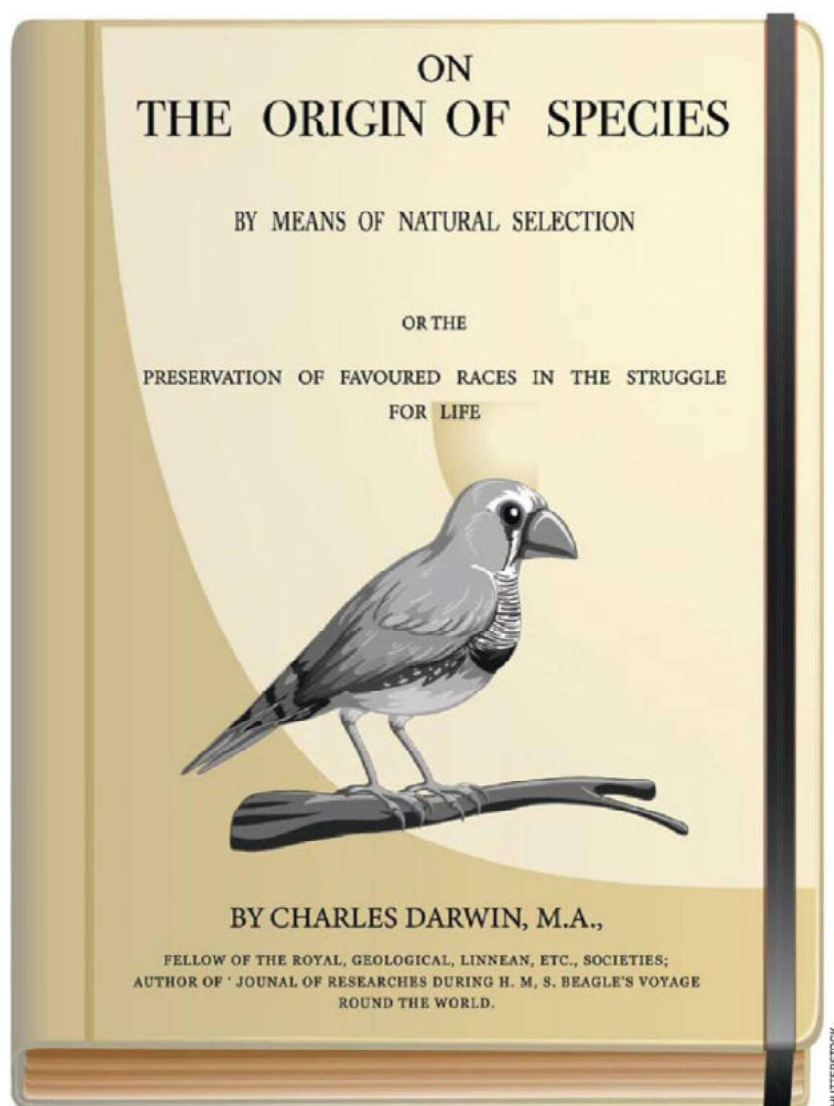
Tras su muerte en 1852, tanto la figura de Ada Lovelace como su trabajo cayeron en el olvido. No fue hasta el siglo xx que los historiadores de la computación redescubrieron sus notas y comenzaron a reconocer su importancia. Actualmente, Lovelace es celebrada como una pionera de la informática y un símbolo de las mujeres en la ciencia. Su legado ha inspirado a quienes luchan por la igualdad de género en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Cada año, el segundo martes de octubre se celebra el Día de Ada Lovelace, un día internacional que reconoce los logros de las mujeres en STEM y promueve la participación de más mujeres en disciplinas científicas y tecnológicas. ■

1859 D. C.

Darwin publica *El origen de las especies*



Retrato en acuarela
de Charles Darwin.
Su teoría de la
evolución por selección
natural proporcionó un
marco unificador para
la biología.



Darwin no usó la palabra «evolución» ni una sola vez en la primera edición del libro. En su lugar, hablaba de «descendencia con modificación».

A mediados del siglo XIX, un naturalista británico llamado Charles Darwin (1809-1882) cambió para siempre nuestra comprensión de la vida en la Tierra. Darwin nació en Shrewsbury, Inglaterra. Su travesía a bordo del HMS *Beagle* entre 1831 y 1836 fue crucial para sus futuras teorías, proporcionándole una extensa colección de observaciones y especímenes de diferentes partes del mundo, especialmente de las islas Galápagos.

Durante su viaje en el *Beagle*, Darwin recolectó una inmensa cantidad de datos sobre flora, fauna y geología. Observó cómo las especies variaban de una isla a otra en las Galápagos; por ejemplo, las diferencias en los picos de los pinzones sugerían adaptaciones a diferentes ambientes alimenticios. Estas observaciones fueron fundamentales para que Darwin comenzara a cuestionar las ideas prevalecientes sobre la inmutabilidad de las especies. De regreso en Inglaterra, Darwin leyó *Ensayo sobre el principio de la población*, de Thomas Malthus. Este argumentaba que las poblaciones tendían a crecer hasta que los recursos limitados restringían su tamaño. Darwin aplicó esta idea al mundo natural, razonando que, en la lucha por



SHUTTERSTOCK

Ejemplos de diferentes especies de passeriformes. Los géneros *Corvus*, *Geospiza* y *Certhidea*. Charles Darwin se dio cuenta de que de las diferencias en los picos de las aves sugerían adaptaciones a diferentes ambientes alimentarios.

la existencia, las variaciones favorables permitían a ciertos individuos sobrevivir y reproducirse más exitosamente, un proceso que denominó «selección natural». La teoría de la evolución por selección natural proporcionó un marco unificador para la biología. Explicó la diversidad de la vida y ofreció una explicación para la adaptación y la especiación. Antes de Darwin, las especies se consideraban entidades fijas e inmutables creadas de manera independiente. La evolución demostró que la vida es un continuo proceso de cambio y adaptación, impulsado por presiones ambientales y la variabilidad genética.

LA IDEA DEL ANCESTRO COMÚN FUE MUY CONTROVERTIDA

En 1859, Darwin publicó *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Este libro revolucionario presentó la idea de que todas las especies de seres vivos evolucionan a partir de ancestros comunes a través del proceso de selección natural. La obra fue recibida con una mezcla de entusiasmo y controversia, lo que sacudió los fundamentos de la biología y la sociedad victoriana. También tuvo un impacto significativo en la paleontología y la geología. Al demostrar que las especies podían cambiar con el tiempo, proporcionó una explicación para los fósiles de formas de vida extintas y para las similitudes entre especies en diferentes continentes. Esto también apoyó la teoría de la tectónica de placas, que explica la distribución de las especies en relación con el movimiento de las masas terrestres.

La publicación de *El origen de las especies* generó un intenso debate. La idea de que los humanos compartían un ancestro común con otros animales fue muy controvertida. Sin embargo, el libro ganó rápidamente aceptación entre muchos científicos debido a la acumulación de evidencia presentada por Darwin y otros investigadores que siguieron su trabajo. Thomas Henry Huxley, conocido como el «bulldog de Darwin», fue un ferviente defensor de la teoría de la evolución. En debates públicos y publicaciones, Huxley defendió la selección natural y ayudó a popularizar las ideas de Darwin. Su apoyo fue crucial para la aceptación de la evolución en la comunidad científica y el público en general.

La teoría de la evolución supuso un cambio de paradigma en la ciencia biológica y en la concepción que el ser humano tenía de sí mismo hasta entonces. Gracias a la síntesis evolutiva moderna, que combina la genética mendeliana con la selección natural darwiniana, hemos podido entender cómo los genes y las mutaciones contribuyen a la variabilidad y la adaptación. Los avances en biología molecular han permitido a los científicos rastrear la evolución de los organismos a nivel genético, confirmando y ampliando las ideas de Darwin.

La evolución tiene aplicaciones directas y fundamentales en la medicina y la salud pública. Comprender cómo evolucionan los patógenos permite desarrollar estrategias más efectivas para combatir enfermedades infecciosas. Además, la teoría de la evolución es clave para abordar la resistencia a los antibióticos, lo que facilita el diseño de tratamientos más eficientes y la formulación de políticas adecuadas para su uso. En el ámbito de la ecología y la conservación, la teoría evolutiva es esencial para comprender cómo las especies se adaptan a sus entornos y cómo pueden responder al cambio climático. La conservación de la biodiversidad se basa en el conocimiento de las relaciones evolutivas entre las especies y su capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes. ■

1864 D. C.

Pasteur, Bernard y la pasteurización

Cualquier tiempo pasado nunca fue mejor. Las enfermedades transmitidas por alimentos y bebidas nos han acompañado durante milenios, siendo una causa común de epidemias y muertes. Enfermedades como la fiebre tifoidea, la difteria y la escarlatina se propagaban fácilmente a través de productos contaminados. En este contexto, el trabajo de Louis Pasteur (1822-1895) y Claude Bernard (1813-1878) en la pasteurización emergió como una solución revolucionaria para mejorar la seguridad alimentaria y la salud pública.

Louis Pasteur nació a finales de 1822 en Dole, Francia. Fue alumno de la École Normale Supérieure de París y destacó como estudiante en los campos de la química y la microbiología. Pasteur es conocido por sus múltiples contribuciones científicas, incluyendo la teoría germinal de las enfermedades y la creación de vacunas para la rabia y el ántrax. Su trabajo en la fermentación lo llevó a desarrollar el proceso de pasteurización.

Claude Bernard, uno de los pioneros de la fisiología moderna y contemporáneo de Louis Pasteur, nació en 1813 en Saint-Julien, Francia. Aunque comenzó su carrera como aprendiz de farmacéutico en Lyon, su verdadera vocación fue la investigación científica, a la que accedió al inscribirse en la Escuela de Medicina de París en 1834. Bajo la dirección de François Magendie, pronto destacó por su enfoque meticuloso en la experimentación.

LA PASTEURIZACIÓN REVOLUCIONÓ LA SALUD PÚBLICA

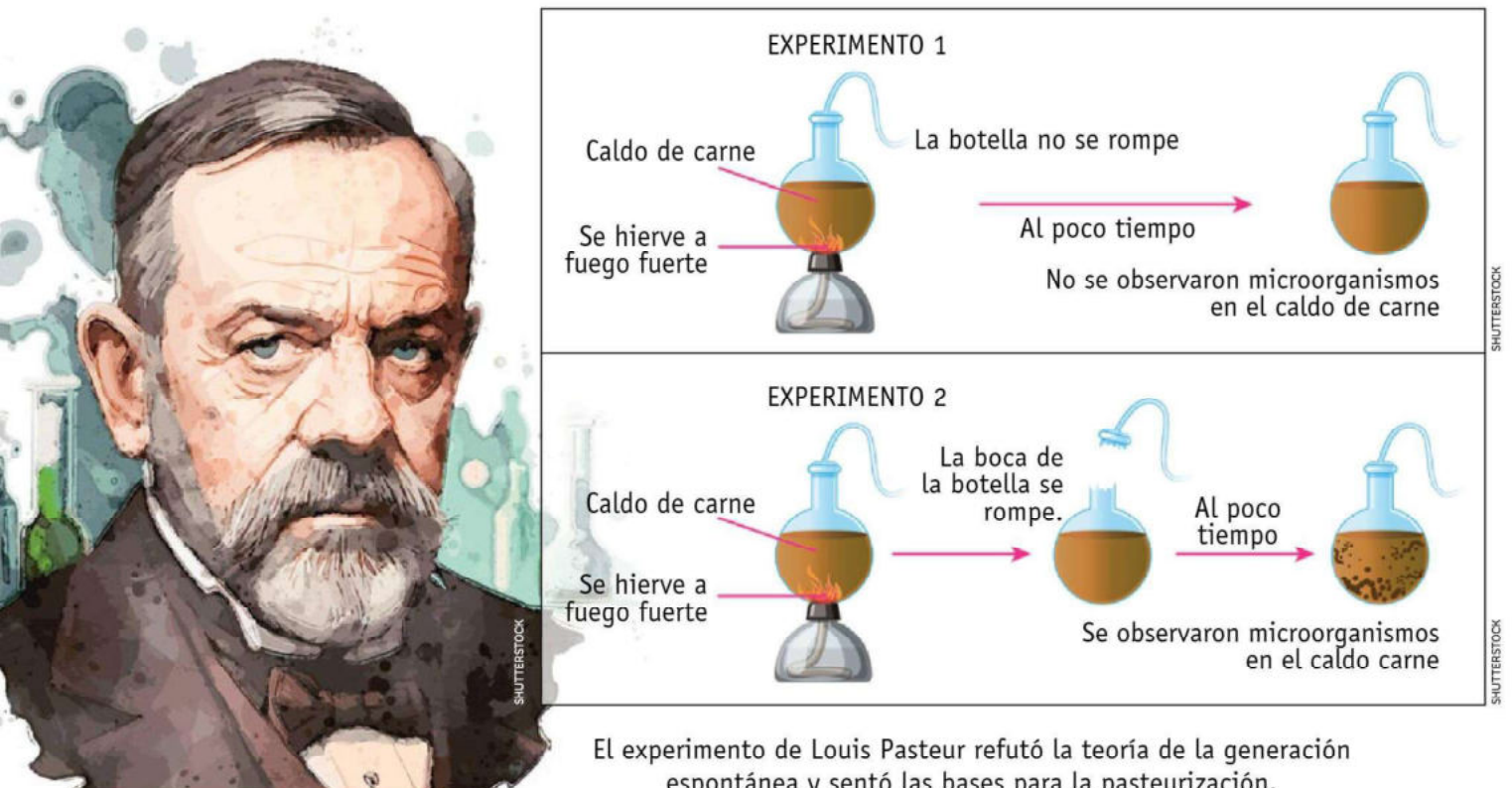
En 1864, Pasteur y Bernard llevaron a cabo una serie de experimentos para investigar cómo el calor podía usarse para eliminar los microorganismos dañinos en líquidos como el vino y la leche. Descubrieron que, al calentar el vino a una temperatura de aproximadamente 60 °C por un periodo corto, podían matar las bacterias responsables de la fermentación indeseada y la enfermedad sin alterar significativamente el sabor del producto. El éxito inicial con el vino llevó a la aplicación del proceso a

otros líquidos, incluyendo la leche, que era un vector común de enfermedades. La pasteurización de la leche demostró ser especialmente importante para prevenir enfermedades como la tuberculosis y la brucelosis. Esto revolucionó la salud pública al proporcionar una manera efectiva de prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por alimentos y bebidas. Al eliminar los patógenos presentes, la pasteurización ha salvado innumerables vidas y mejorado la calidad de vida en todo el mundo. Además de mejorar la seguridad alimentaria, la pasteurización también extiende la vida útil de los productos. Al matar los microorganismos responsables del deterioro, los alimentos y bebidas pueden almacenarse por periodos más largos sin perder su calidad. Esto ha tenido un impacto significativo en la industria alimentaria, permitiendo una distribución más amplia y reduciendo el desperdicio de alimentos.

Actualmente, la pasteurización es un estándar en la producción de alimentos y bebidas. Se aplica no solo a la leche y el vino, sino también a una amplia gama de productos, incluyendo zumos, huevos líquidos y ciertos tipos de carne y pescado. La tecnología ha avanzado, permitiendo métodos más eficientes y precisos para asegurar la eliminación de patógenos sin comprometer la calidad del producto.

Los principios de la pasteurización también se aplican en la medicina, particularmente en la esterilización de equipos y soluciones intravenosas. La capacidad de eliminar microorganismos de manera segura y efectiva es crucial para prevenir infecciones y garantizar la seguridad de los procedimientos médicos.

A pesar de su éxito, la pasteurización se enfrenta a desafíos modernos, como la aparición de cepas bacterianas resistentes al calor y la demanda de productos crudos o mínimamente procesados por parte de ciertos consumidores. La investigación continúa para mejorar los métodos de pasteurización y desarrollar nuevas tecnologías que puedan abordar estos retos mientras se mantiene la seguridad alimentaria. ■



1865 D. C.

Los guisantes de Mendel

La naturaleza de la herencia y cómo las características se transmitían de una generación a otra eran un misterio hasta la llegada de nuestro protagonista, un monje agustino llamado Gregor Mendel, que vivía en un monasterio en Brno (hoy República Checa) y que realizó una serie de experimentos que cambiarían para siempre nuestra comprensión de la genética.

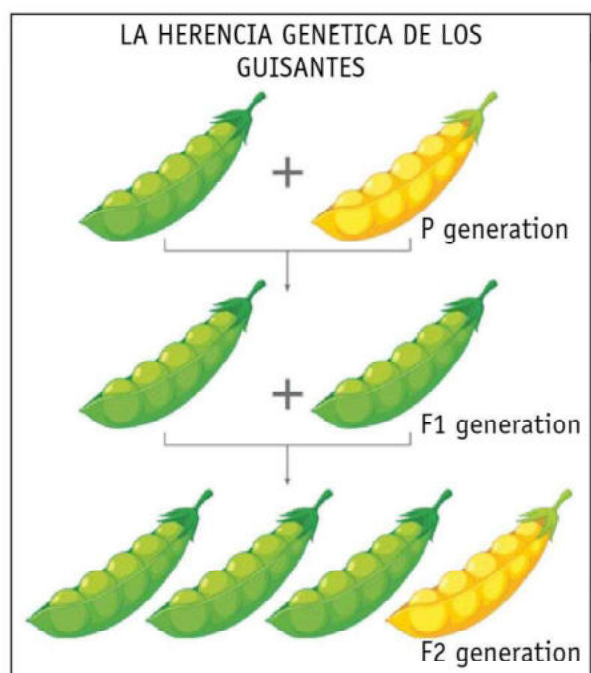
El austriaco Gregor Johann Mendel (1822-1884) era hijo de campesinos y desde muy joven mostró una gran aptitud para las ciencias. A pesar de las dificultades financieras, su familia apoyó su educación y finalmente ingresó en el monasterio de St. Thomas en Brno. Aquí, Mendel tuvo acceso a recursos educativos y pudo dedicarse a satisfacer su interés por la biología y las matemáticas.

Mendel eligió el guisante de jardín (*Pisum sativum*) para sus experimentos debido a sus numerosas variedades y la facilidad con que se podían controlar los cruces. Entre 1856 y 1863, Mendel cultivó y estudió alrededor de 29 000 plantas de guisante, observando cómo se transmitían varias características de una generación a la siguiente. Formuló sus leyes de la herencia basándose en sus observaciones de siete características diferentes de los guisantes, como el color y la forma de las semillas. Sus descubrimientos principales incluyen:

- Ley de la segregación: cada individuo tiene dos alelos para cada característica, y estos alelos se segregan (separan) durante la formación de los gametos (células sexuales), de modo que cada gameto recibe solo uno de los alelos.
- Ley de la dominancia: cuando dos alelos de un par son diferentes, uno es dominante y se expresa en el fenotipo (aparición física), mientras que el otro es recesivo y no se expresa.
- Ley de la independencia de los caracteres: los alelos de diferentes características se distribuyen en los gametos de manera independiente unos de otros.

EJEMPLO DE CURIOSIDAD CIENTÍFICA

En 1865, Mendel presentó sus hallazgos a la Sociedad de Historia Natural de Brno y publicó su trabajo en 1866 bajo el título *Experimentos sobre hibridación en plantas*. A pesar de la importancia de sus descubrimientos, su trabajo fue ignorado por la comunidad científica de su tiempo. No fue hasta el redescubri-



A la izquierda, fotografía de Gregor Mendel (1932). A la derecha, experimento de polinización cruzada de Gregor Mendel con plantas de guisantes.

miento de sus leyes en 1900 por científicos como Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak que la genialidad de Mendel fue reconocida.

Las leyes de Mendel sentaron las bases para la genética moderna. Su trabajo proporcionó una explicación clara y cuantificable de cómo se heredan las características, desafiando la noción prevaleciente de la herencia de mezcla (donde se creía que los caracteres de los padres se mezclaban de manera inseparable en la descendencia). En cambio, Mendel demostró que los caracteres hereditarios se transmiten como unidades discretas (hoy conocidos como genes).

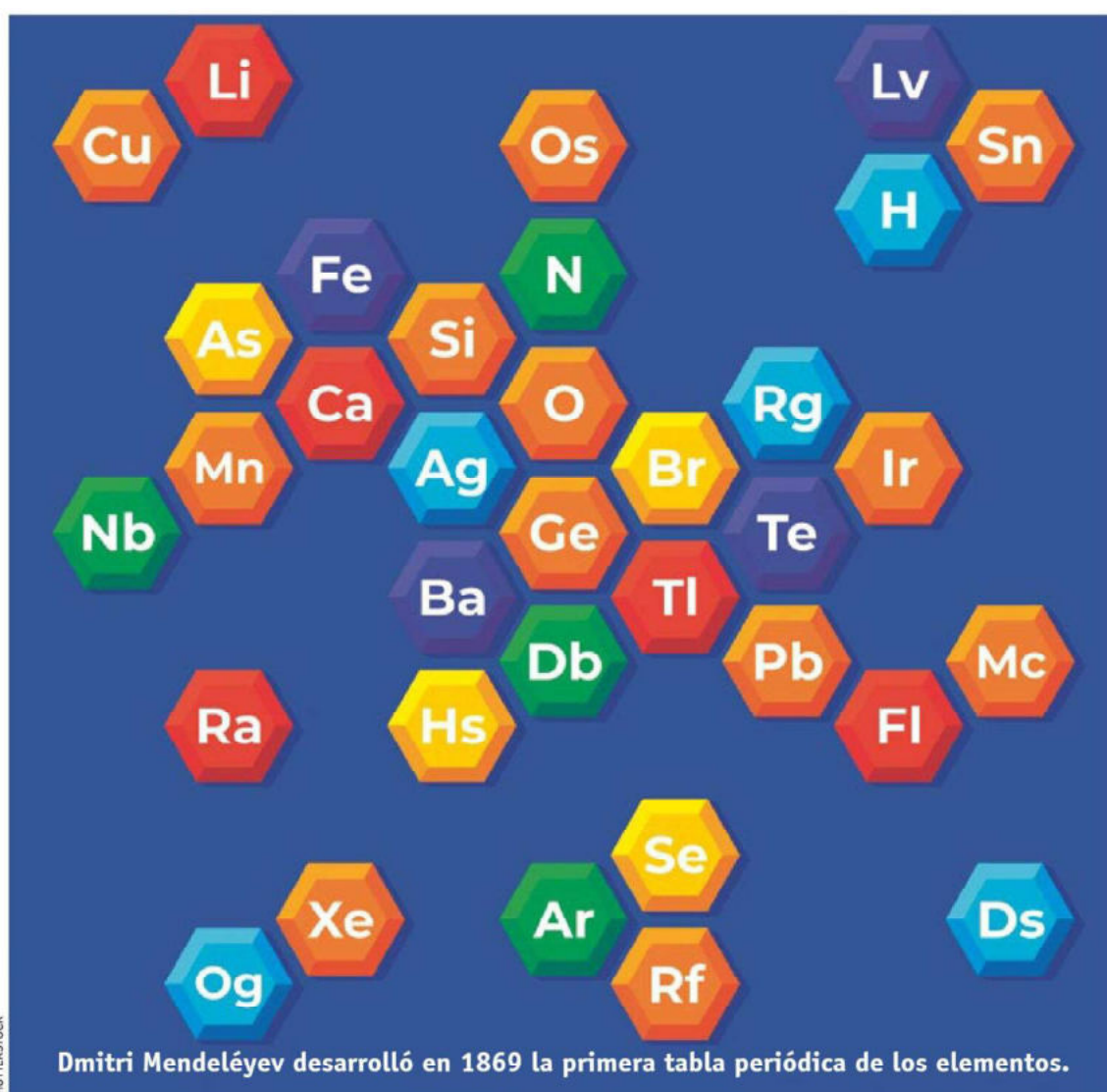
La comprensión de la herencia genética ha sido clave en múltiples campos científicos. En biología, las leyes de Mendel explican los patrones de herencia observados en una amplia variedad de organismos, desde plantas hasta humanos. En medicina, el conocimiento de la genética mendeliana ha permitido la identificación de genes responsables de enfermedades hereditarias, lo que ha conducido al desarrollo de pruebas genéticas y tratamientos personalizados. En otros campos, esta teoría sigue siendo esencial, por ejemplo para los programas de mejoramiento genético, que buscan desarrollar variedades de cultivos más productivas y resistentes.

La genética moderna continúa construyéndose sobre los principios establecidos por Mendel. Los avances en la secuenciación del ADN y la biología molecular han permitido a los científicos mapear y editar genes con una precisión sin precedentes. Estos desarrollos han abierto nuevas fronteras en la investigación biomédica, incluyendo la terapia génica, la medicina regenerativa y la clonación.

Las leyes de Mendel son un componente fundamental del currículo educativo en biología, todos las hemos estudiado en la escuela. Su claridad y simplicidad hacen que sean ideales para introducir a los estudiantes en los conceptos básicos de la genética. Además, la historia de Mendel es un poderoso ejemplo de cómo la curiosidad científica y la observación cuidadosa pueden llevar a descubrimientos revolucionarios. ■

1869 D. C.

Dmitri Mendeléyev y los elementos



La historia de la ordenación de los elementos químicos es apasionante. A mediados del siglo XIX ya se habían identificado un número significativo y sus propiedades básicas se conocían, pero no había un sistema coherente para organizar estos elementos de manera que reflejara sus propiedades químicas y físicas. Fue en este contexto que Dmitri Mendeléyev, subido a hombros de gigantes como Lothar Meyer, desarrolló en 1869 la primera tabla periódica de los elementos, un hito que transformó nuestra comprensión de la química.

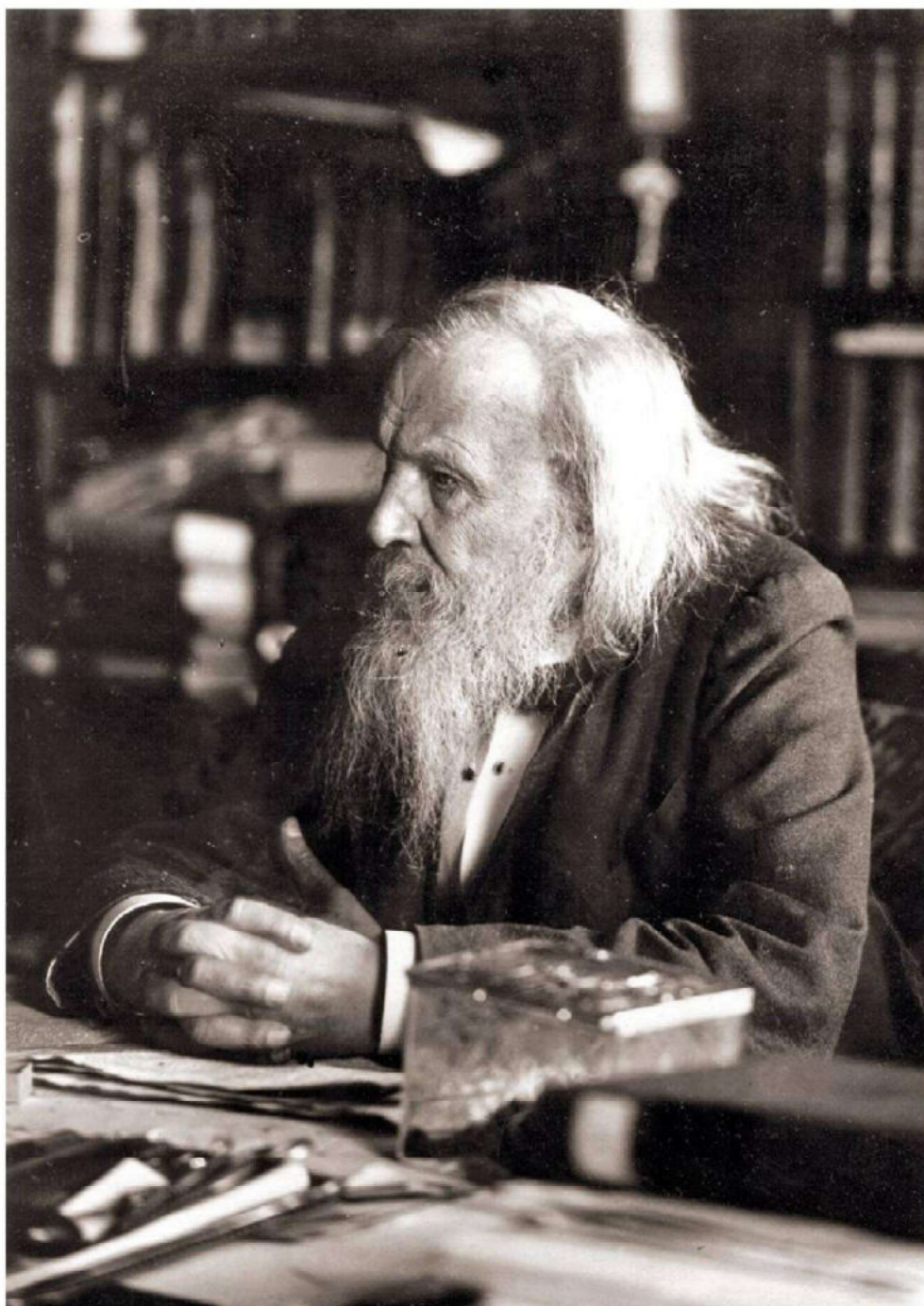
Dmitri Ivánovich Mendeléyev (1834-1907) nació en la localidad siberiana de Tobolsk. Era el menor de dieciséis hermanos, de los cuales solo él y otros cinco sobrevivieron a la infancia. Tras la muerte de su padre y la pérdida del negocio familiar, su madre lo llevó a San Petersburgo, donde ingresó en el Instituto Pedagógico Principal. Este viaje le costó la vida a su madre tras el esfuerzo de atravesar miles de kilómetros, la mayor parte a pie. Mendeléyev destacó rápidamente en sus estudios y se convirtió en profesor de química. Su curiosidad y rigor científico lo llevaron a hacer contribuciones significativas en varios campos de la química.

Mendeléyev desarrolló su tabla periódica mientras escribía un libro de texto de química, *Principios de Química*. En un intento de organizar los elementos de manera que reflejara las relaciones entre sus propiedades, utilizó tarjetas para escribir los nombres, pesos atómicos y propiedades de los elementos conocidos, y las organizó de diversas maneras hasta que observó un patrón. Al ordenar los elementos por peso atómico creciente, notó que las propiedades químicas se repetían periódicamente, formando grupos de elementos con propiedades similares.

DEJÓ ESPACIOS PARA LOS QUE AÚN NO SE HABÍAN DESCUBIERTO

En 1869, Mendeléyev presentó su tabla periódica a la Sociedad Química Rusa. Su tabla contenía 63 elementos conocidos y dejaba espacios para elementos que aún no se habían descubierto, prediciendo sus propiedades con mucha precisión. Esta capacidad de predecir la existencia y propiedades de elementos aún no descubiertos fue una de las características más impresionantes de su trabajo. Aunque inicialmente se enfrentó a escepticismo, sus predicciones fueron confirmadas con el descubrimiento de elementos como el germanio, el galio y el escandio, lo que consolidó su reputación.

La tabla periódica de Mendeléyev proporcionó una estructura coherente para organizar los elementos químicos, lo que permitió a los químicos comprender mejor las relaciones entre ellos. Este sistema facilitó el estudio de las propiedades químicas y físicas de los elementos y sus compuestos, y ayudó a prever el comportamiento de los elementos en reacciones químicas. Se convirtió en una herramienta esencial para la investigación en química y otras ciencias como la física, biología y medicina. Ha facilitado el desarrollo de nuevos materiales y compuestos, también ha influido en la comprensión de la estructura atómica y las interacciones entre partículas subatómicas, como los electrones, protones y neutrones. Tampoco debemos olvidar que ha resultado ser una herramienta fundamental en la educación científica. Su diseño intuitivo y su capacidad para resumir vastas cantidades de información de manera coherente la hacen indis-



Dmitri Mendeléeve en 1897. La capacidad de predecir la existencia y propiedades de elementos aún no descubiertos fue una de sus características más impresionantes.

pensable en la enseñanza de la Química. Además, su belleza y simplicidad han capturado la imaginación de generaciones de estudiantes y científicos. Todo un icono de la ciencia.

A lo largo de los años, la tabla periódica ha sido perfeccionada y expandida. Con el descubrimiento de los electrones y la comprensión de la estructura atómica, se confirmó que los elementos deben organizarse por su número atómico, no solo por su peso atómico. Esto resolvió algunas de las anomalías iniciales de la tabla de Mendeléeve y permitió una mejor comprensión de las propiedades pe-

riódicas de los elementos. Actualmente, continúa evolucionando, en la medida que se descubren nuevos elementos, y profundiza en nuestra comprensión de la física nuclear. Elementos superpesados, sintetizados en laboratorios, expanden los límites de la tabla y plantean nuevas preguntas sobre la estabilidad y las propiedades de la materia.

En el verano de 2024, un equipo del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley de California anunció el descubrimiento de una ruta para crear el elemento químico 120. Quizá este sea el camino hacia nuevos elementos que permanezcan más tiempo aislados. En todo caso, habrá que esperar. ■

THE PERIODICITY OF THE ELEMENTS										
The Elements	Their Properties in the Free State				The Composition of the Hydrogen and Organic-metallic Compounds	Symbols and Atomic Weights	The Composition of the Saline Oxides			Small Periods or Series
	<i>t</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	$\frac{A}{n}$			R_2O_3	$d' \frac{(2A + n'16)}{d'}$	$\frac{V}{d'}$	
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
Hydrogen	<-200°	—	<0.05	20	RH_2 or $R(CH_3)_m$	H 1	1 = n	0.917	19.4	<-20
Lithium	180°	—	0.59	12	$m = 1$	Li 7	1+	2.0	15	— 9
Beryllium	(900°)	—	1.64	5.5	—	Be 9	— 2	3.06	16.3	+ 2.6
Boron	(1300°)	—	2.5	4.4	3 — —	B 11	— — 3	1.8	39	10
Carbon	>(2500°)	—	<3.0	6	4 — — —	C 12	— — — 4	>1.0	<88	<19
Nitrogen	-203°	—	<0.7	20	3 — — —	N 14	1 — 3* — 5*	1.64	66	< 5
Oxygen	<-200°	—	<1.0	16	2 — — —	O 16	— — — —	—	—	—
Fluorine	—	—	—	—	1 — — —	F 19	— — — —	—	—	—
Sodium	96°	0.71	0.98	23	— — — —	Na 23	1+	Na ₂ O	2.6	24
Magnesium	500°	0.27	1.74	14	2 — — —	Mg 24	— 2+	3.6	22	— 3
Aluminium	600°	0.23	2.6	11	3 — — —	Al 27	— — 3	Al ₂ O ₃	4.0	26
Silicon	(1200°)	0.08	2.3	12	4 — — —	Si 28	— — 3 4	2.65	45	5.2
Phosphorus	44°	1.28	2.2	14	3 — — —	P 31	1 — 3* 4* 5*	2.39	59	6.2
Sulphur	114°	0.67	2.07	15	2 — — —	S 32	— 2 — 4* 5* 6*	1.96	62	8.7
Chlorine	-75°	—	1.3	27	1 — — —	Cl 35.5	1 — 3 — 5* — 7*	—	—	—
Potassium	58°	0.84	0.87	45	— — — —	K 39	1+	2.7	35	-55
Calcium	(800°)	—	1.6	25	— — — —	Ca 40	— 2+	3.15	36	- 7
Scandium	—	—	(2.5)	(18)	— — — —	Sc 44	— — 3+	3.86	35	(0)
Titanium	(2500°)	—	(5.1)	(9.4)	— — — —	Ti 48	— — 3 4	4.2	38	(+5)
Vanadium	(2000°)	—	5.5	9.2	— — — —	V 51	— 2 3 4 5	3.49	52	6.7
Chromium	(2000°)	—	5.5	8.0	— — — —	Cr 52	— 2 3 — — 6*	2.74	73	9.5
Manganese	(1500°)	—	7.5	7.3	— — — —	Mn 55	— 2+ 3 4 — — 6* 7*	—	—	—
Iron	1400°	0.12	7.8	7.2	— — — —	Fe 56	— 2+ 3 — — — 6*	—	—	—
Cobalt	(1400°)	0.13	8.6	6.8	— — — —	Co 58.5	— 2+ 3 4 — — —	—	—	—
Nickel	1350°	0.17	8.7	6.8	— — — —	Ni 59	— 2+ 3 — — — —	—	—	—
Copper	1054°	0.29	8.8	7.2	— — — —	Cu 63	1+ 2+	Cu ₂ O	5.9	24
Zinc	(1000°)	—	7.1	7.2	— — — —	Zn 65	— 2+	5.7	28	4.8
Gallium	30°	—	5.96	12	3 — — —	Ga 70	— — 3 — — —	Ga ₂ O ₃	(5.1)	(36)
Germanium	900°	—	5.47	13	4 — — —	Ge 72	— — 2 — 4 — —	4.7	44	4.5
Arsenic	500°	0.06	5.7	13	3 — — —	As 75	— — 3 — 5*	4.1	56	6.0
Selenium	917°	—	4.8	16	2 — — —	Se 79	— — — 4 — 6*	—	—	—
Bromine	-7°	—	3.1	26	1 — — —	Br 80	1 — — — 5* — 7*	—	—	—
Rubidium	89°	—	1.5	57	— — — —	Rb 85	1+	—	—	—
Strontium	(600°)	—	2.5	35	— — — —	Sr 87	— 2+	4.3	48	-11
Yttrium	—	—	(3.4)	(26)	— — — —	Y 89	— — 3+	5.05	45	(-2)
Zirconium	(1500°)	—	4.1	22	— — — —	Zr 90	— — — 4 — —	5.7	43	-0.2
Niobium	—	—	7.1	13	— — — —	Nb 94	— — 3 — 5*	4.7	57	+6.2
Molybdenum	—	—	8.6	12	— — — —	Mo 96	— 2 3 4 — 6*	4.4	65	6.8
Ruthenium	(2000°)	0.10	12.2	8.4	— — — —	Ru 101	— — 3 4 — 6 — 8	—	—	—
Rhodium	(1900°)	0.08	12.1	8.6	— — — —	Rh 104	— — 3 4 — 6 —	—	—	—
Palladium	1500°	0.12	11.4	8.3	— — — —	Pd 106	1+ 2 — 4 — —	—	—	—
Silver	950°	0.19	10.5	10	— — — —	Ag 108	1+	Ag ₂ O	7.5	31
Cadmium	320°	0.31	8.6	13	2 — — —	Cd 112	— 2+	8.15	31	2.5
Indium	176°	0.46	7.4	14	3 — — —	In 113	— 2 3 — — —	In ₂ O ₃	7.18	38
Tin	230°	0.23	7.2	16	4 — — —	Sn 118	— — 2 — 4 5 — —	6.95	43	2.8
Antimony	432°	0.12	6.7	18	3 — — —	Sb 120	— — 3 4 5 — —	6.5	49	2.6
Tellurium	455°	0.17	6.4	20	2 — — —	Te 125	1 — — 4 — 6* — 7*	5.1	68	4.7
Iodine	114°	—	4.9	26	1 — — —	I 127	1 — 3 — 5* — 7*	—	—	—
Cesium	27°	—	1.88	71	— — — —	Cs 133	1+	—	—	—
Barium	—	—	3.75	36	— — — —	Ba 137	— 2+	5.1	60	-6.0
Lanthanum	(600°)	—	6.1	23	— — — —	La 139	— — 3+	6.5	59	+1.3
Cerium	(700°)	—	6.6	21	— — — —	Ce 140	— — 3 4 — —	6.74	50	2.9
Dysprosium	(800°)	—	6.3	22	— — — —	Di 142	— — 3 — 5 — —	—	—	—
Ytterbium	—	—	(6.9)	(25)	— — — —	Yb 173	— — 3 — — —	9.18	43	(-2)
Tantalum	—	—	10.4	18	— — — —	Ta 182	— — — — 5 — —	7.5	59	4.6
Tungsten	(1500°)	—	19.1	9.6	— — — —	W 184	— — — — 4 — 6 — —	6.9	67	8
Osmium	(2500°)	0.07	22.5	8.5	— — — —	Os 191	— — 3 4 — 6 — 8	—	—	—
Iridium	2000°	0.07	22.4	8.6	— — — —	Ir 193	— — 3 4 — 6 — —	—	—	—
Platinum	1772°	0.05	21.5	9.2	— — — —	Pt 196	— — 2 — 4 — —	—	—	—
Gold	1043°	0.14	19.3	10	— — — —	Au 198	1 — 3 — — — —	Au ₂ O (12.5)	(39)	(13)
Mercury	-39°	—	13.6	15	2 — — —	Hg 200	1+ 2+	11.1	39	4.5
Thallium	294°	0.31	11.8	17	3 — — —	Tl 204	1+ — 3 — — —	Tl ₂ O ₃ (9.7)	(47)	(4.3)
Lead	326°	0.29	11.2	18	4 — — —	Pb 206	— 2+ — 4 — — —	8.9	53	4.2
Bismuth	268°	0.14	9.8	21	3 — — —	Bi 208	— — 3 — 5 — —	—	—	—
Thorium	—	—	11.1	21	— — — —	Th 232	— — — 4 — — —	9.80	54	2.0
Uranium	(800°)	—	18.7	13	— — — —	U 240	— — — 4 — 6 — —	(7.2)	(86)	(9)

Primera edición traducida al inglés de *Principios de Química* de Dmitri Mendeléyev (1891), que se realizó de la quinta edición rusa.

1873

Las ecuaciones de James Clerk Maxwell

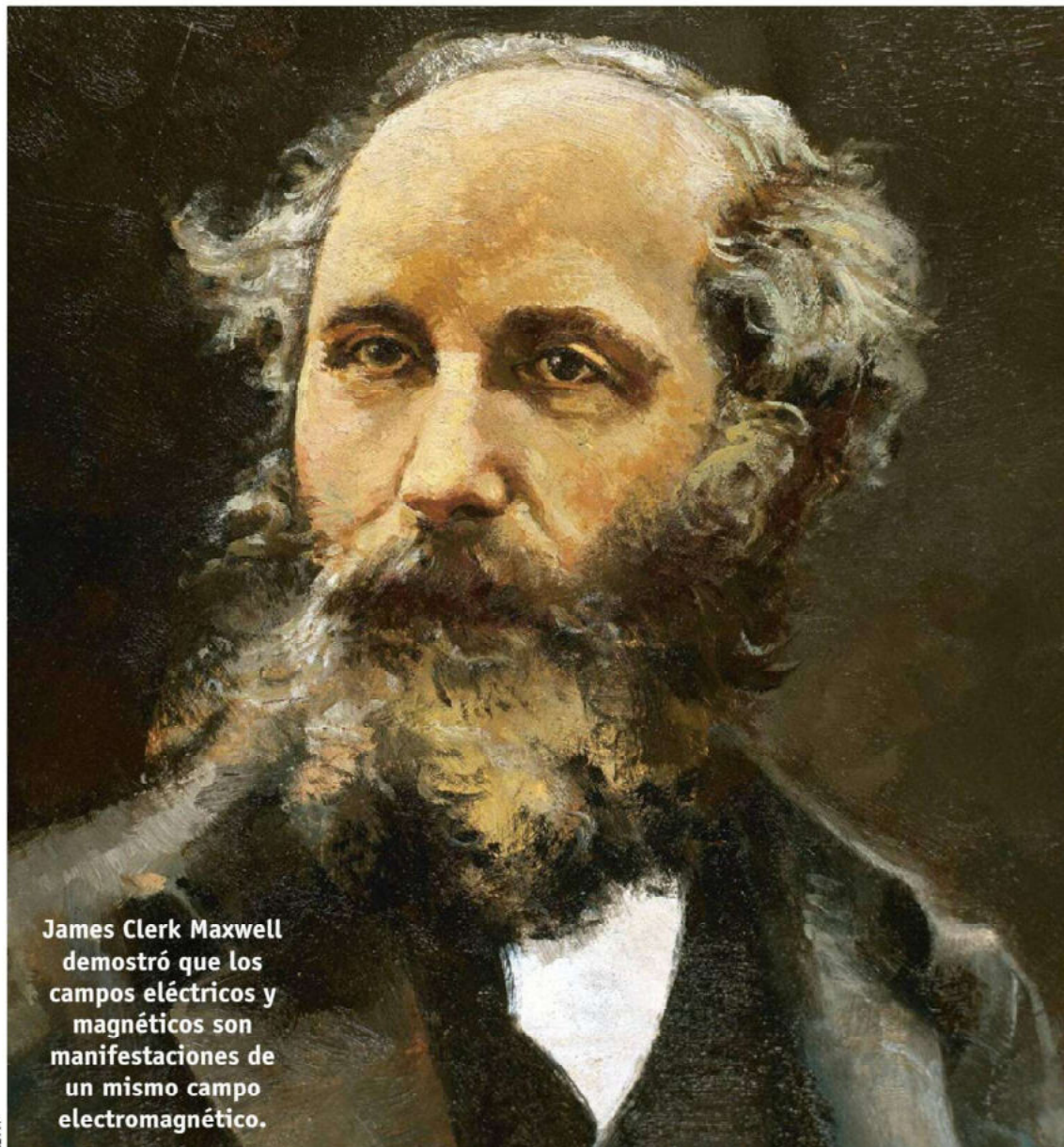
La vida y obra de James Clerk Maxwell (1831-1879) sería digna de una serie de televisión por su extravagancia y precocidad. Maxwell procedía de los Clerk, una tradicional familia de la aristocracia escocesa, cuyo linaje se remontaba más de dos siglos atrás. Su trayectoria educativa comenzó en Glenlair (la hacienda de su padre) de donde pasó a la Academia de Edimburgo y, posteriormente, a la universidad de la misma ciudad. Maxwell brillaba por poseer una cultura renacentista y destacaba especialmente en ciencias y en matemáticas. Con solo catorce años publicó su primer ensayo matemático, un método para dibujar curvas ovaladas con ecuaciones de grado superior a las de las elipses, utilizando lápiz, cuerda y dos alfileres.

El joven Maxwell era irónico, poco dado a la risa fácil y solía expresarse en público empleando hipérboles. No ocultaba su acento provinciano y no era alguien preocupado por vestir a la moda. De hecho, vestía buscando la comodidad y no se preocupaba de su aspecto. En la escuela le llamaban Dafty, un término coloquial que deriva de *daft*, «chiflado» o «loco» en inglés. Se conoce su autoría de un estudio que pretendía resolver la siguiente cuestión: «¿Por qué un gato siempre cae de pie, incluso cuando se le da la vuelta y se suelta desde una altura de dos pulgadas?».

COMPLEJIDAD MATEMÁTICA Y NOVEDAD DE CONCEPTOS

En su *Tratado sobre electricidad y magnetismo*, Maxwell formuló un conjunto de ecuaciones que describen cómo los campos eléctricos y magnéticos interactúan y se generan mutuamente. Estas ecuaciones, conocidas hoy como las ecuaciones de Maxwell, unificaron las teorías del electromagnetismo previamente desarrolladas por Michael Faraday, André-Marie Ampère y otros, en un marco matemático coherente. Las cuatro ecuaciones fundamentales son:

- Ley de Gauss para el campo eléctrico, que describe cómo la densidad de carga eléctrica produce un campo eléctrico, es decir, que el flujo del campo eléctrico



James Clerk Maxwell demostró que los campos eléctricos y magnéticos son manifestaciones de un mismo campo electromagnético.

a través de una superficie cerrada es proporcional a la carga neta encerrada por esa superficie.

- Ley de Gauss para el campo magnético, que establece que el flujo del campo magnético a través de una superficie cerrada es siempre cero, lo que implica que no existen monopolos magnéticos y que las líneas de campo magnético son siempre cerradas.
- Ley de Faraday de la inducción, que explica que un campo magnético que cambia en el tiempo induce un campo eléctrico, el cual puede producir una corriente en un conductor cerrado.
- Ley de Ampère-Maxwell, que relaciona los campos magnéticos con las corrientes eléctricas, pero también incluye la corrección de Maxwell, que introduce un término adicional para los campos eléctricos variables en el tiempo (la corriente de desplazamiento), lo que permite que la ley sea consistente incluso en situaciones donde no hay corrientes físicas.

ASC

James Clerk Maxwell y su esposa Katherine Mary Clerk Maxwell, de la ilustradora, pintora y ornitóloga escocesa Jemima Blackburn.



Publicado en dos volúmenes, en 1873, el tratado de Maxwell fue inicialmente recibido con cierta reserva por la comunidad científica debido a su complejidad matemática y a la novedad de sus conceptos. Sin embargo, con el tiempo, su trabajo fue reconocido como un avance fundamental en la física. Científicos como Oliver Heaviside y Heinrich Hertz reformularon y simplificaron las ecuaciones de Maxwell, con lo que hicieron que sus ideas fueran más accesibles y ampliamente aceptadas.

Su trabajo representó un cambio paradigmático en la física. Antes de él, los fenómenos eléctricos y magnéticos se consideraban fenómenos separados. Las ecuaciones de Maxwell demostraron que estos fenómenos están intrínsecamente relacionados y que los campos eléctricos y magnéticos son manifestaciones de un

LA TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE MAXWELL PREPARÓ EL TERRENO PARA IMPORTANTES AVANCES EN LA FÍSICA MODERNA

mismo campo electromagnético. Este descubrimiento unificador fue descrito por Albert Einstein como «el cambio más profundo y fructífero en la concepción de la realidad que la física ha experimentado desde Newton». Einstein tenía en su despacho los retratos de Newton, Faraday y Maxwell.

La teoría electromagnética de Maxwell preparó el terreno para importantes avances en la física moderna. Sus ecuaciones predicen la existencia de ondas electromagnéticas, que viajan a la velocidad de la luz. Esta predicción fue confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz en la década de 1880. Además, las ideas de Maxwell sobre los campos continuos y las ondas electromagnéticas influyeron profundamente en el desarrollo de la teoría de la relatividad de Einstein y la teoría cuántica.

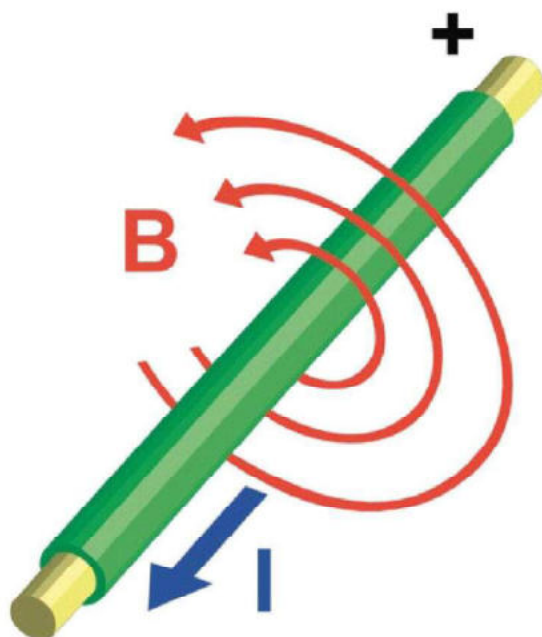
APLICACIONES EN MULTITUD DE CAMPOS CIENTÍFICOS

Las aplicaciones tecnológicas de las ecuaciones de Maxwell están a nuestro alrededor. Estas ecuaciones son fundamentales para la ingeniería eléctrica y electrónica, la telecomunicación, la óptica y la tecnología de radares. Todo dispositivo que utilice electricidad y magnetismo, desde radios y televisores hasta teléfonos móviles y computadoras, se basa en los principios establecidos por Maxwell. Su trabajo no solo revolucionó la ciencia teórica, sino que también tuvo un impacto práctico inmenso en la vida cotidiana. Las ecuaciones de Maxwell siguen siendo

un área activa de investigación en física teórica y aplicada. Los físicos continúan explorando las implicaciones de estas ecuaciones en nuevos contextos, como en la física de partículas y la cosmología. Además, la teoría electromagnética es esencial para el desarrollo de nuevas tecnologías, incluyendo la fotónica y las comunicaciones inalámbricas avanzadas.

El tratado sobre electricidad y magnetismo es en la actualidad una lectura fundamental en cursos avanzados de física y electromagnetismo y las cuatro ecuaciones todo un icono de la ciencia que adorna tazas, alfombrillas de ratón de ordenadores, corbatas y camisetas. ■

ASC



En su tratado, Maxwell formuló un conjunto de ecuaciones que describen cómo los campos eléctricos y magnéticos interactúan y se generan mutuamente.

1876 D. C.

Nikolaus Otto y la combustión interna

En la historia de la tecnología, algunos inventos tienen un impacto tan profundo que cambian para siempre el curso de la humanidad. Uno de esos inventos es el motor de combustión interna de Nikolaus Otto, desarrollado en la segunda mitad del siglo XIX. Este motor no solo transformó el transporte, la industria y la sociedad, sino que también sentó las bases de la Revolución Industrial que seguiría en las décadas posteriores.

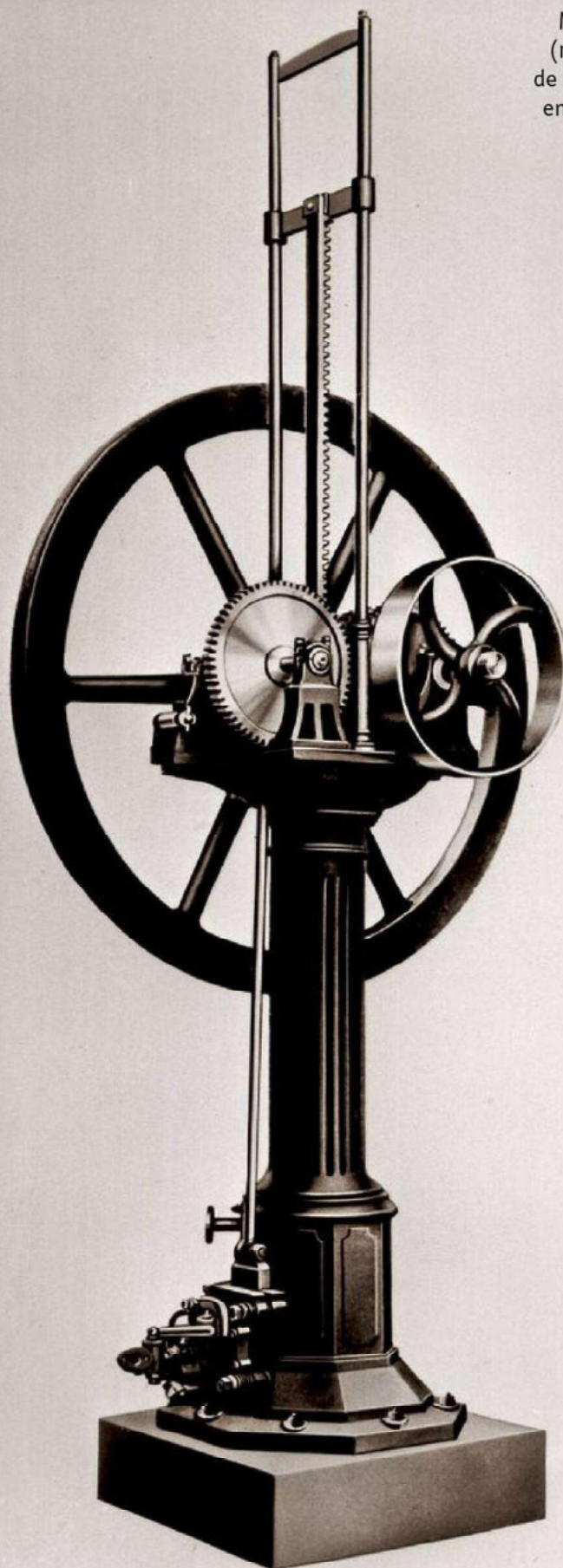
A mediados del siglo XIX, Europa estaba sumergida en una era de innovación industrial sin precedentes. La Revolución Industrial, que comenzó en Gran Bretaña en el siglo XVIII, se extendió rápidamente por todo el continente, transformando las economías agrarias en economías industriales y urbanas. En este entorno de cambio radical, la necesidad de fuentes de energía más eficientes y potentes se hizo evidente.

Hasta ese momento, la mayor parte de la maquinaria industrial y el transporte dependían del motor de vapor, una tecnología que, aunque revolucionaria en su tiempo, tenía varias limitaciones. Los motores de vapor eran grandes, pesados y requerían una cantidad significativa de carbón y agua para funcionar. Además, su eficiencia energética era relativamente baja. La búsqueda de una alternativa más compacta y eficiente llevó a varios inventores a experimentar con la combustión interna, es decir, la idea de generar energía mediante la quema de combustible dentro del propio motor.

EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

El ingeniero alemán Nikolaus Otto, nacido en Colonia (1832-1891), es el hombre detrás del motor que transformaría la industria. Antes de su invención, se habían realizado varios experimentos con motores de combustión interna, pero ninguno había tenido éxito comercial. Otto, sin embargo, estaba decidido a desarrollar un motor que pudiera ser utilizado de manera práctica y eficiente en una variedad de aplicaciones.

Motor atmosférico
(motor de gasolina)
de 0,5 CV, desarrollado
en 1867 por Nikolaus
August Otto y
Eugen Langen.



EL MOTOR DE COMBUSTIÓN SE CONVIRTIÓ RÁPIDAMENTE EN LA NORMA PARA EL TRANSPORTE, SUPERANDO AL MOTOR DE VAPOR

En 1864, fundó una compañía junto con Eugen Langen y juntos comenzaron a trabajar en la mejora de los motores de combustión interna. El resultado de su trabajo culminó en 1876 cuando consiguieron desarrollar el motor de cuatro tiempos, también conocido como ciclo Otto, que se convirtió en la base de la mayoría de los motores de combustión interna utilizados hasta el día de hoy.

El motor de cuatro tiempos de Otto funciona de la siguiente manera:

- Admisión: el primer tiempo del ciclo involucra la admisión de una mezcla de aire y combustible en el cilindro a través de una válvula de admisión.
- Compresión: en el segundo tiempo, el pistón se mueve hacia arriba en el cilindro, comprimiendo la mezcla de aire y combustible. Esta compresión aumenta la eficiencia del motor al permitir que más energía se extraiga del combustible.
- Explosión: en el tercer tiempo, una chispa de la bujía enciende la mezcla comprimida, causando una explosión controlada que empuja el pistón hacia abajo, generando trabajo mecánico.
- Escape: finalmente, en el cuarto tiempo, el pistón se mueve hacia arriba de nuevo, expulsando los gases quemados del cilindro a través de la válvula de escape y el ciclo se repite.

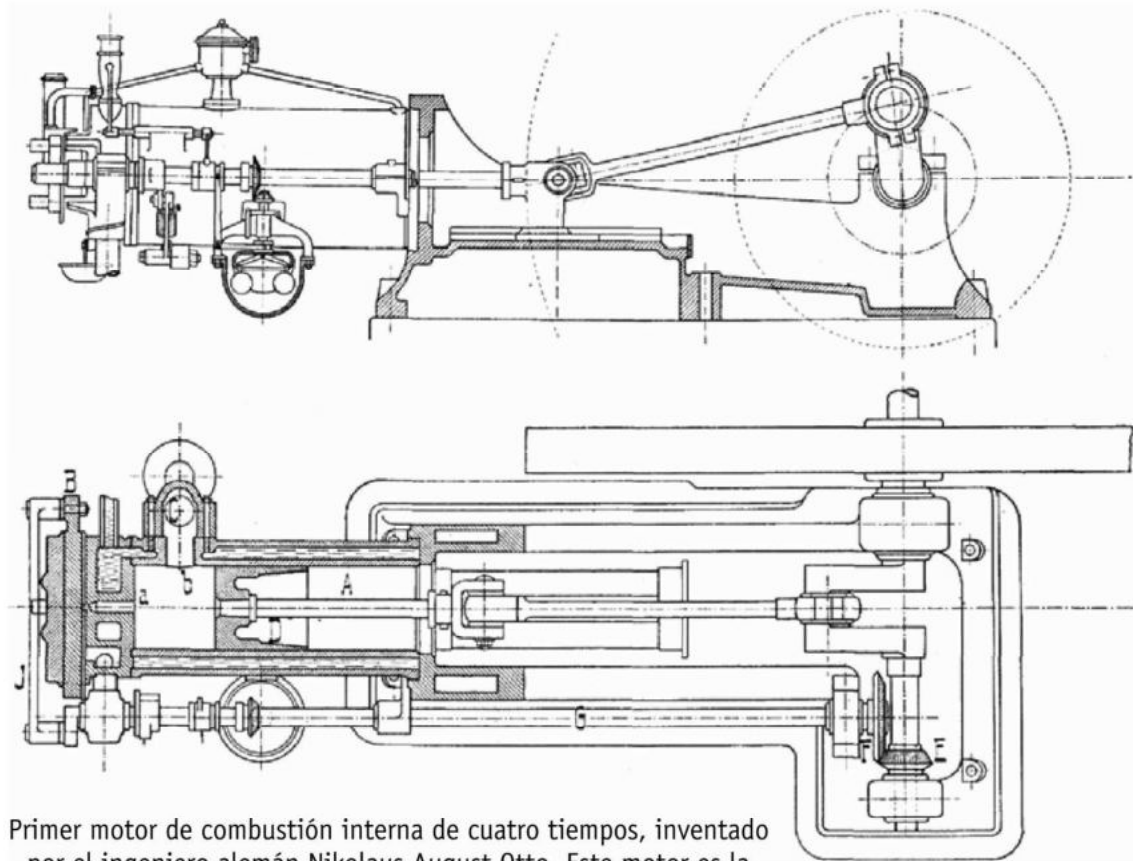
IMPACTO INMEDIATO

Este ciclo de cuatro tiempos es la clave de la eficiencia del motor. Al comprimir la mezcla de combustible antes de la ignición, el motor puede extraer más energía del combustible, lo que lo hace más eficiente que los motores de combustión interna anteriores, que funcionaban con un ciclo de dos tiempos. El motor de Otto tuvo un impacto inmediato y duradero en la sociedad y la economía. Por primera vez, era posible tener una fuente de energía compacta, eficiente y relativamente barata que podía ser utilizada en una amplia variedad de aplicaciones. Esto incluía tanto maquinaria industrial como automóviles, lo que allanó el camino para la revolución del transporte en el siglo XX.

Uno de los primeros en reconocer el potencial del motor de Otto fue Gottlieb Daimler, quien trabajó con Otto en la década de 1870. Daimler se separó más tarde para



El motor de Otto impulsó una revolución que cambió la forma en que las personas vivían y trabajaban.



Primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, inventado por el ingeniero alemán Nikolaus August Otto. Este motor es la base de la mayoría de motores de gasolina actuales.

ASC

fundar su propia compañía, donde aplicó los principios del motor de Otto para desarrollar los primeros automóviles modernos. Carl Benz también utilizó la tecnología de Otto para construir su icónico automóvil, considerado el primer automóvil verdadero.

El motor de combustión interna basado en el ciclo Otto se convirtió rápidamente en la norma para el transporte, superando al motor de vapor y a otras tecnologías en términos de eficiencia, versatilidad y costo. Desde automóviles y camiones hasta aviones y barcos, el motor de Otto impulsó una revolución en la movilidad que cambió la forma en que las personas vivían y trabajaban. Sin embargo, el impacto del motor de Otto no se limitó al transporte. En la industria, el motor permitió la creación de maquinaria más compacta y eficiente, lo que a su vez facilitó la automatización y la producción en masa. La capacidad de generar energía de manera más eficiente también tuvo implicaciones para la generación de electricidad, con motores de combustión interna utilizados en generadores para proporcionar electricidad en áreas remotas o durante emergencias.

A medida que el motor de combustión interna se convirtió en la base de la economía global, también surgieron preocupaciones sobre su impacto ambiental. La quema de combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, en los motores de combustión interna es una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. A lo largo del siglo XX y en el XXI, estas preocupaciones han llevado a un renovado interés en desarrollar alternativas más sostenibles, como los vehículos eléctricos y los motores de hidrógeno. ■

1888 D. C.

Las conexiones neuronales de Ramón y Cajal

El gran Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), que sigue siendo uno de los científicos más citados en la literatura científica, nació en Petilla de Aragón, Navarra. Sus años de juventud no son precisamente un ejemplo de moderación. Su padre, un médico riguroso, intentó guiarlo hacia una carrera en medicina, pero el joven Santiago se inclinaba más por el dibujo y la exploración al aire libre. Durante su adolescencia, su comportamiento rebelde lo llevó a tener problemas en la escuela. Sus travesuras y desobediencia a la autoridad le causaron muchos problemas, lo que resultó en varios cambios de escuela. Con apenas once años fabricó un pequeño cañón casero y lo usó para destruir el portón del patio de un vecino. Fue encarcelado durante unos días por este motivo.

A pesar de estos problemas, su padre reconoció su potencial y lo inscribió en el Colegio de Escolapios en Jaca, donde comenzó a destacar académicamente. Posteriormente, estudió medicina en la Universidad de Zaragoza, donde su interés por la ciencia finalmente floreció. A través de la disciplina y el apoyo de su familia, Cajal logró canalizar su energía y curiosidad hacia la histología, campo en el que haría contribuciones revolucionarias que lo han convertido en uno de los más grandes de la historia de la ciencia.

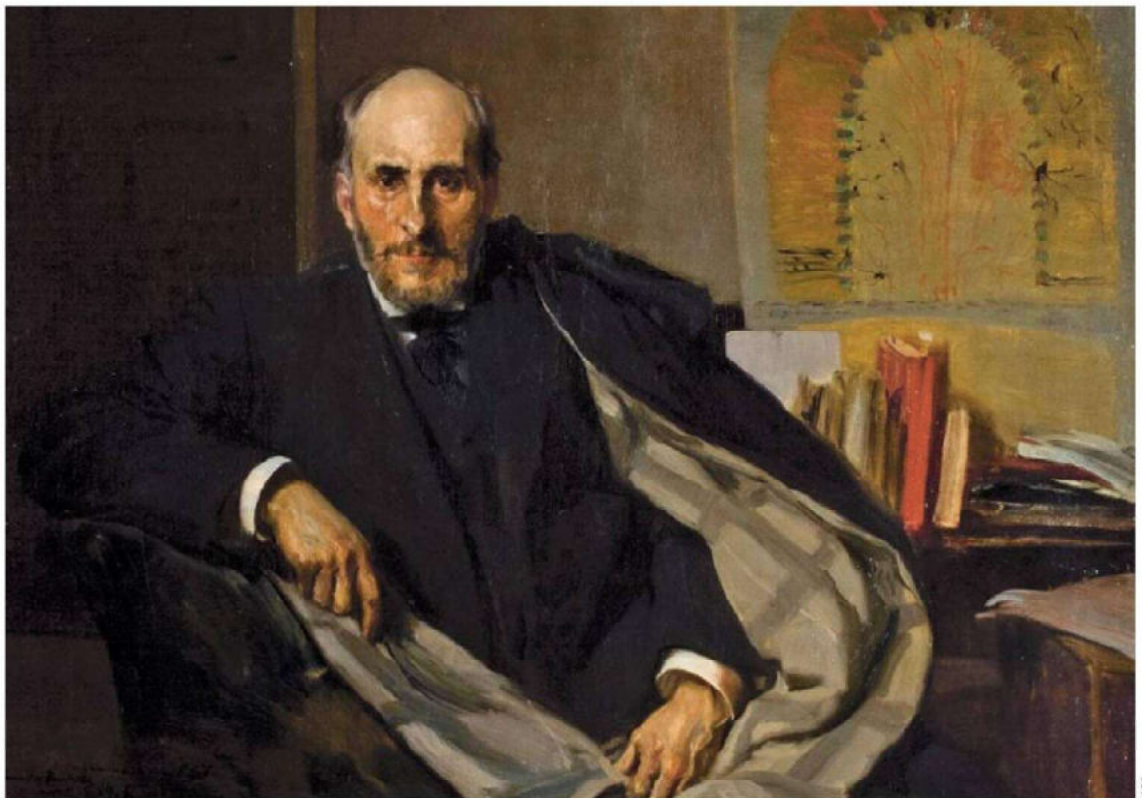
CONO DE CRECIMIENTO AXONAL

Antes de los trabajos de Cajal, la teoría dominante sobre la estructura del sistema nervioso era la teoría reticular, defendida por el científico italiano Camillo Golgi. Según esta teoría, el sistema nervioso era una red continua, donde las células nerviosas estaban conectadas entre sí de manera física y directa, formando una red continua o «retículo». Golgi desarrolló una técnica de tinción, llamada tinción de Golgi, que permitía observar las células nerviosas teñidas en su totalidad. A pesar de la claridad con que se mostraban las células, Golgi interpretó errónea-

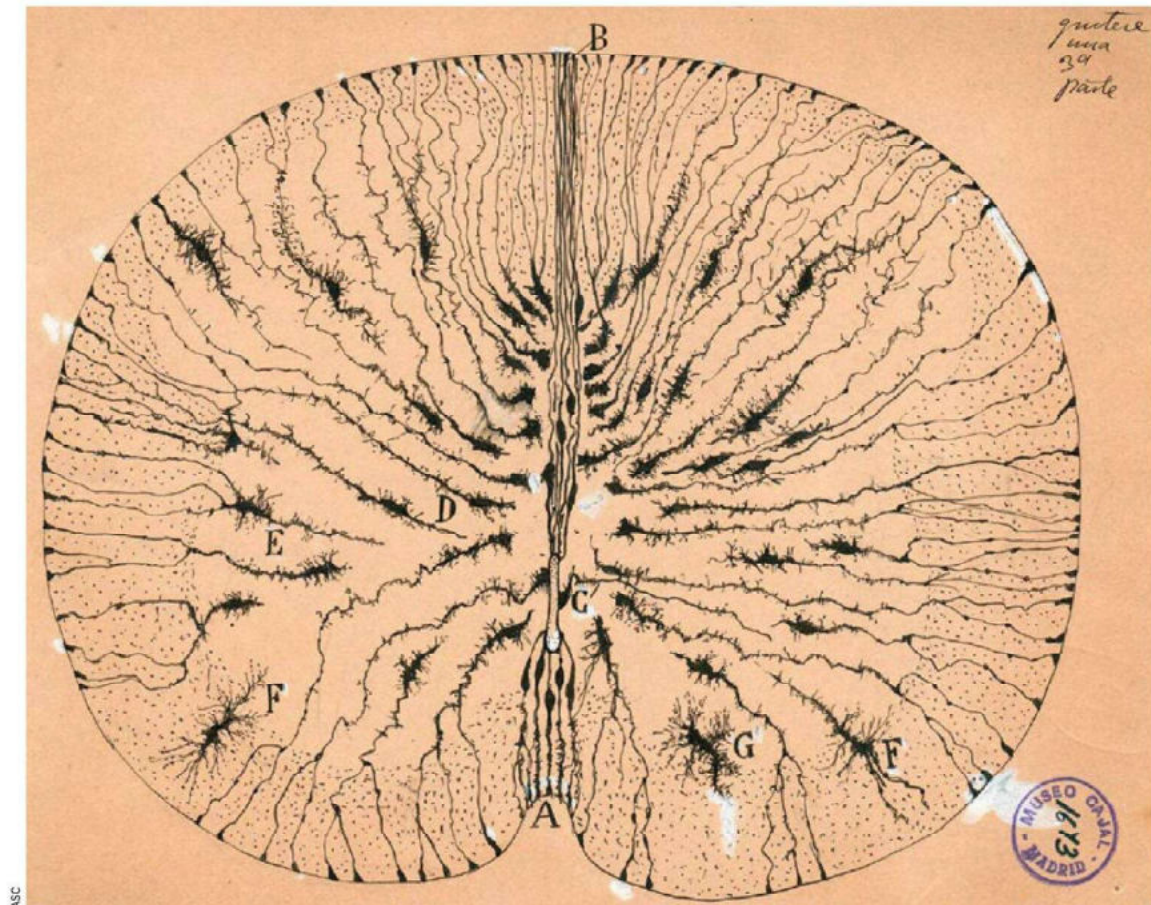
mente los resultados, creyendo que las neuronas formaban un tejido continuo, algo que Cajal se encargaría de refutar.

En 1887, comenzó a experimentar con la técnica de tinción de Golgi, que utilizaba una combinación de cromato de plata para teñir las células nerviosas de un color oscuro, permitiendo observar su estructura con un detalle sin precedentes. Sin embargo, lo que Cajal hizo diferente fue su interpretación de los resultados. Al observar las muestras teñidas, se dio cuenta de que las neuronas no estaban conectadas entre sí físicamente, como se había pensado, sino que eran unidades individuales que se comunicaban a través de pequeños espacios, lo que hoy conocemos como sinapsis.

Cajal postuló lo que más tarde sería conocido como la doctrina de la neurona, es decir, que las neuronas son unidades morfológicas y funcionales individuales del sistema nervioso, capaces de comunicarse entre sí sin un contacto físico directo. Esta teoría contradecía la teoría reticular y fue un avance fundamental para la neurociencia, permitiendo entender cómo las neuronas transmiten impulsos eléctricos a lo largo del sistema nervioso. Uno de sus descubrimientos más importantes fue el cono de crecimiento axonal, una estructura ubicada en el extremo de los axones, las proyecciones largas y delgadas que las neuronas utilizan para enviar señales a otras células. Observó que estos conos de crecimiento guiaban el crecimiento del axón hacia sus destinos, lo que ayudaba a establecer conexiones precisas entre las neuronas durante el desarrollo del sistema nervioso. Este hallazgo fue fundamental para entender cómo el cerebro se organiza durante el desarrollo embrionario y cómo las conexiones



Retrato de Santiago Ramón y Cajal (1906), de Joaquín Sorolla. El científico acababa de recibir el premio Nobel de Medicina por sus descubrimientos sobre la estructura del sistema nervioso.



Boceto de las células gliales de la médula espinal del ratón a tinta y lápiz (1899) realizado por Santiago Ramón y Cajal. Cajal no solo era científico, sino también un excelente dibujante.

neuronales pueden regenerarse tras una lesión. También describió en cierto modo el fenómeno de la plasticidad neuronal, que como concepto moderno se refiere a la capacidad de las neuronas para cambiar y adaptarse en respuesta a la experiencia o al daño. Cajal observó cómo las neuronas pueden modificar su estructura y función durante el desarrollo. Este concepto es fundamental en la neurociencia moderna, particularmente en áreas como la recuperación de lesiones cerebrales, el aprendizaje y la memoria.

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL Y CAMILLO GOLGI RECIBEN EL NOBEL

Cabe destacar que sus estudios proporcionaron un modelo completamente nuevo para entender la estructura y función del sistema nervioso. La identificación de las neuronas como unidades individuales cambió la forma en que se estudia el cerebro, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en neurofisiología, neuroanatomía y neurociencia cognitiva. El impacto de su trabajo no se limita únicamente a sus descubrimientos científicos. Las ilustraciones que realizó a lo largo de su carrera son consideradas no solo como precisas representaciones científicas, sino también como obras de arte. Estas ilustraciones detalladas de neuronas y redes neuronales continúan siendo utilizadas en libros de texto y como referencia para investigadores actuales.

En 1906, Santiago Ramón y Cajal recibió el premio Nobel de Fisiología o Medicina junto a Camillo Golgi, un reconocimiento que simboliza tanto su descubrimiento de la naturaleza independiente de las neuronas como su contribución a la teoría de la comunicación neuronal. A lo largo de su vida, publicó numerosos artículos y libros sobre neuroanatomía, siendo su obra más destacada *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, una referencia fundamental en su campo.

Cajal sentó las bases de la neurociencia e influyó profundamente en generaciones posteriores de científicos. Su enfoque meticuloso, su capacidad para combinar arte y ciencia y su insistencia en la observación rigurosa siguen siendo modelos a seguir en la investigación científica. El Instituto Cajal, fundado en Madrid en 1920, sigue siendo un centro de referencia para el estudio de las neurociencias. En junio de 2024 el Gobierno de España aprobó la creación de un museo para perpetuar el legado de este pionero español. ■



Clase de disección de Ramón y Cajal junto a los doctores de su cátedra.

1896 D. C.

Henri Becquerel descubre la radiactividad

El descubrimiento de la radiactividad por parte de Henri Becquerel en 1896 marcó un hito fundamental en la historia de la ciencia, abriendo una nueva era en la comprensión del átomo y la energía nuclear. Esta revelación no solo transformó la física y la química, sino que también sentó las bases para aplicaciones que van desde la medicina hasta la energía nuclear. La historia de este descubrimiento es fascinante y está impregnada de momentos de serendipia y dedicación científica.

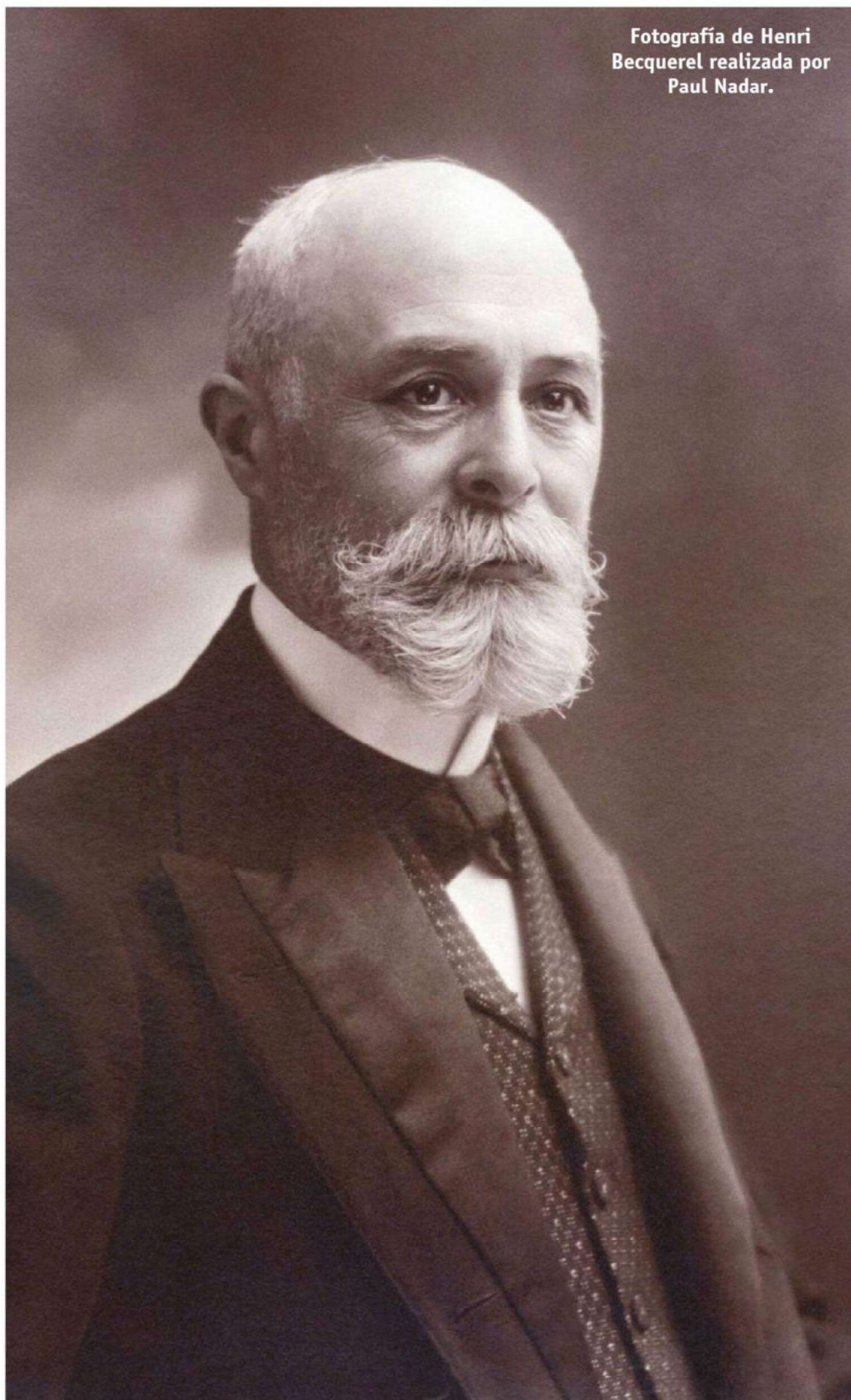
10 - 11 - 96. Sulfate double d'urane et de Potassium...
Papier noir. Cuvé de laiton mince.
Exposé au soleil le 27. et à la lumière diffuse le 28. -
Désenluminé le 1^{er} mars.

La placa fotográfica
que condujo al
descubrimiento de
la radiación nuclear
muestra un
ennegrecimiento,
similar a una
imagen, en la zona
donde se colocaron
sales de uranio.

GETTY

Fotografía de Henri
Becquerel realizada por
Paul Nadar.

ASC



EL TRABAJO DE BECQUEREL Y LOS CURIE INSPIRÓ A FUTURAS GENERACIONES A EXPLORAR EL MUNDO SUBATÓMICO

Henri Becquerel (1852-1908) nació en París y provenía de una familia de renombrados científicos. Su abuelo, Antoine-César Becquerel, y su padre, Alexandre-Edmond Becquerel, eran conocidos por sus trabajos en electricidad y luminiscencia. Henri siguió los pasos de su familia, estudiando en la prestigiosa École Polytechnique y posteriormente en la École des Ponts et Chaussées, donde se formó como ingeniero y físico.

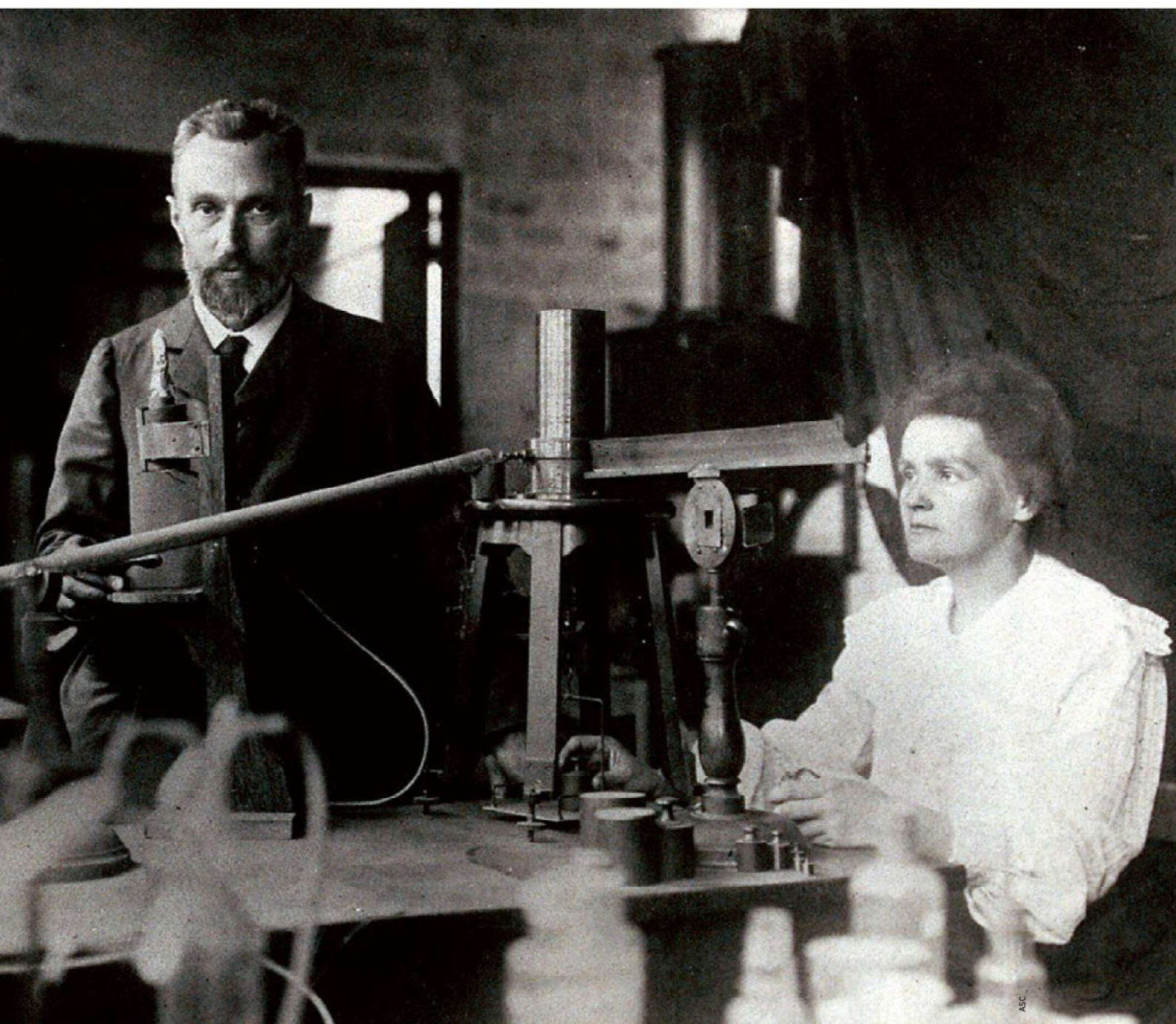
El descubrimiento de la radiactividad por Becquerel fue, en gran medida, un feliz accidente. En 1895, Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los rayos X, un hallazgo que fascinó a la comunidad científica. Becquerel, intrigado por esta nueva forma de radiación, comenzó a investigar si había una conexión entre los rayos X y la fluorescencia, un fenómeno que había estudiado extensamente su padre. Utilizando sales de uranio, Becquerel intentó demostrar que estas sustancias emitían rayos X cuando eran expuestas a la luz solar.

HERRAMIENTA CRUCIAL PARA EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

El experimento inicial consistía en exponer cristales de uranio a la luz solar y luego colocar estos cristales sobre placas fotográficas envueltas en papel negro, esperando que la fluorescencia produjera alguna forma de radiación detectable en las placas. Sin embargo, un periodo nublado en París lo obligó a guardar las placas fotográficas y los cristales de uranio en un cajón, sin haber sido expuestos al sol. Para su sorpresa, cuando reveló las placas días después, encontró imágenes nítidas que sugerían que los cristales de uranio emitían algún tipo de radiación sin necesidad de exposición a la luz solar. Este hallazgo fue la primera evidencia de la radiactividad.

La importancia del descubrimiento de Becquerel no puede ser subestimada. Antes de este hallazgo, la noción predominante era que los átomos eran indivisibles y estables. La radiactividad demostró que los átomos podían descomponerse y emitir energía, lo que revolucionó la física y la química. Esta nueva comprensión del átomo abrió la puerta al desarrollo de la teoría cuántica y la física nuclear, áreas que han tenido un impacto profundo en la ciencia y la tecnología. Además, el descubrimiento de la radiactividad tuvo implicaciones prácticas inmediatas. En medicina, la radiactividad se convirtió en una herramienta crucial para el diagnóstico y tratamiento, como en la radioterapia para el cáncer. En la industria, los materiales radiactivos se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde la datación de antigüedades hasta la generación de energía nuclear.

Henri Becquerel recibió el premio Nobel de Física en 1903, compartido con Pierre y Marie Curie, quienes continuaron y ampliaron sus investigaciones en radiactividad. Los Curie descubrieron el polonio y el radio, elementos altamente radiactivos que proporcionaron más evidencia de la existencia de este fenómeno



Henri Becquerel recibió el premio Nobel de Física en 1903, compartido con Pierre y Marie Curie (en la imagen), quienes continuaron y ampliaron sus investigaciones en radiactividad.

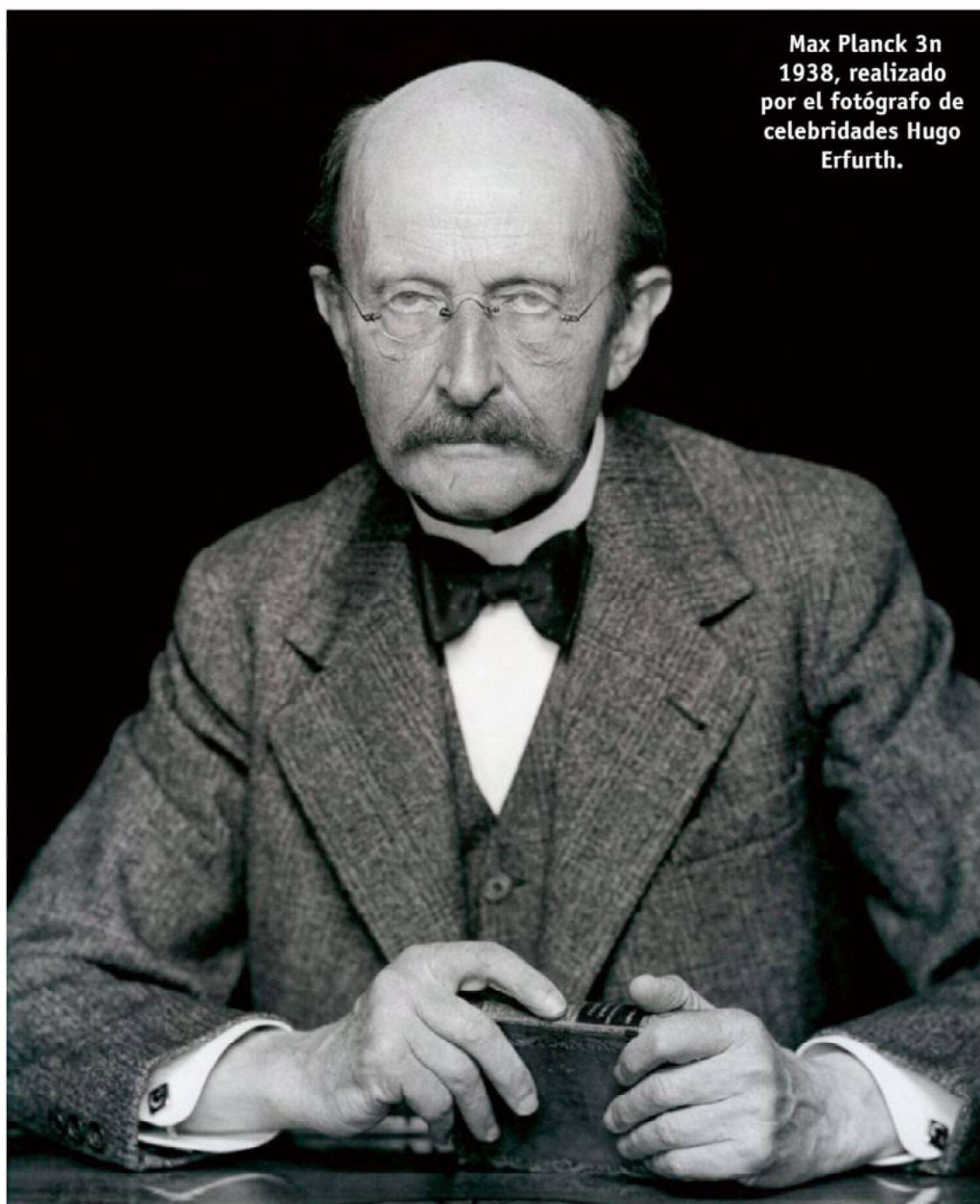
y sus propiedades. El trabajo de Becquerel y los Curie no solo avanzó la ciencia de manera significativa, sino que también inspiró a futuras generaciones de científicos a explorar el mundo subatómico.

Si no hubiera sido por los días nublados en París, es posible que Becquerel no hubiera descubierto la radiactividad en ese momento específico. Este evento fortuito, como tantos otros en la historia de la ciencia, destaca cómo a veces el progreso científico puede depender de circunstancias inesperadas y de la capacidad de un científico para reconocer su importancia. ■

1900 D. C.

Max Planck propone la teoría cuántica





Max Planck 3n
1938, realizado
por el fotógrafo de
celebridades Hugo
Erfurth.

El siglo xx comenzó con un descubrimiento que revolucionaría la física moderna: la teoría cuántica. Esta teoría introdujo el concepto de los «cuantos» de energía, marcando el inicio de una nueva era en la comprensión de los fenómenos físicos y dando pie a una de las revoluciones científicas más significativas de la historia. A finales del siglo XIX, la física clásica se enfrentaba a un problema insuperable con la radiación del cuerpo negro. Según las leyes de la física clásica, no había una explicación coherente para la distribución de la energía emitida por un cuerpo negro a diferentes longitudes de onda. Este problema, conocido como la «catástrofe ultravioleta», sugería que un cuerpo negro a temperatura ambiente emitiría energía infinita, lo cual era físicamente imposible.

El físico alemán Max Planck nació en Kiel (1858-1947). Estaba profundamente interesado en la termodinámica y en las leyes que gobiernan la radiación del cuerpo negro. A pesar de sus intenciones iniciales de abordar este problema mediante la física clásica, sus esfuerzos lo llevaron a proponer una solución radicalmente nueva. El 14 de diciembre de 1900, Planck presentó su solución a la Sociedad Alemana de Física. Propuso que la energía no se emitía o absorbía de manera continua, como sugería la física clásica, sino en pequeños paquetes discretos o «cuantos». Esta hipótesis se basaba en la constante que hoy lleva su nombre, la constante de Planck (h), que relaciona la energía (E) de un cuanto con la frecuencia (f) de la radiación mediante la ecuación $E = hf$.

UNA VIDA MARCADA POR LAS TRAGEDIAS

Su idea era audaz y contraria a la intuición. Sugería que, a nivel microscópico, la energía se comportaba de manera cuantizada. Aunque el mismo Planck no comprendió completamente las implicaciones de su teoría en ese momento, su trabajo sentó las bases para la mecánica cuántica, un campo que se desarrollaría enormemente en las décadas siguientes gracias a científicos como Albert Einstein, Niels Bohr y Werner Heisenberg. El impacto fue profundo y multifacético. La introducción de los cuantos de energía no solo resolvió el problema de la radiación del cuerpo negro, sino que también abrió nuevas vías para entender fenómenos que la física clásica no podía explicar. Uno de los primeros en reconocer la importancia del trabajo de Planck fue Albert Einstein, quien en 1905 utilizó el concepto de cuantos de luz para explicar el efecto fotoeléctrico, un descubrimiento que le valdría el premio Nobel de Física en 1921.

La teoría cuántica de Planck transformó nuestra comprensión del mundo a nivel atómico y subatómico. La mecánica cuántica, desarrollada a partir de los principios introducidos por Planck, se convirtió en una de las teorías más exitosas y ampliamente verificadas en la historia de la ciencia. Ha permitido avances tecnológicos como los semiconductores, la computación cuántica y ha sido fundamental en el desarrollo de la física de partículas y la cosmología.

Max Karl Ernst Ludwig Planck nació en una familia académica y desde joven mostró un talento excepcional para las ciencias y las matemáticas. Estudió física en la Universidad de Múnich y luego en la Universidad Humboldt de Berlín, donde fue influenciado por grandes científicos de la época como Hermann von Helmholtz y Gustav Kirchhoff. A lo largo de su carrera, Planck fue conocido por su rigor y su dedicación a la ciencia. A pesar de que su teoría cuántica fue inicialmente recibida con escepticismo, él perseveró en sus investigaciones, lo que finalmente le llevó a ganar el premio Nobel de Física en 1918. Aunque su vida profesional estuvo llena de éxitos, la vida personal de Max Planck estuvo marcada

LA TEORÍA CUÁNTICA DE PLANCK TRANSFORMÓ NUESTRA COMPRENSIÓN DEL MUNDO A NIVEL ATÓMICO Y SUBATÓMICO

por profundas tragedias en su entorno más cercano. Durante la Primera Guerra Mundial, su hijo mayor, Karl Planck, falleció en combate en 1916, una pérdida devastadora para la familia. Esta tragedia se agravó en la Segunda Guerra Mundial cuando su otro hijo, Erwin Planck, fue implicado en la Operación Valkiria, el fallido atentado para asesinar a Adolf Hitler en 1944. Erwin fue arrestado por la Gestapo y posteriormente ejecutado en 1945. Estas pérdidas personales fueron un golpe duro para Max Planck, quien ya había enfrentado la muerte de su esposa y una hija años antes, sumiendo al ilustre físico en un dolor profundo que contrastaba con sus logros científicos.

El legado de Max Planck es inmenso. Su trabajo no solo revolucionó la física, sino que también influyó en el desarrollo de la química y la ingeniería. La constante de Planck es una de las constantes fundamentales del universo y su teoría cuántica es un pilar central en la comprensión moderna de la naturaleza. El Instituto Max Planck, fundado en su honor, continúa siendo una de las instituciones de investigación más prestigiosas del mundo, dedicada a la ciencia avanzada en múltiples disciplinas. ■



Foto de los asistentes en la primera conferencia de Solvay en el Hotel Metropole de Bruselas entre el 29 de octubre y el 4 de noviembre de 1911,

1902 D. C.

Los Curie aíslan el radio

El descubrimiento y aislamiento del elemento químico radio en 1902 por Marie Curie (1867-1934) y su esposo Pierre Curie (1859-1906) es uno de los hitos más valiosos en la historia de la ciencia. Este logro no solo abrió nuevas fronteras en el estudio de la radiactividad, sino que también transformó la medicina y la física y consolidó a Marie Curie como una de las científicas más importantes de todos los tiempos.

A finales del siglo XIX, la comprensión de la materia y la energía estaba en un punto de inflexión. Como hemos destacado antes, Henri Becquerel había descubierto la radiactividad en 1896 mientras investigaba los efectos de la luz solar en los compuestos de uranio. Este hallazgo despertó el interés de Marie Curie, una joven física y química polaca que, tras mudarse a París, se había casado con Pierre Curie, un físico también dedicado a la investigación. Juntos, comenzaron a explorar este nuevo fenómeno de la radiactividad.

Los Curie observaron que la pechblenda, un mineral que contiene uranio, emitía radiación incluso después de que se extrajera el uranio, lo que sugería la presencia de otros elementos radiactivos. Fue durante estos estudios que descubrieron dos nuevos elementos: el polonio y el radio. Mientras que el polonio se caracterizaba por su intensa radiactividad pero era difícil de manejar, el radio mostró un potencial mucho mayor, tanto por su estabilidad relativa como por su potente emisión de radiación.

Aislar el radio en su forma pura fue una tarea monumental. Marie Curie trabajó en condiciones extremadamente difíciles, en un laboratorio rudimentario y con escasos recursos. El proceso requería el tratamiento de toneladas de pechblenda para extraer minúsculas cantidades de radio. Para separar el radio del bario, elemento con el que estaba mezclado en la pechblenda, los Curie utilizaron un proceso laborioso de cristalización fraccionada, un método que requería repetidos ciclos de disolución y recristalización.

Finalmente, en 1902, después de cuatro años de trabajo incansable, los Curie lograron aislar una décima de gramo de cloruro de radio puro. Este logro fue revolucionario: no solo confirmaba la existencia del radio como un elemento químico, sino que también permitía estudiar sus propiedades en profundidad. La radiactividad del radio resultó ser millones de veces más intensa que la del uranio, lo que lo convirtió en una herramienta poderosa para la investigación y el tratamiento médico.

El aislamiento del radio tuvo un impacto inmediato y duradero en diversas áreas de la ciencia y la medicina. En primer lugar, confirmó la teoría de que la radiactividad era una propiedad atómica y no un fenómeno químico, lo que ayudó a cimentar la idea de que los átomos eran divisibles, en contraposición a la noción clásica de los átomos como las partículas más pequeñas e indivisibles de la materia. En medicina, el radio revolucionó el tratamiento de enfermedades como el cáncer. La radioterapia, una técnica que utiliza radiación para destruir células malignas, se desarrolló rápidamente gracias al descubrimiento del radio. Aunque en sus primeras aplicaciones la radioterapia no estaba exenta de peligros, el uso del radio abrió una nueva vía en la lucha contra el cáncer, y sigue siendo un tratamiento fundamental hoy en día, aunque ahora se utilizan fuentes radiactivas más seguras.

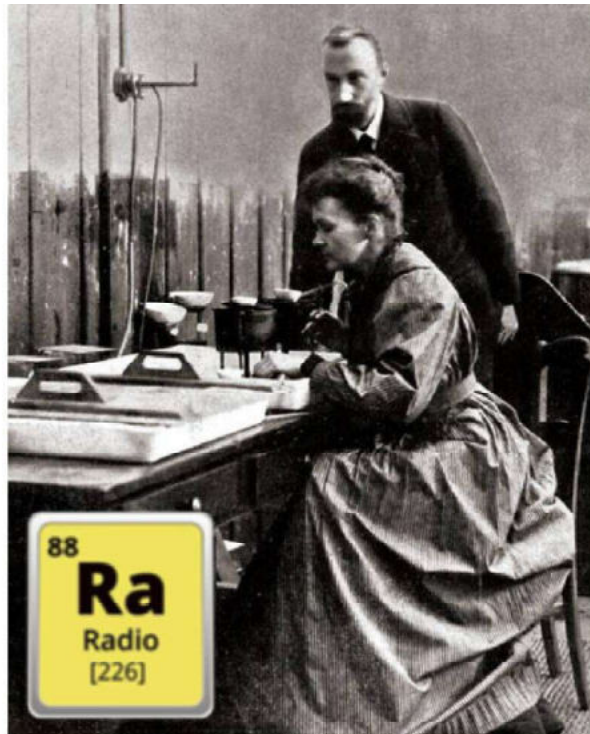


Foto del matrimonio Curie aparecida en *L'Illustration* el 29 de diciembre de 1923.

LA PRIMERA PERSONA EN RECIBIR DOS PREMIOS NOBEL

El trabajo de los Curie fue reconocido internacionalmente. En 1903, Marie Curie compartió el premio Nobel de Física con su esposo Pierre Curie y con Henri Becquerel, en reconocimiento a sus investigaciones sobre la radiactividad. Este galardón la convirtió en la primera mujer en recibir un Nobel y marcó el inicio de una carrera que desafiaría las convenciones sociales y científicas de la época. Sin embargo, su mayor reconocimiento llegó en 1911, cuando recibió en solitario el Nobel de Química por su descubrimiento de los elementos radio y polonio, así como por el aislamiento del radio. Este segundo Nobel consolidó su estatus como una de las científicas más destacadas de la historia, siendo la primera persona en recibir dos Premios Nobel en diferentes disciplinas científicas. La cita del Comité Nobel describió su trabajo como «el mayor evento en la química desde el descubrimiento del oxígeno», subrayando la importancia del radio en la transformación de la ciencia química.

El descubrimiento del radio marcó un hito en la química y la física, además de tener profundas implicaciones sociales y culturales. La fascinación por la radiactividad ocasionó una ola de entusiasmo por las aplicaciones potenciales del radio, algunas de las cuales, como su uso en cosméticos y productos de consumo, se demostraron peligrosas poco después. Sin embargo, el legado más duradero del descubrimiento del radio reside en su contribución a la medicina y a la comprensión fundamental de la naturaleza atómica.

El trabajo de Marie Curie, su dedicación al conocimiento y su perseverancia, que acabaría costándole la vida por su continuo trabajo con el radio, siguen siendo motivo de inspiración y un ejemplo de cómo la ciencia no entiende de géneros. ■

1905

Albert Einstein y la teoría de la relatividad

El año 1905 fue el *annus mirabilis* de Albert Einstein, un joven físico de 26 años que trabajaba como empleado en la Oficina de Patentes de Berna publicó cuatro artículos revolucionarios en la revista *Annalen der Physik*. A pesar de no estar afiliado a una universidad, Einstein cambió para siempre la física y nuestra comprensión del universo. Estos artículos fueron uno sobre el movimiento browniano, otro sobre la equivalencia entre masa y energía, y los dos que comentaremos a continuación.

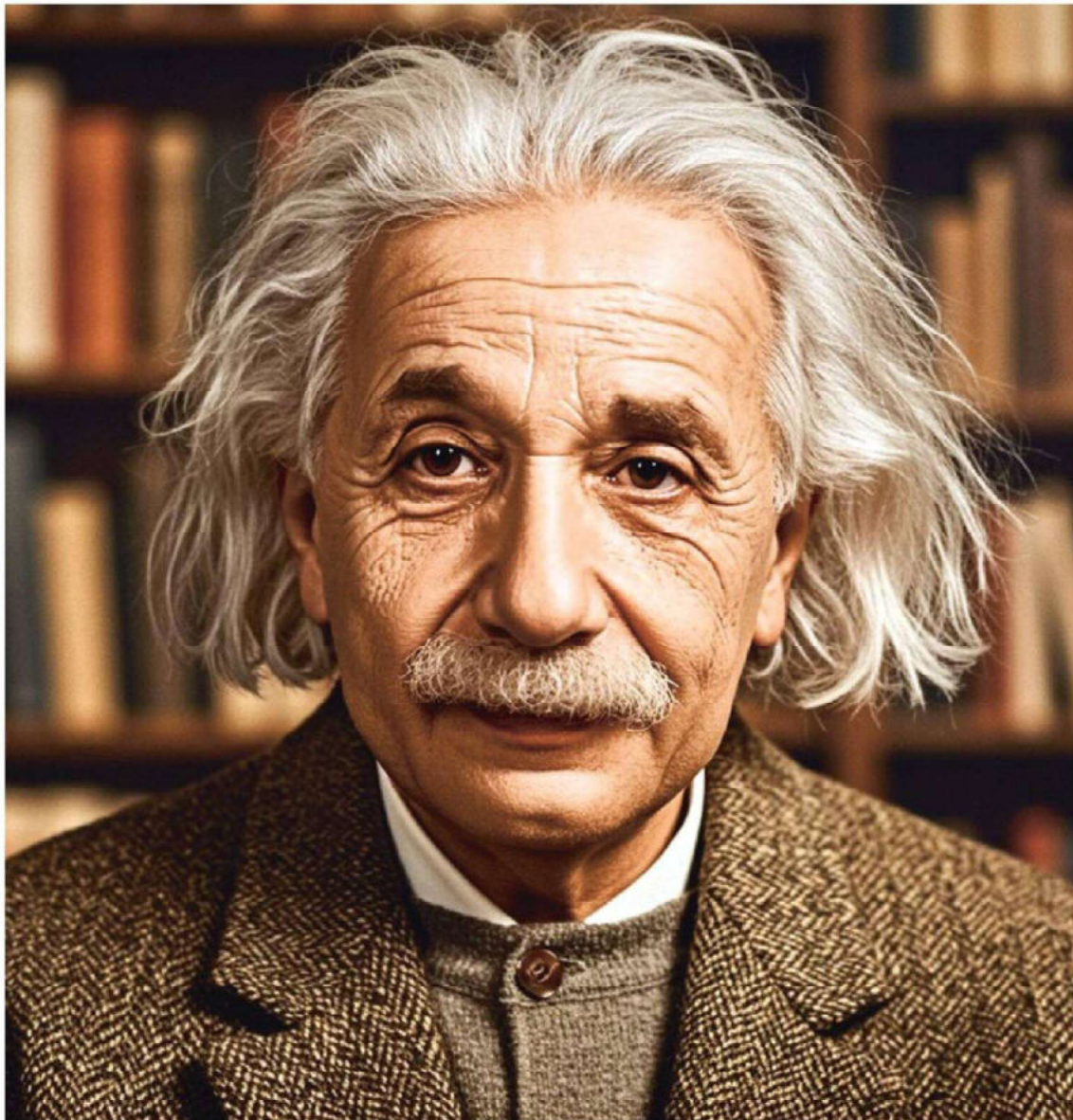
El efecto fotoeléctrico se refiere a la emisión de electrones por parte de ciertos materiales cuando son iluminados con luz de una frecuencia específica. Antes de Einstein, se sabía que la luz podía causar la emisión de electrones, pero las observaciones experimentales no podían ser explicadas por la teoría de ondas de la luz de Maxwell. Según esta teoría, la energía de la luz depende de su intensidad, no de su frecuencia. Sin embargo, los experimentos mostraban que solo la luz por encima de una cierta frecuencia podía liberar electrones, independientemente de su intensidad.

Einstein propuso una solución radical en su artículo Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz. Basándose en la idea de los cuantos de energía de Max Planck, Einstein sugirió que la luz estaba compuesta por partículas discretas llamadas fotones. Cada fotón tiene una energía determinada. Cuando un fotón incide sobre un electrón en un material, le transfiere su energía. Si esta energía es suficiente para superar la «función de trabajo» del material, el electrón es liberado.

PIEDRA ANGULAR DE LA MECÁNICA CUÁNTICA

Este modelo explicó varios aspectos del efecto fotoeléctrico:

- Umbral de frecuencia: solo la luz con una frecuencia mayor que la frecuencia umbral puede liberar electrones, independientemente de su intensidad.



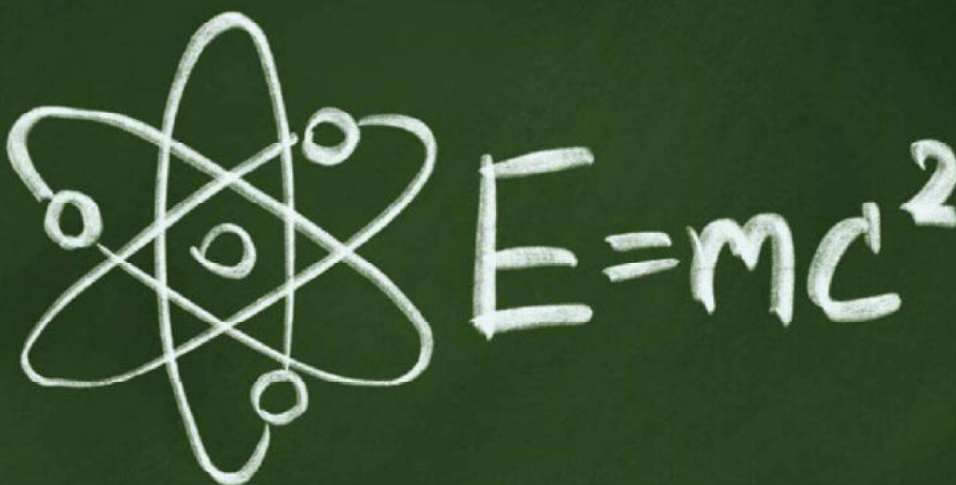
En 1905, Albert Einstein tuvo un año extraordinario. Durante ese año, publicó cuatro artículos científicos revolucionarios que transformaron por completo la física.

- Relación energía-frecuencia: la energía cinética de los electrones emitidos depende linealmente de la frecuencia de la luz incidente.
- Emisión instantánea: los electrones son emitidos instantáneamente cuando son iluminados, sin un retraso detectable.

Su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico fue tan fundamental que le otorgó el premio Nobel de Física en 1921. Este descubrimiento no solo validó la teoría cuántica de Planck, sino que también introdujo la dualidad onda partícula de la luz, una piedra angular de la mecánica cuántica.

En el artículo titulado *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*, Einstein presentó su teoría especial de la relatividad. Esta teoría se basa en dos postulados fundamentales:

- Principio de relatividad: las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales.



SHUTTERSTOCK

La teoría de la relatividad reformuló conceptos del espacio y el tiempo, reconciliando la mecánica clásica de Newton con las leyes del electromagnetismo de Maxwell.

- Constancia de la velocidad de la luz: la velocidad de la luz en el vacío es constante e independiente del movimiento de la fuente o del observador.

Gracias a estos postulados se descubrieron sorprendentes y contraintuitivos fenómenos asociados al espacio y el tiempo. Uno de los hallazgos más famosos es la dilatación del tiempo: el tiempo se dilata o «se estira» en sistemas de referencia que se mueven a velocidades cercanas a la de la luz respecto a un observador en reposo. Esto significa que un reloj en movimiento parecerá avanzar más lentamente comparado con uno en reposo. Otro descubrimiento fue el de la contracción de la longitud: los objetos en movimiento se contraen en la dirección del movimiento desde el punto de vista de un observador en reposo. Además, la teoría predice que la masa de un objeto aumenta con su velocidad y que la energía y la masa son equivalentes, como lo expresa la famosa ecuación $E=mc^2$.

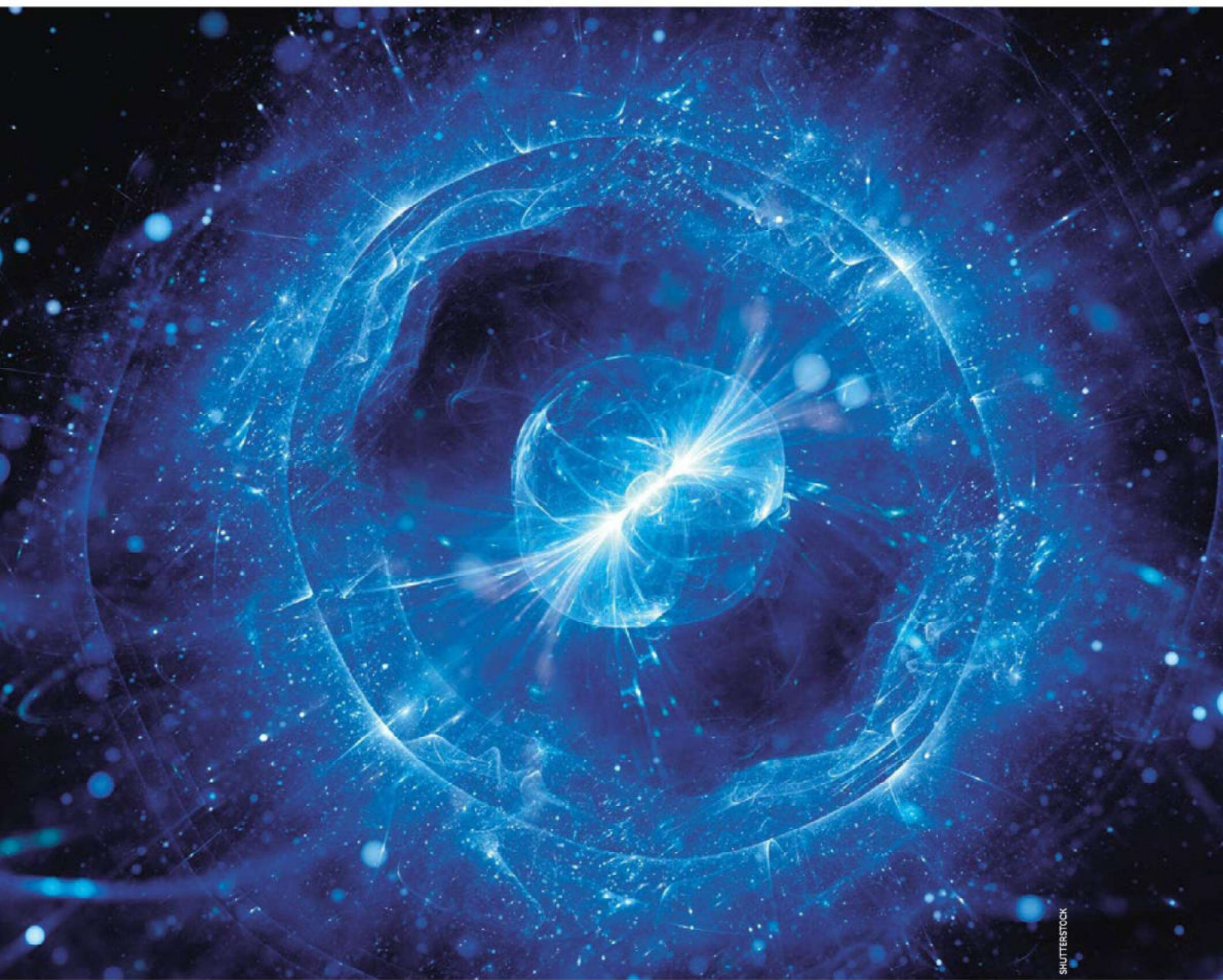
La teoría especial de la relatividad reformuló conceptos fundamentales del espacio y el tiempo. Reconciliando la mecánica clásica de Newton con las leyes del electromagnetismo de Maxwell, Einstein demostró que nuestras intuiciones cotidianas no se aplican a velocidades cercanas a la de la luz.

SUS TEORIAS ALLANARON EL CAMINO DE LA FÍSICA CUÁNTICA

A principios del siglo XX, la física clásica se encontraba en una crisis debido a fenómenos inexplicables como el efecto fotoeléctrico y la radiación del cuerpo negro. Las contribuciones de Einstein ofrecieron una nueva perspectiva y herramientas para abordar estos problemas, allanando el camino para la Revolución cuántica y el desarrollo de la teoría general de la relatividad en 1915. El impacto

del trabajo de Einstein en la ciencia y la tecnología es inmenso. El efecto fotoeléctrico es la base de tecnologías modernas como las células solares y los sensores de luz. La teoría especial de la relatividad ha sido crucial en el desarrollo de tecnologías como el GPS, que requiere correcciones relativistas para proporcionar ubicaciones precisas.

Además, estas teorías han influido profundamente en nuestra comprensión del universo. La relatividad especial es fundamental para la física de partículas y la cosmología, permitiendo estudios sobre el comportamiento de partículas subatómicas y la expansión del universo. La equivalencia de masa y energía también condujo al desarrollo de la energía nuclear y a la comprensión de las reacciones nucleares en las estrellas. ■



La relatividad especial es fundamental para la física de partículas y la cosmología, permitiendo estudios sobre el comportamiento de partículas subatómicas y la expansión del universo.

1909 D. C.

El pan del aire de Fritz Haber

La síntesis artificial de amoníaco fue uno de los mayores avances científicos y tecnológicos, un logro atribuido en buena parte a Fritz Haber (1868-1934), que nació en la actual Breslavia, cuando esta ciudad pertenecía al Imperio alemán. Este proceso, conocido como el proceso Haber-Bosch, revolucionó la producción de fertilizantes y tuvo un impacto duradero en la agricultura, la industria y la economía mundial.

Durante siglos, la disponibilidad de nitrógeno fijo, esencial para la agricultura, era limitada. A finales del siglo XIX y principios del XX la fuente principal era el nitrato de sodio extraído en Chile. Sin embargo, con el crecimiento de la población y la demanda de alimentos, era urgente encontrar una manera de sintetizar amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico, que constituye el 78 % del aire, pero es inerte y no aprovechable directamente por las plantas.

Haber fue un brillante químico con una pasión por resolver problemas prácticos mediante la ciencia. En 1905, durante sus años como investigador en la Universidad de Karlsruhe, comenzó a investigar la síntesis de amoníaco a partir de nitrógeno

SHUTTERSTOCK



Estructura
molecular del
amoníaco.

e hidrógeno. Descubrió que, bajo altas presiones y temperaturas, y en presencia de un catalizador adecuado, era posible sintetizar amoníaco de manera eficiente. Este hallazgo se materializó en 1909, cuando logró producir amoníaco en su laboratorio usando osmio y uranio como catalizadores iniciales, aunque estos fueron rápidamente reemplazados por el hierro, un material más económico y eficiente.

Aunque Haber había demostrado la viabilidad del proceso en el laboratorio, llevarlo a una escala industrial era un desafío enorme. Aquí es donde entra en juego Carl Bosch (1874-1940), ingeniero y químico que trabajaba para la empresa BASF. Bosch refinó y escaló el proceso, desarrollando grandes reactores y sistemas de alta presión necesarios para la producción industrial. En 1913, la primera planta de amoníaco a escala industrial comenzó a operar en Oppau, Alemania.

El impacto del proceso Haber-Bosch fue inmediato y profundo. La capacidad de producir amoníaco en grandes cantidades permitió la fabricación de fertilizantes nitrogenados a bajo costo, lo que aumentó drásticamente la productividad agrícola. Esto, a su vez, contribuyó a sostener el crecimiento de la población mundial al proporcionar los nutrientes necesarios para la producción de alimentos. Además de su uso en fertilizantes, el amoníaco es un precursor para la producción de explosivos, lo que tuvo implicaciones significativas durante las guerras mundiales. De hecho, durante la Primera Guerra Mundial, la capacidad de Alemania para producir nitratos de manera independiente fue un factor crucial en su esfuerzo bélico.



El uso de la química para la guerra le valió críticas y controversia a Fritz Haber

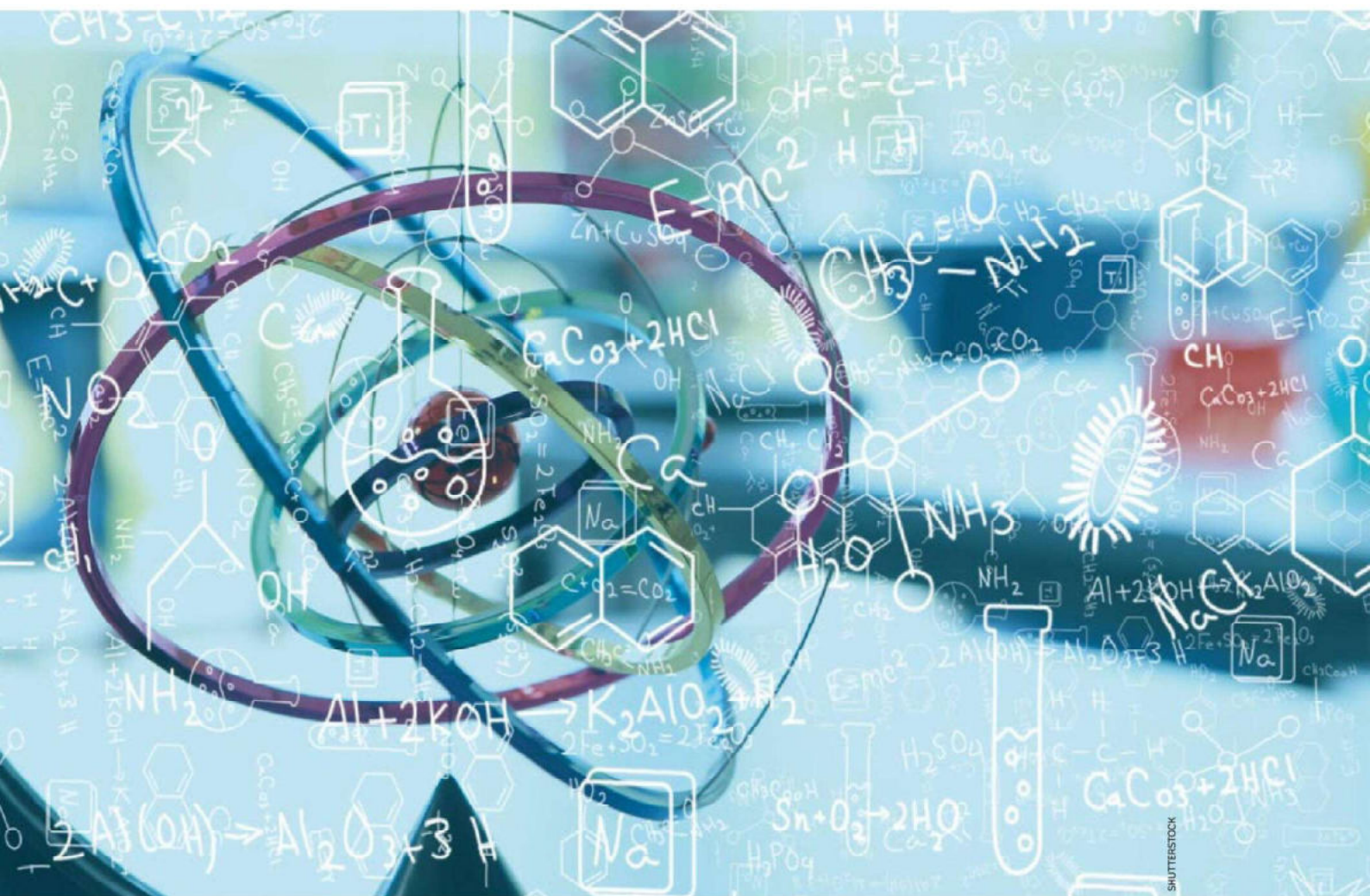
FIGURA CONTROVERTIDA

A pesar de su contribución a la lucha contra el hambre y el crecimiento de la población asociado, la figura de Fritz Haber es controvertida debido a su papel en el desarrollo de armas químicas durante la Primera Guerra Mundial. Haber, un patriota militante, lideró el desarrollo del gas cloro, utilizado por primera vez en la segunda batalla de Ypres en 1915. Este uso de la química para la guerra le valió críticas y controversia, a pesar de haber sido galardonado con el premio Nobel de Química en 1918 por su trabajo en la síntesis de amoníaco, por obtener «pan del aire».

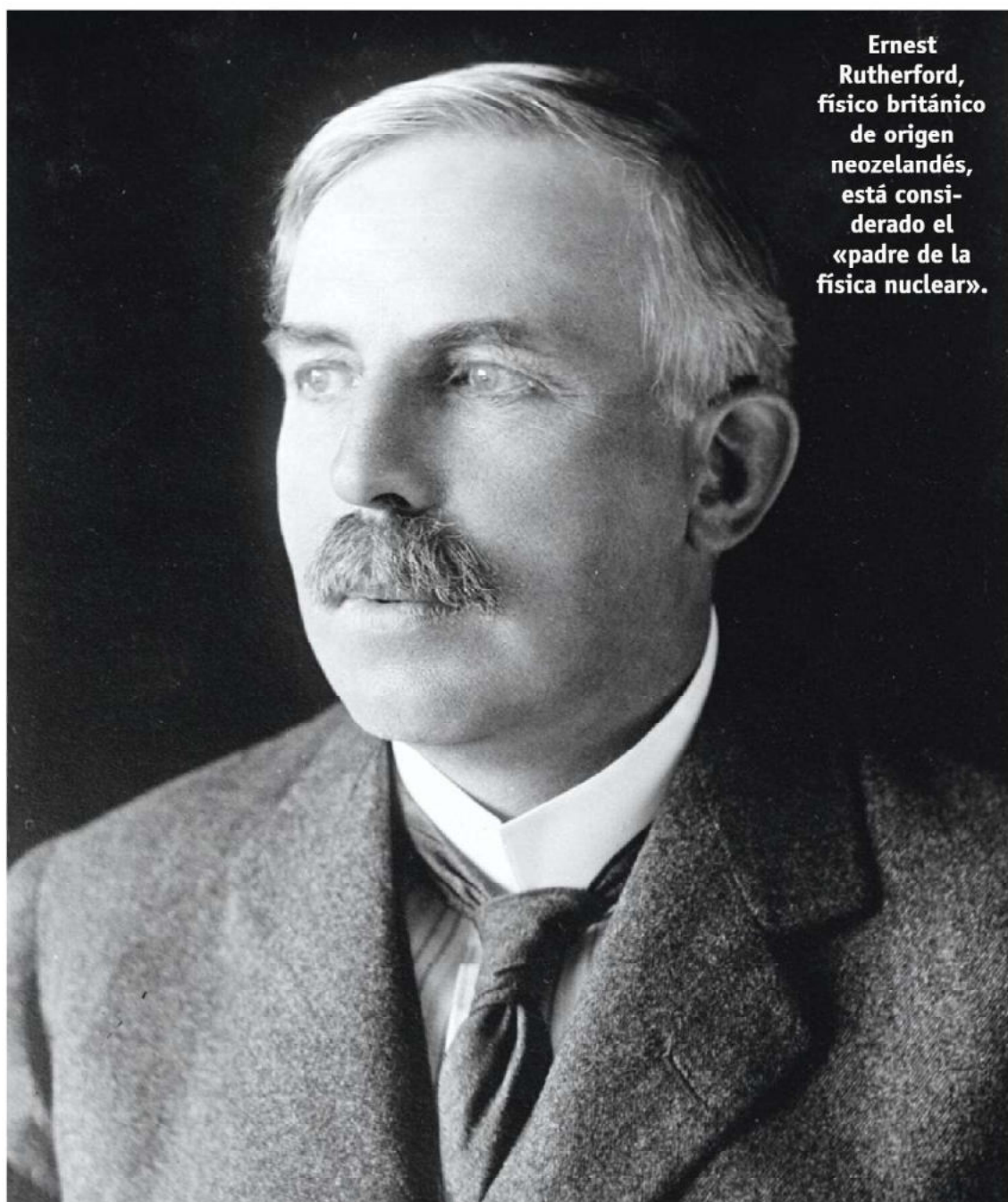
Hoy en día, el proceso Haber-Bosch sigue siendo fundamental para la producción global de amoníaco, aunque también es uno de los procesos industriales más intensivos en consumo de energía, el cual contribuye significativamente a las emisiones globales de dióxido de carbono. Investigaciones actuales se centran en mejorar la eficiencia energética del proceso y desarrollar métodos más sostenibles para la producción de amoníaco, como el uso de energías renovables para la electrólisis del agua, hidrógeno verde y otras tecnologías que reducen nuestra dependencia de los combustibles fósiles. ■

1911

El modelo nuclear de Rutherford



Sin el modelo nuclear de Ernest Rutherford, nuestra comprensión actual de la química, representada por las fórmulas y estructuras, no hubiera sido posible.



Ernest Rutherford, físico británico de origen neozelandés, está considerado el «padre de la física nuclear».

El modelo nuclear del átomo del físico británico de origen neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937) surgió de unos experimentos innovadores que el propio Rutherford y sus colaboradores llevaron a cabo en la Universidad de Mánchester; en concreto, el famoso experimento de la lámina de oro.

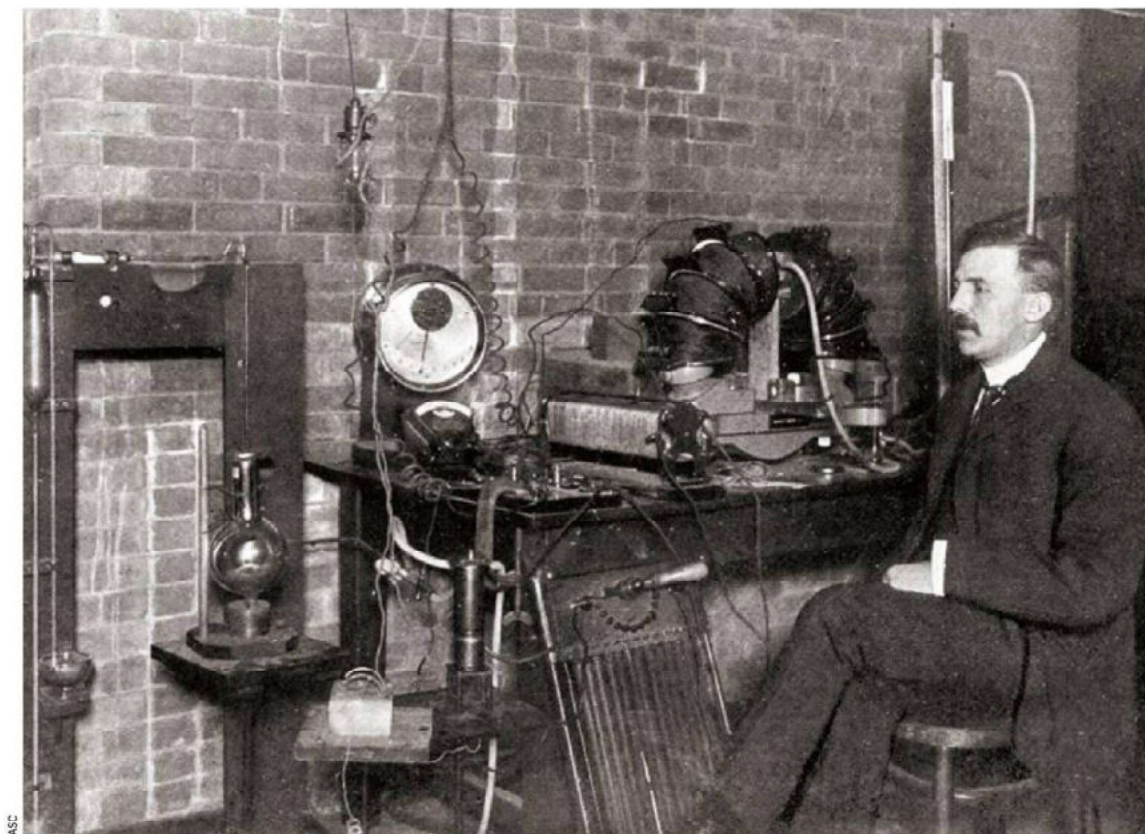
Ernest Rutherford nació el 30 de agosto de 1871 en Spring Grove, Nueva Zelanda. Fue el cuarto de once hijos de una familia de inmigrantes británicos. Tras estudiar en la Universidad de Nueva Zelanda, ganó una beca para estudiar en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge bajo la dirección de J. J. Thomson. En 1898, aceptó una cátedra en la Universidad McGill en Montreal, donde realizó investigaciones fundamentales en radioactividad, por las cuales recibió el premio

SU TRABAJO SENTÓ LAS BASES PARA NUESTRA COMPRENSIÓN MODERNA DE LA ESTRUCTURA ATÓMICA Y LA FÍSICA NUCLEAR

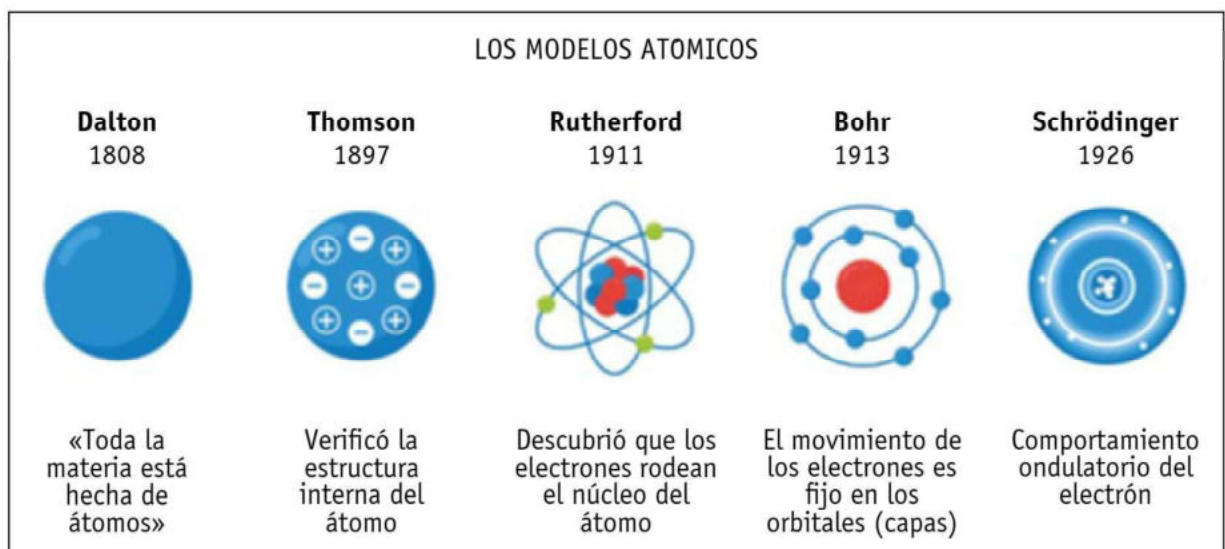
Nobel de Química en 1908. A principios del siglo XX, el modelo atómico predominante era el modelo de «pudin de pasas» propuesto por J. J. Thomson, que describía el átomo como una esfera de carga positiva con electrones incrustados como pasas en un pudin. Sin embargo, este modelo no podía explicar ciertos fenómenos observados en experimentos de dispersión de partículas.

«ESTA ES LA ÚLTIMA PATATA QUE RECOGERÉ»

En 1909, Rutherford dirigió un experimento con sus colegas Hans Geiger y Ernest Marsden que involucraba disparar partículas alfa (núcleos de helio cargados positivamente) contra una delgada lámina de oro. Según el modelo de Thomson, las partículas alfa deberían pasar a través de la lámina con mínimas desviaciones. Sin embargo, los resultados fueron sorprendentes: mientras que la mayoría de las partículas pasaban como se esperaba, algunas se desviaban a grandes ángulos e incluso algunas rebotaban directamente hacia la fuente.



La contribución más notable de Ernest Rutherford fue el descubrimiento del núcleo atómico en 1911 mediante su famoso experimento de dispersión de partículas alfa.



SHUTTERSTOCK

Evolución de los principales modelos atómicos a lo largo de la historia, presentando cómo ha cambiado nuestra comprensión de la estructura del átomo.

Rutherford describió estos resultados como el evento más increíble de su vida, comparando la situación con «disparar un proyectil de 38 cm contra un pañuelo de papel y que este rebote». Este fenómeno no podía explicarse con el modelo de Thomson. Por lo tanto, en 1911 Rutherford propuso que, en lugar de ser una masa uniforme de carga positiva, el átomo tenía un núcleo central pequeño y denso que contenía toda la carga positiva y la mayor parte de la masa del átomo. Los electrones orbitaban este núcleo, similar a cómo los planetas orbitan el sol. Este núcleo central explicaba por qué algunas partículas alfa se desviaban en grandes ángulos: estaban rebotando en el núcleo denso del átomo. Este modelo nuclear redefinió el concepto del átomo y fue el primer paso hacia una comprensión moderna de la estructura atómica. El núcleo, aunque extremadamente pequeño en comparación con el tamaño total del átomo, era increíblemente denso y contenía la mayoría de la masa del átomo. Este modelo explicó las observaciones experimentales de manera que el modelo de Thomson no podía.

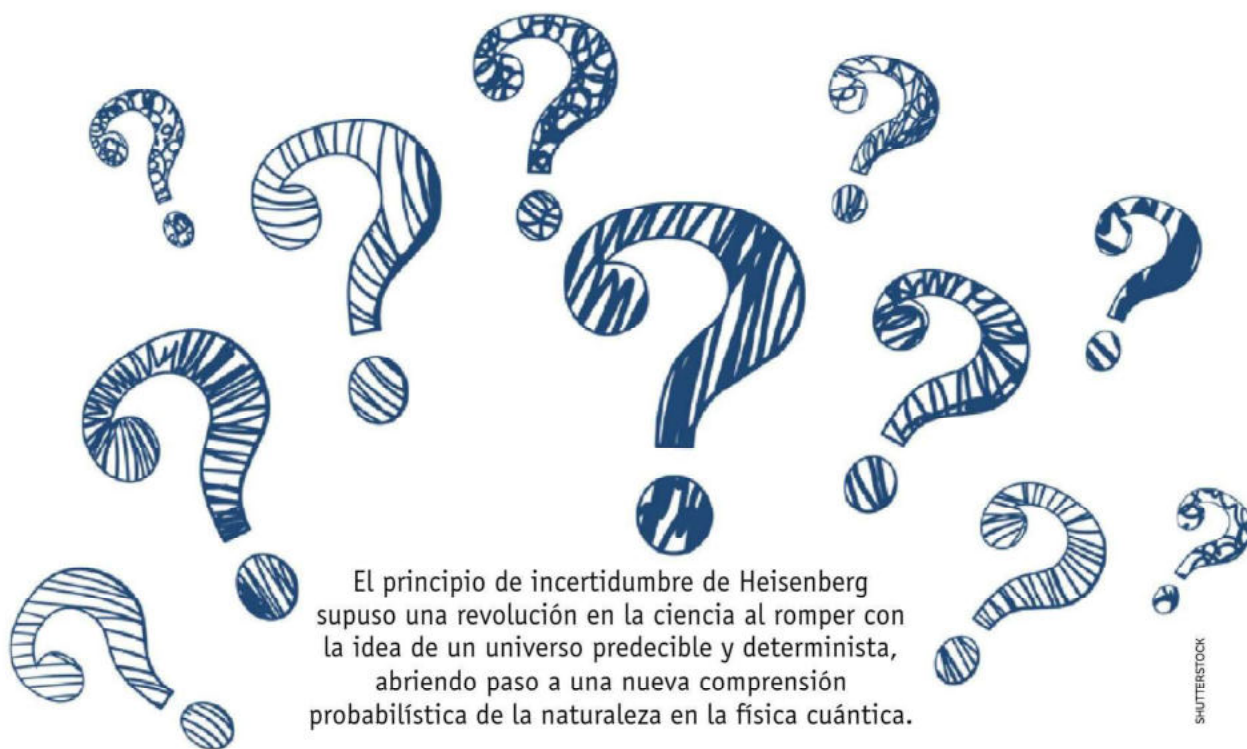
El modelo nuclear del átomo tuvo un impacto monumental en la física. Primero, resolvió inconsistencias importantes en la teoría atómica de la época y proporcionó una base sólida para futuras investigaciones. Este descubrimiento también llevó al desarrollo de la física nuclear y a la eventual identificación de los protones y neutrones como los componentes del núcleo. Además, el trabajo de Rutherford abrió el camino para el modelo atómico de Niels Bohr en 1913, que introdujo conceptos de cuantización de energía y trayectorias electrónicas, lo que sentó las bases para la mecánica cuántica. La idea de un núcleo central también fue crucial para entender las reacciones nucleares, incluyendo la fisión y la fusión, que más tarde se convertirían en la base de la energía y las armas nucleares.

Rutherford fue toda una leyenda por su espíritu innovador y su humor. Se cuenta que, cuando recibió la noticia de que había ganado una beca para estudiar en la Universidad de Cambridge, estaba trabajando en la granja de su familia en Nueva Zelanda. Al enterarse, exclamó a su madre: «Esta es la última patata que recogeré». ■

1927 D. C.

El principio de incertidumbre de Heisenberg

El principio de incertidumbre es una de las ideas más revolucionarias de la física cuántica y ha cambiado profundamente cómo entendemos el funcionamiento del universo en su nivel más fundamental. Este principio establece que es imposible medir simultáneamente con precisión arbitraria dos propiedades conjugadas, como la posición y el momento (cantidad de movimiento) de una partícula. En términos más simples, cuanto más precisión intentemos obtener sobre la posición de una partícula, menos precisión tendremos sobre su momento, y viceversa. Esta idea no es solo un re-



El principio de incertidumbre de Heisenberg supuso una revolución en la ciencia al romper con la idea de un universo predecible y determinista, abriendo paso a una nueva comprensión probabilística de la naturaleza en la física cuántica.

SHUTTERSTOCK



Heisenberg estuvo a cargo del Proyecto Uranio de la bomba atómica alemana durante la II Guerra Mundial.

sultado de las limitaciones de los instrumentos de medición, sino que refleja una característica fundamental de la naturaleza a nivel cuántico.

Werner Heisenberg (1901-1976), quien formó parte de la segunda generación de científicos cuánticos, trabajaba en los problemas que presentaban la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Influenciado por el trabajo de otros gigantes como Niels Bohr y Max Born, Heisenberg propuso en 1927, cuando contaba con apenas veintiséis años, lo que hoy conocemos como el principio de incertidumbre, revolucionando nuestra comprensión de la realidad física.

El principio de incertidumbre de Heisenberg puede expresarse matemáticamente como:

$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$, donde Δx representa la incertidumbre en la posición de la partícula, Δp es la incertidumbre en su momento y h es la constante de Planck. Esta ecuación muestra que el producto de las incertidumbres en posición y momento nunca puede ser menor que un valor fijo, lo que implica que no podemos conocer ambas propiedades con precisión infinita al mismo tiempo. Cabe destacar que este principio es más que una curiosidad matemática, es una característica intrínseca de la naturaleza cuántica. Contrario a la física clásica, donde se asumía que con suficientes datos y herramientas de medición se podía determinar el estado exacto de un sistema, Heisenberg demostró que, en el ámbito cuántico, la misma noción de determinismo perfecto es inaplicable.

IMPLICACIONES EN LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

El principio de incertidumbre tuvo implicaciones profundas, no solo para la física, sino también para la filosofía de la ciencia. Para muchos, este principio desafió la noción de que la naturaleza es completamente determinista, una idea que había sido central en la física desde los tiempos de Newton. Si en el nivel cuántico no podemos medir exactamente tanto la posición como el momento de una partícula, entonces la predictibilidad perfecta es imposible, lo que lleva a una visión más probabilística de la realidad. Albert Einstein, quien había sido uno de los fundadores de la física cuántica, fue muy crítico con este aspecto de la teoría cuántica. Es famosa su frase: «Dios no juega a los dados con el universo», expresando su incomodidad con la idea de que la física cuántica introdujera

elementos de indeterminación en la descripción de la naturaleza. A pesar de sus reservas, los experimentos posteriores han confirmado repetidamente la validez del principio de incertidumbre.

El principio de incertidumbre está estrechamente relacionado con otros conceptos fundamentales de la mecánica cuántica. Por ejemplo, la dualidad onda-partícula, propuesta por Louis de Broglie, afirma que todas las partículas exhiben propiedades tanto de ondas como de partículas. En este contexto, el principio de incertidumbre puede entenderse como una manifestación de la naturaleza ondulatoria de las partículas: cuanto más corta es la longitud de onda asociada a una partícula (y, por tanto, más precisa es su posición), menos precisa es la determinación de su momento.

El principio también está relacionado con el concepto de superposición cuántica, donde un sistema cuántico puede existir en múltiples estados a la vez. Este fenómeno, que se vuelve relevante al considerar el principio de incertidumbre, es clave para entender el comportamiento de partículas en sistemas cuánticos, como los electrones en un átomo o las partículas en un experimento de doble rendija. Ha sido crucial para el desarrollo de tecnologías modernas. Por ejemplo, los dispositivos semiconductores, que son la base de la electrónica moderna, dependen de principios cuánticos, incluyendo la incertidumbre. Los escáneres de resonancia magnética, que permiten a los médicos ver imágenes detalladas del interior del cuerpo humano, también utilizan principios de la física cuántica. En la computación cuántica, el principio de incertidumbre juega un papel fundamental en la capacidad de los qubits para representar múltiples estados simultáneamente, lo que podría permitir un procesamiento de información mucho más rápido que los sistemas clásicos.

LA NATURALEZA ES MUCHO MÁS COMPLEJA Y MISTERIOSA

Werner Heisenberg fue galardonado con el premio Nobel de Física en 1932 por su contribución a la creación de la mecánica cuántica. Aunque el principio de incertidumbre es solo una parte de su legado, es, sin duda, el que más ha capturado la imaginación tanto de científicos como de filósofos. En términos de la historia de la ciencia, este principio es visto como uno de los grandes hitos que marcan la transición de la física clásica a la moderna. Junto con la teoría de la relatividad de

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$$

Incertidumbre en la posición →

← Constante de Plank

↑

Incertidumbre del momento

El principio de incertidumbre de Heisenberg establece que no se puede conocer con precisión simultáneamente la posición y el momento (cantidad de movimiento) de una partícula.



Tanto Heisenberg como Louis-Victor de Broglie (en la imagen) rompieron con la visión clásica de que las partículas tienen trayectorias definidas y medibles con precisión.

Einstein y la teoría cuántica en general, representa un cambio radical en nuestra comprensión del universo.

En la actualidad, el principio de incertidumbre sigue siendo una fuente de fascinación y un recordatorio de que, en el fondo, la naturaleza es mucho más compleja y misteriosa de lo que podríamos haber imaginado. Mientras que la física clásica nos ofrecía una visión de un universo ordenado y predecible, la mecánica cuántica, con su principio de incertidumbre, nos muestra un mundo donde las probabilidades y las incertidumbres son parte de las reglas del juego. ■

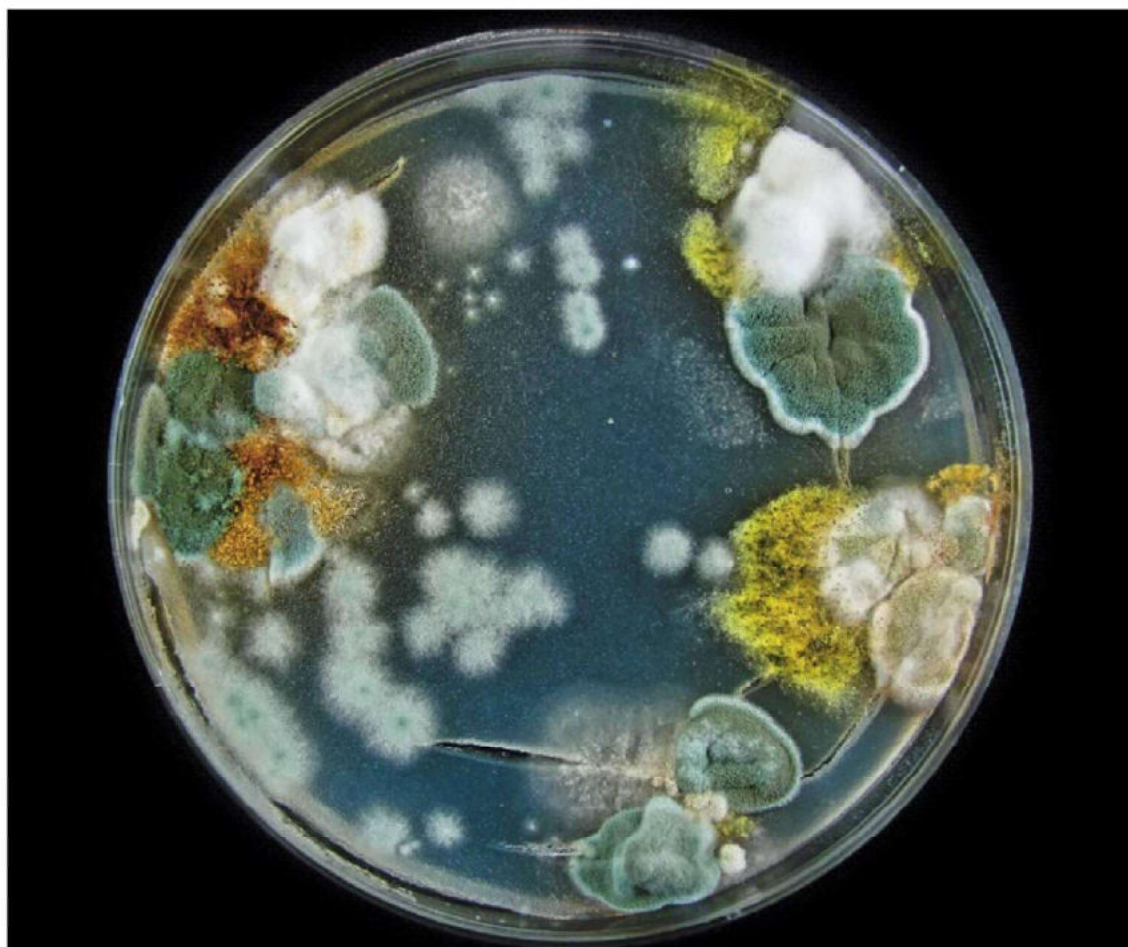
1928 D. C.

Fleming descubre la penicilina

El descubrimiento y desarrollo de la penicilina es uno de los ejemplos más emblemáticos de serendipia científica, un término que se refiere a esos hallazgos valiosos que ocurren por accidente o de manera inesperada. Esas ocasiones en las que, buscando algo, encontramos otra cosa completamente diferente que resulta ser mucho más significativa. La historia de la penicilina ilustra perfectamente este concepto y subraya cómo los avances científicos a veces dependen tanto de la suerte como de la perspicacia. El término «serendipia» fue acuñado por el escritor y político inglés Horace Walpole en 1754, inspirado por un antiguo cuento persa titulado *Los tres príncipes de Serendip*. En esta historia, los príncipes resolvían sus problemas de forma casual y accidental, similar a lo que ocurriría casi dos siglos después en un laboratorio de Londres.

En septiembre de 1928, Alexander Fleming (1881-1955), un bacteriólogo escocés nacido en la ciudad de Darvel, trabajaba en el Hospital St. Mary en Londres cuando hizo un descubrimiento que cambiaría el curso de la medicina. Fleming observó que una colonia de moho, posteriormente identificado como *Penicillium notatum*, había crecido espontáneamente en una de sus placas de cultivo. Al examinarlo más de cerca, notó que este hongo producía una sustancia que inhibía el crecimiento de las bacterias circundantes. Sin saberlo en ese momento, había descubierto la penicilina, el primer antibiótico efectivo, aunque la magnitud de este descubrimiento no se reconocería plenamente hasta años después.

Fleming, un hombre con una mente curiosa y meticulosa, no se dejó llevar por la sorpresa inicial. Decidió investigar más a fondo, aislando y describiendo esta sustancia. Aunque publicó sus hallazgos en 1929, la comunidad científica no mostró mucho interés al principio. Su descubrimiento no fue más que el inicio de una larga y compleja travesía científica. Sin embargo, la penicilina, como descubrimiento, requería aún de mucho trabajo antes de poder ser utilizada como tratamiento médico.

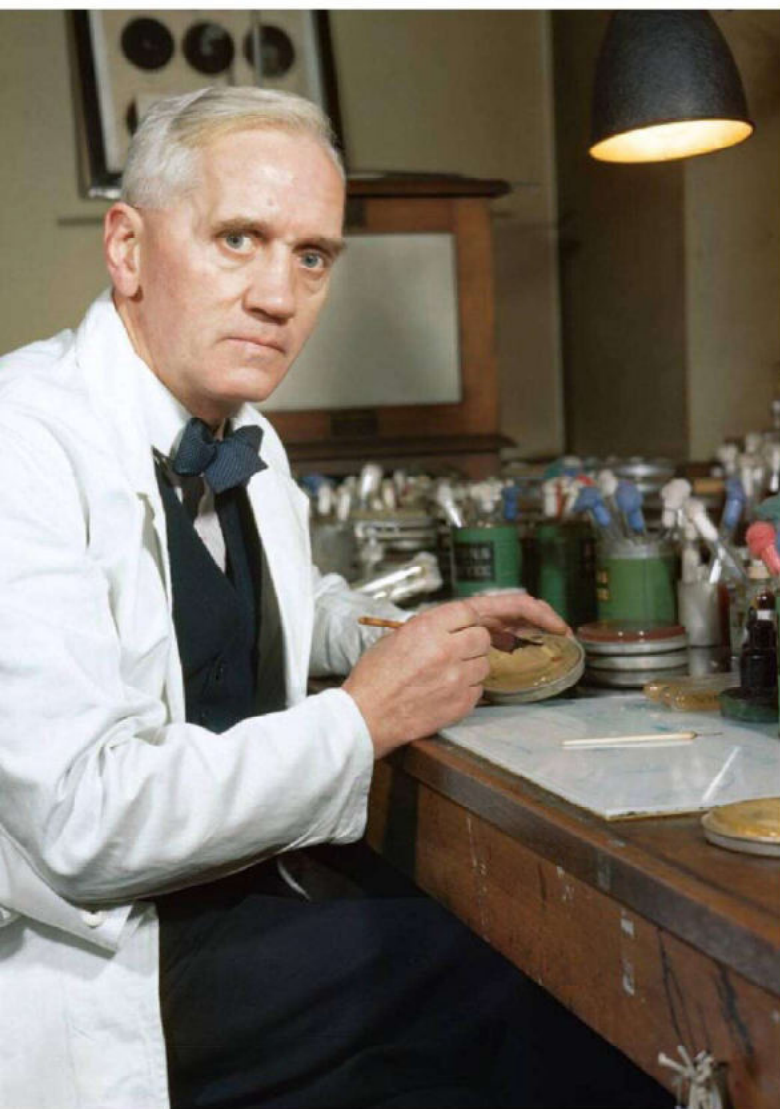


Placa de Petri con cultivos de diferentes tipos de hongos. Aunque la resistencia a los antibióticos se ha convertido en un desafío global, el legado de la penicilina perdura.

Aquí es donde entran en escena dos figuras menos conocidas, pero igual de cruciales para la historia de la penicilina: Howard W. Florey y Ernst B. Chain. Florey, un patólogo australiano, y Chain, un bioquímico alemán, comenzaron a trabajar juntos en la Universidad de Oxford en la década de 1930. Intrigados por los informes de Fleming, decidieron estudiar la penicilina más a fondo. Su colaboración llevó a los primeros ensayos clínicos en animales y, más tarde, en humanos. Fue gracias a su trabajo que la penicilina pudo producirse a gran escala y aplicarse exitosamente en el tratamiento de infecciones bacterianas.

PRODUCIRLA A GRAN ESCALA

Durante la Segunda Guerra Mundial, la penicilina se convirtió en una herramienta invaluable en el campo de batalla. Las infecciones, que hasta entonces habían sido una causa principal de muerte entre los soldados heridos, comenzaron a ser controladas gracias a este nuevo antibiótico. En 1943, se produjeron suficientes cantidades de penicilina para abastecer a los ejércitos aliados, salvando innumerables vidas. Para producir penicilina a gran escala se hizo un esfuerzo colaborativo entre científicos británicos y estadounidenses, que involucró tanto a universidades como a la industria farmacéutica.



Aunque nacido en Escocia, Alexander Fleming desarrolló su labor en el laboratorio St. Mary's, Paddington, Londres.

penicilina en el laboratorio y obtuvo el ácido 6-aminopenicilánico, que resultó ser la base para cientos de tipos de penicilina sintética. Este avance permitió la creación de penicilinas modificadas, que ampliaron el espectro de bacterias contra las que se podía luchar y mejoraron la eficacia del tratamiento.

Un aspecto menos conocido de la historia de la penicilina es la controversia sobre quién descubrió realmente este antibiótico. Clodomiro Picado Twight, un científico costarricense, utilizó hongos para tratar enfermedades infecciosas antes de que Fleming hiciera su descubrimiento. Picado, apodado «Clorito» en su país natal, nunca reclamó haber descubierto la penicilina, pero sus investigaciones fueron pioneras en el uso de hongos para tratar infecciones. Aunque no se le reconoce como el descubridor de la penicilina, su trabajo fue significativo y dejó un legado duradero en la ciencia costarricense.

El impacto de la penicilina en la medicina no puede subestimarse. Antes de su descubrimiento, las infecciones bacterianas eran una de las principales causas de

Sin embargo, la producción masiva de penicilina presentó retos significativos. Dos problemas principales surgieron: el primero era que los métodos de determinación estructural de la época no permitían establecer con certeza la compleja estructura química de la penicilina. El segundo problema era que, sin conocer esta estructura, no sería posible sintetizar penicilina en el laboratorio ni trasladarla a una producción industrial efectiva y rentable. Aquí es donde entra en juego otra figura clave, la cristalógrafa británica Dorothy Crowfoot Hodgkin. En 1945, Hodgkin utilizó la técnica de difracción de rayos X para determinar la estructura tridimensional de la penicilina, un logro que fue esencial para la síntesis química de este antibiótico. Su trabajo fue tan significativo que en 1964 recibió el premio Nobel de Química, convirtiéndose en una de las pocas mujeres galardonadas con este prestigioso premio.

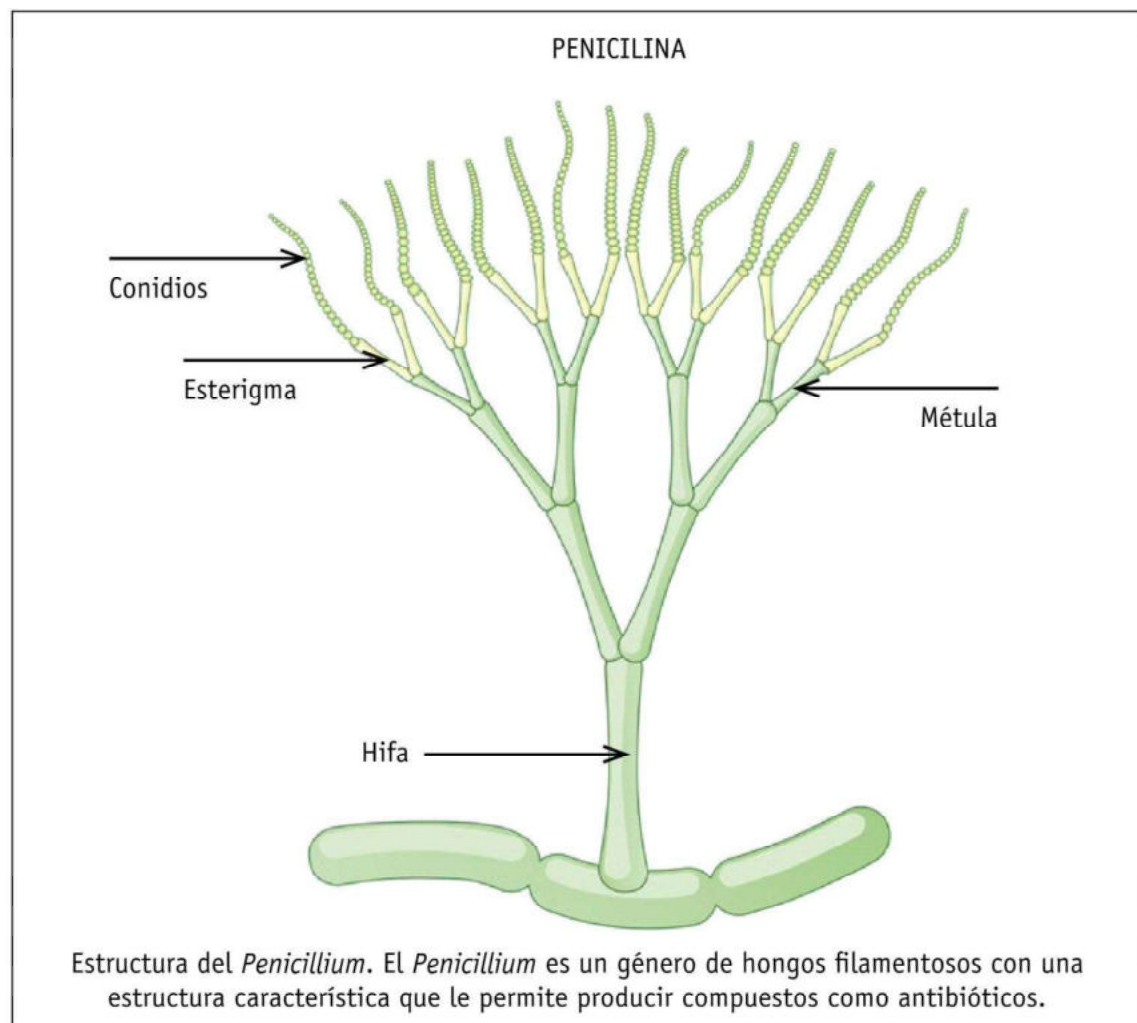
El desarrollo de la penicilina no solo dependió de estos científicos, sino también de un complejo entramado de colaboración internacional. En 1957, John C. Sheehan logró la síntesis completa de la pe-

muerte en el mundo. La neumonía, la tuberculosis, la sífilis, la gonorrea y muchas otras enfermedades bacterianas eran comúnmente mortales. La penicilina cambió radicalmente este panorama, al transformar la medicina y salvar millones de vidas. Los médicos ahora tenían una herramienta poderosa para combatir infecciones, lo que redujo drásticamente la mortalidad por enfermedades infecciosas.

ESFUERZO COLECTIVO

El premio Nobel de Medicina y Fisiología de 1945 fue otorgado conjuntamente a Fleming, Florey y Chain, en reconocimiento al impacto transformador de la penicilina. Sin embargo, el desarrollo de este antibiótico fue un esfuerzo colectivo que involucró a muchos otros científicos, como Dorothy Crowfoot Hodgkin y John C. Sheehan, cuyo trabajo también fue crucial para llevar la penicilina de los laboratorios a las farmacias y hospitales de todo el mundo.

Aunque la resistencia a los antibióticos se ha convertido en un desafío global, el legado de la penicilina perdura. Este descubrimiento no solo revolucionó la medicina, sino que también demostró el valor de la serendipia en la ciencia: a veces, los hallazgos más importantes ocurren cuando menos se los espera y lo que empieza como un accidente puede cambiar el curso de la historia. ■



1929 D. C.

Hubble y la ley de expansión del universo

El año del crac de la bolsa de Nueva York fue el año de otro evento de dimensiones cósmicas. En 1929, el astrónomo estadounidense Edwin Hubble, nacido en Misuri (1889-1953), hizo un descubrimiento que transformó nuestra comprensión del cosmos: el universo está en expansión. Este hallazgo no solo cambió la manera en que entendemos el universo, sino que también sentó las bases para la cosmología moderna y planteó nuevas preguntas sobre el origen y el destino del cosmos.

Antes del descubrimiento de Hubble, la visión predominante del universo era la de un cosmos estático y eterno. Esta idea, enraizada en la física de Newton y en la cosmología clásica, sostenía que el universo había existido siempre en un estado más o menos constante. Incluso Albert Einstein, al desarrollar su teoría de la relatividad general en 1915, introdujo una «constante cosmológica» en sus ecuaciones para evitar que predijeran un universo en expansión o contracción. Esta constante era un ajuste matemático que mantenía el universo estático, como se creía que debía ser.

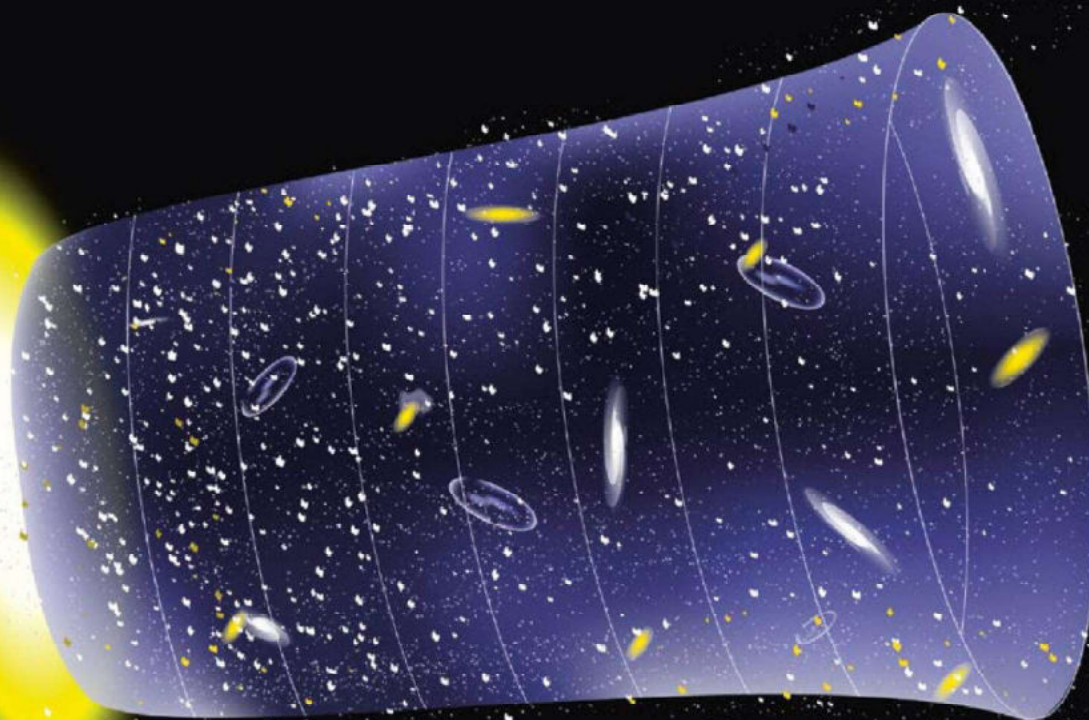
Sin embargo, a principios del siglo xx, comenzaron a surgir indicios de que esta visión podría estar equivocada. En 1912, el astrónomo estadounidense Vesto Melvin Slipher observó que la mayoría de las nebulosas espirales (lo que hoy sabemos que son galaxias) mostraban un corrimiento al rojo en sus espectros, lo que indicaba que se estaban alejando de la Tierra. Este fue un primer indicio de que algo más grande estaba ocurriendo en el universo, pero aún no había una explicación clara. El punto de inflexión llegó en 1929, cuando Edwin Hubble, utilizando el telescopio *Hooker* de dos metros y medio en el Observatorio Monte Wilson en California, publicó un estudio que cambiaría todo. Hubble midió la distancia a varias galaxias usando la relación entre el brillo aparente de las estrellas variables Cefeidas (cuyas distancias pueden determinarse con precisión) y su luminosidad intrínseca. Luego, comparó estas distancias con las velocidades de recesión de las galaxias, determinadas a través del corrimiento al rojo en sus espectros.

Lo que Hubble descubrió fue sorprendente: las galaxias más lejanas se estaban alejando de nosotros a mayor velocidad que las más cercanas. Este hallazgo llevó a la formulación de lo que hoy conocemos como la ley de Hubble, que establece que la velocidad a la que una galaxia se aleja es proporcional a su distancia de nosotros.

EL UNIVERSO SE EXPANDE

El descubrimiento de la expansión del universo tuvo implicaciones profundas e inmediatas en cuanto se difundió por la comunidad científica. Primero, invalidó la idea de un universo estático y eterno, y sugirió que el universo tuvo un comienzo. Esta idea era radical y contradecía siglos de pensamiento filosófico y científico. En segundo lugar, la expansión del universo planteó preguntas fundamentales sobre el origen del cosmos. Si el universo está en expansión, retrocediendo en el tiempo, habría un momento en que toda la materia del universo estaría concentrada en un solo punto. Este concepto llevó al desarrollo de la teoría del big bang, que postula un evento inicial que marcó el comienzo del universo. Aunque Hubble no propuso directamente el big bang, su descubrimiento de que las galaxias se alejan unas de otras a una velocidad proporcional a su distancia sentó las bases para que otros científicos, como Georges Lemaître, desarrollaran esta teoría.

La constante de Hubble no solo nos dice que el universo se está expandiendo, sino que también proporciona una forma de estimar la edad del universo. Si co-



Modelo cosmológico del big bang y la expansión del universo donde se muestra cómo ha evolucionado el universo desde un punto denso y caliente hasta el día de hoy.

SHUTTERSTOCK



Retrato de Edwin Hubble, del
fotógrafo e intelectual
artístico Johan Hagemeyer.

nocemos la tasa de expansión actual, podemos extrapolar hacia atrás para calcular cuánto tiempo ha pasado desde que el universo comenzó a expandirse. Los primeros cálculos sugirieron una edad del universo de unos pocos miles de millones de años, pero con el tiempo y mejores mediciones, hemos ajustado esta cifra a unos $13\,798 \pm 38$ millones de años según las últimas estimaciones.

ENERGÍA OSCURA

Su descubrimiento fue inicialmente recibido con escepticismo por algunos, pero con el tiempo se convirtió en un pilar de la cosmología. Einstein, al enterarse del descubrimiento, abandonó la constante cosmológica, refiriéndose a ella como «el mayor error» de su carrera. Sin embargo, investigaciones recientes han sugerido que una forma de constante cosmológica, ahora conocida como energía oscura, podría ser responsable de la aceleración en la expansión del universo, un tema que aún es objeto de intensa investigación.

Este hallazgo también unió la física y la astronomía. Anteriormente, la astronomía era en gran medida una ciencia observacional, mientras que la

física se centraba en la teoría y el experimento. Pero la cosmología moderna, nacida del descubrimiento de Hubble, es una fusión de ambas, donde las observaciones astronómicas se interpretan a través de teorías físicas y donde las teorías físicas guían nuevas observaciones.

El legado de Edwin Hubble no se limita a su descubrimiento de la expansión del universo. El Telescopio Espacial Hubble, lanzado en 1990, lleva su nombre en honor a sus contribuciones a la astronomía. Este telescopio ha proporcionado imágenes sin precedentes del universo y ha permitido a los astrónomos realizar mediciones precisas de la constante de Hubble, así como estudiar la naturaleza de las galaxias, las estrellas y los planetas con un detalle nunca visto. Fascinante. Además, el concepto de un universo en expansión ha llevado al desarrollo de modelos cosmológicos más complejos y a la exploración de fenómenos como la materia oscura y la energía oscura, que constituyen la mayor parte del contenido del universo, pero que aún están envueltos en misterio (aunque no interpreten la palabra «misterio» bajo los terrenos pantanosos de la especulación).

El descubrimiento de que el universo está en expansión ha tenido un impacto que va más allá de la ciencia, influyendo en la filosofía y la cultura popular. La idea de que el universo tiene un comienzo y un posible final nos ha llevado a la humanidad hacia reflexiones profundas sobre la naturaleza del tiempo, la existencia y el destino final del cosmos. En la cultura popular, el concepto del big bang se ha convertido en un término familiar, popularizado no solo por la ciencia, sino también por medios de comunicación, películas y programas de televisión. ■

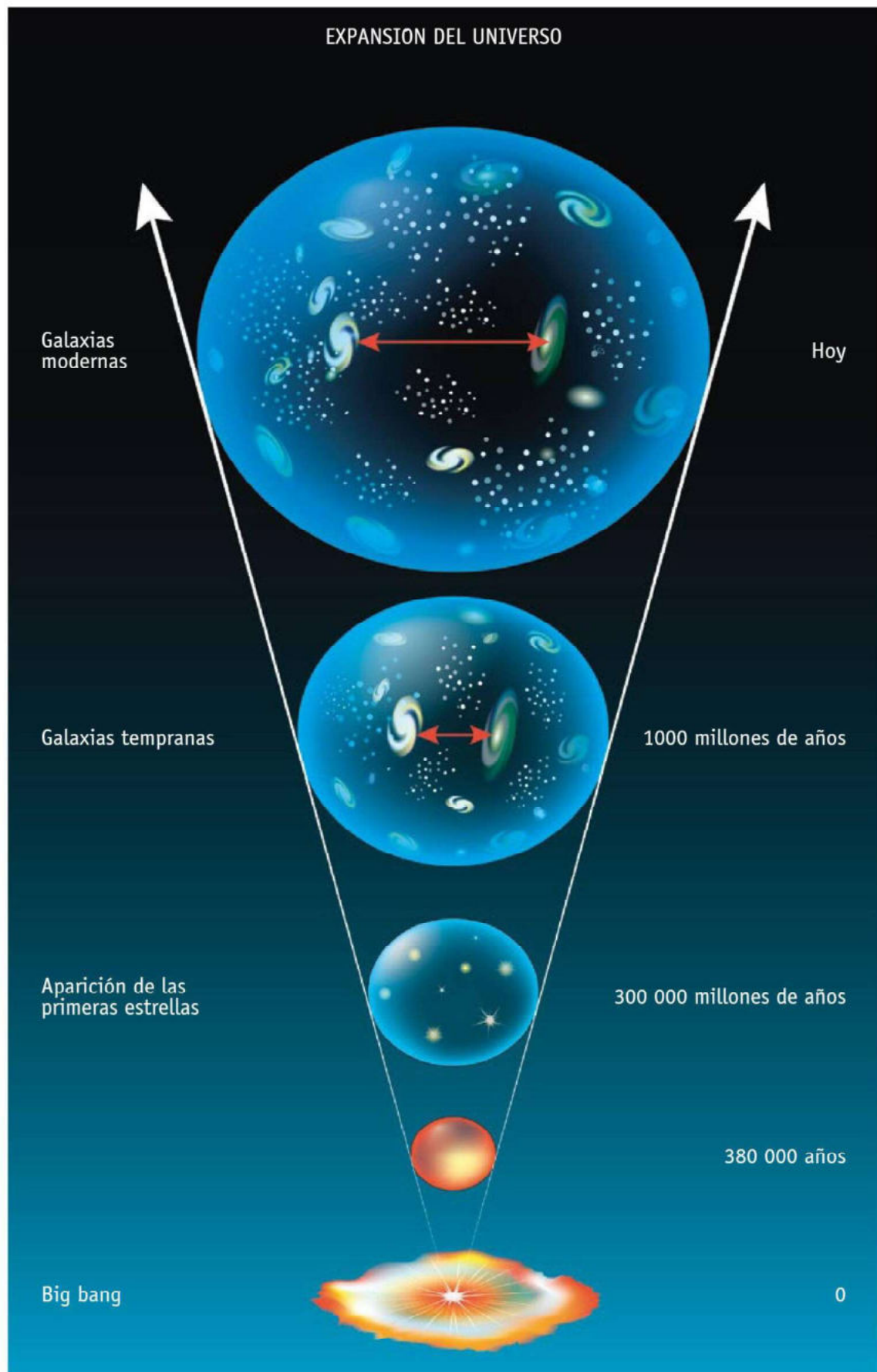


Diagrama de la expansión del universo en donde se muestran las diferentes etapas de su desarrollo desde el big bang hasta su estado actual.

1942 D. C.

Hedy Lamarr y el origen del wifi

Hedy Lamarr, célebre en su época como una de las estrellas más icónicas de Hollywood y apodada «la mujer más bella del cine», es hoy recordada no solo por su carrera en la gran pantalla, sino también por su notable contribución a la ciencia. Junto al compositor George Antheil, Lamarr desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial un sistema de comunicación por salto de frecuencia, inicialmente pensado para guiar torpedos de manera segura sin ser detectados o in-



Hedy Lamarr realizaba sus experimentos En su tiempo libre, a menudo en un pequeño laboratorio instalado en su hogar o en los descansos del set de rodaje. Aquí en una escena de esta mujer es mía con Sencer Tracy, precisamente en un laboratorio.



Fotograma de la película *Comrade X* (1940), dirigida por King Vidor y protagonizada por Hedy Lamarr, Clark Gable y Oskar Homolka.

terferidos. Esta innovación tecnológica se convirtió en la base para las comunicaciones inalámbricas modernas como el wifi, el Bluetooth y el GPS. Este hito de la ciencia transformó las telecomunicaciones y subrayó cómo la genialidad puede surgir de los lugares más inesperados, incluso del glamuroso y aparentemente superficial mundo de Hollywood.

Hedwig Eva Maria Kiesler (1914–2000), nombre de nacimiento de Lamarr, vino al mundo en Viena en una familia adinerada de origen judío. Alcanzó la fama en Europa por su papel en la controvertida película *Éxtasis* (1933) que presentó una de las primeras escenas de desnudo femenino en el cine. Sin embargo, su vida dio un giro cuando, tras un matrimonio infeliz con el magnate de armamentos austriaco Fritz Mandl, escapó a Londres y luego a Hollywood, donde fue descubierta por el magnate de MGM, Louis B. Mayer. Allí, se convirtió en una de las

actrices más populares de su tiempo, y protagonizó películas como *Argel* (1938) y *San-són y Dalila* (1949). A pesar de su éxito en el cine, Lamarr se sentía intelectualmente insatisfecha. Desde joven, había mostrado un interés profundo por la ingeniería y la tecnología que fue cultivado durante su matrimonio con Mandl, quien, aunque controlaba muchos aspectos de su vida, la exponía a conversaciones técnicas sobre armamento y tecnología militar.

En Hollywood, Hedy Lamarr se relacionó con figuras como Howard Hughes, un pionero de la aviación e innovación. Hughes, al reconocer el intelecto de Lamarr, le proporcionó un pequeño equipo de ingeniería que ella utilizaba entre tomas en el set de filmación para trabajar en sus propios proyectos. Este entorno estimuló su mente inventiva, llevándola a diseñar, entre otras cosas, un nuevo tipo de ala para aviones inspirada en la naturaleza.



George Antheil (en la imagen) y Hedy Lamarr donaron su patente al Gobierno.

LA IDEA FUE RECHAZADA

Sin embargo, su invención más significativa surgió durante la Segunda Guerra Mundial. Lamarr, horrorizada por los informes de la brutalidad nazi, decidió que quería hacer más que simplemente recaudar fondos para la guerra. Fue entonces cuando conoció al compositor vanguardista George Antheil en una fiesta en 1940. Antheil y Lamarr compartieron una pasión por la innovación y comenzaron a trabajar juntos en un sistema de comunicación que ayudaría a los Aliados en la guerra. Este invento se basaba en el concepto de «salto de frecuencia» (*frequency hopping*), una técnica que permitía que una señal de radio cambiara de frecuencia de manera rápida y continua para evitar ser interceptada o interferida. En esencia, su idea era crear un sistema de control de torpedos por radio que fuera a prueba de sabotajes, impidiendo que las señales fueran bloqueadas por el enemigo. Para lograrlo, utilizaron la analogía de un piano, donde ambos dispositivos —el transmisor y el receptor— cambiarían de frecuencia sincronizadamente, como si estuvieran siguiendo la misma partitura musical.

En 1942, presentaron su invento a la Marina de los Estados Unidos y obtuvieron una patente. Sin embargo, la idea fue rechazada por la Marina, que consideró que la actriz podría servir mejor al esfuerzo de guerra recaudando fondos con su

fama. Lamarr y Antheil donaron su patente al Gobierno, pero su invento no se implementó en su tiempo. A pesar de la falta de reconocimiento inmediato, no quedó en el olvido. Décadas después, durante la Guerra Fría, el principio del salto de frecuencia fue redescubierto e implementado en sistemas de comunicación seguros utilizados por las fuerzas armadas.

Fue solo en los últimos años de su vida cuando Hedy comenzó a recibir el reconocimiento por su contribución a la tecnología. En 1997, fue honrada con el Premio Pioneer de la Electronic Frontier Foundation y, en 2014, catorce años después de su muerte, fue incluida en el salón de la fama de inventores nacionales en Estados Unidos. Todo llega tarde cuando eres mujer. ■



Fotograma de *The Heavenly Body* (1944), dirigida por Alexander Hall y protagonizada por Marietta Canty, Phyllis Kennedy, William Powell y Hedy Lamarr.

ASC

1969 D. C.

La llegada a la Luna

El 20 de julio de 1969, la humanidad logró un hito que parecía imposible: por primera vez, un ser humano caminó sobre la superficie de la Luna. Esta hazaña, llevada a cabo por la misión *Apolo 11* de la NASA, no solo representó el triunfo de la ciencia y la tecnología, sino que también simbolizó la capacidad del ser humano para superar desafíos colosales y aventurarse más allá de nuestro hogar terrestre.

El aterrizaje en la Luna fue un logro científico y tecnológico profundamente enraizado en el contexto político de la Guerra Fría. Durante la década de 1960, Estados Unidos y la Unión Soviética estaban inmersos en una competencia feroz por la supremacía en la exploración espacial, conocida como la «Carrera espacial». El presidente John F. Kennedy, en un discurso pronunciado en 1961, se comprometió a enviar un hombre a la Luna y devolverlo a salvo a la Tierra antes de que terminara la década, estableció así un objetivo ambicioso que impulsaría avances científicos y tecnológicos sin precedentes.

La misión *Apolo 11* fue la culminación de años de trabajo intenso y colaboración entre miles de científicos, ingenieros y técnicos. Fue precedida por varias misiones que probaron y perfeccionaron la tecnología necesaria para realizar un aterrizaje seguro en la Luna. A pesar de los riesgos y la complejidad del desafío, la determinación por cumplir la promesa de Kennedy no flaqueó. El 16 de julio de 1969, la misión *Apolo 11* despegó del Centro Espacial Kennedy en Florida. A bordo estaban los astronautas Neil Armstrong, Edwin Buzz Aldrin y Michael Collins. Cuatro días después, el 20 de julio, el módulo lunar, conocido como el *Eagle*, se separó del módulo de comando *Columbia* y comenzó su descenso hacia la superficie lunar. A las 20:17 UTC, Armstrong anunció al mundo: «Houston, aquí Base Tranquilidad, el águila (*Eagle*) ha aterrizado». Pocos minutos después, Armstrong salió del módulo lunar y, al pisar la superficie lunar, pronunció las famosas palabras: «Es un pequeño paso para un hombre y un gran salto para la humanidad».

Este momento, transmitido en vivo a millones de personas en todo el mundo, representó no solo el triunfo de la misión *Apolo 11*, sino también el logro colectivo de la humanidad. La imagen de Armstrong y Aldrin caminando en la Luna, junto a la bandera estadounidense, se convirtió en un símbolo icónico del poder de la ciencia y la exploración.



El astronauta Buzz Aldrin junto a la bandera estadounidense desplegada durante una actividad extravehicular del Apolo 11 en la superficie de la Luna.

El aterrizaje lunar tuvo un impacto nunca visto en la ciencia, la tecnología y la cultura global. Desde una perspectiva científica, proporcionó una enorme cantidad de datos e información sobre la Luna, incluido el análisis de muestras de rocas lunares que revelaron detalles sobre la historia del sistema solar. Además, el éxito de la misión impulsó avances en tecnología, desde la informática hasta la ingeniería de materiales, que han tenido aplicaciones mucho más allá de la exploración espacial. En términos culturales globales, la llegada del hombre a la Luna fue un momento de éxtasis. En un tiempo de tensiones políticas y sociales, el alunizaje ofreció una visión de lo que la humanidad podría lograr para alcanzar un sueño. De hecho, la noticia no se ocultó en la URSS y en el fondo, pese a la rivalidad, los soviéticos reconocieron el éxito de la misión. La misión *Apolo 11* se ha convertido en un símbolo de esperanza, inspirando a generaciones de científicos, ingenieros y exploradores a seguir soñando en grande.

Más de cincuenta años después del primer aterrizaje en la Luna, la NASA ha lanzado un nuevo programa lunar llamado *Artemis*. Este programa tiene como objetivo llevar a la primera mujer y al próximo hombre a la Luna para 2026 (aunque seguramente se retrasará), estableciendo una presencia humana sostenida en la superficie lunar por primera vez en la historia. La misión *Artemis I*, que se lanzó en 2022, fue un vuelo de prueba sin tripulación que evaluó la seguridad y las capacidades de la nave espacial *Orion* y el nuevo cohete *Space Launch System* (SLS), los cuales son fundamentales para las futuras misiones tripuladas.

Artemis no solo busca repetir los logros de los *Apolo*, sino que también tiene ambiciones mucho más grandes. El objetivo es establecer una base lunar que sirva como plataforma para la exploración del espacio profundo, incluyendo una futura misión tripulada a Marte. La misión *Artemis* también representa un cambio significativo en la inclusión y diversidad en la exploración espacial, con planes para que mujeres y personas de color jueguen un papel prominente en estos próximos pasos. Permaneceremos atentos... ■

BIBLIOGRAFÍA

- ❑ Ad Absurdum, *Historia absurda del mundo*. Madrid: La esfera de los libros, 2024.
- ❑ Alonso Peña, José Ramón. *Historia del cerebro*. Córdoba: Guadalmazán, 2019.
- ❑ Asimov, Isaac. *Momentos estelares de la ciencia*. Madrid: Alianza, 1980.
 - *Guía de la ciencia*. Ediciones Orbis, 1987.
 - *Historia y cronología del mundo*. Barcelona: Ariel, 2006.
 - *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza, 1975.
- ❑ Bolívar, Jorge. *Científicas*. Córdoba: Guadalmazán, 2018.
- ❑ Bronowski, Jacob. *El ascenso del hombre*. Madrid: Capitán Swing, 2016.
- ❑ Bryson, Bill. *Una breve historia de casi todo*. Barcelona: RBA Editores, 2003.
- ❑ Dawkins, Richard. *La magia de la realidad*. Barcelona: Espasa, 2011.
- ❑ Fara, Patricia. *Breve historia de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 2009.
- ❑ Fernández Aguilar, Eugenio M. *Arquímedes*. Barcelona: RBA, 2012.
 - *Esto no estaba en mi libro de historia de la ciencia*. Córdoba: Guadalmazán, 2018.
- ❑ Gamow, George. *Biografía de la física*. Madrid: Alianza, 2014.
- ❑ Gratzner, Walter. *Eurekas y euforias*. Barcelona: Crítica, 2002.
- ❑ Green, Brian. *El universo elegante*. Barcelona: Booket, 1999.
- ❑ Herradón, Bernardo. *Los avances de la química*. Madrid: Catarata-CSIC, 2011.
- ❑ Holmes, Richard. *La edad de los prodigios*. Madrid: Turner, 2012.
- ❑ Jackson, Tom. *Breve historia de la ciencia*. Barcelona: Blume, 2022.
- ❑ Mlodinow, Leonard. *Las lagartijas no se hacen preguntas*. Editorial Crítica 2015.
- ❑ Montero, Rosa. *Nosotras. Historias de mujeres y algo más*. Barcelona: Alfaguara, 2018.
- ❑ Muñoz Páez, Adela. *Sabías*. Barcelona: Debate, 2017.
- ❑ Parra, Sergio. *Esto no estaba en mi libro de historia natural*. Córdoba: Guadalmazán, 2017.
- ❑ Pickover, Clifford. *De Arquímedes a Hawking: las leyes de la ciencia y sus descubridores*. Barcelona: Crítica, 2009.
- ❑ Russell, Bertrand. *La perspectiva científica*. Barcelona: Ariel, 1969.
- ❑ Sagan, Carl. *Los dragones del Edén*. Barcelona: Crítica, 2015.
 - *Cosmos*. Barcelona: Planeta, 1997.
- ❑ Sacks, Oliver. *El tío tungsteno*. Barcelona: Anagrama, 2006.
- ❑ Selles, Manuel y Solís, Carlos. *Historia de la ciencia*. Barcelona: Espasa, 2013.
- ❑ Sparrow, Gilles. *Astronáutica*. Madrid: Akal, 2008.
- ❑ Torregrosa, Daniel. *Del mito al laboratorio*. Madrid: Cálamo, 2018.
 - *Química asombrosa*. Madrid: Pinolia, 2023.
 - *El olor de las almendras amargas*. Palencia: Menoscuarto, 2024.
- ❑ Vallejo, Irene. *El infinito en un junco*. Madrid: Siruela, 2019.
- ❑ Wardhaugh, Benjamin. *Las infinitas vidas de Euclides*. Barcelona: Shackleton Books, 2022.
- ❑ Wootton, David. *La invención de la ciencia*. Barcelona: Planeta, 2020.

ASC

El alquimista en busca de la piedra filosofal (1771), del pintor inglés Joseph Wright.



REDACCION

Directora: **Carmen Sabalet** (csabalet@zinetmedia.es)
 Redactora jefa: **Cristina Enríquez** (cenriquez@zinetmedia.es)
 Coordinador de Diseño: **Oscar Alvarez**
 Director de Muy Interesante Digital:
Eugenio Fernández (efernandez@zinetmedia.es)

Autor de los textos: **Daniel Torregrosa**
 Texto original: *Historia de la ciencia y la tecnología*.
 © Editorial Pinolia SL. 2025.
 Colaboradores: **Javier Alvaredo** (edición y corrección),
Diego González (maquetación).

DIRECCION Y TELEFONO

C/ Alcalá 79 1º A - 28009 Madrid; tel.: 810 58 34 12
 Suscripciones: suscripciones@zinetmedia.es

Consejera Delegada: **Marta Arño**
 Director General Financiero: **Carlos Franco**
 Director Comercial: **Alfonso Jullá** (ajulla@zinetmedia.es)
 Brand Manager: **Marta Espresate** (mespresate@zinetmedia.es)

Editada por **Zinet Media Global, S.L.**
 Distribuidor exclusivo en España: Logista Publicaciones
 Distribuidor exclusivo en México: Sefeco México, S.A.
 de C.V., con domicilio en calle Corona No. 23, Colonia
 Cervecería Modelo, Municipio Naucalpan de Juárez,
 Estado de México. CP. 53330. Tel. (55) 7586 5532.
 Número de Certificado de Reserva de derechos
 al uso exclusivo del Título MUY INTERESANTE:
 04-2025-011715474400-102 de fecha 17 de enero de 2025
 ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

IMPRESO EN ESPAÑA. EDICION: 08/2025

Esta publicación es miembro de
 la Asociación de Revistas de Información (ARI).



Depósito Legal: M-4343-2020. ISSN 1130 - 4081 © Copyright 2017
 Zinet Media Global, S.L. Prohibida su reproducción total o parcial sin
 autorización expresa de la empresa editora.

**«A los hombres les
encanta maravillarse. Esto
es la semilla de la ciencia»**

Ralph Waldo Emerson



muY
INTERESANTE