



**LIBROS**  
**INMORTALES,**  
**INSTRUMENTOS**  
**ESENCIALES**

# LIBROS INMORTALES, INSTRUMENTOS ESENCIALES

UNA EXPOSICIÓN IDEADA Y PRODUCIDA POR EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

**Dirección:** Ramón Núñez Centella.

**Comisarios:** José Manuel Sánchez Ron y Javier Ordoñez.

**Comisaria Técnica Libros:** María Josefa Prados.

**Coordinación general:** Ana María Uruñuela.

**Selección de piezas:** María Josefa Jiménez e Ignacio de la Lastra.

**Ilustraciones:** Eulogia Merle.

**Elaboración de contenidos:** José Manuel Sánchez Ron, Javier Ordoñez, Ramón Núñez, María Josefa Jiménez, Emilio J. Bande, Marta López, Miguel Barral, Gema Hebrero, Rosa Martín, Ignacio de la Lastra, Ana María Uruñuela y María Josefa Prados.

**Administración:** Isabel Tarancón y Departamento Financiero FECYT.

**Restauración:** Joaquina Leal.

**Diseño museográfico exposición:** Jesús Moreno y Asociados.

**Montaje exposición:** Montajes Horche S.L.

**Diseño catálogo y folleto:** MSH IMPRESORES.

**Imprime catálogo y folleto:** MSH IMPRESORES.

## Entidades colaboradoras:

Biblioteca Central Militar.

Biblioteca Nacional de España.

Consejo Superior de Investigación Científicas.

Biblioteca del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Biblioteca Tomás Navarro Tomás.

Escuela de Guerra del Ejército.

Fundación Ortega y Gasset- Gregorio Marañón.

Instituto Geológico y Minero de España.

Real Academia Española.

Real Academia Nacional de Medicina.

Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial (Patrimonio Nacional).

Real Instituto y Observatorio de la Armada.

Universidad Complutense de Madrid.

Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense de Madrid "Marqués de Valdecilla".

Facultades y Bibliotecas de CC Biológicas, CC Físicas, CC Químicas.

Museo de anatomía "Javier Puerta".

El MUNCYT agradece a todas las entidades colaboradoras su generosa participación y ayuda en la organización de esta exposición y, en particular, el préstamo de piezas e imágenes para su reproducción.

**Edita:** Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

**NIPO:** 720-12-071-6

**e-NIPO:** 720-12-072-1

**Depósito Legal:** M-41088-2012

© de las fotografías: MUNCYT, Joe Jimbo y entidades prestatarias (BCM, BNE, EGE, FOG-GM, RAE, RANM, RBME, ROA, UCM, CSIC).

© de las ilustraciones: FECYT.

© de los textos: FECYT.

# AUTORES-OBRAS

- 10 **HIPÓCRATES.** *Tratados.*
- 16 **ARISTÓTELES.** *Física.*
- 22 **EUCLIDES.** *Elementos.*
- 28 **ARQUÍMEDES.** *Sobre los cuerpos flotantes.*
- 34 **PLINIO SEGUNDO.** *Historia natural.*
- 40 **PTOLOMEO.** *Almagesto.*
- 46 **COPÉRNICO.** *De revolutionibus.*
- 52 **VESALIO.** *De humani corporis fabrica.*
- 58 **KEPLER.** *Astronomia nova.*
- 64 **GALILEO.** *Diálogo.*
- 70 **HARVEY.** *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguini.*
- 76 **DESCARTES.** *Discours de la méthode.*
- 82 **HOOKE.** *Micrographia.*
- 88 **NEWTON.** *Principia.*
- 94 **LINNEO.** *Systema naturae.*
- 100 **DIDEROT Y D´ALEMBERT.** *Encyclopédie.*
- 106 **LAVOISIER.** *Traité élémentaire de chimie.*
- 112 **LYELL.** *Principles of Geology.*
- 118 **DARWIN.** *On the Origin of Species.*
- 124 **BERNARD.** *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.*
- 130 **MAXWELL.** *A Treatise on Electricity and Magnetism.*
- 136 **RAMÓN Y CAJAL.** *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados.*
- 142 **CURIE.** *Traité de radioactivité.*
- 150 **EINSTEIN.** *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheori: Gemeinverständlich.*
- 156 **DIRAC.** *The Principles of Quantum Mechanics.*
- 164 **MORGAN.** *The Theory of the Gene.*



## PRESENTACIÓN

Una vez más, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología se ocupa de acercarnos la historia. Si una de sus misiones, para empujarnos al futuro, radica en la popularización y comprensión de la ciencia que se está creando, que mueve nuestro mundo y que vemos asomar en los medios de comunicación, otros objetivos nos invitan a mirar al pasado, tratando de fortalecer las raíces que sustentan nuestra cultura.

En esta obra, y en la exposición que la acompaña, los expertos han querido seleccionar, con la limitación en número que aconseja toda tarea de este género, el conjunto de libros que podríamos considerar más destacados por su trascendencia en la historia del pensamiento científico. Abarcan un período tan amplio como el de la cultura humana, y el índice de mayor o menor frecuencia a lo largo de los siglos respectivos puede ser un indicador de la presencia de las crisis y revoluciones en el mundo de las ideas. Siempre definiendo un progreso.

Si los libros representan la historia del pensamiento, este proyecto quiere recordarnos que todas las ideas científicas nacen o se hacen en el encuentro con el mundo material, con objetos de nuestro mundo. Cada libro se presenta vinculado a un objeto, en la mayor parte de los casos de la colección del MUNCYT, que nos invita a pensar en clave de historia y a poner personalmente en marcha el proceso de intervención imprescindible para que, al menos mentalmente, se puedan generar conceptos a partir de la percepción de hechos.

Detrás de libros y objetos están seres humanos. Como no podía ser de otro modo, se presentan en primer plano los autores de los libros, expuestos al respeto que han merecido sus aportaciones a la cultura de la humanidad. Tras esas personas, vemos o adivinamos a sus maestros y sus circunstancias, su huella y también su tiempo. Con seguridad todos ellos buscaron la verdad, aunque la historia nos dirá que ninguno la tuvo; pero el conjunto es tranquilizador, porque como consecuencia de no poder satisfacerse con la posesión de la verdad, tras esa revisión continua, al final la ciencia -obra común- no se equivoca nunca.

*Ramón Núñez Centella*

*Director Museo Nacional de Ciencia y Tecnología*



## LIBROS INMORTALES, INSTRUMENTOS ESENCIALES

“¿Cuánto le deben nuestras raíces a los libros que hemos leído?” se preguntaba Primo Levi, el químico que se convirtió en escritor después de haber sobrevivido al infierno de los campos de concentración de la Alemania de Hitler. Y él mismo se contestaba: “Todo, mucho o nada; según en el ambiente en el que hayamos nacido, la temperatura de nuestra sangre, el laberinto que la suerte nos ha asignado”. Son éstas palabras cargadas de sabiduría, que sirven bien para explicar uno de los fines de esta exposición, mostrar a todos, independientemente del ambiente en que hayan nacido, un conjunto de libros científicos selectos, obras sin las cuales no es posible entender no ya la historia de la ciencia, sino también la propia historia de la humanidad. Libros que honran a la condición humana.

Veintiséis son los libros que se presentan en la exposición Libros inmortales, instrumentos esenciales, comenzando por Hipócrates y terminando por el genetista Thomas Morgan, y pasando por obras únicas de luminarias como Euclides, Vesalio, Copérnico, Galileo, Newton, Lavoisier, Lyell, Darwin, Ramón y Cajal, Curie o Einstein. Pero aunque nos detenemos en los libros, no sólo de ellos se ocupa esta exposición; también están los instrumentos, no acaso tan inmortales como los libros que se exponen, pero sí esenciales.

Porque la ciencia no sólo son leyes y teorías. Éstas surgen y se nutren de la observación de la Naturaleza y de la experimentación, y para ello se necesitan instrumentos, artilugios técnicos. Con el fin de ilustrar la relación “teorías-experimentos” o bien “libros-instrumentos”, que muy bien podríamos denominar “esencial”, se han seleccionado instrumentos que, de alguna manera, tengan que ver con cada una de las obras expuestas: una balanza hidrostática para Arquímedes, un astrolabio para Ptolomeo, un planetario para Kepler, un modelo anatómico de corazón para Harvey, un receptor de ondas hertzianas para Maxwell o una cámara de niebla para Dirac. Algunos poseen sin duda belleza como meros objetos, pero no es la belleza lo importante, sino su utilidad, su capacidad de asociarse con apartados concretos de la Naturaleza y así medir magnitudes con las que caracterizamos fenómenos naturales. Sin esos “ojos” de la ciencia que son los instrumentos, la ciencia sería ciega y andaría dando tumbos para, finalmente, sucumbir. Porque somos incapaces de “pensar”, de imaginar, sólo con el poder de nuestra mente, el Mundo, el Universo. Éste es mucho más original, más sorprendente, que las facultades de uno de los seres – a la postre un objeto más – que contiene: nosotros, los *homo sapiens*.

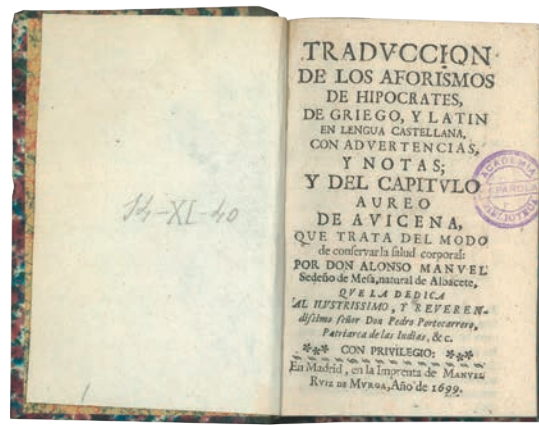
*José Manuel Sánchez Ron*

*Javier Ordoñez Rodríguez*

*Comisarios*

## Nace la medicina como ciencia

# Compendio con nombre propio de saberes incunables y sabios anónimos



### Hipócrates

Hippocratis Coi Medicorum omnium longe principis opera... / nunc tandem per M. Fabii Rhauennatem, Gulielmum Copum Basiliensem, Nicolaum Leonicenū, & Andream Brentium ... Latinitate donata, ac iam primū in lucem aedita... -- Basileae: in officina Andreae Cratandri, 1526

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". Sig: BH MED 840  
© Fotografía Biblioteca Histórica UCM

### Hipócrates

Traducción de los Aforismos de Hipocrates, de griego y latin en lengua castellana... / por Don Alonso Manuel Sedeño de Mesa ... -- En Madrid : en la Imprenta de Manuel Ruiz de Murga, 1699

Real Academia Española. Biblioteca. Sig: 14-XI-40  
© Fotografía Real Academia Española

Las primeras ediciones completas de los cincuenta y tres tratados se publicaron en latín en 1525 y 1526; la primera traducción al castellano de un texto hipocrático la realiza el cirujano Antonio Pérez, que incluye aforismos de tema quirúrgico en su obra *Summa y examen de Chirurgia* (Madrid, 1568). En 1699 Sedeño de Mesa edita la primera traducción completa de los Aforismos. Hasta mediados del siglo XIX será el tratado más editado en España: esta colección de observaciones, breves y sencillas, se utilizó en la enseñanza y para las pruebas de acceso a puestos hospitalarios.



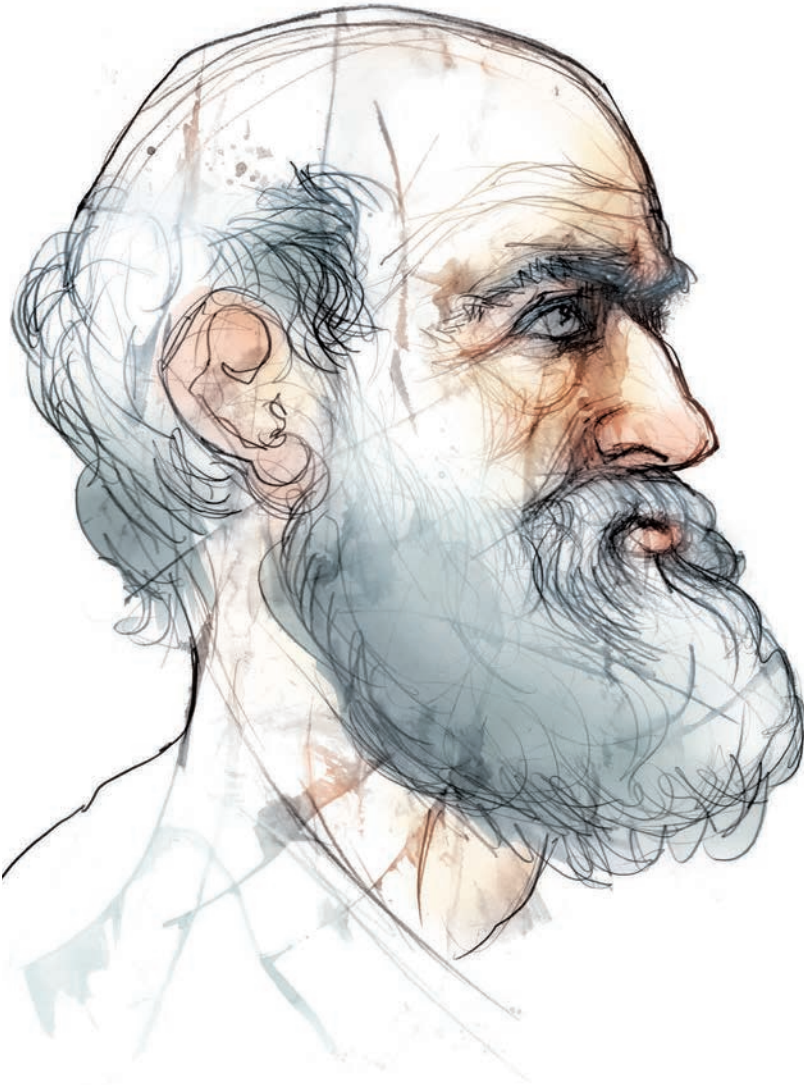
### Instrumentos de medicina

Época romana  
Colección MUNCYT 1999/027/0619

Las observaciones clínicas rigurosas, definidas en los tratados hipocráticos, supusieron de hecho la introducción del método científico en medicina. Conjunto de instrumentos fabricados en bronce utilizados en sangrías y pequeñas intervenciones quirúrgicas, probablemente en el ámbito de la oftalmología y el sistema circulatorio. Se trata de un conjunto representativo de este tipo de cirugía, entre los que encontramos una cucharilla, varios bisturíes, lancetas, unas pinzas y un gancho.



*Tratados Hipocráticos*  
**HIPÓCRATES de COS,**  
460-380 a.C.



Al llamado “Padre de la medicina” le podemos reconocer tres importantes aportaciones: el racionalismo, la observación cuidadosa y la necesidad de unas normas éticas. Según la tradición era médico y nacido en la Isla de Cos, incluso emparentado con Asclepio, dios griego de la medicina. Con certeza poco o nada se sabe de su vida; quizás viajó por toda Grecia realizando observaciones y tratando enfermos, lo que le serviría para compilar toda su experiencia en una serie de escritos de medicina que se le atribuyen y que siglos más tarde dieron forma al *Corpus Hippocraticum*. Defiende la concepción de la enfermedad como la consecuencia de un desequilibrio entre los humores del cuerpo, teoría que desarrollaría más tarde Galeno y que dominaría hasta la Ilustración. Entre las aportaciones de la medicina hipocrática destacan: la consideración del cuerpo como un todo, el énfasis en la observación minuciosa de los síntomas y la valoración del historial clínico. En el campo de la ética médica se le atribuye el célebre “juramento hipocrático” que compromete a quien lo pronuncia a «entrar en las casas con el único fin de cuidar y curar a los enfermos» y a «mantener el secreto». Murió en la ciudad de Larissa (Tesalia) dejando tras de sí el mayor compendio médico de su época.

## HIPÓCRATES

### *Tratados Hipocráticos*

José Manuel Sánchez Ron

Javier Ordoñez Rodríguez (JMSR-JOR)

*“A propósito de la llamada enfermedad sagrada, he aquí lo que ocurre: me parece que no es en modo alguno más divina ni más sagrada que las demás enfermedades, sino que tiene una causa natural. Pero los hombres creyeron que su causa era divina o por su inexperiencia o por el carácter maravilloso de la dolencia, que no se parece en nada a otras enfermedades. Y si la imposibilidad de conocer lo divino confirma su punto de vista, la banalidad del sistema de curación que adoptan lo contradice, dado que la tratan por medio de purificaciones y encantamientos. Ahora bien, si se ha de considerar divina por sus extraordinarios rasgos, serán muchas las enfermedades sagradas, y no una sola, porque yo demostraré que aquellas otras a quienes nadie considera sagradas no son menos extraordinarias ni prodigiosas”* (Hipócrates, *Tratados médicos*. Anthropos 2001; traducción de José Alsina).

Del supuesto autor de estas palabras, Hipócrates, o el Hipócrates histórico, apenas sabemos nada. La única biografía de la Antigüedad que se conoce, escrita unos 500 años después de la muerte del portador del nombre que se asocia con la paternidad de la medicina, es la que se atribuye a Sorano de Efeso. Se trata, en cualquier caso, de un nombre que a casi nadie le es ajeno por el famoso juramento hipocrático que dictaba los principios éticos que debían guiar el comportamiento de los médicos y que se empleó hasta el siglo XIX en las universidades europeas. Según

criterio común, el tal Hipócrates nació en la isla de Cos hacia el año 460 a. C., fue un maestro itinerante de la medicina que practicó en la isla de Tasos, en Tracia y en Tesalia, y murió en la ciudad de Larissa, alrededor del año 380 a. C.

¿Qué sucedió pues en la pequeña isla de Cos, tan cercana a la costa turca, de solo 45 kilómetros de ancho por 11 de largo, bajo el dominio de Atenas en torno al largo lapso de tiempo que comprende entre los siglos que van del V al I a. C? ¿Qué es pues este volumen de textos atribuido a un individuo llamado Hipócrates y que se considera como un hito inaugural para la ciencia médica de Occidente?

Según la tradición, en Cos se asentaba un Santuario que desde el siglo VI a. C. ya había alcanzado renombre y rivalizaba con otros santuarios como los de Cnidos, Rodas o Pérgamo. *El asclepeion* de Cos, dedicado al dios sanador Asclepio, al igual que los del resto de ciudades mencionadas, era un templo curativo donde una casta sacerdotal efectuaba prácticas mágicas y supersticiosas o prescribía curas de hierbas, masajes o dietas. Algunos especialistas de nuestro tiempo, sin embargo, fechan la antigüedad del culto a Asclepios a comienzos del siglo VI a. C. y lo ubican exclusivamente en *asclepeion* de Epidauro. Por otro lado, estudios arqueológicos recientes afirman que en Cos no hubo ni templos ni culto a Asclepio hasta la primera mitad del siglo IV a. C., cuando Hipócrates ya había desaparecido.

Sea como fuere, en el siglo V a. C, en Cos, y en torno al nombre de Hipócrates, se configuró una escuela heredera de técnicas, conocimientos y aproximaciones filosóficas anteriores y contemporáneas que Hipócrates, sus coetáneos

y sus discípulos, desarrollarían mediante una aplicación metódica y sometiendo las prácticas y cultos tradicionales del periodo arcaico griego, donde la enfermedad era entendida como resultado del castigo divino o de los extravíos y faltas cometidas, al dictamen de la razón. Así, cabe mencionar la influencia de los presocráticos Alcmeón de Crotona, Empédocles de Agrigento o Diógenes de Apolonia, todos ellos relacionados con la medicina. De ellos se absorbieron en Cos ideas del tipo de la visión de la enfermedad como desequilibrio de los cuatro elementos o humores, o la del pneuma vital. También es posible rastrear la inspiración egipcia y oriental de los médicos y filósofos griegos y que es posible localizar en un grupo concreto de tratados hipocráticos, una llamada “filosofía de la naturaleza” que fue adoptada y adaptada por comunidades helenas como la de los pitagóricos, donde la dieta, entendida como régimen de vida, o la idea del equilibrio del todo se transmitiría al legado hipocrático.

Como se menciona en el estudio introductorio de la edición del primer volumen de los *Tratados* de Carlos García Gual editado por Gredos, «el médico hipocrático se considera un profesional, que aplica su *téchne* al cuidado de los enfermos. La *therapeía* del cuerpo del enfermo constituye su objetivo. Con su tratamiento profesional, objetivo, racionalizado, pretende devolver a éste la salud perdida». Se funda así la *téchneiatriké* o “arte médica”. En efecto, como bien escribía Pedro Laín Entralgo (1908-2001), uno de los grandes estudiosos de la medicina griega en nuestro país y asiduo de la compañía de casi todos los esforzados helenistas que se han demorado en los pasillos, aulas, bibliotecas y paraninfos de la Universidad, la Academia o el Consejo Superior de Investiga-

ciones Científicas durante los últimos 60 años: «Mediante la palabra, el médico llevaba a cabo el coloquio anamnético con el enfermo, sobre cuya importancia y diversidad de temas tantas veces insiste el *Corpus Hippocraticum*, ilustraba al enfermo, a veces muy prolijamente, acerca de su enfermedad, y trataba de ganar su confianza con palabras persuasivas e indicaciones pronósticas. En todo caso, el saber obtenido mediante el interrogatorio era para el hipocrático menos seguro que el logrado mediante la sensación del cuerpo: éste sería saber cierto, el otro simple conjetura.»

Pero Hipócrates, o la trascendencia del nombre propio Hipócrates, no es tal vez otra cosa que el hecho definitivo de que se pusiera por escrito un cúmulo de saberes médicos decantados por la vocación racional bajo un criterio más o menos unificado. El rubicón de lo oral a lo escrito. Cuando los saberes quedan fijados, se echa a rodar una piedra, ya lo bastante resistente, como para aguantar las erosiones, añadidos, pulidos, análisis, exámenes y pruebas a las que la someterán los siglos venideros y constituirse en sillar fundamental de ese edificio llamado medicina. El legado de Hipócrates es una colección de 53 tratados contenidos en 72 libros que recibe la denominación general de *Corpus hippocraticum* (C.H.) o *Tratados hipocráticos*. Un legado en el que desde muy antiguo se advirtió una gran diversidad temática, doctrinal y estilística; los comentaristas de la Antigüedad ya se plantearon el problema de cuáles de ellos eran obra del propio Hipócrates y cuáles no. Están escritos en prosa jonia – o más específicamente en ático o koiné con una tintura jónica arcaizante – y la fecha de composición parece oscilar entre el siglo V y el I a. C. El grueso de los tratados parece proceder de los siglos V a IV a. C.,

pero hay alguno, como *Sobre la decencia y Preceptos*, que se data en el siglo II, ya después de Cristo (d. C.). El contenido puede dividirse en: los de carácter general, entre los que se encuentran *Juramento, Sobre la ciencia médica, Preceptos o Aforismos*; los anatómico-fisiológicos, entre los que cabe citar *Sobre el corazón, Sobre las carnes o Sobre las glándulas*; los dietéticos que son *Sobre la dieta y Sobre la dieta sana*; los de carácter patológico general entre los que se hallan *Sobre los aires, aguas y lugares, Sobre los flatos o Pronóstico*; los que se refieren a patología especial como *Epidemias o Sobre la enfermedad sagrada*; los que tratan de terapéutica; los quirúrgicos como son *Sobre las fracturas y Sobre la reducción de luxaciones*; los oftalmológicos; los ginecológicos y los pediátricos.

La biblioteca de Alejandría tuvo un papel fundamental en la preservación de estos tratados. Así, en el siglo II d. C. aparecieron dos ediciones, una de Dioscórides el Joven y otra de Artemidoro, que constituyeron la base de las versiones latinas y árabes posteriores. Durante ese período, el renombrado médico alejandrino Galeno (130-200) que ejercería con gran influencia en la capital imperial, Roma, tuvo un papel preponderante a la hora de difundir los textos. Después pasarían a Bizancio conservados en su lengua original y de Constantinopla se transmitieron al medioevo europeo traducidos al latín o al árabe. La agrupación del *corpus* tal y como nos ha llegado, parece proceder del siglo X. La primera edición impresa en latín la realizó M. Favio Calvo en Roma en 1525, más tarde apareció otra en Venecia en 1526, luego siguieron las de Basilea de Janus Cornarius de 1538, la de Hieronymus Mercurialis, también en Venecia y la de Anucio Foes en Frankfurt. Ya

más cerca nuestro, Emile Littré, un médico, erudito y académico francés, llevó a cabo una famosa traducción al francés a partir de los manuscritos conservados en la Biblioteca Nacional de Francia en una edición de diez volúmenes que fue publicada en 1861. Existe una traducción algo anterior, esta vez en inglés publicada en 1849 que llevó a cabo el escocés Francis Adams, *The Genuine Works of Hippocrates*.

Hoy día, la opinión más extendida atribuye al propio Hipócrates el *Pronóstico, Sobre las articulaciones, Sobre las fracturas, Epidemias I y II, Sobre la dieta en las enfermedades agudas* y algunas secciones de los *Aforismos*. Hay quien también atribuye a su mano *Sobre los aires, aguas y lugares*, pero es una cuestión en debate. Otro punto de interés es a qué escuela pertenece cada texto, ya que, desde hace largo tiempo, los estudiosos aseguran que en ellos se pueden rastrear dos orientaciones doctrinales, la de la escuela de Cnidos y la de la escuela de Cos. Los textos de la primera se caracterizan por cierto rebuscamiento en descripción y clasificación de las enfermedades, que listan en catálogos prolijos y complicados. Los segundos, porque ofrecen descripciones técnicas orientadas al paciente y porque se centran más en la descripción de la enfermedad.

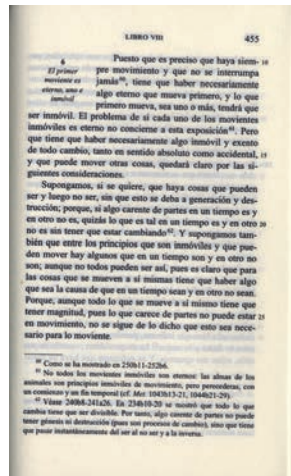
El *Corpus hippocraticum* constituye pues un reto y un océano para los estudiosos y helenistas que desde antiguo se han sumergido en él. A este respecto hay que señalar que verter toda su complejidad y diversidad de la lengua griega original a la española también ha sido una tarea monumental. Desde que en el año 1983, Pedro Laín Entralgo, Antonio Tovar y Carlos García Gual presentaron el primer tomo de la obra, encargada por la “Biblioteca Clásica Gredos”, en la Bibliote-

ca Nacional, habrían de pasar otros 20 años hasta ver editado el octavo y último volumen en los que se reúne todo el C.H. en español. Aunque ya existían algunas versiones de tratados sueltos en castellano, la edición de Gredos es la primera completa y supone un gran paso en los estudios hipocráticos y los de medicina griega en general. Así, no conviene olvidar nombres como, entre

otros, los de Fernández Galiano, Rodríguez Adrados, Lasso de la Vega, Gil Fernández, García Gual, Rodríguez Alfageme, López Férez, Alsina, Albaracín Teulón, de la Villa o Rodríguez Blanco, que como helenistas o historiadores de la medicina, han contribuido a la comprensibilidad del gran sillar que echó a rodar hace veinticinco siglos.

# Cuando todo encaja: el primer paradigma

## Una referencia incontestable durante veinte siglos



### Aristóteles

Physicorum Aristotelis seu De naturali auscultatione, libri octo ; Aristotelis de caelo, libri quatuor ; Aristotelis de generatione et corruptione, libri duo / Ioanne Argyropolyo Byzantio, & Francisco Vatablo Gallo interpretibus. - Lugduni : Apud Theobaldum Paganum, 1559

MUNCYT. Biblioteca. Sig: Fondo antiguo

### Aristóteles

Física / Aristóteles ; introducción, traducción y notas de Guillermo R. de Echandía. -- Madrid : Gredos, D.L. 1995

MUNCYT. Biblioteca. Sig: FIS-69

En Venecia se publicaron ediciones incunables latina y griega a finales del siglo XV y el filólogo Immanuel Bekker, en su estudio crítico para todas las impresiones de la obra aristotélica (con número de página, columna y línea), recoge entre las ediciones del Renacimiento la traducción latina del maestro y humanista bizantino Argyropoulo en formato menor o de “bolsillo”. Aunque se suceden las traducciones españolas a lo largo del siglo XX, destacamos la publicada en 1995, una de las más citadas en la actualidad.



### Piedra imán

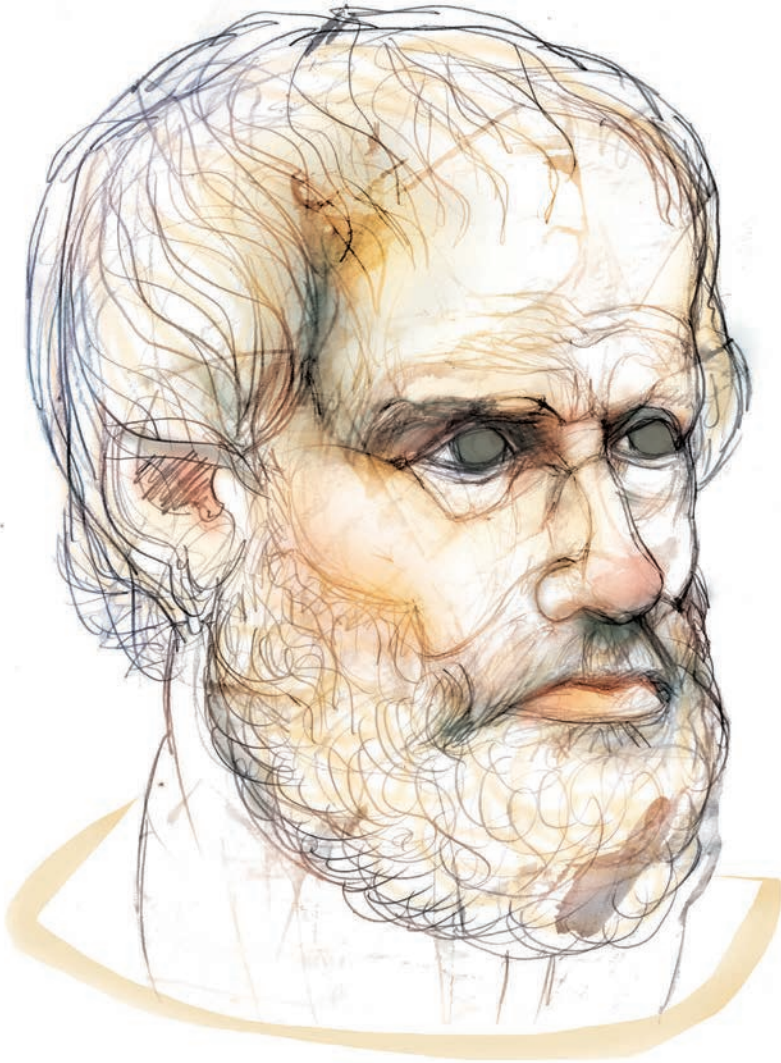
Meurand  
París  
1775

MUNCYT 1995/031/0205  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM.

La piedra imán era un desafío para las ideas aristotélicas, pues su comportamiento parecía ir en contra del movimiento natural, al impedir que un objeto de hierro pudiese caer “naturalmente”. Esta pieza está formada por un imán natural o magnetita, armado con piezas de hierro dulce para aumentar su potencia o poder magnético. Este tipo de instrumentos formaban parte de los gabinetes de física experimental del siglo XVIII, donde se empleaban para mostrar la fuerza de atracción magnética, colgando de ella un peso conocido.

*Física***ARISTÓTELES DE ESTAGIRA,**  
384-322 a. C.

Se le conoce como *El Estagirita*, por haber nacido en la ciudad de Estagira (Tracia). Era hijo del médico del rey de Macedonia. Creció en la corte y al inicio de su juventud marchó a Atenas, para estudiar en la Academia de Platón, donde estuvo durante veinte años. Viajó por el Egeo, y entre otras materias estudió la zoología y botánica de la isla de Lesbos, tras lo cual fue invitado por el rey Filipo II para ser tutor de su hijo, quien años más tarde sería Alejandro Magno. A su vuelta a Atenas estableció su propia escuela en el Liceo. Había cumplido sesenta años cuando se trasladó a la isla de Eubea, donde murió. Destaca como filósofo, conocedor e integrador de múltiples disciplinas. Se le considera el fundador de la lógica deductiva en filosofía. Como científico, escribió sobre física, astronomía, anatomía, embriología, geografía, geología, meteorología y zoología. En la *Física* plantea tres principios básicos para explicar el movimiento de los cuerpos, distinguiendo entre movimientos naturales y movimientos forzados. Su visión cosmológica propone la delimitación de una región sublunar en la que sitúa a la Tierra, donde los movimientos naturales son verticales y pasajeros, y una supralunar que considera perfecta, donde el movimiento natural es circular y constante.



## ARISTÓTELES

### *Física*

JMSR-JOR

### Fama

Pocas obras han sido tan comentadas durante tantos siglos como las que se denominan *aristotélicas*, y de todas ellas en especial la que lleva el título de *Física*. Aristóteles representó durante mucho tiempo el nombre de la sabiduría antigua, el nombre del filósofo y de la filosofía que mejor conseguía explicar las cosas del mundo. Irradió desde Atenas una influencia que ganó las ciudades de Alejandría, donde vivieron alguno de sus discípulos, y hasta Roma donde se quiso recrear su escuela. Aunque el Liceo, o su fama, duró cientos de años, cuando Justiniano cerró las escuelas apenas se puede decir que quedara algo más que su nombre. Sin embargo, la fama de su fundador no dejó de extenderse en Bizancio, en el mundo islámico y finalmente en la emergente Europa occidental.

Podemos ver a Aristóteles creado y recreado por la posteridad, tratado con respeto y fuente de autoridad unas veces, pero también usado como diana de críticas y como arma arrojada contra el pensamiento ajeno. Acusado de materialista y presentado como acusador de quienes atentan contra el sentido común. Es posible considerarlo como el gran discípulo temido por Platón, y sobre todo por los seguidores que a la muerte de éste lo excluyeron de su círculo; también como amigo de los poderosos y tutor de Alejandro Magno, y como fundador del Liceo, una escuela tan influyente como la Academia de Platón como para

compartir con ella que se denomina una escuela Mayor. Pero también es legítimo imaginarlo como un naturalista interesado por los animales y las plantas, por las curiosidades de un hipotético gabinete natural; pensar en él viajando al Pireo para buscar animales raros que los pescadores habían apresado en sus redes, o recibiendo animales de tierras lejanas e inspeccionándolos.

Menos extraño sería aún considerarlo acumulando el saber, comprando rollos de papiros con textos antiguos y contemporáneos, leyendo con avidez los textos acumulados en la Academia, y formando una biblioteca enciclopédica propia, insinuando a sus discípulos que escribieran historias sobre los saberes de los siglos anteriores. Además, Aristóteles tuvo la sensación de vivir un final de época. Atenas decaía en fortaleza e influencia y la filosofía había sido un invento de hacía siglos; los filósofos que consideraba como “antiguos” habían influido mucho en el desarrollo de las ideas acerca de la naturaleza de las cosas, de su origen, de su principio generador. En este sentido, las enseñanzas de Aristóteles tenían un cierto espíritu de recopilación de saberes, de ponderación acerca de qué significaban, de replanteamiento de soluciones que fueran compatibles con el orden natural de las cosas. Porque, a su juicio, los saberes propios de la filosofía debían servir para explicar el funcionamiento de los cielos, de los cuerpos celestes, tan lejanos y en apariencia perfectos, y el despliegue de nuestro mundo, tan lleno de transformaciones y de vida; de generaciones y de corrupciones. Sin duda, el programa de Aristóteles fue bastante ambicioso, porque suponía que había una forma única de entender todo lo que contenía el mundo en términos de su *naturaleza*. Esta palabra en griego se denomina-



ba *physis*, y algunos escritos que trataban de este problema se reunieron bajo el nombre de lo que hoy se reconoce con el nombre de *Física*.

## De cómo pueden ordenarse los intereses enciclopédicos

A diferencia de las obras de otros autores como Platón, las de Aristóteles sufrieron vicisitudes especiales en su transmisión a la posteridad, porque las que hoy tenemos por aristotélicas no fueron escritas y pensadas en el formato en el que nos han llegado. Un itinerario de más de dos mil años, habida cuenta de que la imprenta tiene menos de seis siglos, nos obliga a pensar en un camino de copistas y copias lleno de variantes y de vacilaciones en la forma de presentar el texto. La imprenta siempre “fija” el texto, de manera que la pregunta radica en cómo se conservó un texto como el de esta obra.

De antemano la *Física* no fue un libro nacido de la intención de un autor que se dispone a escribir una obra completa. Debemos imaginar que su contenido nació de las lecciones impartidas por Aristóteles en su estancia en el Liceo. Por los textos que nos han llegado, y no solo por los de la *Física*, conocemos esa pasión del filósofo por el estudio de la naturaleza de las cosas. No hay que pensar en él como un profesor de una universidad medieval atento a no desbarrar en discusiones teológicas, ni como un renacentista alimentado por enfrentamientos religiosos, ni como un romántico defensor de un tipo de filosofía absoluta. Debemos recuperar la imagen de un Aristóteles que se preocupaba de la historia de los animales y de las plantas, que estaba a la vez interesado por los entresijos de la argumentación buceando en

el lenguaje, y de forma simultánea reflexionaba sobre los problemas generales que subyacen en todos los más particulares. Al conjunto de esos problemas les dedicaba tiempo, atención, pero no toda la atención, sino la precisa para conseguir que todo su pensamiento se convirtiera en un sistema articulado. No es una temeridad imaginar por tanto al filósofo hablando de sus ideas en forma de conversaciones, de charlas o de lecciones, en un tiempo cuando ciencia y filosofía no eran disciplinas separadas y alejadas.

Aristóteles tuvo la fama de enseñar paseando, y por ello su conocimiento recibió el nombre de *peripatético*. Durante esos supuestos paseos, más proclives a la reflexión general que las estancias en los gabinetes donde se acumulaban los animales, debieron darse esas lecciones más generales sobre los problemas fundamentales de su sistema. Aunque a Aristóteles nunca le faltó interés por lo particular y por lo que consideraba el fundamento de la naturaleza, los seres vivos, su reflexión sobre lo general culminaba la arquitectura de su concepción del mundo.

Parte de esas lecciones pasaron al lenguaje escrito de la mano de los discípulos que rodeaban a Aristóteles. ¿Fueron escritas al dictado? Parece poco probable. Por el estilo del texto más bien son como notas o apuntes redactados después de haber escuchado al maestro. Pudieron estar agrupados por temas, pero resulta difícil que esa labor fuera hecha por el filósofo. También es posible que tales lecciones se dieran a lo largo de los años y que los textos fueran de diferentes épocas o refundiciones. Parece que además los textos escritos en la época de Aristóteles tuvieron su propia historia como parte de la biblioteca de Teofrasto, amigo y continuador del Liceo cuando

Aristóteles abandonó Atenas. Esa biblioteca estuvo en peligro durante los siglos posteriores en varias ocasiones, siendo las obras que acumulaba ocultadas en un lugar fuera de Atenas. Y en este punto las historias sobre los textos se multiplican.

Coinciden en que los textos de Aristóteles fueron trasladados a Roma aunque Estrabón atribuye a un gramático llamado Tiranión la ordenación de los textos, mientras que Porfirio defiende que fue Andrónico de Rodas quien se ocupó de trasladar los textos a la capital del imperio y ordenarlos con la secuencia de materias que ha llegado, con variantes, hasta nosotros. Estamos hablando, en todo caso, del siglo I antes de nuestra Era. Habían pasado tres siglos desde la muerte de Aristóteles. Puede pensarse que resulta un lapso de tiempo demasiado grande como para confiar en que lo que ha llegado a nosotros sea medianamente fiel. Sea cierta o corrupta esta tradición, lo cierto es que los escritos de Aristóteles se transmitieron situando un conjunto de escritos como los que se referían a los problemas más generales de su sistema y se les denominó como *Physiké akróasis*; en ellos se contenían las soluciones del maestro a los grandes problemas del estudio de la naturaleza. Los escritos sobre estos temas que no estaban contenidos en el texto, se situaron yuxtapuestos a ellos y se les denominó, según la tradición, *metafísica*, más allá de la física. Nunca un criterio bibliotecario se transmitió de forma tan eficaz a la ordenación epistémica.

## De la naturaleza de las cosas

“Puesto que en toda investigación sobre cosas que tienen principios, causas o elementos, el saber y la ciencia resultan del conocimiento de estos – ya que solo creemos conocer una cosa

cuando conocemos sus primeras causas y sus primeros principios, e incluso sus elementos –, es evidente que también en la ciencia de la naturaleza tenemos que intentar determinar en primer lugar cuanto se refiere a los principios.” Así comienza la *Física*. Si a un lector contemporáneo le resulta críptico, que no se preocupe porque lo es. Conocer los principios de las cosas y sus causas, así como las de sus movimientos, entendiendo como movimiento cualquier transformación por la cual una cosa pasa a ser otra, constituyen las tareas fundamentales de un filósofo. A continuación, Aristóteles ponía en cuestión las doctrinas antiguas que defendían que todo procede de un primer principio. El libro primero es un elogio de la multiplicidad frente a las posiciones monistas de muchos físicos posteriores.

Sin embargo, el tratado de la física propiamente arranca con fuerza en el segundo libro, cuando establece una distinción entre las *cosas que son por naturaleza* y las *que son por otras causas*. Se convierte en el fundamento de la distinción entre lo natural y lo artificial, entre cosas naturales y artefactos. Las cosas de la naturaleza tienen *physis*, mientras que los artefactos reciben las propiedades del exterior, *techné*. Esta distinción aristotélica ha influido con fuerza en la historia del pensamiento occidental, donde la diferencia entre lo natural y lo fabricado ha parecido marcar fronteras insalvables. Las preguntas más diversas, desde las literarias de Mary Shelley en su novela *Frankenstein* sobre la posibilidad de fabricar un ser humano en un laboratorio, hasta la más contemporánea ¿puede pensar una máquina?, están afectadas de un trasfondo aristotélico. La distinción del filósofo entre lo natural y lo fabri-

cado no se convirtió en una doctrina, más bien podría decirse que tradujo una convicción del sentido común, y de ahí su éxito.

El segundo libro trata también la teoría de las cuatro causas, una de las herramientas de análisis aristotélico más influyente. Un buen físico debe usar una teoría de las causas que elimine las explicaciones basadas en la suerte o en el azar. La diferencia entre la causa material, formal, eficiente y final y el juego entre ellas deben ser básicas para analizar el movimiento, el tema que la *Física* aborda a partir del libro tercero, que retomará en el libro quinto. En la parte tercera del tratado se considera el tratamiento del infinito, refutando la existencia del infinito en acto, una forma de eliminar las aporías, algo que se lleva a cabo en el libro sexto. Los problemas del tratamiento del lugar de la posibilidad de estudiar el primer motor inmóvil se reparten en los últimos libros del tratado.

## De cuando la física deseaba explicar todo el cosmos

El nombre de *física* en castellano puede llamarnos a engaño. No tenemos la distinción de otros idiomas donde se diferencia entre *physician* y *physicist*. El primero hace referencia a la medicina y el segundo al científico que investiga

la naturaleza con las herramientas de las nuevas ciencias nacidas de la Revolución Científica. La física de Aristóteles parece haberse conservado en la primera (al menos en parte), mientras que se alejó de la segunda. Esa física no daba cuenta de los fenómenos del movimiento local y mecánico de una forma matemática, como magnitudes, sino que trataba el mundo de forma más cercano a los tratamientos que se dan a los seres vivos. Durante mucho tiempo, sin embargo, fue muy útil para describir el cosmos como un sistema ordenado, estructurado en dos partes separadas por la Luna. La superior, la de los cuerpos perfectos y eternos, supuesto lugar donde se encontraba el motor, generador del movimiento de las esferas; la inferior y humana, donde todo era mudable y contingente, sometido a generación y corrupción incesante. Los libros que daban cuenta de la cosmología aristotélica usaban las herramientas conceptuales contenidas en la *Física*, y la homogeneidad metodológica atrajo a pensadores durante siglos. Solo a partir del Barroco, expertos demolidores como Galileo mostraron su incapacidad para dar cuenta de un cosmos homogéneo, donde los cielos y la Tierra fueran de la misma naturaleza. Sin embargo, muchas ideas aristotélicas siguen dentro de nosotros en los terrenos de lo que denominamos sentido común.

# El libro de texto de más éxito

## Comienza la historia de la geometría



### Euclides

Eukleidou Stoicheiōn on bibl. ie. ; Ek tōn theōnos synousiōn. Eis tou autou to prōton Exēgēmatōn Proklou bibl. d' / adiecta praefatiuncula in qua de disciplinis mathematicis nonnihl [Simon Grynaeus]. -- Basileae : apud Ioan. Hervagium, 1533

Biblioteca Nacional de España. Sig: R/22437(1)

© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

### Euclides

Los seis libros primeros de la geometria de Euclides / traducidas en lengua española por Rodrigo Çamorano. -- En Seuilla : en casa de Alonso de la Barrera, 1576

Real Academia Española. Biblioteca. Sig: 13-IX-52

© Fotografía Biblioteca Real Academia Española

Los *Elementos* de Euclides se considera el libro científico más traducido y divulgado. Se conservan manuscritos griegos, latinos, árabes, chinos...y ediciones en inglés, francés, italiano, alemán, danés, ruso... Es el texto que más veces se ha editado después de *La Biblia* y el libro de texto más influyente de todos los tiempos. Galileo, Descartes, Newton, Einstein se examinaron de los *Elementos*. La edición griega que se expone es la edición princeps de referencia para los expertos: se debe a Simón Grynaeus y se publicó en Basilea en 1533. La primera traducción castellana contiene los seis primeros libros euclidianos, los más útiles para navegantes e ingenieros, y se publicó en Sevilla en 1576. Su traductor fue Rodrigo Zamorano, cosmógrafo y matemático de la Casa de Contratación, encargado de la enseñanza de pilotos y la fabricación y reconocimiento de instrumentos científicos. Se trata de una traducción literal, sin comentarios, de gran rigor que alcanzó, según Palau, una gran difusión.



### Compás renacentista

Siglos XVI-XVII

Colección MUNCYT 1999/032/0001

La geometría nace al convertir en números las medidas, en un principio de distancias. Para trasladar a la regla la longitud de un segmento se utilizaba el compás. En la Edad Moderna los de forma curva se usaban, entre otras aplicaciones, para medir con precisión el diámetro de los proyectiles de artillería. Esto era necesario no solo porque cada pieza tenía un calibre propio, sino porque a partir del peso del proyectil se calculaba la carga de pólvora necesaria para su disparo.

*Elementos*  
**EUCLIDES,**  
c. 295 a. C.

Es difícil precisar datos de la biografía del más destacado matemático de la antigüedad grecolatina, considerado el Padre de la Geometría. Solo se conocen con certeza dos hechos indiscutibles: vivió en una época intermedia entre los discípulos de Platón y los de Arquímedes, y formó una gran escuela de matemáticas en Alejandría. Según el filósofo bizantino Proclo, Euclides enseñó en esta ciudad del delta del Nilo durante el mandato de Ptolomeo I Sóter, es decir, entre los años 323 y 285 a. C. Murió en torno al año 270 a. C. Su fama radica en ser el autor de los *Elementos*, un tratado de geometría que ha servido de libro de texto en la materia hasta comienzos del siglo XX. Está compuesto por trece libros que tratan de geometría en dos y tres dimensiones, proporciones y teoría de números. Presenta toda la geometría basándose en teoremas que pueden derivarse a partir de cinco axiomas o postulados muy simples que se aceptan como verdaderos.



## EUCLIDES

### *Elementos*

JMSR-JOR

¿Qué virtudes tienen las grandes bibliotecas? Probablemente los fundadores de la biblioteca más famosa de todos los tiempos, la de Alejandría, no fueran conscientes por completo de la importancia que tenía la acumulación de conocimiento en un mismo recinto. La de Alejandría no fue la primera en las ciudades mediterráneas; antes las de Atenas, y de forma simultánea la de Pérgamo, muestran que el movimiento bibliotecario y los libros se habían convertido en un objeto codiciado y signo de prestigio.

A lo largo del siglo III anterior a nuestra Era se formó el gran depósito de libros en Alejandría y fue tanta su fama que se convirtió en una referencia en todo el mundo civilizado de la parte occidental de Eurasia. Se conoce el nombre de bastantes bibliotecarios, cuya función no solo fue cuidar los depósitos de libros sino además realizar ellos mismos investigaciones sobre la lengua y los diferentes conocimientos allí acumulados, desde geografía a matemáticas y astronomía (el matemático, astrónomo y geógrafo Eratóstenes [276-194 a. C.] es buena prueba de esto, ya que desempeñó el cargo de director de la biblioteca de Alejandría desde el año 236 a. C. hasta su muerte). Además, la Biblioteca, relacionada con el Museo, fue esencial en el prestigio de la ciudad que durante siete siglos tuvo el liderazgo del conocimiento en el mundo Mediterráneo.

Muchos nombres se asocian con la Biblioteca y con la ciudad de Alejandría, pero el más prema-

turo y famoso es el de Euclides, un matemático al que se le denomina “de Alejandría” con demasiada ligereza, pero del que se duda poco que fundara una escuela matemática en esa ciudad. Personaje oscuro, como tantos en el mundo de aquella época, para comprender mejor la razón de esta neblina conviene escuchar a George Sarton (1884-1956), el fundador de la historia de la ciencia como disciplina:

“Todos conocemos su nombre y su obra principal *Elementos*, pero sabemos muy poco sobre él. Lo poco que sabemos - y es muy poco - lo deducimos y fue publicado después de su muerte. Esta clase de ignorancia no es excepcional sino frecuente. La humanidad recuerda a los déspotas y a los tiranos, a los políticos de éxito, a los hombres con fortunas (o a algunos al menos), pero olvida a los grandes benefactores. ¿Qué sabemos sobre Homero, Tales, Pitágoras, Demócrito...? Más aún, ¿qué sabemos sobre los arquitectos de las catedrales antiguas o sobre Shakespeare? Los grandes hombres son desconocidos, incluso aunque hayamos recibido sus obras y disfrutado de sus abundantes bendiciones.”

### Un autor oscuro que escribe una obra luminosa

Resulta plausible situar a Euclides en la Academia platónica de Atenas, donde habría tenido contacto con los matemáticos de esa escuela y hubiera aprendido de ellos y participado en sus discusiones sobre los problemas de esa ciencia, y después imaginarlo en Alejandría, fundando su propia escuela. Por lo tanto, no es descabellado situar su madurez en torno al año 300 antes de nuestra Era, y pensar que durante ese tiempo llevó a cabo la redacción de sus *Elementos*.

Pocas obras científicas han tenido un recorrido tan dilatado como esta que comentamos aquí. Para entender su importancia pensemos que aunque fue redactada en el siglo III antes de nuestra Época, todavía se usaba como libro de texto en una universidad tan prestigiosa como Cambridge a finales del siglo XIX. Pocos libros han tenido una influencia tan dilatada en la historia del pensamiento humano.

¿Qué más da saber poco del autor de una obra de esas características si se reconoce que fue fundamental para la construcción de la ciencia de dos milenios? Existe un cierto paralelismo entre Euclides y Shakespeare, del que se sabe tan poco que se dudó de su existencia. En ambos casos se imaginó en algún momento que no fue un solo autor sino un conjunto de autores dando a luz una obra colectiva. Aunque en los dos las tesis “colectivistas” tengan hoy pocos seguidores, lo cierto es que en el caso de los *Elementos*, sí queda patente que es una gran obra de síntesis de toda la matemática anterior al siglo III de nuestra Época.

No es un menoscabo para esa obra que su autor se valiera de todos los conocimientos acumulados por matemáticos anteriores, los pitagóricos entre ellos, durante tres siglos. Todo lo contrario, se trata de una forma habitual de conservar la ciencia de un período. De hecho, no todas pero muchas de las obras que nos han llegado hasta nuestros días convertidas en paradigma de conocimiento bien construido, tienen este carácter de obra de síntesis de conocimientos de toda una época anterior y contemporánea. Conocemos parte de las contribuciones anteriores a los *Elementos* de la mano de su autor, que cita a matemáticos anteriores a él, como los merecedores de reconocimiento por haber resuelto

problemas contenidos en la obra, los casos de Eudoxo o Teetetos.

¿Cuál es entonces el mérito de la obra y su interés?

No se trata de una pregunta trivial. La respuesta es que Euclides tuvo el mérito de ordenar con coherencia todos los contenidos en la obra, haciendo una síntesis de muchos conocimientos anteriores, o todos los que él consideró importantes. Pero además, el nombre de *Elementos* fue habitual en la matemática pre-euclídea, y todas las obras designadas bajo este nombre indicaban que se ordenaba lógicamente un conjunto de problemas, de tal forma que se deducía la validez de un conjunto de teoremas a través de una serie de hipótesis. El más célebre de esos *Elementos* fue el de Hipócrates de Quíos, matemático del siglo V antes de nuestra Era, pero hubo muchos más compendios de este tipo. Otros más se escribieron entre el siglo V y el III antes de nuestra Era.

Sin embargo ninguno consiguió la solidez de los *Elementos* escritos por Euclides. Compuesto de trece libros, *Elementos* repasa los tópicos fundamentales de la geometría plana (los cuatro primeros), la teoría de la proporción (libros quinto y sexto), la aritmética (del séptimo al décimo) y la geometría del espacio (del undécimo al décimo tercero). La estructura de la argumentación se organiza a partir del enunciado de un pequeño número de definiciones, de *postulados* (palabra de la tradición latina que se refiere a las proposiciones que se pide o se solicita - se postula - sean admitidas por el lector), y un pequeño número de reglas (nociones comunes, según las denominó el autor) que permiten manipular las proposiciones

que remiten a figuras y a números. A partir de ellos se derivan las propiedades de esas figuras y números. Lo que consiguió Euclides fue reducir a un mínimo número de cinco postulados para la deducción de toda la geometría plana, de todas las propiedades conocidas de las figuras de esa geometría. En los libros correspondientes a la teoría de la proporción estableció los elementos de un cálculo, en su origen probablemente debido a Eudoxo, reordenado por Euclides, siendo una de las maravillas de toda la obra. En los libros de contenido aritmético destaca el tratamiento de la teoría de números, y especialmente el libro décimo donde el autor analiza las magnitudes irracionales.

Los cinco postulados de Euclides contenidos en el libro primero de la obra se convirtieron en la expresión de un minimalismo inquietante que intrigó a los autores posteriores. ¿Qué había llevado a Euclides a decidirse por las proposiciones aquellas donde se estipulaba como se trazaba una recta y un círculo, la igualdad de los ángulos rectos y además se describía un quinto postulado en apariencia farragoso, pero sencillo para la intuición del estudioso?

Quinto postulado:

*Postúlese que si una recta al incidir sobre dos rectas hace los ángulos internos del mismo lado menores que dos rectos, las dos rectas prolongadas indefinidamente se encontrarán en el lado en el que están los ángulos menores de dos rectos.*

Desde pronto se consideró que ese quinto postulado era demasiado complicado y que podía ser demostrado por los otros cuatro, suposición que resultó imposible de probar pero que

andando el tiempo (dos milenios más tarde, en el siglo XIX) dio pie a la fundación de las geometrías llamadas no-euclídeas.

## La difusión de los *Elementos*

Pronto se consideró el tratado de Euclides una obra de referencia para introducirse en el estudio de la matemática. De hecho, se denominó “matemática elemental” aquello proveniente de ese tratado, punto de partida imprescindible para la formación de los matemáticos posteriores durante siglos.

Aunque el comentarista más conocido de la obra de Euclides fue Proclo, un neoplatónico del siglo V, quien fijó el texto y formó el cuerpo de libros que hoy reconocemos como *Elementos*, fue un matemático del siglo anterior, el IV de nuestra Era, llamado Teón de Alejandría, padre de la famosa Hipatia y probablemente uno de los últimos matemáticos alejandrinos. A partir de entonces el recorrido de los *Elementos* describe las influencias de las lenguas cultas en los márgenes de la cultura mediterránea.

Siguiendo las vicisitudes de las convulsiones políticas del imperio romano (en el siglo VI ya dirigido desde Constantinopla), la obra se tradujo del griego al siríaco, y desde esta lengua al árabe, cuando la marea islámica se convirtió en la cultura más joven y pujante de la época. En el siglo IX ya se había realizado la primera traducción al árabe para el califa al-Rashid, quien deseaba convertir a Bagdad en una ciudad que emulara el esplendor de la antigua Alejandría. Bagdad tenía en su Casa de la Sabiduría un equivalente al Museo y la Biblioteca de aquella ciudad. El libro de Euclides fue tema de trabajo, estudio y comentarios de los matemáticos

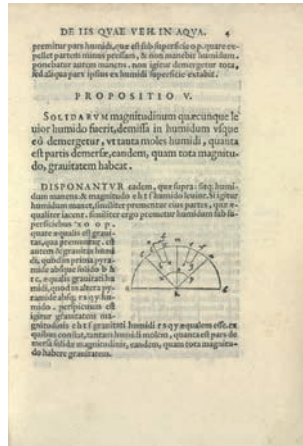
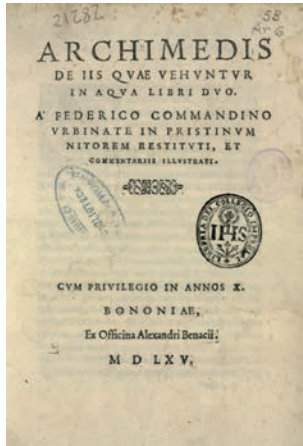


árabes durante al menos dos siglos y medio. Para entonces, el oscuro occidente había comenzado a interesarse por esa obra. En el siglo XII, Adelardo de Bath (aunque hay sobradas dudas de su verdadera identidad) realizó la primera versión latina de la obra que gozó de difusión hasta el Renacimiento. Dado que el *quadrivium* incluía enseñanzas de geometría y aritmética (además de astronomía y música), el libro de Euclides sirvió de inspiración para los maestros universitarios y los escasos matemáticos de aquel occidente todavía inculto.

En 1482 se realizó en Venecia la primera impresión de los *Elementos*, se trataba de la edición de Adelardo revisada por Giovanni Campano, uno de los pocos matemáticos medievales de cierta relevancia que vivió durante el siglo XIII asociado a la corte papal de Roma. Posteriormente a esa edición, la obra de Euclides se tradujo a las lenguas relevantes durante cuatro siglos y hoy sigue siendo un texto admirado por su solidez metodológica y elegancia de factura.

# Aquí está el Principio más conocido de la Física

## Ideas que integran ingeniería, mecánica y matemáticas



### Arquímedes

Archimedis De iis quae vehuntur in aqua : libri duo / à Federico Commandino Vrbinate in pristinum nitorem restituti et commentariis illustrati. -- Bononiae : ex officina Alexandri Benacii, 1565

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". Sig: BH FLL 21282  
© Fotografía Biblioteca Histórica UCM

### Arquímedes

Tratados / Arquímedes ; introducciones, traducción y notas de Paloma Ortiz García. -- Madrid : Gredos, [2005-2009]

MUNCYT. Biblioteca

Federico Commandino, matemático italiano del Renacimiento, editó en 1558 en latín la obra completa de Arquímedes. Su versión obtuvo una gran resonancia: fue empleada por Kepler y citada por Galileo en un centenar de ocasiones. En 1565 publica como obra independiente los dos libros del tratado *Sobre los cuerpos flotantes*. En la dedicatoria señala la dificultad de su trabajo por la escasez de manuscritos y la importancia de la divulgación de esta obra. Tartaglia publicó en el siglo XVI la versión italiana del primer libro. En español se publica en 2009 en el contexto de sus obras completas.



### Balanza hidrostática

Hijos de J. Giralta Laporta  
1900-1930  
Colección MUNCYT 1985/004/0075

Esta balanza sirve para calcular la densidad de líquidos, midiendo la diferencia entre el empuje que sufre una masa al sumergirla en el líquido a estudiar con el que tiene en agua destilada. Tras una medición se equilibra la otra por medio de pesas con forma de herradura.

*Sobre los cuerpos flotantes*  
ARQUÍMEDES DE SIRACUSA,  
c. 287-212 a. C.



Aunque resulte paradójico, por exceso de referencias –y datos discrepantes– se conocen escasos detalles que sean fidedignos de la vida del renombrado matemático e ingeniero de la antigua Grecia. La biografía escrita por su amigo Heracleides no ha llegado a nuestros días, y hemos de limitarnos a historias posteriores, como las de Plutarco, Tito Livio y otros. Sabemos que visitó Alejandría, estudiando con los sucesores de Euclides, pero la mayor parte de su vida transcurrió en la ciudad-estado de Siracusa, en la isla de Sicilia, donde estaba relacionado con su rey, Hierón II. Allí compuso la mayor parte de su obra, hasta su muerte en el saqueo romano de la ciudad después de una histórica defensa. Se le atribuyen diversos ingenios mecánicos, como el llamado tornillo sin fin, la polea compuesta, o el espejo ustorio. Entre sus importantes trabajos matemáticos destacan los relacionados con el análisis de problemas hidrostáticos como *Sobre los cuerpos flotantes*, que contiene en su proposición séptima el celeberrimo Principio que vinculamos a su nombre. Se dice que las figuras de la esfera y el cilindro fueron grabadas en su tumba.

## ARQUÍMEDES

### *Sobre los cuerpos flotantes*

JMSR-JOR

### El exceso de un nombre

Arquímedes no sólo escarbó con denuedo y éxito en las oscuras regiones en las que se esconden las leyes que obedecen los fenómenos naturales, sino que también transitó con intensidad por el tiempo que le tocó vivir. Uno de los momentos más célebres, y a la postre trágicos de aquel tiempo fue el asedio de Siracusa, su ciudad natal, por parte de las tropas romanas comandadas por Marco Claudio Marcelo. De la participación en él de Arquímedes, Tito Livio escribió en su *Historia de Roma* (libro 24): “Para hacer frente a este ataque naval, Arquímedes colocó en las empalizadas ingenios de diversos tamaños. Bombardeaba los barcos más distantes con piedras enormes y los más cercanos con otras más ligeras y, por tanto, más numerosas; finalmente, atravesó toda la altura de las murallas con aspilleras de un codo de ancho [1 codo romano; esto es, 0,4436 metros] por las que sus hombres podían descargar sus proyectiles sin exponerse ellos mismos. A través de estas aberturas apuntaban contra el enemigo sus flechas y pequeños ‘escorpiones’ [instrumentos a modo de ballestas con soporte de tierra que permitían lanzar dardos a gran distancia]. Algunos de los barcos que se aproximaron más, para estar por debajo del tiro de la artillería, fueron atacados del modo siguiente: colgó gran viga oscilando sobre un pivote proyectado fuera de la muralla, con una fuerte cadena que colgando del extremo tenía sujeto un gancho de hierro. Este se descen-

día sobre la proa de un barco y se ponía un gran peso de plomo sobre el otro extremo de la viga, hasta que tocaba el suelo y levantaba la proa del buque al aire y hacía que éste descansara sobre la popa. Luego quitaba el contrapeso, la proa caía repentinamente al agua como si estuviera sobre la muralla, para gran consternación de los marineros; el choque era tan grande que aunque cayera nivelada embarcaba gran cantidad de agua. De esta manera se frustró el asalto naval y todas las esperanzas de los sitiadores se basaron ahora en un ataque por el lado de tierra, lanzado con todas sus fuerzas. Pero también aquí había dedicado Hierón, durante muchos años, dinero y trabajos para cubrir todo con máquinas de guerra de toda clase, guiados y dirigidos por la inmensa habilidad de Arquímedes. La naturaleza del terreno también ayudaba a la defensa. La roca sobre la que se basaban los cimientos de la muralla era en su mayor parte tan empinada que no solo las piedras lanzadas por máquinas, sino aún las arrojadas a mano caían por su propio peso con terribles efectos sobre el enemigo. Esta misma causa hacía difícil toda aproximación a pie y precario el avance. Así pues, se celebró un consejo de guerra y se decidió, pues todos sus intentos habían quedado frustrados, desistir de las operaciones activas y limitarse a un simple bloqueo, cortando todos los suministros del enemigo por mar y por tierra.”

También Plutarco habló de Arquímedes en sus *Vidas paralelas* (cap. XVII, “Vida de Marcelo”): “Arquímedes poseía un espíritu tan alto, un alma tan profunda y tal riqueza de teoría científica que aunque sus inventos le habían dado renombre y fama de sagacidad sobrehumana, él no consentía dejar tras él ningún tratado sobre este tema, pero considerando el trabajo del ingeniero

y toda arte dirigida a las actividades de la vida como innoble y vulgar, dedicó sus más altos esfuerzos sólo a aquellos estudios cuya sutileza y encanto no están afectados por los requerimientos de la necesidad. Estos estudios – pensaba – no pueden ser comparados con ningún otro; en ellos, el objeto del estudio compite con la demostración, el primero suministrando grandeza y belleza, y la última precisión y profundo poder. Por ello no es posible encontrar en la geometría cuestiones más profundas y difíciles tratadas en términos más puros y simples. Algunos atribuyen este éxito a sus dotes culturales; otros lo creen debido a que todo lo que él hacía era tan elaborado que parecía haber sido realizado sin esfuerzo y con facilidad. Pues nadie podría por sus propios esfuerzos descubrir la demostración y sin embargo tan pronto como se aprende de él, se cree que uno podría haberla descubierto por sí mismo, tan nuevo y rápido es el camino que nos conduce hacia la deseada conclusión.”

No fueron Tito Livio y Plutarco los únicos que se ocuparon de recordar sus logros: si sabemos poco de la vida de Euclides, de Arquímedes sabemos demasiado, tanta es la leyenda, y tantas son las referencias que algunas veces resultan contradictorias, como parecen ser las de Tito Livio frente a las de Plutarco. En una se nos presenta el Arquímedes ingeniero, comprometido en la defensa de Siracusa, mientras que en la otra se insiste en su carácter especulativo, riguroso, al margen de las urgencias de la necesidad. Lo cierto es que mientras en el caso de Euclides la fama de su obra superó la del autor, en el caso de Arquímedes la luminaria de su fama de mago mecánico casi ocultó la validez de su obra como matemático.

De Arquímedes de Siracusa tenemos un hecho cierto: murió durante la conquista y saqueo de Siracusa por los romanos en el año 212 antes de nuestra Era. Las tropas del cónsul Marcelo lograron hacerse con la ciudad, y su caída fue una de las muchas secuelas de las guerras entre cartagineses y romanos. Fue un matemático reconocido por los sabios de su época; eso sí, relacionado con la comunidad de Alejandría. Sabemos que mantuvo correspondencia con el director de la Biblioteca, Eratóstenes. Gracias a esa relación hoy disponemos de la obra que se llama *Método*, encontrada a principios del siglo XX en un palimpsesto por el filólogo danés Johan Ludvig Heiberg, ya que contiene una carta de Arquímedes a Eratóstenes donde le descubre algunas de las estrategias heurísticas para conseguir las demostraciones de sus obras matemáticas.

Siguiendo con el paralelismo entre Euclides y Arquímedes, mientras el primero resumió el saber matemático de su época y lo transmitió a las generaciones futuras, el segundo dedicó sus esfuerzos a abrir nuevos caminos en las matemáticas, explorando métodos inéditos y proponiendo nuevos problemas. Los escritos sobre la esfera y el cilindro, sobre la medición del círculo, sobre conoides y esferoides, podrían describirse como obras de matemáticas que definieron tanto la actividad de Arquímedes que se dice que las figuras de la esfera y el cilindro fueron grabadas en su tumba. Sin embargo, no fue un matemático al uso ya que se ocupó también de problemas de mecánica. De hecho escribió los primeros libros de estática concebida como parte de la matemática aplicada. Detrás de estos libros latía la suposición de que algunos problemas podían plantearse con un rigor geométrico

en las demostraciones, de la misma forma que para algunos problemas geométricos que no se podían resolver con aparente exactitud, como la medición del círculo, se podía encontrar una solución razonada y razonable.

## El origen de *eureka*

Sin duda, el talento de Arquímedes se desbordó replanteando de forma inédita hasta entonces problemas comunes de la mecánica de la época. Algunos ingenieros alejandrinos mostraron su interés por la mecánica teórica, pero ninguno de ellos alcanzó un nivel tan sofisticado como el siracusano. En especial, llaman la atención los trabajos dedicados a los cuerpos flotantes.

Todo el mundo en Siracusa sabía que los barcos flotaban en el agua, gracias a lo cual podían desplazarse impulsados por remos o velas que aprovecharan el impulso del viento. Es cierto que existen cuerpos que flotan y cuerpos que se hunden, pero la flotabilidad de los barcos dependía de la forma de su construcción. No queremos decir que ese fuera el arranque de la inspiración de los trabajos de Arquímedes sobre los cuerpos flotantes, pero debió de estar en el horizonte intelectual de sus trabajos. La pregunta se podría formular así: ¿cómo explicar por qué flotan los cuerpos?

Su sentido matemático le llevó a plantear el problema de manera abstracta, ya que no imaginó barcos o cuerpos reales sino cuerpos geométricos sumergidos en aguas más o menos abstractas. Como Arquímedes fue un humano histórico, usó conceptos heredados de otros sabios anteriores. De la tradición aristotélica extrajo un oscuro principio de presión hidrostática, heredero del

principio según el cual todos los cuerpos pesados apuntan al centro de la Tierra, el origen de cualquier peso o presión. Imaginando un mundo fluido, una esfera fluida donde se mantenga ese principio por el cual el centro geométrico es el lugar al que se dirige toda la presión, analizó cuál es el resultado de aumentar la presión en un punto por medio de la introducción de un cuerpo sólido. Por medio de este principio, estudió las consecuencias para el conjunto del fluido de introducir un sólido en su seno (un barco en el agua del mar, un cuerpo humano en una bañera, si se desea seguir la leyenda).

Si heredó de Aristóteles la idea de la presión, de la tradición matemática, y especialmente de Euclides, siguió la forma de presentar sus conclusiones. Principios definidos en la cabecera de la exposición, proposiciones que aparecen como demostradas a lo largo del discurso. En el libro *Sobre los cuerpos flotantes* procedió de esa forma, analizando lo ya explicado y llegando en la proposición 7 a la formulación de uno de los principios de la física (en términos contemporáneos) más famoso de todos los tiempos: “Los sólidos más pesados que el fluido, que son arrojados a él, se sumergirán tanto como puedan, y serán más ligeros en el fluido en función del peso de la porción de fluido que tiene el mismo volumen que el sólido”.

Estas son las palabras en las que se formuló de forma original el famoso “Principio de Arquímedes”, que todo escolar ha aprendido alguna vez de manera más informal, imaginando a Arquímedes corriendo desnudo por las calles de Siracusa gritando *Eureka*, “lo encontré”.

Mientras este principio se extrae en el primer libro de *Sobre los cuerpos flotantes*, siguiendo la tradición aristotélica, en el segundo libro Arquímedes abordó el mismo problema de la inmersión de un cuerpo sólido en un líquido de forma radicalmente nueva. Imaginó e investigó las diferentes posiciones como puede flotar un segmento de paraboloides en un líquido. Y en el segundo libro mostró todo su brillo y potencia de deducción, liberándose hasta cierto punto de la dependencia aristotélica al imaginar el problema en una zona local de un líquido donde podía estudiar los pesos verticales de diferentes paralelepípedos, no necesariamente convergentes en el centro de una esfera. Esta elección de lo local frente a lo cósmico, dio un sesgo importante a esta parte de la ciencia arquimediana, y sin duda en su época abrió un camino diferente a la matemática aplicada, a la mecánica, y con el paso de los siglos, a la física.

## El largo camino de las obras de Arquímedes

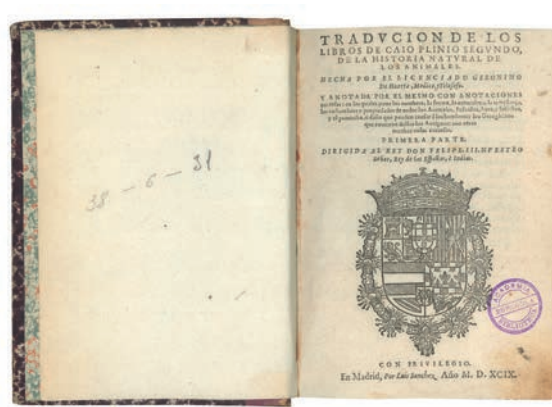
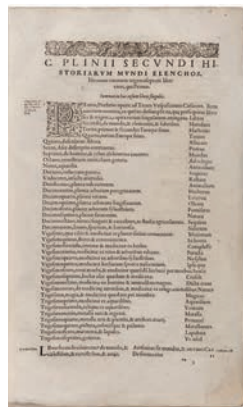
Siguiendo con el paralelismo que nos hemos impuesto, las obras de Arquímedes no gozaron de la difusión que tuvieron los *Elementos* de Eucli-

des. Sus textos se conservaron en Alejandría, que parece haber fijado Teón (ca. 335-405). Pero pronto se dividieron sus obras en dos grupos, las matemáticas y las mecánicas. *Sobre los cuerpos flotantes* formó parte del segundo grupo, que circuló en griego aunque no fue traducido al latín directamente del original por Guillermo de Moerbeke (1215-1286), responsable de la edición publicada en 1269 y que fue la fuente de todas las ediciones del Renacimiento.

Difícilmente se podría entender el florecimiento de la mecánica en Alejandría si no se tuviera en cuenta la obra de Arquímedes. Los trabajos de Filón de Bizancio o de Herón (sea cual sea las personalidades que se escondan tras esos nombres) y sus intereses por la mecánica muestran el largo camino que comenzó entonces y continuó durante el Renacimiento hasta llegar a nuestros días. Uno de los que se inspiraron en su ejemplo, fue Galileo, quien en el primero de sus trabajos publicados que se conserva, escrito en italiano, *La bilancetta* (1586), escribió: “Quienes leen los trabajos de Arquímedes comprenden bien cuán inferiores son todas las mentes comparadas con la de Arquímedes, y qué pequeña esperanza queda de descubrir alguna vez cosas similares a las que él descubrió.”

20.000 definiciones recogidas en 37 tomos

# El más detallado compendio enciclopédico de las maravillas del mundo conocido



## Plinio Segundo, Cayo

C. Plinij Secundi Historiae mundi libri XXXVII... / Omnia quidem multorum antehac doctorum hominum, nouissimè verò laboriosis obseruationibus conquisita, & solerti iudicio pensitata, Iacobi Dalecampij ... -- Lugduni : apud Bartholomaeum Honoratum ..., 1587

Biblioteca Nacional de España. Sig.: R/27692

© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

## Plinio Segundo, Cayo

Traducion de los libros de Cayo Plinio Segundo de la historia natural de los animales / hecha por el licenciado Geronimo de Huerta...y anotada por el mesmo con anotaciones curiosas... ; primera parte. -- En Madrid : por Luis Sanchez, 1599

Real Academia Española. Biblioteca. Sig.: 38-VI-31

© Fotografía Real Academia Española

La *Historia natural*, única obra de Plinio que conservamos completa, fue uno de los libros más difundidos por las imprentas del Renacimiento. La edición *princeps* apareció en Venecia en 1469. La publicada en Lyon en 1587 a cargo de Dalechamp se considera una de las ediciones ricas de este periodo. Francisco Hernández, médico de cámara de Felipe II, emprendió la primera traducción parcial castellana con amplios comentarios a la obra de Plinio, pero este trabajo quedó inédito hasta el siglo XX y es Jerónimo Gómez de Huerta a finales del siglo XVI quien publica una versión de los libros VII y VIII dedicados al reino animal.



## Estrella de toque

Siglos XVIII-XIX

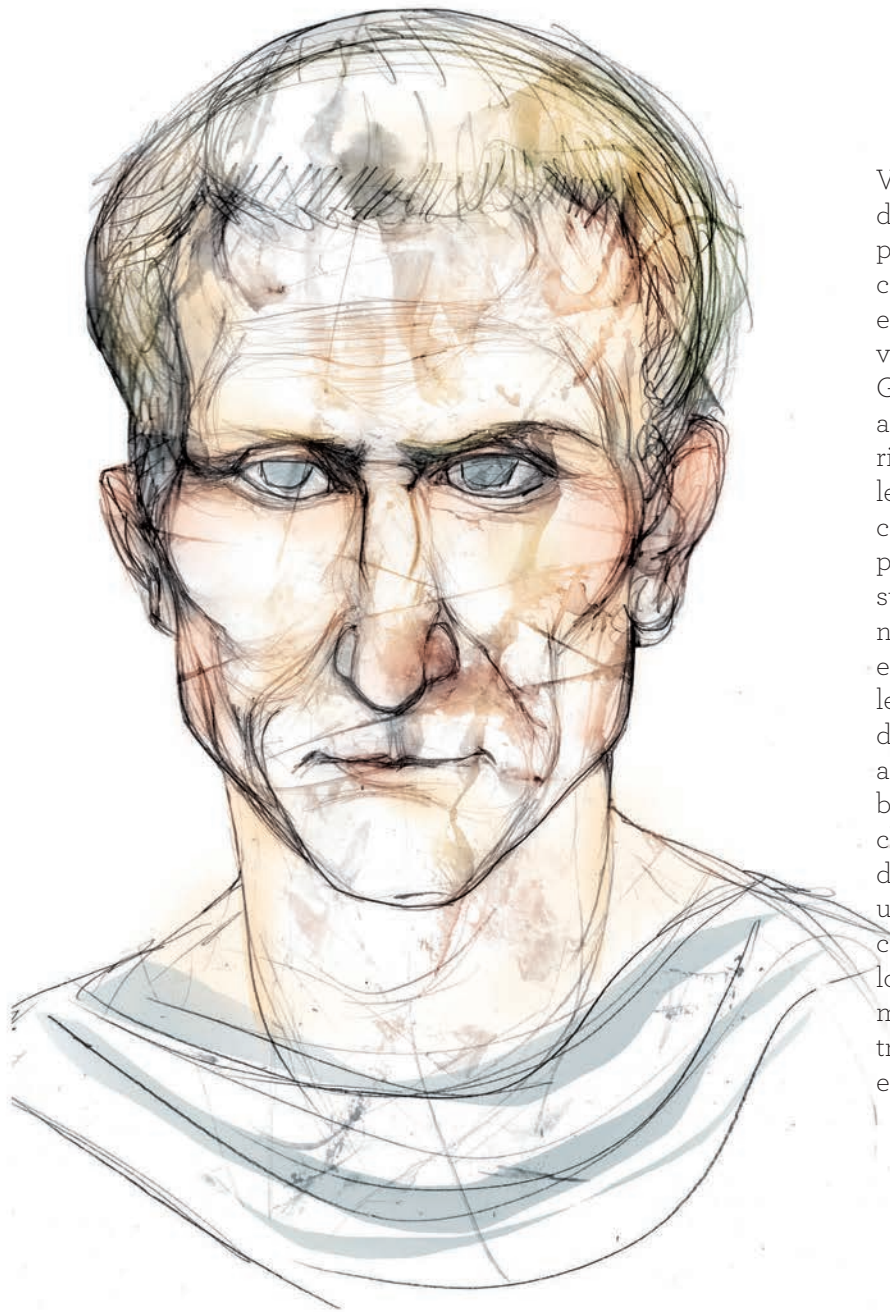
MUNCYT 1984/015/0250

Depósito de la familia de Luis García Curado

Conjunto de varillas de cobre con la punta de oro, utilizadas para comprobar la pureza del oro por comparación, bien con la piedra de toque mediante su reacción al ácido, o de forma visual por el color y tono del oro. Los quilates van marcados en el cuerpo de las varillas mediante números romanos, del XII al XXIII. La ley del oro durante el siglo XVI era de 22,5 quilates, y se mantuvo durante mucho tiempo en las monedas españolas.



*Historia Natural*  
**CAYO PLINIO SEGUNDO;**  
23-79 d. C.



Conocido también como Plinio el Viejo, nació en Comum (la actual ciudad de Como, en Italia) en el seno de una próspera familia, miembro de la clase social de los caballeros romanos. En Roma estudió botánica, filosofía y retórica. A los veintitrés años inició su carrera militar en Germania y durante años dedicó su vida al ejército. Regresó a la capital del Imperio y se dedicó al estudio y cultivo de las letras, recibiendo importantes cargos de confianza. Fue procurador en Galia e Hispania. Los investigadores señalan que en sus últimos años solía dirigirse cotidianamente al palacio de Vespasiano quizá en calidad de consejero privado. A él se le atribuyen varias obras entre las que destaca su *Historia Natural* -presentada a Tito en el año 77 y publicada por su sobrino en el año 79-, un compendio enciclopédico que reúne gran parte del saber de su época en treinta y siete libros, cada uno dedicado a un área de conocimiento: cosmología, astronomía, geografía, zoología, botánica, agricultura, medicina y minerales. La muerte le sobrevino mientras trataba de socorrer a los ciudadanos en la erupción del Vesubio.

## PLINIO SEGUNDO

### *Historia Natural*

JMSR-JOR

Si se tuviera el privilegio de viajar en el tiempo y sentarse en una tribuna junto a los emperadores Augusto o Tito para contemplar un desfile de la victoria, ¿quién no se maravillaría ante la miscelánea de portentos que pasaban ante los ojos de la plebe: pavos reales, tigres, panteras, lingotes de oro, armas, esclavos...? Era la encarnación del poder de Roma, un museo rodante para mostrar la diversidad y la riqueza que existía en las posesiones del Imperio. No era otro el afán de Plinio durante las horas, días y meses que pasó viajando, recolectando, leyendo, observando, estudiando, transcribiendo y anotando para dar forma al gran espectáculo del mundo y dejar por escrito el desfile triunfal de las maravillas de lo que sobre el año 70 d. C. constituía casi el mundo entero.

Del ámbar lyncurion, los heliotropos, los vinos de Pretufia, los palmesianos, azufre, salitre, el topacio del mar rojo, el mercurio de Almadén, la púrpura de Tiro, el elefante y su docilidad, los remedios fabricados a partir del onagro, de 1.195 ciudades, 576 pueblos, 115 ríos famosos, 95 ciudades o pueblos desaparecidos, de 2.214 hechos, historias y observaciones, de casi todo dejó constancia Plinio en su *Historia Natural*. En los 37 libros, entonces rollos de papiro, que conforman la obra, había de recolectar y conservar todo el saber geográfico, médico, botánico, sobre astronomía y una pléyade de materias más, adquirido hasta el momento, un cúmulo de conocimientos relacionado con la expansión del Imperio romano, con su am-

plitud geográfica y su actividad militar, económica y cultural.

Trascurridos veinte siglos durante los que sabios, eruditos y curiosos de toda especie han buceado en la magna compilación de Cayo Plinio Cecilio Segundo, más conocido como Plinio el Viejo, los estudiosos modernos, tal vez embarcados de presentismo, lanzan algunos reproches al mayor enciclopedista de la Antigüedad: que no contrastaba los datos, que citaba autores a los que no había recurrido *de facto*, que se atribuía méritos ajenos, su afición a la digresión, que hablaba de cosas que no había visto y que atribuía una novedad a su obra que, en realidad, no poseía porque ya había habido quienes como Varrón, Celso o Agripa habían escrito obras con carácter enciclopédico. Sin duda mucho hay de verdad en semejantes acusaciones, pero ¿nos importa esto realmente?, ¿no es lo esencial el disponer de una obra como esta?

### Estructura y recepción

En la carta dedicatoria que abre el libro dedicada al emperador Tito (39-81 d. C.), Plinio decía así: “Porque había que tener consideración con tus ocupaciones por el bien público, he añadido a esta carta el contenido de cada uno de los libros y he procurado con el mayor empeño que no tuvieras que leerlos. Con esto tú harás también a otros el favor de que no los lean enteros, sino que el que quiera saber algo, busque sólo eso y sepa en qué lugar encontrarlo.” En efecto, Plinio parecía tener en mente que semejante volumen de datos no iba a ser leído de corrido y por ello deseaba facilitar al lector la tarea de localizar los contenidos. De esta forma, el primer libro contiene un prefacio, tablas de materias o índices, una lista de sus fuen-

tes, que no hay que entender como una bibliografía moderna, y *summae* que eran resúmenes con cifras y datos. Pero, pese a ello, se especula sobre si esta obra enciclopédica tenía una mera vocación didáctica, dado que Plinio no organizó sus materiales según las ramas del conocimiento tradicionales: dialéctica, retórica, gramática, aritmética, geometría, astronomía, música, arquitectura y medicina. Si Plinio, en efecto, atribuyó a su *Historia Natural* un carácter novedoso, no le faltaba razón: ¿cómo no admirarse del afán de dar cuenta del todo, de ofrecer una imagen, un catálogo del mundo, que hasta entonces siempre había sido troceado, en un alarde tan totalizador? En todo caso, estamos frente a un auténtico monumento literario, no sólo por su contenido sino también por su valor lingüístico; muchas de sus locuciones fueron empleadas para reconstruir modernamente la lengua latina por su abundancia de vocablos, la variedad de giros idiomáticos y la hermosura del latín que usó.

Plinio fue un autor muy leído, tanto en los tiempos de Roma, como durante la Edad Media. Gracias a ello nos han llegado alrededor de 200 manuscritos. Los códices más antiguos, entre los que se halla el códice Salmacitense (que contiene los libros I al XV), corresponden a los que se escribieron entre los siglos V al XI. La edición príncipe fue publicada por Johannes de Spira en Venecia en 1469, con una tirada de 100 ejemplares. Sólo un año después, en 1470, Giovanni Andrea Bussi ya había vuelto a editar la obra que fue reimpresa en Venecia en 1472 por Nicholas Jenson. En Parma, Niccolò Perotto, arzobispo de Manfredonia y Siponto, miembro de la Academia de Bessarion, preparó otra impresión de la *Naturalis Historia* entre 1470 y 1473. Filippo Beroaldo el Viejo hizo

otro tanto en 1476, una edición reimpresa en 1479, 1480, 1481, 1483, 1487 y 1491. Las últimas ediciones de la época incunable (los incunables son, recordemos, aquellos textos impresos con tipos móviles durante el siglo XV; eso es, hasta el 1 de enero de 1501) serían las dos de J. Britanico de 1496, y las de Giovanni Battista Palmieri (1497 y 1499).

## Bajo el volcán Vesubio (Pompeya)

Al igual que los héroes de las leyendas, Plinio no podía sin más, morir de muerte más o menos natural, disminuido por el paso y el paso de los años, sino desaparecer de una manera prodigiosa. Y esto es lo que sucedió. El 24 de agosto del año 79, cuando se produjo la erupción del Vesubio, que sepultó a Pompeya, Plinio se hallaba en Miseno. Y un observador infatigable como él, que tanto había visto y tanto quería aún ver, atravesó la bahía de Nápoles, llegando hasta Stabies (en la actualidad Castellamare di Stabia), donde murió, presumiblemente, a la edad de 56 años.

Su sobrino, Cayo Plinio Cecilio Segundo (ca. 61-113), más conocido como Plinio el Joven (tan intensas son a veces las sombras familiares), escribió en una de sus cartas (*Epistulae* 6, 16; *Cartas*, Gredos, traducción de Julián González Fernández):

“El 24 de agosto, como a la séptima hora, mi madre le hace notar que ha aparecido en el cielo una nube extraña por su aspecto y tamaño. Él había tomado su acostumbrado baño de sol, había tomado luego un baño de agua fría, había comido algo tumbado y en aquellos momentos estaba estudiando; pide el calzado, sube a un lugar desde el que podía contemplarse mejor aquel prodigio

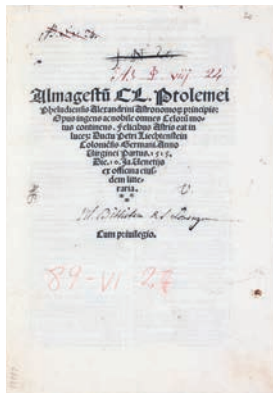
[...] Se dirige rápidamente al lugar del que todos los demás huyen despavoridos, mantiene el rumbo en línea recta, el timón directo hacia el peligro, hasta tal punto libre de temor que dictaba o él mismo anotaba todos los cambios, todas las formas de aquel desastre, tal como las había captado con los ojos. Ya las cenizas caían sobre los navíos, más compactas y ardientes, a medida que se acercaban; incluso ya caían piedras pómez y rocas

ennegrecidas, quemadas y rotas por el fuego [...] Mi tío decidió bajar hasta la playa y ver sobre el lugar si era posible una salida por mar, pero este permanecía todavía violento y peligroso [...] Su cuerpo fue encontrado intacto, en perfecto estado y cubierto con la vestimenta que llevaba: el aspecto de su cuerpo más parecía el de una persona descansando que el de un difunto.”



# El majestuoso libro de la astronomía antigua

## Búsqueda de orden cósmico a través de la geometría y el número



### Ptolomeo, Claudio

Almagest u Cl. Ptolemei... opus ingens ac nobile omnes celoru motus continens... Venetijis : ductu Petri Liechtenstein, 1515

Patrimonio Nacional. Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial. Sig: 89-VI-27  
© Fotografía Patrimonio Nacional. Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial.

### Vélez, Juan Bautista

[Traducción y Comentarios del Almagesto de Tolomeo [Manuscrito] / por el Dr. Juan Vélez (?)], S. XVII

Patrimonio Nacional. Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial. Sig.: K-I-11  
© Fotografía Patrimonio Nacional. Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial.

La vigencia durante siglos del *Almagesto* explica su gran tradición manuscrita griega, árabe y latina. La edición princeps latina se publicó en Venecia en 1515, seguida de su edición griega, publicada en Basilea en 1538. Copérnico consultaba en su biblioteca un ejemplar de la edición latina, conservado hoy en la Universidad de Uppsala; su discípulo Rheticus, en cambio, prefería por su precisión la edición griega. En su programa para la Academia de Matemáticas de 1584 Juan de Herrera recomendaba para un futuro astrónomo el repaso continuo de Euclides y el estudio del *Almagesto*. Sin traducción española publicada, se conserva una versión castellana manuscrita, datada en torno a 1630, con extensos comentarios a los seis primeros libros completos. Su autor, Juan Vélez, vinculado con el Colegio Imperial y su profesorado, revela amplios conocimientos de la astronomía copernicana y kepleriana y el uso de abundantes fuentes bibliográficas. Debemos recordar que Copérnico figuraba desde 1616 en el Índice de libros prohibidos.



### Astrolabio de madera

“Claudii Richardi”

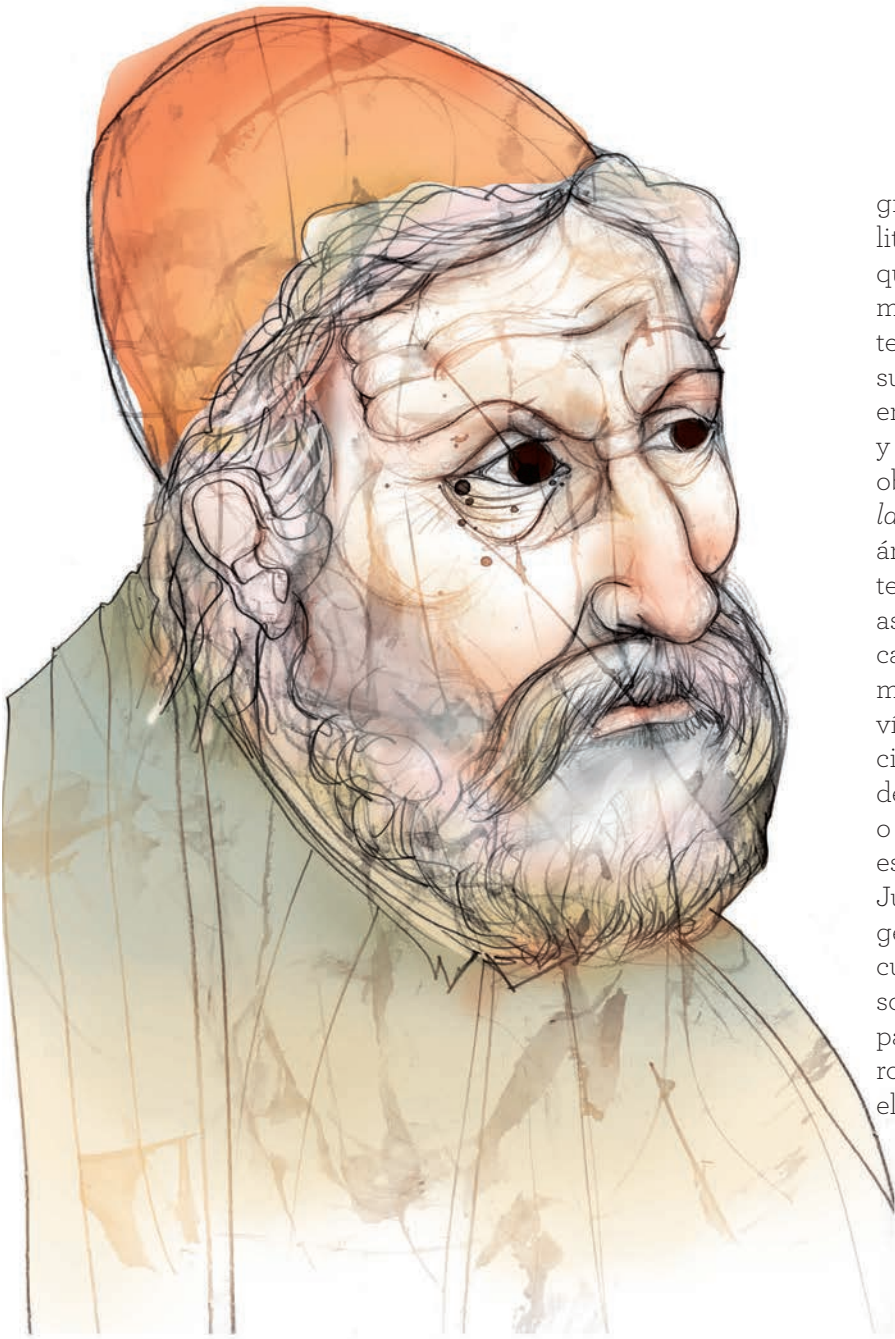
C. 1630

Colección MUNCYT 1985/004/0363

Los astrolabios tienen muchas aplicaciones, tanto astronómicas como topográficas. Entre las primeras podemos señalar y conocer la altura del sol o una estrella sobre el horizonte en un momento dado y la distancia de una estrella al ecuador celeste. También se pueden calcular alturas de torres, de montañas o puntos inaccesibles, otras distancias e incluso profundidades de pozos.

*Almagesto*  
CLAUDIO PTOLOMEO  
*siglo II*

El hecho de que ninguno de los biógrafos griegos posteriores le dedique literatura hace suponer a los estudiosos que este ciudadano romano, probablemente de origen griego, tuvo una existencia pacífica dedicada al estudio. Por sus observaciones se estima que trabajó en Alejandría, entre los años 125 y 141 d.C. y que después de esta fecha redactó su obra *Gran composición matemática de la astronomía*, más conocida por su título árabe *Almagesto*. Dedicó su vida a la matemática, la astronomía, la geografía y la astrología. A partir de las ideas aristotélicas y de sus observaciones construyó un modelo geométrico del mundo que servía para explicar con alto grado de precisión los movimientos aparentes (vistos desde la Tierra) de los antiguos planetas o estrellas que cambian de constelación, es decir el Sol, la Luna, Marte, Mercurio, Júpiter, Venus y Saturno; era un sistema geocéntrico, según el cual la Tierra se encuentra inmóvil en el centro del universo. Por todo ello, el sistema podía usarse para predecir eclipses. Sus ideas influyeron en astrónomos y matemáticos hasta el siglo XVI.



## CLAUDIO PTOLOMEO

### *Almagesto*

JMSR-JOR

### La sutileza de un título

Nunca un ciudadano romano ha sido tan poco recordado en su condición de tal como Claudio Ptolomeo. ¿Griego o egipcio? Su procedencia tribal no pareció importar demasiado a los comentaristas posteriores que le hicieron heleno por la lengua en la que escribió su *Gran composición matemática de la astronomía*, nombre dado por el autor a una obra que se reconoce por el sobrenombre árabe que recibió muchos siglos después, *Al Majestí* (“El más grande”, se supone que el mayor de los libros de astronomía escrito hasta aquellos momentos a ojos de los habitantes de Bagdad) del que deriva el nombre contemporáneo de la obra: *Almagesto*.

Lo cierto es que sabemos tan poco de Ptolomeo como de Euclides, pero en ambos casos la obra supera la biografía. Podemos situar a Ptolomeo en Alejandría durante el siglo II de nuestra Era, cuando imperaron Adriano, Antonino Pio y Marco Aurelio, todos ellos de la dinastía Antonina, que proporcionaron prosperidad al imperio. También podemos asegurar que coincidió durante parte de su vida con Galeno, el médico romano más importante de la época. Presumiblemente trabajó en Alejandría toda su vida, una ciudad con fama de ser el centro de sabiduría astronómica más importante de todo el Mediterráneo, lo que en aquel momento quería decir, el mundo civilizado occidental, (el otro mundo civilizado se encontraba a muchos miles de kilómetros al Este,

en la cuenca del río Amarillo, en lo que hoy denominamos China).

De esa ciudad había salido dos siglos antes el astrónomo Sosígenes para inspirar la reforma romana del calendario dando lugar al calendario juliano, base del que es utilizado hoy a escala planetaria. Entonces comenzaba un imperio que ya era maduro en la época de Ptolomeo. Además, antes de que Sosígenes hubiera entendido la importancia el ciclo de Metón, o “ciclo metónico”, para hacer encajar días y años (la base del calendario), otro astrónomo había sentado las bases de la astronomía planetaria computacional, nos referimos a Hiparco de Nicea (ca. 190-120 a. C.) también llamado Hiparco de Rodas por haber vivido en aquella ciudad. Este Hiparco, casi tres siglos anterior a Ptolomeo, trabajó en Alejandría e impulsó la astronomía, que pasó de ser una ciencia casi cualitativa donde se “representaban” los movimientos planetarios por medio de modelos esféricos, a una ciencia con exigencias computacionales precisas. No se trataba solo de dar cuenta del movimiento diario y anual de los planetas, sino de poder establecer predicciones de su movimiento y explicaciones en los modelos que pudieran servir para predecir. Los valores epistémicos de precisión y predicción se incorporaron así muy pronto a la astronomía y con el tiempo inundaron el mundo científico posterior.

Aunque no conservamos ninguna de las obras de Hiparco, en realidad están incorporadas a la obra del Ptolomeo que incluye muchas de las anteriores y sin duda las de Hiparco, y aquellas en las que se inspiró éste, así como todas las observaciones heredadas desde los tiempos de los asirios, babilonios y egipcios, que se encontraban en las obras que se transmitían a través de aque-



llos siglos que ahora consideramos tan lejanos. De este modo, la obra de Ptolomeo no se comportó como un agujero negro que absorbe toda la energía que le llega, sino un punto de emisión que difunde todos los conocimientos a los que Ptolomeo tuvo acceso.

## Conocer todo

Aunque conocemos poco de Ptolomeo, existen epigramas bajo su nombre en la antología palatina, que no aseguran su autoría pero sí nos indica cómo se imaginaba en su época que era su talante y sus intereses: “Sé que soy mortal y efímero; pero cuando contemplo la muchedumbre de los círculos de las estrellas, ya no toco la tierra con los pies, sino que, a la par que Zeus, tengo mi parte de ambrosía, el alimento de los dioses.”

Feliz debía ser Ptolomeo que pensaba poder beber y comer el alimento de los dioses, pero lo cierto es que los cielos estrellados atrajeron a matemáticos, filósofos y poetas por igual, a soñadores y pensadores, si es que hay alguna diferencia entre ellos. Lo cierto es que Ptolomeo escribió varias obras que han llegado hasta nosotros. Una *Geografía* que da cuenta del mundo que él suponía en la parte habitable de la tierra, y una obra magna de astrología, el *Tetrabiblos*, que pretendía dar cuenta de cómo el destino de los hombres estaba influido por la marcha de los astros. En ambos casos se trata de libros ambiciosos y enciclopédicos que recogen tradiciones antiguas, y que tuvieron tanto éxito como el *Almagesto*. La geografía podría haberse transformado en una ciencia cuantitativa y era tan exigente como la astronomía, y la astrología no era un conocimiento folklórico o baladí como se le considera en nuestros días. Todo lo contrario, se suponía que

de la misma forma que la marcha del Sol determina nuestra vida cotidiana marcando estaciones, y el ciclo de la Luna está asociado con acontecimientos humanos, los planetas podrían influir en nuestras vidas. La astrología proporcionaba información sobre el destino de los principales, reinos e imperios, y podría servir para evitar las desgracias y alimentar la vida fecunda en las sociedades de entonces.

Como se puede comprobar con la referencia de estas obras, Ptolomeo no escribió solo el *Almagesto* sino que tuvo deseos de probar la ambrosía en todos los ámbitos que le permitieron los dioses.

## Pintando el cielo con círculos

A pesar de su apetito universal, el *Almagesto* fue su obra fundamental, por lo que tiene sentido considerarla como una de las obras merecedoras de atención especial entre los libros de nuestra cultura. Resulta razonable decir que Ptolomeo fue un gran matemático y un excelente astrónomo. Nadie lo dudaría viendo la historia. Concedido que el *Almagesto* fue, como los *Elementos*, una obra de síntesis, pero es imposible entenderla sin imaginar un trabajo sistemático de observación, una mejora en los instrumentos de observación, y sobre todo, herramientas matemáticas nuevas.

Dividido en trece libros, se puede considerar desde muchas perspectivas. La más inmediata, es que Ptolomeo heredó la imagen del universo propuesta en época de Aristóteles con las ideas platónicas incorporadas. Eso quiere decir, una Tierra que ocupa el centro físico del cosmos, y unos cuerpos celestes que giran en torno a ella. Descartó, por consiguiente, las ideas heliocéntricas de al-

gunos antecesores suyos como Aristarco de Samos (ca. 310-230 a. C.), optando por seguir las ideas comunes más aceptadas, las que se deducen de una observación más directa. Partía, por lo tanto, del sistema de círculos y esferas para dar cuenta del movimiento de los cuerpos celestes. Desde esta hipótesis física se construye todo el sistema.

A partir de este esquema físico, siguió los pasos de Hiparco: dotar a la explicación del movimiento de los planetas de una imagen geométrica que pudiese promover un “modelo” para permitir una predicción lo más exacta posible. Es el proceso que en términos de filosofía contemporánea se llama “salvar los fenómenos”; es decir, fabricar un modelo que permita explicar las observaciones celestes. El modelo debe ser geométrico y compatible, en lo posible, con las hipótesis generales del geocentrismo.

En principio los cuerpos celestes giran en torno a la Tierra describiendo círculos, y nosotros estamos en el centro de esos círculos. Sin embargo, un modelo tan simple, ya ensayado en la época posterior a Aristóteles, no es compatible con lo que se observa. El mundo astronómico está lleno de anomalías. Todos los cuerpos celestes las presentan, desde el Sol hasta el último cuerpo conocido entonces, Saturno. Algunos las presentan en demasía, como es el caso de la Luna. La dimensión aparente de algunos astros cambia a lo largo del año, lo que sugiere que se acercan y se alejan, otros parecen pararse a lo largo del año, retroceder, y posteriormente recuperar su camino (movimientos retrógrados). Algunos varían de velocidad en su recorrido zodiacal. Lo único que parece claro es que todos circulan por la zona zodiacal.

Así, Ptolomeo comenzaba proponiendo herramientas numéricas para calcular posiciones, en un primer intento de lo que posteriormente sería una trigonometría esférica. Usando magnitudes angulares pudo ofrecer tablas de cuerdas adecuadas para los cálculos posteriores. A partir del libro III de los trece que tiene el *Almagesto*, describía las diferentes teorías del Sol, de la Luna, de los diferentes planetas y de las estrellas fijas. Una teoría, quiere decirse una solución geométrica, para cada anomalía. Cuando se trata del mismo planeta, deben ser compatibles las teorías empleadas.

Se puede hacer un catálogo de estrategias seguidas por Ptolomeo para conseguir esa adecuación entre modelo y observación. Primero supuso que la Tierra está en el centro, físico pero no geométrico, de todos los círculos, admitiendo las excéntricas. En segundo lugar, aceptaba el sistema de deferentes y ecuantes de forma habitual para dar cuenta de las retrogradaciones. Introducía, además, los controvertidos ecuantes que explicaban las variaciones de velocidad. Intentaba explicar la precesión de los equinoccios en su tratamiento de las estrellas. Al hilo de su tratado, describía los rudimentos de lo que será posteriormente el astrolabio y la esfera para explicar el movimiento de las estrellas. La magna construcción contenía además un catálogo de estrellas y tablas para los diversos movimientos de los cuerpos celestes. Realmente se trataba de un libro magno, si no el mayor intento de realizar una síntesis astronómica hasta la época, y tardó muchos siglos en ser superado.

## Éxito

La magnitud de la obra explica primero su éxito y su difusión. Muchos sabios griegos poste-

riores lo comentaron, Pappus, Teón de Alejandría y Proclo. Como los *Elementos*, transitó por el siríaco y así llegó al árabe, aunque hay indicios de que hubo una traducción anterior directamente del griego. Lo que sí está documentado es la traducción al árabe realizada hacia el año 820, en el ímpetu traductor del Bagdad ilustrado. No es de extrañar que una cultura fuertemente astronómica como la musulmana tuviera un decidido interés por una obra semejante. En Damasco y Bagdad se erigieron observatorios, se introdujeron los números arábigos de la tradición proveniente de Al Juarithmi (ca. 780-850), y se intentaron mejorar las tablas del libro griego. En la segunda mitad del siglo IX, Al Battani llevó a cabo ese trabajo. Además de los seguidores aparecieron los críticos que encontraban una disarmonía entre

el artificio matemático del modelo astronómico y la exigencia física de entender el mundo al modo aristotélico. Esto dio lugar a diferentes escuelas de aceptación completa o condicionada de la obra de Ptolomeo. En todo caso durante los primeros siglos del milenio, los XI y XII de nuestra Era, el prestigio de la astronomía fue tan inmenso que la primera traducción al latín que gozó de crédito fue la realizada por Gerardo de Cremona en el siglo XII, a partir de la fuente árabe. En el siglo XV se imprimieron obras de la astronomía ptolemaica, pero la primera edición del *Almagesto* fue la editada en Venecia en 1515 por Liechtenstein. Solo quedaban unas pocas décadas antes de que se publicara el gran libro adversario del *Almagesto*: el *De revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico.

# El heliocentrismo entra en escena

## Comienza una revolución



### Copernicus, Nicolaus

Nicolai Copernici torinensis De reuolutionibus orbium coelestium, libri VI ... Norinbergae : apud Ioh. Petreium, 1543

Biblioteca Nacional de España. Sig: R/6712  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

### Copernicus, Nicolaus

Sobre las revoluciones (de los orbes celestes) / Nicolás Copérnico ; edición preparada por Carlos Mínguez y Mercedes Testal. -- Madrid : Editora Nacional, 1982

Biblioteca Nacional de España. Sig: 4/209577  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

Considerada el punto de partida de la llamada revolución científica, se editó unos meses antes de la muerte del autor tras varias décadas de preparación. Según copia manuscrita entregada por su discípulo Rheticus, es impresa por Johannes Petreius, uno de los más destacados impresores de ciencia de la época. Dedicada por el autor al Papa Pablo III abría la edición un prefacio anónimo, sin autorización del autor, que retrasó su censura advirtiendo al lector que toda aquella obra era exclusivamente una hipótesis matemática. De esta edición se conocen unos 250 ejemplares de los aproximadamente 400 de la tirada habitual para un libro técnico del siglo XVI. La segunda edición se publicó en 1566 acompañada de la *Narratio prima*, o introducción al copernicanismo, de Rheticus. La Universidad de Salamanca impartió astronomía copernicana hasta su prohibición en 1616. La obra era leída en latín y sólo se conocen dos traducciones del siglo XVI a lenguas vernáculas: una alemana y la española, parcial e inédita, de Juan Cedillo Díaz, catedrático en la Academia de Matemáticas de Madrid. De las traducciones españolas publicadas en el siglo XX destacamos la realizada por C. Mínguez en 1982 con sucesivas revisiones.



### Esfera armilar

Siglo XVII  
Colección MUNCYT 2009/032/0003

Aunque el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico terminó triunfando, continuaron utilizándose instrumentos astronómicos que permiten reproducir el escenario cósmico tal como lo vemos desde la Tierra. Las esferas armilares tienen finalidad fundamentalmente didáctica, y dispone de anillos que representan el ecuador celeste, la eclíptica, el horizonte, los trópicos y los meridianos. Este modelo del siglo XVII es singular por su reducido tamaño, muy poco frecuente en este tipo de objetos.



*De revolutionibus orbium coelestium*  
NICOLÁS COPÉRNICO,  
1473-1543

Nació en Polonia en el seno de una adinerada familia. Quedó huérfano y bajo la tutela de su tío, obispo de Warmia. Ingresó en la Universidad de Cracovia y años más tarde en Bolonia estudió derecho canónico, recibió la influencia del humanismo italiano comenzando a mostrar interés por la astronomía. En Padua completó sus estudios con los de medicina, doctorándose en derecho canónico por la Universidad de Ferrara, regresó a su país y se incorporó a la corte episcopal. En 1513 escribió el *Commentariolus* -manuscrito que circuló sin que se supiera su autoría-, donde esbozaba su nuevo sistema astronómico. Fue invitado a reformar el calendario juliano. Los últimos años de su vida los dedicó a la redacción de su gran obra, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, donde defendía la hipótesis heliocéntrica. Su discípulo Rheticus llevó en 1542 una copia del manuscrito a la imprenta, publicándose en 1543. Falleció en Frombork y su teoría fue condenada por la Iglesia en 1616. Permaneció en el Índice de libros prohibidos hasta 1758.

## COPÉRNICO

### *De revolutionibus orbium coelestium*

JMSR-JOR

*“Los que han puesto su confianza en las esferas homocéntricas, aunque han mostrado que con ellas es posible componer movimientos diversos, no han sido capaces de construir algo que se ajuste por completo a los fenómenos. Por su parte, aquellos que han ideado los círculos excéntricos, si bien parece que gracias a ellos han logrado en buena medida deducir los movimientos aparentes con exactitud numérica, sin embargo en este proceso se han visto llevados a admitir muchas cosas que contravienen el primer principio referente a la uniformidad de los movimientos [...] Tampoco han podido descubrir o deducir lo más importante, esto es, la forma del mundo y la simetría de sus partes. Más bien son comparables a alguien que tomase de diversos lugares manos, pies, cabeza y otros miembros auténticamente óptimos, pero no adecuados para representar un solo cuerpo al no corresponderse entre sí, de modo que con ellos compusiera más un monstruo que un hombre.”*

Nicolás Copérnico, “Prefacio”, *De revolutionibus orbium coelestium*.

### Timidez y candor

Pocas décadas después de la primera impresión del *Almagesto*, se publicó en 1543 el libro de referencia para quienes se ocuparan de la astronomía durante el Renacimiento y el Barroco y que supuso el final del libro del alejandrino. Su autor había nacido en la ciudad de Thorn, en la

Prusia polaca en el año 1473, y residió gran parte de su vida en su Polonia natal. Vivió en una época de esa que los historiadores gustan en llamar “convulsa”, como si los seres humanos no fueran siempre pródigos en sembrar el desasosiego. Ciertamente Copérnico fue coetáneo de Lutero, quien consiguió sacudir la siesta de Papas y Emperadores, pero nunca se implicó en los conflictos de la época, ni religiosos ni políticos. Además, su existencia transcurrió inmersa en el periodo renacentista, denominación bastante confusa si se acerca el ojo para observar el detalle, pero comprensible si se observa de lejos. En este aspecto, la actitud de Copérnico sí se comportó como se espera de un buen renacentista. Viajó de su Polonia a la parte más culta de la Europa del norte, donde parecían tener lugar todas las innovaciones de su tiempo, y estudió en las universidades de Bolonia, Padua y Ferrara. Cuando llegó a Italia, ya poseía una sólida formación matemática y astronómica, obtenida durante los cuatro años de estudio en la universidad de Cracovia. Sacrobosco, Peurbach y Regiomontano no tenían secretos para él, de forma que la formación italiana le sirvió para ampliar sus conocimientos hasta convertirlo en el ideal de su época, un *uomo universale*. Así estudió derecho en Bolonia y Ferrara y medicina en Padua. A los treinta años regresó a Polonia, donde vivió hasta su muerte a los setenta años.

Precisamente el año de su muerte, 1543, dio la autorización a su amigo o discípulo, ¿quién lo sabe?, Georg Joachim von Lauchen (1514-1574), conocido por el sobrenombre de Reticus, para imprimir una obra que debía estar casi terminada ya al menos en 1530, pero que en todo caso le había ocupado toda su vida. Dos años antes de esta publicación, ese tal Reticus

había publicado con autorización de Copérnico un resumen de la obra con el título *Narratio Prima de libris revolutionibus*, que alcanzó una gran difusión. No mencionaba el nombre de Copérnico, pero parece que todo interesado en la astronomía conocía su nombre y que sus ideas se habían propagado por los canales habituales de difusión anteriores a la imprenta: cartas, conversaciones y confidencias.

## Una trampa oculta

Quien abra *De revolutionibus* con lo primero que se encontrará es con un prefacio “Ad lectorem”. Como aparecía sin firmar, era lógico suponer que se debía a Copérnico, pero no era así sino que fue producto de la pluma del teólogo protestante Andreas Osiander (1498-1552), el corrector de las pruebas y en este sentido responsable de la edición de la obra, quien lo incluyó sin que, por lo que sabemos, lo autorizasen ni Copérnico ni Rheticus. La opinión que sostenía allí Osiander – “no espere nadie”, escribía, “en lo que respecta a las hipótesis, algo cierto de la astronomía, pues no puede proporcionarlo” – no apoyaba la idea de que fuese cierto realmente el sistema heliocéntrico, sino que se trataba de un mero instrumento de cálculo, y al aparecer sin firmar fue tomada, inevitablemente, como el punto de vista del propio Copérnico. En la biblioteca de la Universidad de Uppsala se conserva un ejemplar de aquella primera edición en la que el prefacio de Osiander está cruzado con dos gruesas rayas de lápiz rojo. Parece que las puso Rheticus, indignado por la acción del protestante corrector. No era para menos, pero ya se sabe: no hay que fiarse en las cosas de opiniones.

## El hermetismo de una obra matemática

Nos pasa con el *De revolutionibus* lo contrario que con el *Almagesto*. Sabemos trazar con cierta exactitud las fuentes de Ptolomeo, e incluso su carácter de obra magna es compatible con la idea de que era una obra de síntesis, una cierta apoteosis final de un periodo que comenzó a gestarse y a proporcionar aportaciones brillantes varios siglos, incluso varios milenios, antes, si se aceptan con generosidad las aportaciones de la astronomía asirio-babilonia y egipcia. Disponemos de la genealogía de las ideas ptolemaicas aunque no sepamos con exactitud toda su filiación. Frente a esto, no es fácil defender que el libro de Copérnico sea un libro de síntesis de ideas anteriores. Se puede imaginar que tuvo influencias, sin duda, y que su Renacimiento fue cuna para que nacieran ideas osadas, y también que aumentó el interés por el Sol, que las ideas neoplatónicas circulaban con fluidez, o que Arquímedes irrumpió con fuerza en la matemática. Todo eso da cuenta del contexto donde vivió Copérnico, pero no nos proporciona demasiadas pistas para entender cómo se gestaron sus ideas.

Más peso debieron tener las ideas que pudo absorber de los averroístas y neoplatónicos italianos a los que frecuentó. Doménico María de Novara (1454-1504) y Girolamo Fracastoro (1478-1553) fueron dos personas a las que frecuentó en sus años de estudiante en Bolonia y Padua. Especialmente el segundo defendía que la física no se podía subordinar a la astronomía, como hacían los ptolemaicos. La astronomía se debía subordinar a la física, porque el conocimiento del cosmos dependía de su naturaleza. Los ptolemaicos podían desarrollar modelos matemáticos sofisticados que dieran cuenta de as-

pectos parciales de las observaciones celestes, pero nunca lograban un modelo coherente de la totalidad del movimiento de los cielos.

Estas ideas proporcionan pistas, pero no sugerencias precisas de cómo se atrevió Copérnico a proponer una explicación de los cielos en los que la Tierra se convertía en un planeta más y el Sol ocupaba el centro del sistema cósmico. De hecho, no fue el primero en proponer un sistema heliocéntrico: se tienen noticias de astrónomos griegos que ya habían imaginado que el Sol era un fuego central en torno al cual giraba todo el cosmos. Copérnico los tuvo en cuenta: Hicetas de Siracusa, Filolao de Tarento, Heráclides del Ponto y Ecfanto el Pitagórico, se mencionan en su obra. Sin embargo, habían pasado muchos siglos desde aquellos tiempos y la astronomía había cambiado hasta convertirse en una ciencia en la que matemáticas y observación caminaban de la mano.

No resultaba fácil en tiempos de Copérnico proponer una alternativa matemática mejor a la ptolemaica para el entramado de movimientos de los cuerpos celestes. Es cierto que la astronomía condensada en el *Almagesto* había acumulado errores a lo largo de los siglos, y que el calendario mostraba un desajuste que había llevado al papado a proponer una reforma, y que todos los astrónomos capaces de Europa estaban dispuestos a colaborar en esa labor, entre ellos, por supuesto también Copérnico. No sabemos si esa fue su motivación suficiente para proponer su sistema, pero es razonable pensar que estuviera presente cuando comenzó a pergeñar el modelo que le daría fama universal y acuñaría el adjetivo *copernicano* – *giro copernicano* – como equivalente a audaz y valiente en las propuestas intelectuales.

Hoy sabemos que Copérnico dio a conocer sus ideas por medio de una carta suya cuyas copias circularon por Europa en torno a 1530 y que se reconoce como *Comentariolus*, donde exponía de forma cualitativa las ideas que después llegaría a desarrollar en forma matemática en la obra impresa. En este manuscrito, después de poner de manifiesto las imperfecciones del sistema ptolemaico proponía nuevos postulados a partir de los cuales podía construirse un nuevo sistema astronómico. Los postulados eran los siguientes:

*“Primer postulado*

No existe un centro único de todos los círculos o esferas celestes.

*Segundo postulado*

El centro de la Tierra no es el centro del mundo, sino tan sólo el centro de gravedad y el centro de la esfera lunar.

*Tercer postulado*

Todas las esferas giran en torno al Sol, que se encuentra en medio de todas ellas, razón por la cual el centro del mundo está situado en las proximidades del Sol.

*Cuarto postulado*

La razón entre la distancia del Sol a la Tierra y la distancia a la que está situada la esfera de las estrellas fijas es mucho menor que la razón entre el radio de la Tierra y la distancia que separa nuestro planeta del Sol, hasta el punto de que esta última resulta imperceptible en comparación con la altura del firmamento.

*Quinto postulado*

Cualquier movimiento que parezca acontecer en la esfera de las estrellas fijas no se debe en realidad a ningún movimiento de ésta, sino más bien al



movimiento de la Tierra. Así, pues, la Tierra – junto a los elementos circundantes – lleva a cabo diariamente una revolución completa alrededor de sus polos fijos, mientras que la esfera de las estrellas y último cielo permanece inmóvil.

#### *Sexto postulado*

Los movimientos de que aparentemente está dotado el Sol no se deben en realidad a él, sino al movimiento de la Tierra y de nuestra propia esfera, con la cual giramos en torno al Sol exactamente igual que los demás planetas. La Tierra tiene, pues, más de un movimiento.

#### *Séptimo postulado*

Los movimientos aparentemente retrógrados y directos de los planetas no se deben en realidad a su propio movimiento, sino al de la Tierra. Por consiguiente, éste por sí solo basta para explicar muchas de las aparentes irregularidades que en el cielo se observan.”

Las ideas del *Comentariolus* contenían dos ideas que contradecían el sentido común más elemental: la Tierra se mueve y el Sol está en reposo rigiendo los destinos del cosmos. Sabemos que esas ideas se difundieron ampliamente por Europa porque conocemos la opinión del mismo Lutero que las consideró descabelladas ya que contradecían lo expresado en la Biblia. Pero independiente de cualquier escándalo, lo cierto es que las ideas copernicanas atrajeron la atención de los jóvenes astrónomos contemporáneos.

El libro de 1543, que contiene un prólogo dedicado al Papa Pablo III donde su autor explicaba las razones del cambio de perspectiva astronómica, incluía una parte polémica, porque intenta desban-car los argumentos en contra del movimiento de la Tierra por medio de argumentos que por lo me-

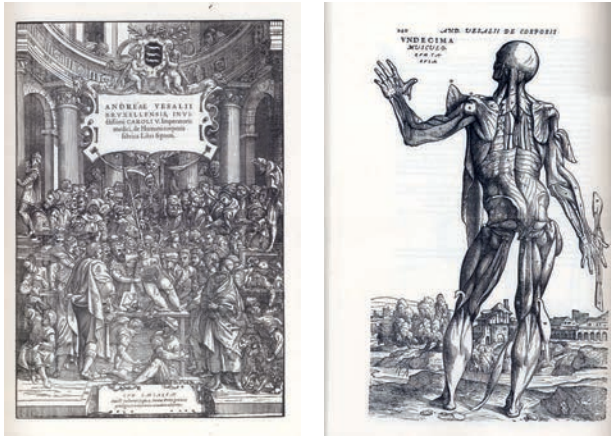
nos diesen pie a justificar su movimiento. Según el sistema copernicano, la Tierra no sólo se pone en movimiento en torno al Sol sino que está afectada por tres movimientos: diario (su giro en torno a un eje), anual (en torno al Sol), y estacional. Introducía, asimismo, un movimiento de su eje sobre el plano de su órbita, de 23 grados y medio, en forma de peonza, que explicaba la sucesión de las estaciones. De esa manera, la Tierra se convertía en un planeta más y sólo la Luna giraba en torno suyo. Todos los planetas giraban en torno al Sol. El mundo comenzó a cambiar. Sin embargo, *De revolutionibus* se vio como un enigma. ¿Era un puro artificio matemático más para explicar el curso de los astros?, o, por el contrario, ¿era una teoría que describía el mundo? En este caso ¿qué física era compatible con un Sol inmóvil y una Tierra en movimiento? La obra de Copérnico abría tantos interrogantes que pasaron décadas hasta poder responder a tantas preguntas.

## Comienza una revolución

Las ideas contenidas en el libro de Copérnico se conocieron en los medios astronómicos, pero no incidieron en la cultura popular hasta que pasaron décadas. El emperador Carlos recibió su ejemplar, pero prefirió los libros que satisfacían su pasión por la astrología. Eso sí, recomendó que enviaran un ejemplar a su hijo Felipe, que tampoco mostró interés ni temor por la obra, aunque hizo que el ejemplar se guardara cuidadosamente en su biblioteca particular, la del monasterio de El Escorial, donde se conserva. *De revolutionibus* estuvo décadas defendido por las murallas de la matemática. Sólo cuando pasó el tiempo y hubo quien popularizara las ideas, o las usara como arma arrojadiza contra el papado de Roma, sólo entonces las ideas del libro se vieron como una amenaza, pero eso no ocurrió hasta casi finales del siglo.

# El edificio del cuerpo humano visto por dentro

## Rasgando la piel del prejuicio: la anatomía liberada



### Vesalius, Andreas

Andree Vesalii de humani corporis fabrica libri septem / prólogo, Pedro Laín Entralgo ; traducción, Avelino Domínguez García, Florentino Fernández González. -- [Aranjuez] : Doce Calles ; [Barcelona] : Difusora Internacional, [1997]

Reprod. facs. de la ed. de: Basileae : ex officina Ioannis Oporini, 1555, mense Augusto

MUNCYT. Biblioteca. Sig.: Facsímiles

Vesalio preparó, con los conocimientos adquiridos en numerosas disecciones, una nueva obra de anatomía humana apreciada desde su publicación como uno de los libros científicos más bellamente editados. Acompañan al texto trescientas planchas grabadas en madera, posiblemente por un discípulo de Tiziano, que introducen la expresión artística en la representación científica. Su estilo dejaría impronta en este tipo de obras. Iba dedicada al emperador Carlos V, seguida de un *Epítome*, breve resumen para uso de los estudiantes, dedicado a su hijo, el futuro Felipe II.



### Sierra de cirugía

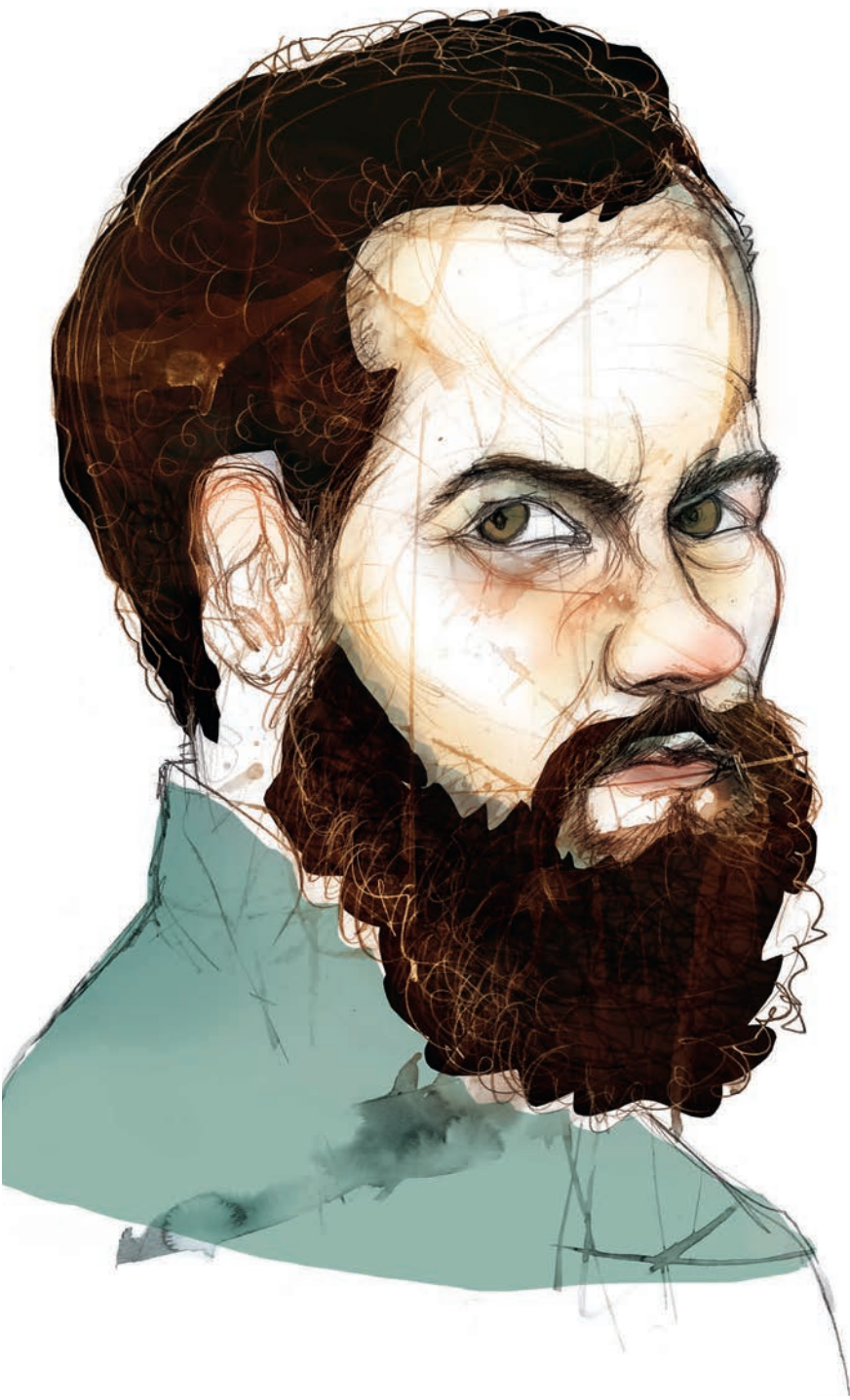
Mediados s. XVIII

Colección MUNCYT 1999/027/0585

La disección de cadáveres requiere de un instrumental específico, pero común al de cirugía. Junto con la trepanación, la operación más antigua es la amputación de miembros, realizada muchas veces para salvar la vida de heridos. Esta sierra es un utensilio imprescindible en la medicina de la época. Su robustez y la decoración del hierro, el tallado del mango indican su origen centroeuropeo.

*De humani corporis fabrica*  
ANDRÉS VESALIO,  
1514-1564

Andries van Wesel - o Andreas Vesalius, su nombre latino-, nacido en Bruselas, es considerado unánimemente como el padre de la anatomía moderna. Se formó en las universidades de Lovaina, París y finalmente Padua, donde obtuvo el título de doctor en medicina magna cum laude, y fue profesor. Aplicando el método científico de observación y disección de cadáveres superó las premisas de Galeno basadas en el estudio de animales, y no de seres humanos, imperantes durante más de mil años. Solo unos pocos pioneros, como Leonardo da Vinci, a quien podemos considerar el fundador de la ilustración anatómica pocos decenios antes, se habían atrevido a realizar disecciones humanas y a hacerlo público. Una vez publicada en 1543 su obra fundamental, *De humani corporis fabrica* -que detalla y esclarece la anatomía humana-, Vesalio renunció a sus investigaciones en Padua por la práctica de la medicina al servicio del emperador Carlos V, y más tarde de su hijo Felipe II, en los Países Bajos y España. Al regreso de un viaje de peregrinación a Jerusalén naufragó en la isla griega de Zante, donde murió en extrañas circunstancias a los 50 años.



## VESALIO

### *De humani corporis fabrica*

JMSR-JOR

La enorme audacia de los veintiocho años del joven que estaba llamado a sentar las bases de la anatomía moderna se aprecia ya en las primeras páginas del prólogo dedicado a su divina majestad el emperador Carlos V, que precede a la impresionante obra *De humani corporis fabrica*:

“La deplorable situación del arte del tratamiento introdujo en las escuelas el detestable procedimiento con el que algunos realizan la disección del cuerpo humano y otros presentan la descripción de sus partes, estos últimos como cuervos trepados en sus altas sillas, con egregia arrogancia eructan cosas que nunca han investigado, sino que simplemente han memorizado de los libros de otros, o de lecturas de lo que ya se ha escrito. Los primeros son tan ignorantes de idiomas que son incapaces de explicar sus disecciones a los espectadores, y confunden lo que debería demostrarse de acuerdo con las instrucciones del médico que, como nunca ha usado sus manos en la disección de un cadáver, desdeñosamente capitanea el barco desde un manual.”

En efecto, la seguridad en sí mismo, altanera y rebosante de fuerza, que le confería el hecho de fundar sus palabras en algo tan tangible como la materialidad del cadáver que se había decidido a violar definitivamente, se refleja plenamente en la pequeña obra de arte que es el frontispicio de lo que sería la biblia de la anatomía física hasta el siglo XIX. Es por ello que resulta muy recomendable detenerse un momento a contemplarla.

La ilustración, realizada por un discípulo del taller de Tiziano, el grabador Jan Steven van Calcar, es una alegoría de lo que Andrés Vesalio consideraba debía ser la nueva medicina. La estampa muestra una disección pública que tiene lugar en un anfiteatro anatómico. En primer plano y ocupando el eje central de la perspectiva, se ve el cadáver de una mujer a la que se ha practicado una incisión abdominal con los intestinos dispuestos a un lado para que las vísceras queden a la vista. En aquel entonces, dado que no se podían preservar los cadáveres mucho tiempo antes de que se descompusieran, era prioritario comenzar la disección por la cavidad abdominal. A la derecha del cadáver, aparece el anatomista, que no es otro que Vesalio, vestido con ropajes suntuosos para remarcar la dignidad de su persona y su quehacer, con el rostro vuelto hacia el lector y señalando con el índice hacia la incisión, como incitándole a percatarse de su relevancia. Un poco más arriba de la mesa de disección, en el mismo eje, un esqueleto preside la sesión; un símbolo alusivo al edificio del cuerpo humano – objeto ya del profundo interés de artistas inclinados a corrientes más realistas como Leonardo, Donatello, Mantegna, Castagno o Miguel Ángel – a su estructura, a la fábrica que lo soporta.

Entre el auditorio, según diversos estudiosos, se pueden identificar los rostros de personajes contemporáneos de Vesalio: unos miran con asombro, otros con atención, hay un individuo que porta un mono, estampa que bien pudiera interpretarse como un guiño travieso para recordar al lector en qué animal basó Galeno sus errores, y otro que está expulsando a un perro – otro animal típico de las antiguas disecciones – del lugar y que algunos identifican como Mateo Realdo

Colombo (ca. 1516-1559), discípulo de Vesalio. Las columnas corintias sobre las que se asienta el anfiteatro de aire paladiano, una escenografía artificial que da una sensación de cierta irrealidad, insisten en la metáfora de la arquitectura como estructura que subyace a la perfección de la naturaleza. Sobre ellas, asomándose desde los dos vanos, las figuras de la vejez y la juventud que miran la escena y encuadran la cartela propiamente dicha en la que se lee el título del libro: *Andreae Vesalii, Bruxellensis, Scholae Medicorum Patavinae professoris, de Humani Corporis Fabrica Libri Septem* (“Los Siete Libros del Edificio del Cuerpo Humano, de Andrea Vesalio de Bruselas, Profesor de la Escuela de Medicina de Padua”). Junto a la figura del hombre joven aparece el monograma I-O que, según criterio común, corresponde a Johannes Oporinus (1507-1568), impresor basiliense de la obra. La cartela, a su vez, está sostenida por dos querubines cuyos brazos agarran el escudo de armas de Vesalio, que contiene tres comadreja que aluden a los orígenes del apellido de Vesalio, procedente de la ciudad alemana de Wesel a orillas del Rin.

## Despellejando a los galenistas

Todo anuncia al lector de la época que está ante un texto extremadamente cuidado, cuyo afán es didáctico y probatorio. Se trata de cimentar la Anatomía como una disciplina que se apoya en evidencias empíricas, en el examen directo del cuerpo humano. Hasta la fecha, los datos que se manejaban procedían de los tratados y saberes de la tradición galénica, en su mayor parte, fundada en la disección de cadáveres de animales. Los médicos tardomedievales repetían los errores que contenían los tratados ya que simplemente deja-

ban que barberos y “cirujanos diseccionadores”, meros laborantes, manipularan los cuerpos mientras ellos iban leyendo los tratados de inspiración galénica sin detenerse a observar por sí mismos, a hurgar ni a dibujar lo que efectivamente veían. Vesalio, siguiendo el procedimiento de Mondino de Luzzi (ca. 1270-1326), reunió a los tres actores que intervenían en las lecciones de anatomía, el *lettore*, que iba leyendo el texto antiguo y comentándolo, el *incisore*, que diseccionaba el cadáver, y el *ostensore*, que mostraba los órganos. Así, abandonó el sitial de catedrático y bajó a la mesa de disección, realizando personalmente la anatomía del cadáver y explicándola a los alumnos. Además, para facilitar la comprensión a los estudiantes, dibujó seis tablas de gran perfección sobre la vena porta, la cava, la arteria aorta y tres sobre el esqueleto, algo que le valió un éxito y estima muy notable en la esfera universitaria.

Así, en la *Fabrica*, como se conoce coloquialmente a este libro, Vesalio concedió una importancia capital al formato monumental y a las ilustraciones, de una calidad y belleza asombrosas, que fueron grabadas sobre bloques de madera de peral pulida tratada con aceite de linaza, dado que era muy dura, lisa y duradera. Se ha discutido mucho sobre su autor o autores y parece haber consenso en que la puesta en escena fue, como apuntábamos antes, del propio Tiziano, mientras que la ejecución de los detalles anatómicos fue obra de Calcar, artista en quien confluían el estilo de su maestro Tiziano y el naturalismo de la pintura flamenca. Los fondos se le atribuyen a Domenico Campagnola (ca. 1500-1564). No obstante, las ilustraciones donde aparecen los cadáveres colgados y desollados materialmente no pudieron haber sido realizadas en los talleres de Tiziano ni

en la sala de disección de la Universidad de Padua, dado que se requería de cierta continuidad y de un espacio adecuado. Por ello se baraja la idea de que debió haber otros artistas colaboradores que trabajaron en otros lugares.

*Los Siete Libros del Edificio del Cuerpo Humano*, en su primera edición de 1543, abarcaban 661 páginas distribuidas en siete libros. El primer libro trata sobre los huesos y las articulaciones (osteología y artrología) y contiene 19 láminas. El segundo, sobre los músculos (miología, dermatología) y presenta 18 láminas. El tercero trata sobre el corazón y los vasos sanguíneos y contiene 4 láminas. El cuarto, sobre el sistema nervioso (neurología), se ilustra con 4 láminas. El quinto, que versa sobre los órganos abdominales (esplacnología abdominal pélvica), incluye 9 láminas. El sexto analiza los del tórax (esplacnología, cardio-torácica) y cuenta con 2 láminas, y el séptimo, que describe el cerebro (esplacnología craneana y órganos de los sentidos), contiene 6. En su afán pedagógico, la iconografía de *La fabrica* no sólo estaba destinada a los ojos de los médicos, sino también a los de los artistas y de otro tipo de público. Las láminas que corresponden a los esqueletos son asombrosas. Éstos, desprovistos del carácter macabro que les es propio, dan la impresión de tener “vida”, generan una sensación de movimiento y están dibujados en actitudes meditativas o de lamentación que los dotan de una belleza extraña. Las láminas de miología, que representan a los “hombres musculares”, son igualmente extraordinarias. Los cuerpos de proporciones perfectas aparecen también en movimiento, con la cabeza en rotación, contra bellos paisajes de fondo, y en ellos se pueden distinguir perfectamente los músculos profundos perfilados con

trazos limpios y perfectos por medio del artificio de dibujar los superficiales retraídos o colgando.

## Viaje a Basilea

Pese a los peligros que un viaje suponía para un manuscrito tan preciado, Vesalio decidió enviar las tablas en manos de los comerciantes milaneses Danoni hasta Basilea, donde el más afamado impresor del aquel tiempo, el citado Johannes Oporinus, acometería la empresa de editar la obra. La impresión, que comenzó el 1 de octubre de 1542, terminó en junio de 1543. No está claro por qué Vesalio tomó la decisión de imprimir en esa ciudad, ciertamente excelente en lo relativo a la calidad de las impresiones y del arte tipográfico. Lo cierto es que se trasladó a vivir allí durante cinco meses para dirigir la corrección de pruebas y supervisar detalles como los adornos de las letras capitales, las capitulares, que eran pequeñas escenas en sí mismas. La letra A, por ejemplo, es una escena de urología donde se ve a un individuo sondado y a otro recogiendo la orina. La B es una estampa donde se prepara un esqueleto introduciendo un féretro en el río para lavarlo, la D es la disección de una cabeza, la L muestra el vaciado de un intestino recto, mientras que la M, una estampa algo macabra, muestra a unos estudiantes de anatomía tocando una gaita fabricada con un estómago. La segunda edición de la *Fabrica* se publicó en Lyon en 1552 y constaba de dos tomos de 458 y 833 páginas, respectivamente. La famosa tercera edición, aparecida en 1555, mejoraba la calidad del papel y el alarde tipográfico. Constaba de 824 páginas de 49 líneas de 17,5 centímetros por página. Contenía modificaciones en el Libro I y el II, algunas láminas rehechas, ciertos cambios en la tipografía y en el prefacio. Exis-

tieron otras ediciones póstumas y traducciones parciales al inglés, francés. En 1943, en Leipzig, se editó una edición facsimilar de la de 1543. La primera traducción de la *Fábrica* en español,

que incluye el prefacio de la segunda edición, es obra de los latinistas Avelino Domínguez García y Florentino Fernández González y apareció en 1997 con prólogo de Pedro Laín Entralgo.

## ¿Es posible una nueva Física?

# Las leyes matemáticas gobiernan el cielo



### Kepler, Johannes

Astronomía nova... sev Physica coelestis / Tradita commentarijs de motibvs stellae Martis ex observationibus G.V. Tychonis Brahe ; plurium annorum pertinaci studio elaborata Pragae... Joanne Keplero. -- Pragae. : [s.n.], Anno Aerae Dionysianae MDCIX (1609)

Biblioteca Nacional de España. Sig.: GMG/1461  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

Se trata de una obra técnica de difícil lectura, concebida como un diario de investigación, y resultó poco accesible a sus contemporáneos. Se conocen pocas reimpressiones y traducciones. Hasta 1929 no se publicó su versión alemana, y en 1961 aparecieron las traducciones inglesa y francesa. Más de cuatrocientos años después aún no disponemos, salvo pequeños fragmentos, de versión en español.



### Planetario

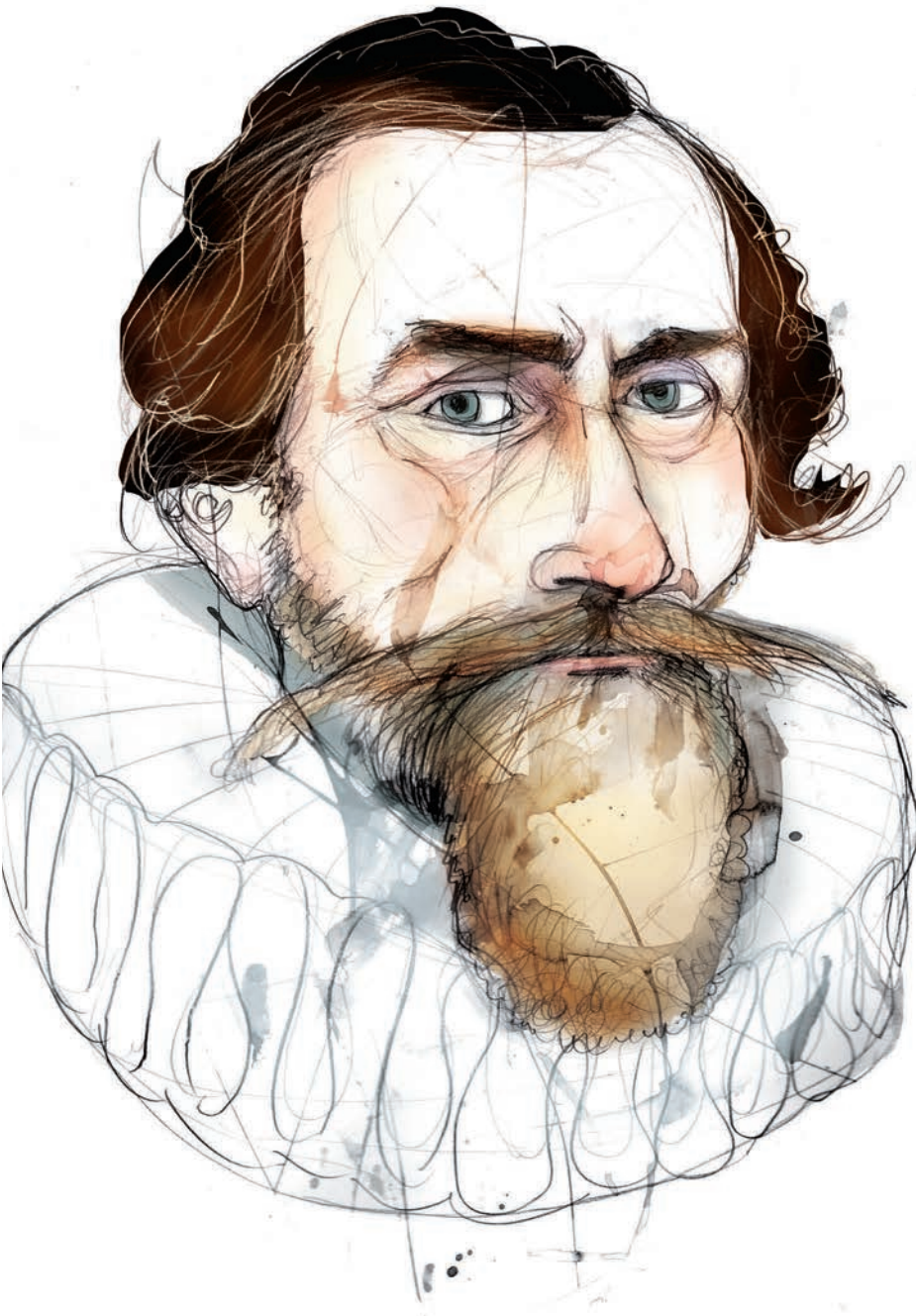
William Harris & Co. / J. Smith  
Londres  
1813-1839

Colección MUNCYT 1992/014/0002

La divulgación del modelo heliocéntrico tenía dificultades por tratar de evidenciar algo que contrasta con la observación desde la Tierra. En este planetario se representa el sistema con Mercurio, Venus, la Tierra –y su satélite, la Luna-, Marte, y Júpiter –con los satélites galileanos-. Mediante un pequeño sistema de engranajes, se produce la rotación de la Tierra, y de la Luna en torno a ella.



*Astronomia Nova*  
JOHANNES KEPLER,  
1571-1630



El científico que abrió la senda de la astronomía moderna nació en Weil der Stadt, en la actual Alemania. La miopía y la visión doble que padeció desde niño a causa de la viruela no le impidieron develar las leyes que rigen el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Formado en teología en la universidad de Tubinga, su profesor de astronomía, Michael Mastlin, pronto se aperció de su inusual capacidad intelectual ilustrándole sobre la teoría heliocéntrica de Copérnico. Su itinerante vida transcurrió principalmente entre las ciudades de Graz, Praga y Linz. Fue en la segunda donde, asalariado por el astrónomo Tycho Brahe y más tarde como Matemático Imperial bajo la protección de Rodolfo II, desarrolló sus grandes obras, como las *Tabulae Rudolphinae* y *Astronomia Nova* (1609). Es en esta última donde expuso dos de las tres leyes fundamentales que describen el movimiento de los planetas: la tercera la plasmó en *Harmonices mundi Libri V* (1619). Kepler fue el primer científico en demandar explicaciones físicas a los fenómenos celestes.

## KEPLER

### *Astronomia Nova*

JMSR-JOR

En 1606 Johannes Kepler terminó la redacción de una obra que tituló *Astronomia nova AITIOΛΟΓΗΤΟΣ, seu Physica coelestis, tradita commentariis De motibus stellae martis, ex observationibus G.V. Tychonis Brahe*; esto es, *Nueva Astronomía fundada en causas, o Física Celeste expuesta en comentarios sobre los movimientos de la estrella Marte, a partir de las observaciones de Tycho Brahe*, aunque su publicación se atrasó tres años, hasta 1609, no pudiendo decirse que su aparición interesara demasiado a sus contemporáneos. Sabemos que ni Galileo ni Descartes tomaron nota entonces de los trabajos del astrónomo imperial, Kepler. El primero porque perseguía su propio programa científico, y el segundo porque era demasiado joven cuando se publicó la *Nueva Astronomía* como para atender a la novedad que contenía y porque cuando creció pretendió ser el nuevo Aristóteles de la naturaleza. Aunque ambos se confesaban copernicanos, no les atrajeron los trabajos oscuros, a su juicio demasiado matemáticos, de un autor que tenía fama de místico, recluso en una parte de Europa inmersa en conflictos y convulsiones que terminarían en la guerra de los treinta años.

Bien es cierto, además, que la influencia de Copérnico se extendió por Europa con cierta dificultad. Pasadas dos generaciones de astrónomos, todavía en 1609 su concepción heliocéntrica no era fácilmente aceptada sino que era objeto de discusión, en el mejor de los casos. El problema que abordó Kepler en 1609 se refería precisamen-

te al talón de Aquiles de la obra de Copérnico. El problema podría formularse de la forma siguiente: si la descripción copernicana no era solo un artificio matemático y se consideraba que el sistema planetario estaba adecuadamente descrito por la nueva teoría, ¿cómo era posible que el Sol pudiese mover a los planetas que giran en torno a él? ¿Qué trayectoria deberían describir “realmente” esos planetas? Kepler estaba convencido que podría encontrarse una teoría que fuera finalmente la nueva física que necesitaba la astronomía. Visionario, sin duda, pero con una enorme voluntad de resolver la cuestión desde años anteriores a la publicación de la obra, intentó precisar los problemas.

### El astrónomo que nació de la magia

Cualquier colegial medianamente instruido conoce hoy la formulación de las tres leyes de Kepler cuando comienza a estudiar la ley de gravitación. Tales leyes se refieren al comportamiento de los planetas y se refieren a la forma de las órbitas, a la velocidad de los planetas, y a la proporción entre el tamaño de las órbitas y el periodo de giro de los planetas. Parecen leyes sencillas, muy elegantes, comparadas con las hipótesis planetarias antiguas. Sin embargo, socavaban los cimientos de las interpretaciones celestes y hasta cierto punto eran más osadas que las de Copérnico, porque proponían sin ambages un cambio de física y no solo de modelo astronómico. ¿Quién era ese personaje que se atrevía a llegar tan lejos como para proponer una reforma de la naturaleza y no solo de los cálculos de los movimientos planetarios?

Quien se planteó algo tan osado, había nacido en 1571 en una pequeña ciudad a veinte kilómetros de Stuttgart, en el seno de una familia protestante. Su fortaleza no era física, ya que todos sus biógrafos ponen el acento en su debilidad, en su mala vista, en su carácter soñador y frágil. Comenzó su formación para llegar a ser pastor protestante; era una época de intenso conflicto entre católicos y protestantes y formar pastores competentes era una necesidad para los luteranos. Esta deriva le llevó a la Universidad de Tübingen donde coincidió con Michael Mästlin (1550-1631), buen matemático que conocía la obra de Copérnico y que sin duda fue para él una influencia decidida. Las necesidades de mantenerse le llevaron a aceptar un puesto en la Universidad de Graz donde escribió su primer libro *Mysterium Cosmographicum* (1596). Conviene mencionar este primer libro porque en él se manifiestan algunas de las ideas que dominarán toda la vida intelectual de Kepler. En él se alejaba del instrumentalismo habitual de los astrónomos protestantes (tradicionalmente vinculados a la universidad de Wittenberg), e incluso concebía que la astronomía está alejada de la utilidad. El astrónomo, aseguraba, debe profundizar en las causas verdaderas de las cosas. Alentado por un pitagorismo místico, aunaba su interés por la marcha de los astros con un misticismo teológico. La naturaleza escondría secretos que el astrónomo debería desentrañar como rastros de Dios.

Kepler difundió su libro entre los notables que podían interesarse por sus ideas. Un ejemplar llegó a Galileo, quien no se interesó demasiado. Otro ejemplar llegó al astrónomo más influyente de la época, el danés Tycho Brahe (1546-1601), quien pidió a Kepler que acudiera a visitarle a Pra-

ga, donde acababa de ser nombrado Astrónomo Imperial. Aquel momento fue fundamental para la vida personal e intelectual de Kepler. Tycho Brahe no era un copernicano, pero tampoco un ptolemaico. Había fabricado su propio sistema, que fue popular entre muchos astrónomos hasta finales del siglo XVII, basado en un geocentrismo mitigado, ya que todos los planetas giraban en torno al Sol, mientras que el Sol y la Luna giraban en torno de la Tierra. Por otra parte, Brahe no tenía prejuicios aristotélicos y trató de ubicar en los cielos la nova de 1572, llegando a la conclusión de que estaba por encima de la frontera lunar; en otras palabras, resultaba que, frente a lo que enseñaban Aristóteles y Ptolomeo, las estrellas sufrían cambios allá en los cielos que resultaban estar en espacios profundos. Además, antes de trasladarse a Praga, Brahe había construido un observatorio en la isla danesa de Hven con murales de grandes dimensiones que le permitieron mejorar la precisión de las observaciones de un modo notable. Sus datos eran un tesoro del que en su momento, a la muerte de Tycho dispondría Kepler, que se convirtió primero en su ayudante y pronto en su sucesor. Misticismo y precisión, dos herencias muy valiosas que le darían herramientas decisivas para hacer su trabajo.

## Marte, dios de la guerra

¿Cuál es la forma de las órbitas de los planetas? La respuesta no será correcta, a ojos de Kepler, si cada planeta describiera una órbita de forma diferente ya que ello implicaría una falta de armonía en la naturaleza y se regresaría a los vicios del sistema ptolemaico. Convenía, por lo tanto, encontrar una causa matemática común (una forma que fuera análoga para cada uno de

los planetas) y una causa física que explicara qué le hacía describirla. Fue el mayor intento de aunar física y matemática anterior a Newton. La obra que recoge todo este intento fue la que tenemos presente: *Astronomia Nova*.

La llave del problema estaba en manos de Marte, y según sus colegas, del estudio concienzudo de sus movimientos se podía deducir la estructura de todo el cosmos: “Los movimientos [de Marte] proporcionan el único acceso posible a los secretos ocultos de la astronomía, y sin los cuales habríamos sido siempre ignorantes de sus secretos”, afirmará Kepler. En un principio, cuando llegó a Praga para trabajar como ayudante de Brahe, éste le encomendó que intentara explicar el movimiento de Marte en el marco del sistema ticónico. Pero cuando Kepler se convirtió en Astrónomo Imperial, ya no trabajó en el perfeccionamiento del sistema de su antecesor sino en la elaboración del propio, del copernicano. Sin embargo, pronto se dio cuenta de las dificultades que tenía encajar las observaciones de la trayectoria de ese planeta en una órbita circular, de tal manera que sirviera para predecir sus movimientos a lo largo del año (marciano, por supuesto).

En este contexto se manifiesta el interés físico de Kepler, ya que introdujo al Sol como el gran protagonista del sistema solar. Si el Sol determina el movimiento de cada uno de los planetas, y las órbitas no son exactamente circulares, eso implica que la velocidad de cada uno de los planetas no puede ser constante, como siempre se exigía en las descripciones anteriores. Repárese en que no se considera que la velocidad que *podemos observar* sea constante, sino que la *velocidad real* de cada planeta no es constante. Para conseguir una descripción completa es necesario considerar la

posición real del Sol en el conjunto de las órbitas planetarias. A partir de 1601, cuando ya era Astrónomo Imperial, y abandonada la exigencia para apuntalar el sistema de Tycho, Kepler creyó que el problema de Marte no se podía resolver si no trataba la cuestión de la trayectoria de la Tierra. Desde una perspectiva copernicana, abordó el problema de tres cuerpos de referencia, el Sol, Marte y la Tierra, y las configuraciones que se repiten entre estos tres cuerpos (seiscientos ochenta y siete años). Apoyándose en esa configuración, llegó a una conclusión sobre el movimiento de la Tierra: nuestro planeta recorre su órbita de modo desigual, más lentamente cuando se aleja del Sol y más rápidamente cuando se aproxima. Y todos los planetas se comportan de esta manera.

Kepler mantuvo siempre la supremacía del Sol en el sistema planetario. No era una opción cinemática sino dinámica. El Sol no sólo es un punto fijo en torno al que gira todo el sistema planetario, sino la causa verdadera del movimiento de los planetas. Sin embargo, nunca logró explicar con exactitud cómo actuaba el Sol para producir los efectos que sí pudo conjeturar. Los efectos son las dos primeras leyes que le dieron fama, la primera que establecía la forma elíptica de las órbitas de todos los planetas, y la posición del Sol en uno de sus focos, y la segunda que hablaba de velocidades areolares constantes. Pero ¿cuál era la causa? Pregunta que nunca logró responder - lo haría Newton - y fue consciente de las dificultades de la física frente a la claridad de la matemática. En cierta medida, pudo suponer que su proyecto había fracasado porque no había logrado formular con precisión una física del cosmos. El transcurrir de la historia nos ha hecho hoy menos exigentes; sabemos la importancia de los éxitos parciales, y

reconocemos la relevancia de los trabajos de Kepler para el desarrollo de la física posterior. Pocas veces un fracaso cosechó tantos éxitos.

## La tercera ley y la larga sombra de un gigante

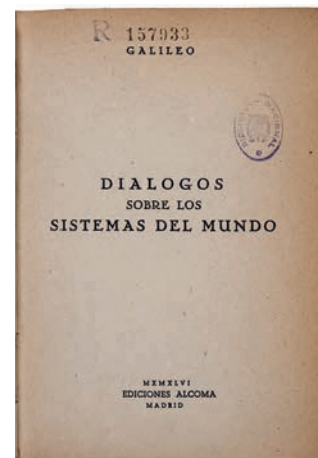
La *Astronomía Nova* no fue la única obra que Kepler dedicara a los planetas. Continuando las hipótesis pitagóricas que ya había expuesto en el *Mysterium Cosmographicum*, publicó en 1619 una obra de título *Harmonices Mundi Libri V* (*La ar-*

*monía del mundo, en cinco libros*), que contiene la formulación de la *tercera ley* de Kepler. En conjunto, había pasado casi veinte años dedicado al estudio de esos problemas, que no son los únicos a los que prestó atención.

Toda la segunda mitad del siglo XVII estuvo influido por su trabajo. Ni Descartes ni Galileo fueron conscientes de su importancia, pero la siguiente generación consideró las leyes de Kepler como una roca firme sobre la que construir el edificio de la nueva ciencia.

## Lección de física en modo de conversación

# Un órdago por la racionalidad



### Galilei, Galileo

Dialogo di Galileo Galilei Linceo matematico straordinario dello studio di Pisa ... doue ne i Congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano ... -- In Fiorenza : per Gio. Batista Landini, 1632

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". Sig.: BH FLL 20986  
© Fotografía Biblioteca Histórica de la UCM

### Galilei, Galileo

Diálogos sobre los sistemas del mundo / Galileo ; [traducción de Eugenia Serrano]. -- Madrid : Edic. Alcoma, 1946

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 1/103760  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

A modo de telón el frontispicio del Dialogo nos presenta a tres personajes que, en fluida e intensa tertulia, discutirán ante un personaje-observador neutro sus concepciones del mundo y del universo. Se publicó en Florencia en 1632 tras obtener con dificultad la licencia de impresión, y cinco meses después era prohibido. En 1635 y 1641 se editaron en Estrasburgo dos versiones latinas pero permaneció en el Índice de libros prohibidos hasta 1835. La primera traducción española se publica en Madrid en 1946.



### Plano inclinado

Pixii Père et Fils  
París  
1840-1850

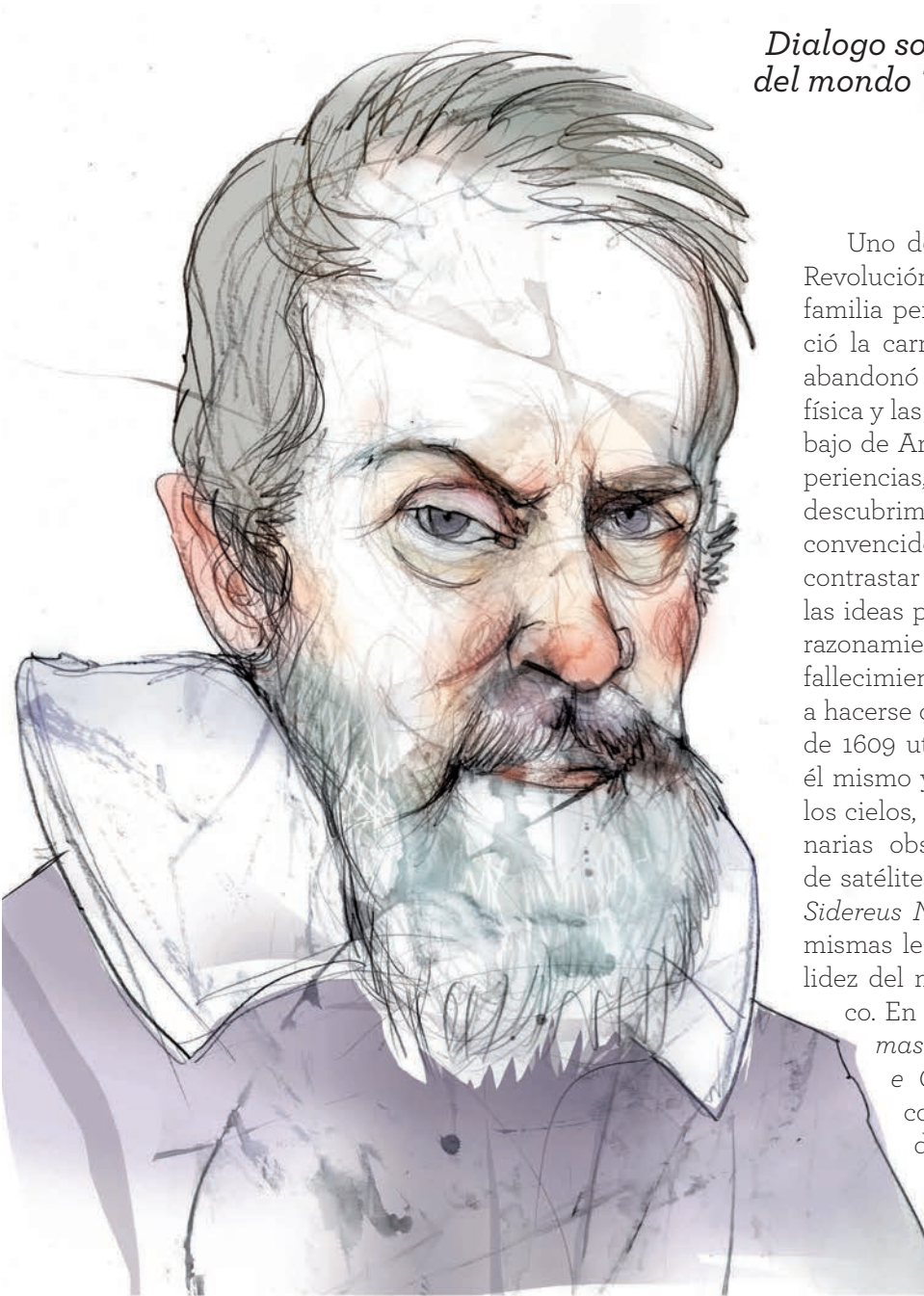
MUNCYT 1995/031/0332  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM

Los ataques de Galileo a la física aristotélica comenzaron al estudiar la caída de los cuerpos, demostrando que lo hacían a velocidad acelerada y que no dependía de la masa de los mismos. Lo investigó dejando caer bolas de distintos materiales por un plano inclinado, donde podía modificar la pendiente. Este dispositivo permite realizar experiencias de fuerzas gravitatorias en planos inclinados.

*Dialogo sopra i due massimi sistemi  
del mondo Tolemaico, e Copernicano*

GALILEO GALILEI,

1564-1642



Uno de los máximos exponentes de la Revolución Científica, nació en Pisa, en una familia perteneciente a la baja nobleza. Inició la carrera de medicina, pero pronto la abandonó y reorientó sus estudios hacia la física y las matemáticas. Inspirado por el trabajo de Arquímedes, comenzó a realizar experiencias, y de esta primera época son sus descubrimientos sobre caída de los cuerpos, convencido de que la naturaleza le permitía contrastar las ideas de Aristóteles y de que las ideas podían defenderse libremente con razonamientos basados en la experiencia. El fallecimiento de su padre, músico, le obligó a hacerse cargo de su familia. En el invierno de 1609 utilizó un telescopio fabricado por él mismo y por primera vez lo dirigió hacia los cielos, donde se encontró con revolucionarias observaciones -como la existencia de satélites en Júpiter- y las describió en el *Sidereus Nuncius*. La interpretación de las mismas le llevaron a convencerse de la validez del modelo heliocéntrico de Copérnico.

En 1632 publicó *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano*, donde defendía la cosmología copernicana en forma de un diálogo razonado. El libro fue prohibido por el Papa, y fue condenado por herejía. Tras abjurar de sus ideas, arrodillado ante los cardenales de la Inquisición, fue condenado a arresto domiciliario.

## GALILEO

### *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano*

JMSR-JOR

*“La verdad en el saco  
La lengua dentro del hocico  
Calla ocho años, para él demasiado largo.  
Verdad, sigue tu camino.”*  
Bertolt Brecht, *Vida de Galileo* (1937-1939)

### Epígrafe

El nombre de Galileo Galilei evoca un alud de interpretaciones. A lo largo de los cuatro siglos que nos separan de su época se ha revestido de tantos avatares que resulta difícil catalogarlos todos. ¿Mártir? ¿Genio? ¿Soñador? ¿Audaz? ¿Loco? ¿Cobarde? ¿Cortesano? Tal vez fuera alguno de esos caracteres, tal vez todos ellos. Lo cierto es que la polémica sobre su obra se extiende con facilidad a su temperamento, y también hace referencia a su valor o cobardía ante la autoridad papal, e incluso a valorar sus actividades como cortesano en la corte de Florencia. Su nombre se asocia con el de Inquisición, el de intransigencia y el de ceguera de la corte de la muy católica y apostólica iglesia romana del siglo XVII y de los siglos posteriores. Resulta difícil mencionar el nombre de Galileo sin evocar la abjuración a la que fue forzado para salvar su vida, al silencio a que fue condenado, y a la pérdida de prestigio científico del Vaticano. Todavía hoy se debate si su proceso fue o no una conspiración llevada a cabo por los guardianes de la Contrarreforma,

por aquellos jesuitas que como buenos cortesanos guardaban tanto la pureza de la doctrina como su propia influencia de hombres de ciencia en una corte como era la del Papa de Roma, especialmente complicada y donde el juego de intereses adquiriría caracteres bizantinos.

Lo cierto es que cuando Galileo depositó en la imprenta de Florencia su *Dialogo* en el año 1632 tal vez no supiera la tormenta que llegaría a desencadenar la existencia de un libro concebido, en teoría, para explicar de una forma equilibrada la influencia de los dos sistemas cosmológicos en aquel momento en pugna: el de Ptolomeo y el de Copérnico. O tal vez sí la temiera, pero le podía su confianza y su capacidad para la polémica que le arrastraba con frecuencia a arenas movedizas en discusiones con colectivos mucho más poderosos que él.

### ¿Callar? ¡Para qué! La imagen de un cortesano

A lo largo de su vida Galileo no se acostumbró a callar. O tal vez fuera mejor decir que se des acostumbró pronto a la prudencia y discreción necesaria para sobrevivir en un mundo turbulento como era el de su época. Es cierto que tuvo una inteligencia muy reconocida, y por algunos odiada, una lengua pronta y mordaz, y una forma elegante de sarcasmo que hería por lo fino y acerado.

Fue profesor de la Universidad de Pisa a partir de 1589, y allí mostró un interés decidido por el estudio de los fenómenos terrestres. Viendo sus trabajos de esa época, queda patente que estaba muy influido por la forma de hacer matemática de la tradición arquimediana y los problemas de trabajo. Le interesaban los problemas de estática, de hidrostática, las máquinas y los fenómenos de



mecánica que podían analizarse con ayuda de las matemáticas. No tenemos demasiada información acerca de sus opiniones sobre los sistemas astronómicos, ni de su interés por ellos durante la primera época. Pero Galileo no necesitaba los cielos para crearse enemigos, le bastaba con la modesta Tierra. Sólo con abrir la boca e interpretar la caída de los graves ya hería a los aristotélicos.

Desde Pisa, dependiente de Florencia, en 1592 se trasladó a la Universidad de Padua, bajo la influencia de Venecia, para disfrutar de una cátedra de matemáticas. Allí trabajó en los problemas de cinemática y física que serían el núcleo de su última obra: *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimienti locali* (*Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias relativas a la mecánica y movimientos locales*), publicada en 1638 en Ámsterdam en la histórica editorial Elzevier. Sin embargo, en ese contexto sí comenzó a preocuparse por los cielos. Su talento como mecánico le permitió mejorar rápidamente el anteojo que se construyó en esa época y hacer observaciones astronómicas que formaron la urdimbre de su obra de 1610, publicada bajo el título *Sidereus nuncius*, libro que le proporcionó una gran fama y que presentó como una prueba del sistema copernicano. Según la mayor parte de sus biógrafos, esa fama le permitió acceder al puesto de primer matemático y filósofo de la corte del gran duque de Toscana, Cósimo II de Medici, y entrar de lleno en vida de corte donde se sintió más cómodo que en la vida universitaria.

## Las trampas de la confianza

Tiempos duros de confrontación política y religiosa, así fueron los de Galileo. Él intentó

ganarse la confianza de quienes podían ser influyentes para convencer a las autoridades eclesiásticas de Roma de la posibilidad de un mundo copernicano compatible con la Biblia. No rehusó nunca el contacto con el mundo romano; de hecho viajó a Roma confiado en su capacidad de persuasión (¡grave error!). Mientras publicaba textos sobre las manchas solares y escribía cartas a Benedetto Castelli argumentando la plausibilidad del copernicanismo con una interpretación metafórica de la Biblia, al mismo tiempo se tejía la intriga contra él. Su primer encontronazo con la Inquisición tuvo lugar en 1616, y en esa ocasión Galileo no fue condenado, pero sí advertido de que no debía defender las posiciones heliocéntricas que consideraban “absurdas desde el punto de vista filosófico y además formalmente *heréticas* (sic)”.

Según esa advertencia, Galileo no podía ni hablar ni escribir sobre heliocentrismo, salvo como una pura hipótesis matemática. En principio hizo caso a la poderosa Inquisición, pero siguió opinando sobre los acontecimientos que tenían lugar en los cielos, la aparición de cometas y sobre otros temas de filosofía natural. No ocultó su defensa de posiciones atomísticas que se enfrentaban con los jesuitas del Collegio Romano, la institución científica más prestigiosa del Vaticano. La publicación del *Il saggiaiore* (*El ensayador*) en 1623 no mejoró la situación, ya que ella se explayaba sobre los métodos de filosofía natural y el valor del atomismo. En ese año se produjo, además, la mayor desgracia en la vida de Galileo: su amigo el cardenal Maffeo Barberini llegó al papado con el nombre de Urbano VIII. Galileo respiró aliviado, sin percatarse que no hay peor enemigo que un antiguo amigo.

## El peligro de dialogar con un Papa

Una vez en el papado, Urbano VIII se negó a anular el edicto de condena, pero sí permitió que hablara del movimiento de la Tierra, si se hacía de forma hipotética. El apasionado Galileo creyó que era un signo de primera tolerancia, pero había muchos cortesanos en el Vaticano dispuestos a que las opiniones del pisano no se salieran de una estricta ortodoxia.

Galileo pensó que si lograba presentar las tesis de la teoría copernicana de una forma argumental y dialogada, la fuerza de su lógica vencería los prejuicios de la sociedad vaticana. Porque pensaba tener al Papa de su lado; ¿no había mostrado éste, siendo ilustre cardenal, una cierta simpatía por las ideas copernicanas? Pensó que el favor del Papa y la brillantez de sus argumentos harían de palanca para eliminar los prejuicios de una corte tan hermética. Como físico y como matemático, acertó sin duda, como cortesano no. Se equivocó en el juicio y hoy conocemos el resultado que tuvo su error.

Ideó un texto en forma de diálogo, estructura apta para desarrollar cualquier argumento: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano* (*Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo, ptolemaico y copernicano*). Tres personajes que hablan durante cuatro jornadas de los dos grandes sistemas del mundo. Cada uno de los personajes representa un punto de vista. Las opiniones de Galileo, copernicano, están en la boca de un amigo suyo florentino, Salviati, ya fallecido en la época de redacción del diálogo. Pone el punto de vista geocentrista

en boca de un aristotélico al que nombra como Simplicio (existió un comentarista de Aristóteles del siglo VI de nuestra Era). Además, introduce un tercer interlocutor, Sagredo, quien está abierto para dejarse convencer por los argumentos que exhiben los otros dos personajes. El nombre de Sagredo corresponde a un antiguo amigo de Galileo con el que mantuvo conversaciones sobre temas científicos y filosóficos.

Una vez propuestos los personajes, las jornadas de la obra abordan temas específicos. La primera pretende eliminar los obstáculos que impiden imaginar el movimiento de la Tierra. En definitiva se trataba de considerar abierta la posibilidad real del movimiento de la Tierra, y no obligarse a hablar de ese asunto solamente como una hipótesis instrumental. Toda la primera jornada se convierte en una demolición de las tesis aristotélicas, argumentando que la Tierra es un planeta como los demás y no un lugar privilegiado. En la segunda y la tercera jornadas, Galileo aborda la defensa de los movimientos de la Tierra que los copernicanos necesitaban para que su modelo sea explicativo. La segunda se centra en el movimiento de rotación y la tercera en el movimiento de traslación.

La segunda jornada exhibe lo que posteriormente se conocería como la primera física galileana. Muchos de los contemporáneos, por no decir casi todos, argumentaban que si la Tierra se moviera, sus habitantes deberían de notarlo. Cualquier cálculo mostraba que si la Tierra se desplazaba por el espacio lo haría a gran velocidad, luego es muy improbable que nadie reparase en ello. Los argumentos de Galileo se centraron en mostrar que existen sistemas que se mueven pero que pueden parecer inmóviles. La falta de percepción del mo-

vimiento de un sistema no significa que este sistema esté en reposo. Pueden imaginarse sistemas en movimiento donde los afectados no se percaten que se mueven porque el movimiento no es algo que pertenece a la cualidad de los cuerpos sino que es un puro cambio de relación. No hay movimientos naturales, no hay movimientos intrínsecos, todos los movimientos son mecánicos. No descubría Galileo esa relatividad del movimiento que ya había establecido Descartes, pero la formulaba con nuevo vigor y con una conceptualización nueva. Tal sea este el punto fundamental de todo el discurso para la física posterior, porque se formulaba de una forma precisa el primer principio de relatividad de la ciencia moderna y contemporánea. En la tercera jornada discuten los personajes sobre el movimiento de la Tierra en torno al Sol y la plausibilidad de que suponer ese movimiento no vulneraba lo expresado a la Biblia. En la cuarta jornada el libro explora el comportamiento de las mareas como posible argumento para demostrar el movimiento de la Tierra.

## Desencanto

No fue fácil para Galileo publicar el libro, pasó la censura con dificultad, tuvo que rehacer parte varias veces, pero al final vio la luz en Florencia. Cuando el libro llegó al Vaticano se desató el escándalo. Visto retrospectivamente y conociendo las dudas que tenía Galileo acerca del mundo romano que hoy conocemos a través de su correspondencia de entonces, podemos asegurar que Galileo fue muy valiente tensando la cuerda con el Vaticano. Demasiadas fuerzas se desataron contra él. Los jesuitas ofendidos por su atomismo, y por su olvido del sistema tichónico en el *Diálogo*, el poderoso embajador de la mo-

narquía hispánica, el cardenal Borgia, y todas las fuerzas que rodeaban al Papa de Roma, e incluso el propio Papa, que se sintió ridiculizado por Galileo; todos empujaron a la Inquisición al proceso que le condenó al silencio.

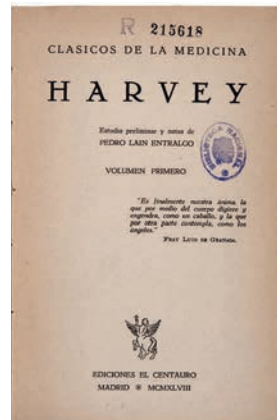
Cuando pronunció las palabras para su abjuración pública, comenzaba una segunda parte en la historia de su obra:

“Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto Vincenzo Galilei de Florencia, de 70 años de edad, constituido personalmente en juicio, arrodillándome ante los eminentísimos y reverendísimos cardenales Inquisidores Generales contra la depravación herética en toda la Cristiandad, teniendo ante mis ojos y tocando con mis manos los Santos Evangelios, juro que he creído siempre, creo ahora y con la ayuda de Dios creeré en el porvenir todo cuanto sostiene, predica y enseña la Santa y Apostólica Iglesia. Pero como, después de haber sido judicialmente requerido por mandato del Santo Oficio a abandonar completamente la falsa opinión de que el Sol es el centro del mundo y que no se mueve y que la Tierra no es el centro del mundo y se mueve, y a no sostener, defender o enseñar esta falsa doctrina de ningún modo, ya sea oralmente o por escrito; y después de haberseme notificado que esta doctrina era contraria a las Sagradas Escrituras, escribí y publiqué un libro en donde trato de esta doctrina ya condenada y aduzco razones muy eficaces en su favor, sin que muestre en modo alguno rechazo de la misma, he sido juzgado por todo ello como vehementemente sospechoso de herejía, a saber, de haber sostenido y creído que el sol es el centro del mundo y está inmóvil y que la tierra no es el centro y se mueve.”

Y comenzó la iniquidad.

# Impulsada por el “sol del microcosmos”

## La sangre se mueve en circuito cerrado



### Harvey, William

Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus / Guilielmi Harvei ... -- Francofurti : sumptibus Guilielmi Fitzeri, 1628

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". Sig.: BH MED Foll.237  
© Fotografía Biblioteca Histórica de la UCM

### Harvey, William

Harvey / [Traducción de María Araujo] ; Estudio preliminar y notas de Pedro Laín Entralgo... -- Madrid : El Centauro, 1948

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 1/109051, 1/109052  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

La publicación del sobrio y demostrativo opúsculo de 72 páginas, acompañadas de dos hojas de grabados, en el que anunciaba la circulación de la sangre, fue ampliamente discutida durante al menos dos décadas y a ellas respondió el autor a través de la correspondencia y con dos obras posteriores: *Exercitatio anatomica de circulatione sanguinis* (1649), y *Exercitatio de generatione animalium* (1651). Descartes en su *Discours* dedica extensas argumentaciones al tema. Las primeras traducciones fueron realizadas a lengua inglesa en 1653. La primera al castellano es la editada en México por J. J. Izquierdo en 1936. Presentamos la traducción española más valorada, realizada por María Araujo y recogida por Laín Entralgo en su estudio sobre Harvey de 1948.



### Modelo anatómico de corazón

Escayola policromada

Siglo XIX

Nº inventario 518

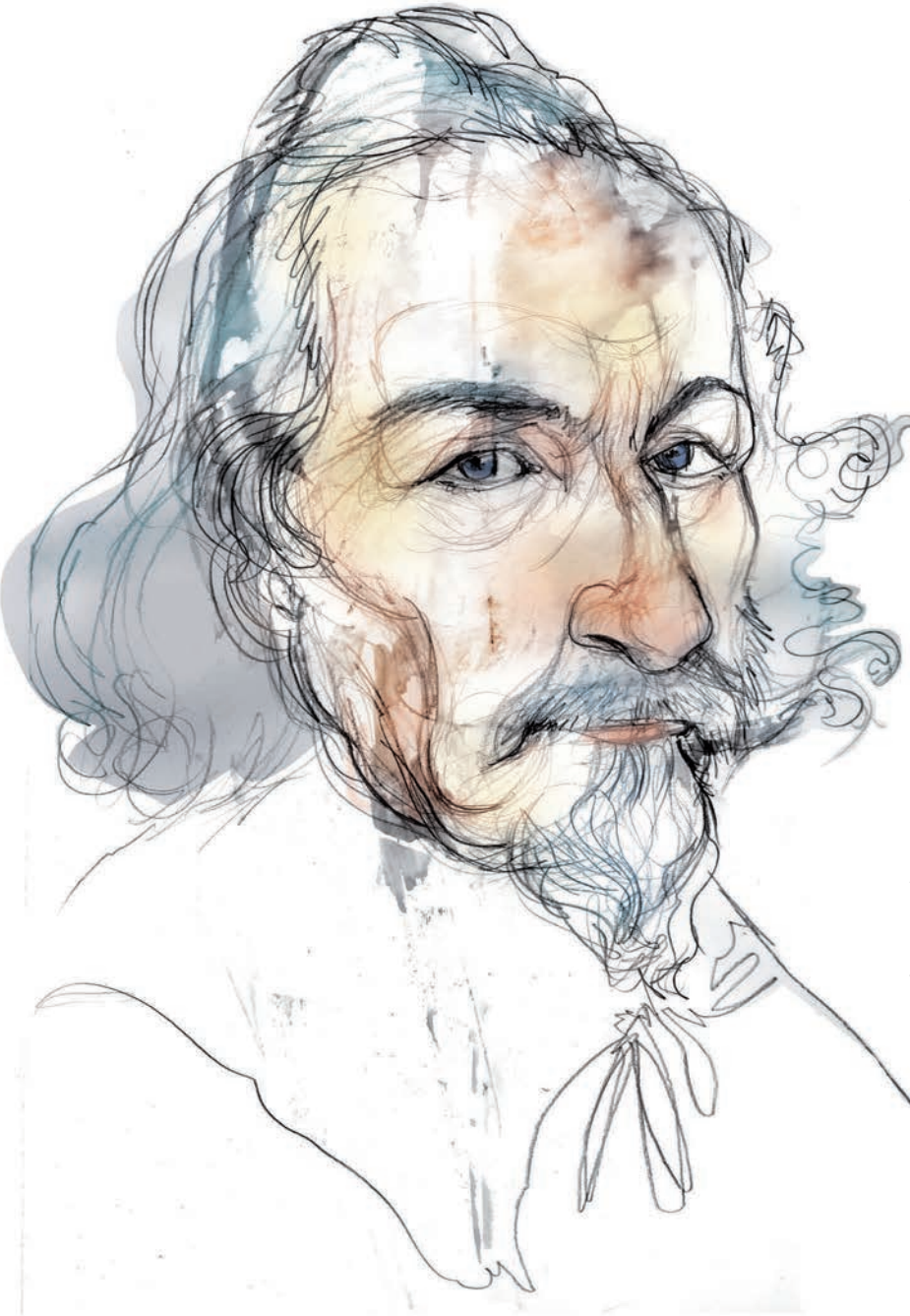
Museo de Anatomía "Javier Puerta"

Facultad de Medicina. UCM

En la enseñanza de la anatomía humana en el siglo XIX, era de uso común utilizar modelos anatómicos para explicar mejor a los alumnos de medicina la forma y el funcionamiento de los órganos. Primero se realizaron en cera, pero más tarde se construyeron en madera y escayola, materiales más sencillos de conservar y utilizar.

*De Motu Cordis*  
**WILLIAM HARVEY,**  
1578-1637

Nacido en Kent, Inglaterra, estudió medicina en Cambridge y completó su formación en la universidad de Padua. Ejerció la medicina en Londres y fue elegido como uno de los médicos del rey Jaime I así como de su sucesor, Carlos I. Entre sus amistades se contaban Francis Bacon y Thomas Hobbes. La publicación de su obra *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (1628) -donde anunció el descubrimiento de la circulación de la sangre en el cuerpo humano- le otorgó un lugar de primer orden en la historia de la ciencia y la medicina. Si bien otros ya habían avanzado respecto a las ideas de Galeno sobre la función y anatomía del corazón, las arterias, venas y pulmones, fue Harvey quien, tras multitud de experimentos cuantitativos, llegó a la conclusión de que el flujo de sangre por el cuerpo se realizaba en un circuito cerrado, donde el papel de bombeo correspondía a un órgano maravilloso, el corazón, que él denominó “sol del microcosmos”.



## HARVEY

### *De Motu Cordis*

JMSR-JOR

La breve monografía *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (*Ejercitación anatómica sobre el movimiento del corazón y de la sangre en los animales*) fue publicada en Frankfurt am Main por el impresor Guillaume Fitzer en 1628. En su portada, William Harvey se identifica como médico del rey Carlos y profesor de Anatomía del Colegio de Médicos de Londres. Ya en el párrafo inicial, inmediatamente después de la obligada fórmula dedicatoria al rey, Harvey iba directo al objeto de sus desvelos: “El corazón de los animales es el fundamento de la vida, el más importante de todos los órganos, del cual depende toda su actividad y del cual dimana toda la energía y toda la fuerza”. El sol del microcosmos, como lo llama Harvey – el Sol del macrocosmos ya venía siendo objeto de escrutinio por parte de Giordano Bruno, Tycho Brahe, Johannes Kepler y Galileo –, será en efecto protagonista en esta joya a la que se conoce de forma abreviada como *De motu cordis* y que, junto con los *Principia* de Newton y *El químico escéptico* de Robert Boyle, es una de las cumbres de un gran siglo, el XVII, para la ciencia británica.

Qué es el corazón, qué relevancia y posición ocupa en el cuerpo de los animales (y del hombre) y qué extraña relación de hermandad tiene con la sangre son preguntas muy antiguas. Tan antiguas que los egipcios ya dejaron escrito en el papiro Ebers que “con el pulso habla el corazón por los vasos a todos los miembros”. Es de dominio común que la mayoría de religiones ven en el

corazón humano el lugar donde se aloja la divinidad. En la tradición hindú, el centro de energía, o *chakra*, que es el corazón, se representa como un ciervo o antílope en actitud de saltar. La mayoría de las palabras en las lenguas de la familia indoeuropea con las que se denota al corazón se derivan del vocablo sánscrito *hrid* que los griegos pronunciaban *krid* y que, más tarde, devendría a *kirdía*, y después al *cor* latino. De ahí desciende la miríada de términos médicos formados por la raíz *cardio* que se usan, no sólo en los ambientes doctos, sino en la vida cotidiana. En la tradición hindú pues, el alma tenía su asiento en el corazón, residencia de un calor vital innato, mientras que en el aire residía una energía llamada *prana* que entraba en el cuerpo por los pulmones. Ambas nociones penetraron en la cultura griega de manera que Empédocles, Alcmeón de Crotona, los pitagóricos e Hipócrates hablaron de un *pneuma* que circulaba por las arterias y se depositaba en el corazón en forma de “espíritu”. Para Aristóteles, depositario, interpretador y sintetizador de toda la tradición previa, y que más de 20 siglos después tendría una influencia muy profunda en Harvey, el corazón era una estructura animada poseedora de un calor innato que se movía por sí misma sin necesidad de ningún impulso externo (mecánico) y que, a su vez, era la causante del movimiento de la sangre.

En tal estado se hallaba la cuestión del corazón allá por el siglo II de nuestra Era, cuando Galeno, el gran constructor de lo que sería el dogma doctrinal que se manejaría durante toda la Edad Media hasta bien entrado el Renacimiento, estableció, expresándolo sumariamente, que la sangre se producía en el hígado, desde donde fluía al corazón derecho y luego pasaba al lado izquierdo

a través de un agujero. Según decía, el corazón calentaba la sangre y los pulmones la enfriaban. Una vez fabricada en él a partir de los alimentos, la sangre era transportada por las venas a todo el organismo para formar la materia corpórea. Eso significaba que en este proceso se consumía una enorme cantidad de sangre y era necesario fabricar continuamente mucha nueva. Sin duda algo extenuante. Pero ni siquiera el gran Vesalio, pese a las múltiples disecciones de cadáveres humanos que había llevado a cabo, fue capaz de averiguar qué ocurría con esas dos sangres, la negra, y esa otra roja y brillante, ni para qué servían las válvulas de las venas.

## Los motivos de un autor para escribir

“Cuando empecé a realizar vivisecciones”, escribía Harvey en *De Motu Cordis* “como un medio para descubrir los movimientos y los usos del corazón, interesado como estaba en descubrirlos por inspección directa, y no a través de los escritos de otros, encontré la tarea tan verdaderamente ardua, tan llena de dificultades, que casi estuve tentado a pensar, con Fracastoro, que los movimientos del corazón solo podría comprenderlos Dios [...] Mi mente estaba grandemente inquieta y no sabía ni qué concluir por mí mismo ni qué creer de los demás. No me sorprendió que Andreas Laurentius hubiera dicho que el movimiento del corazón era tan asombroso como el flujo y reflujo del Euripus le había parecido a Aristóteles [...] Después de mucho tiempo usando mayor diligencia cotidiana, realizando vivisecciones con frecuencia en una variedad de animales escogidos con ese propósito, y combinando numerosas observaciones, llegué a pensar que ya había al-

canzado la verdad, que debería apartarme y escapar de ese laberinto, y que ya había descubierto lo que tanto deseaba, tanto el movimiento como los usos del corazón y las arterias.”

No conviene, desde luego, olvidar la importancia del gran salto cualitativo que se da desde la disección, práctica de inspección realizada en cadáveres, a la vivisección, la apertura quirúrgica e inspección de criaturas vivas. Harvey intentaba entender la función del corazón a través de la forma y para ello no le bastaba con observar la anatomía mediante la disección. Educado en la universidad de Padua (1559-1604) – por aquel entonces centro de vanguardia de los estudios de medicina, particularmente de anatomía desde que Vesalio expusiera los cadáveres a la vista pública y se decidiera a hurgar en ellos sin tapujos – bajo la maestría de Girolamo Fabrici (Fabricius) d’Acquapendente (1537-1619), cuyo detallado estudio sobre las válvulas de las venas, *De Venarum Ostioliosis*, sin duda conocía, Harvey disponía de la información más actualizada del momento. Además de las enseñanzas de Fabricius, cuando concluyó sus estudios de medicina en 1604, Harvey se llevó de Italia a la lluviosa Inglaterra otros tesoros bajo el brazo. Por ejemplo, las aportaciones de Realdo Colombo, antecesor de Fabricius en la cátedra de Padua, sobre la circulación pulmonar, que afirmaban que la sangre pasaba del ventrículo derecho al izquierdo por medio de los pulmones. Su obra, *De re anatomica* (1559) sólo era cuatro años posterior a las hipótesis sobre el “tránsito pulmonar”, y no como tradicionalmente se ha sugerido de “la circulación de la sangre”, que Miguel Serveto (o Servet; 1511-1553) vertió en una obra de carácter religioso publicada en Viena en 1553, *Christia-*

*nismi restitutio* (*Restitución del cristianismo*) y que a la postre le costaría la hoguera por motivos religiosos. También se ha sugerido que la idea circulatoria pudo proceder de las ideas galileanas: en aquel entonces Galileo era profesor en Padua, y se ha barajado la posibilidad de que asistiera a alguna lección de éste; no obstante, la mayor parte de los estudiosos se inclinan por descartar esta influencia y más bien destacan la idea de movimiento circular perfecto de Aristóteles como referente en el imaginario de Harvey.

Una vez en Inglaterra, Harvey examinó cuidadosamente el corazón y el movimiento de la sangre en unas cuarenta especies animales reparando en que éste se endurecía al contraerse y que, durante la contracción, las arterias se expandían. La actividad cardiaca se asemejaba a la de un fuelle hidráulico. Para sus observaciones usó procedimientos de ligaduras vasales, arteriotomía y sangramientos. Pinchaba y medía, y calculó el volumen de sangre que el corazón bombeaba por hora una cantidad equivalente a más del triple del peso de un hombre. Un cálculo que hacía imposible que el hígado fabricara semejante cantidad de sangre, lo que, junto a la evidencia de las válvulas de las venas que parecían servir para impedir el reflujo de la sangre, favorecía la explicación circulatoria.

“Ha quedado enteramente confirmado por la razón y por medio de experimentos, que el pulso de los ventrículos obliga a la sangre a atravesar por los pulmones y el corazón y la empuja y la lanza por todo el cuerpo. Que luego se insinúa por las venas y por las porosidades de la carne, y por las propias venas refluye de todos los puntos de la circunferencia hacia el centro, de las venas más delgadas a las mayores y de éstas a la vena

cava, hasta llegar finalmente a la aurícula derecha del corazón. También que tanta es su cantidad y tanto su flujo de aquí para allá por las arterias y de allá para acá regresando por las venas, que no es posible que se derive de los alimentos, pues sobrepasa en abundancia a los ingeridos y a los que pudieran ser requeridos para la nutrición.” Así, el 17 de abril de 1616, expuso Harvey su doctrina circulatoria en la segunda *Lumleian lecture*, las lecciones de anatomía que tenían lugar en Colegio de Médicos londinense, manifestando públicamente por primera vez sus ideas acerca del movimiento del corazón y de la circulación de la sangre en los animales. A este respecto, se suelen referir las palabras que escribiera Robert Boyle (1627-1691) en su *Disquisición de las causas finales de las cosas naturales* con las que recuerda cómo cuando le preguntó a Harvey cómo se le había ocurrido la idea de la circulación sanguínea, éste le comentó que la idea de la circulación mayor le había sido sugerida por la configuración anatómica de las válvulas venosas. No está tan claro si Boyle recordaba muy bien, habida cuenta de que habían transcurrido 31 años de la muerte de Harvey cuando las escribió. En todo caso, lo verdaderamente nuevo en Harvey fue su aproximación, un método que se podría denominar experimental-argumentativo: primero observaba y experimentaba, luego describía sus observaciones pormenorizadamente contrastándolas con las relatadas por otros autores, y finalmente interpretaba o hacía hipótesis sobre los hechos observados. Algo que tiene mucho que ver con el componente de invención, de imaginación en un acto de creatividad intelectual. Apropiándose de la expresión de Alexandre Koyré, se puede decir que Harvey, como Copérnico, sucumbió al “hechizo renacentista de la circularidad”, aunque,



en realidad, estaba introduciendo la explicación mecánica del movimiento fisiológico, algo que cambiaría el curso de la medicina y las ciencias de la vida. En 1632 Descartes dijo que el movimiento de la sangre en el cuerpo no es sino una circulación perpetua.

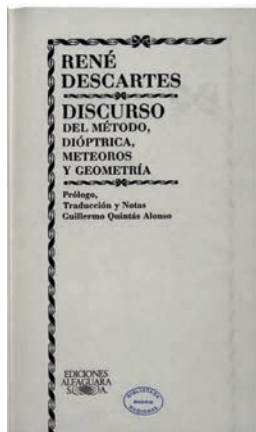
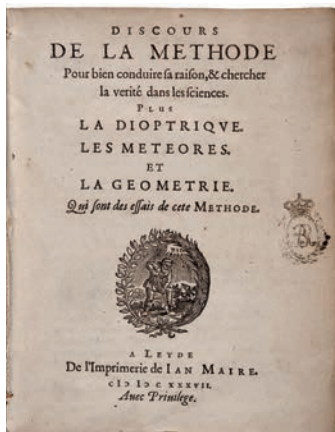
## De Motu Cordis

A diferencia de Vesalio, Harvey publicó *De motu cordis* con 50 años. La monografía comprende 72 páginas y consta de tres partes: las dedicatorias, el proemio y la exposición de la doctrina. Las dedicatorias se dirigen “al Serenísimo e Invencible Carlos de Gran Bretaña y de Hybernia, Defensor de la fe”, al doctor Argent, Presidente del Royal College of Physicians, y a los demás colegas. El amplio proemio describe su labor experimental y la exposición de la doctrina abarca 17 capítulos concisos y claros. Solo contiene cuatro ilustraciones. Existen 46 copias de la edición de

1628 que Harvey encargó al editor inglés Guillaume, o William, Fitzer afincado en Alemania, presumiblemente bajo los auspicios de su amigo Robert Fludd, quien ya había editado con él varias obras. Algunas de las copias, que se encuentran a lo ancho y largo del mundo, desde la Biblioteca Nacional francesa o el Colegio de Médicos de Filadelfia, hasta las Universidades de Yale, Glasgow, Columbia o Gotinga, contienen la hoja con las erratas y otras no. Parece que fue añadida más tarde porque Harvey no llegó a leer las pruebas. Posteriormente, se hicieron dos ediciones, una en 1635, editada por Emilio Parisano en Venecia, quien escribía su propia refutación tras cada párrafo, y otra en Leiden en 1639, una mera copia de la de Parisano con algunos añadidos. La segunda edición autorizada se editó en 1643 en Padua. La primera traducción de la obra en España apareció en 1948 en la editorial El Centauro a cargo de María Araujo prologada por Pedro Laín Entralgo.

## Buscando otro paradigma

# La filosofía, camino hacia la certeza



### Descartes, René

Discours de la methode pour bien conduire sa raison, & chercher la verité dans les science : plus la dioptrique, les meteores et la geometrie, qui sont des essais de cete methode. -- A Leyde : de l'imprimerie de Ian Maire, 1637

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 3/39376

© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

### Descartes, René

Discurso del método : Dióptrica, Meteoros y Geometría / René Descartes ; prólogo, traducción y notas Guillermo Quintás Alonso. -- Madrid : Alfaguara, 1981

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 4/186467

© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

El *Discours* se presentó en su primera edición a modo de sencilla biografía intelectual y como prefacio de tres ensayos científicos en los que Descartes pretende aplicar el método propuesto. Editada en francés para su mayor difusión, será traducida al latín posteriormente. Ha sido editado y traducido en múltiples ocasiones por separado, sin los tratados científicos que le acompañan. Tras la traducción de Manuel de la Revilla en el siglo XIX y la clásica para el siglo XX de García Morente, destacamos la primera traducción española de la obra completa publicada en 1981.



### Ojo artificial

1760-1775

Colección MUNCYT 1985/004/0205

El estudio de la trayectoria de la luz para formar imágenes en el ojo había interesado a los matemáticos más prominentes del Renacimiento. En la *Dióptrica* de Descartes, se presenta el estudio de la luz cuando pasa de un medio a otro de diferente refringencia. Este instrumento es un modelo simplificado del ojo humano y se utiliza para explicar cómo se corrigen los defectos más frecuentes en la visión: la miopía y la hipermetropía.

*Discours de la méthode*  
RENÉ DESCARTES,  
1596-1650

Filósofo, matemático y físico francés, considerado el padre de la geometría analítica y de la filosofía moderna, nació en el pueblo francés de La Haye en el seno de una familia de la baja nobleza. Se licenció en derecho por la Universidad de Poitiers y partió hacia los Países Bajos, donde sirvió como soldado durante un corto periodo de tiempo. Regresó a Francia y vendió sus posesiones para garantizarse una vida independiente. Entre 1619 y 1628 viajó y residió en varias zonas de Europa, en las que estableció contacto con prestigiosos científicos. Después de años de estudio, desarrolló un método universal de razonamiento deductivo basado en las matemáticas, en el que proponía una duda metódica, que sometiese a juicio todos los conocimientos, y que quedó formulada en su obra *Discours de la méthode* (1637). Su filosofía empezó a ser conocida, lo cual le acarreó amenazas de persecución religiosa. En 1649 se desplazó a Estocolmo, donde murió a consecuencia de una neumonía.



## DESCARTES

### *Discours de la méthode*

JMSR-JOR

Un pseudo-Descartes hablaría así: “Si primero Aristóteles y luego los aristotélicos desearon describir el mundo en su totalidad haciendo uso de misteriosas naturalezas, causas ocultas que empujan o tiran de los movimientos de los cuerpos, virtudes impresas, formas espirituales que rigen los deseos de los astros y de los cuerpos del mundo que nos rodea, ¿no podría ser yo el filósofo que libere al ser humano de las ataduras de esas creencias en formas misteriosas, le haga transitar por mundos claros y distintos, le ofrezca una imagen del mundo segura, basada en principios de los que no se pueda dudar de tan evidentes que son, y que a la vez sirvan para explicar todos y cada uno de los fenómenos que rigen los cuerpos?”

Podemos, efectivamente, imaginar a un Descartes haciendo unas reflexiones cercanas a las anteriores. Puede que nunca las formulara así, tan rotundas, tan determinadas, pero el resultado de sus primeros años de filósofo itinerante bien pudo ser una cavilación semejante. Alumno del colegio de La Fleche, formado en el espíritu de los jesuitas de casi la primera hora, tal vez asistiese a los ejercicios espirituales según las pautas de Ignacio de Loyola. Apoyado en un proceso de introspección espiritual promovido por sus educadores, alentado por su lectura de los estoicos, buscaría una nueva forma de conocimiento para entender el mundo. Además, de ese mundo Descartes recibió la influencia de la nueva filosofía que se estaba formando, una nueva especie que

se denominará como filosofía mecánica, basada en la axiología de la claridad superlativa que proviene de la matemática ante la cual tanta naturaleza se doblega.

¿Cómo podemos conocer la naturaleza con claridad y de forma total? Con esta pregunta Descartes se situó en una bifurcación muy interesante. Una opción sería tomar prestada de la matemática la claridad, y la capacidad de argumentación, para proyectarla en el análisis del mundo, y hacer que la matemática sea el lenguaje del mundo, como pensaba Galileo. Otra opción, más ambiciosa a juicio de nuestro filósofo, sería encontrar en nuestra conciencia la fuente de toda claridad, claridad que se situaría más allá de la matemática. Muchos de los científicos del siglo XVII recorrieron la primera opción. Así reconocemos las investigaciones keplerianas, galileanas y definitivamente las del propio Newton. Descartes optó por la segunda opción.

“Sin temor puedo decir”, se lee en su luminoso *“Discours de la méthode”* (*Discurso del método*) “que creo que fue una gran ventura para mí el haberme metido desde joven por ciertos caminos, que me han llevado a ciertas consideraciones y máximas, con las que he formado un método, en el cual paréceme que tengo un medio para aumentar gradualmente mi conocimiento y elevarlo poco a poco hasta el punto más alto a que la mediocridad de mi ingenio y la brevedad de mi vida puedan permitirle llegar”.

Su opción pasaba por la introspección, por el análisis de la destrucción de todas las certezas antiguas para edificar las nuevas a través de la inspección de sus conocimientos con el siguiente

procedimiento de cuyas etapas da cuenta en el mismo *Discurso del método*:

“Fue el primero en no admitir como verdadera cosa alguna, como no supiese con evidencia que lo es; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención, y no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentase tan clara y distintamente a mi espíritu, que no hubiese ninguna ocasión de ponerlo en duda.

El segundo, dividir cada una de las dificultades que examinare en cuantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución.

El tercero, conducir ordenadamente mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos, e incluso suponiendo un orden entre los que no se preceden naturalmente.

Y el último, hacer en todos unos recuentos tan integrales y unas revisiones tan generales, que llegase a estar seguro de no omitir nada.”

El método de Descartes se ha convertido en un clásico de la filosofía de la certeza, pero circuló fuera de la ciencia de su época. Su creador intentó proyectarlo en su nueva filosofía de la naturaleza del mundo, la que sostenía que no era necesario matematizar la naturaleza porque había un método más general que la contuviera entera. Tiene sentido el lugar que ocupó este Discurso en la constelación de las obras cartesianas.

Nunca un prólogo consiguió tanto predicamento, porque en definitiva, y según el juicio de Descartes, el *Discurso del método* es el prólogo

a su trilogía científica publicada en el vigor de su juventud. Hasta la matemática debía caer dentro del rigor de su método introspectivo. Construye una trilogía donde explora los tópicos de las ciencias particulares de su época, apuntando a los aspectos fundamentales que pueden llevarle a entender el mundo.

## Tres más uno

La trilogía y el prólogo, publicados en 1637, comienza con la *Dióptrica*, el estudio de la luz cuando pasa de un medio a otro de diferente refringencia. El estudio de la marcha de la luz para la formación de imágenes en el ojo había interesado a los matemáticos más prominentes del Renacimiento tardío; especialmente Kepler se vio azuzado por los requerimientos que exigían los telescopios afectados de aberraciones esféricas y cromáticas. En el discurso octavo de la *Dióptrica*, Descartes analizaba la forma que deben tener las lentes para evitar las aberraciones esféricas (aquellas que producen imágenes borrosas), e incluso proporcionaba una forma adecuada para tallar las lentes. Repárese que las lentes constituían la tecnología punta de la época, junto con la relojería. Descartes se acreditaba como matemático capaz de entrar en las discusiones de la ciencia aplicada a una tecnología muy refinada.

El segundo libro de la trilogía recibió el nombre de *Meteoros*, un título casi aristotélico que encierra un primer adelanto de lo que después, años más tarde, se encuentra en sus *Principia Philosophia (Principios de Filosofía; 1644)*. Proporcionaba la estrategia de cómo se pueden tratar los fenómenos del mundo (ya no lo denominaría sublunar) sin acudir a lugares

naturales, fuerzas impresas, y misterios causales. El tercer, y último, libro se titulaba Geometría y sentaba las bases de un nuevo tratamiento de las figuras geométricas para disolverlas en números y expresiones que faciliten su uso y manejo. No en vano se verá este libro como un paso fundamental para la construcción de la geometría analítica.

Repárese que este conjunto de libros se publicó el año siguiente de la condena de Galileo. De la misma forma que éste último no deseaba correr la suerte de Giordano Bruno, Descartes no deseaba seguir el destino de Galileo. Lo cierto es que el miedo se extendió por Europa, miedo a la larga mano de la Inquisición, que parecía tener una capacidad de aliarse con los reyes católicos y poderosos. Descartes estaba lejos de las posiciones cortesanas de Galileo, pero siempre defendió el heliocentrismo y decidió no entrar en polémicas que le acorralaran. En su caso, el Discurso del método formaba parte de su defensa. Hablaba de su experiencia en la búsqueda de la certeza, usaba su estrategia aprendida en La Fleche para justificar la elaboración de sus trabajos filosóficos, y establecía una distinción entre su mundo interior de certezas, y el mundo exterior, el mundo de la filosofía mecánica. El mundo se explicaba por medio de brillantes metáforas mecánicas donde no se suponía que existiera ninguna entidad sospechosa, ni siquiera el vacío. Todo el mundo se concebía pleno de

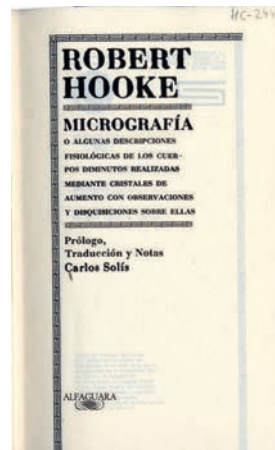
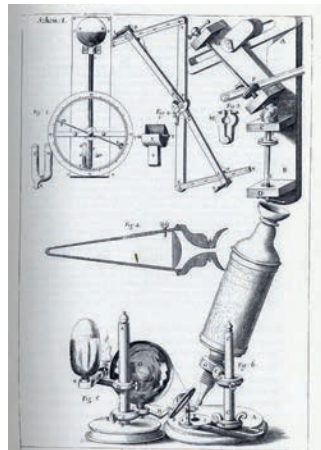
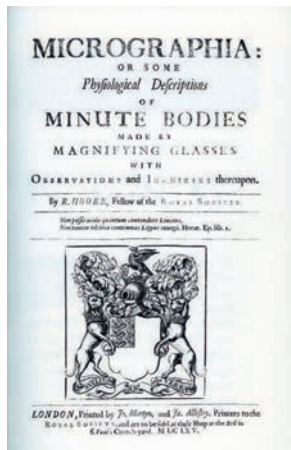
corpúsculos que se movían empujándose en un movimiento inducido por un primer impulso del creador. En el mundo cartesiano no había átomos y vacío, sólo corpúsculos, ordenados en vórtices llenando los intersticios del mundo. No había hipótesis innecesarias, solo existía la claridad de un mundo mecánico.

Tanta claridad no le impidió la polémica y los sinsabores, no evitó que sintiera miedo y no publicara su texto *Traité du monde et de la lumière* (Tratado del mundo y de la luz), que apareció póstumo (1664), que sintiera tanta incomodidad como para trasladarse a Suecia donde murió. Aunque luego fuera honrado como el filósofo de Francia. Porque su fortuna fue convertirse en un filósofo respetado y aclamado por las generaciones posteriores que difundieron esa filosofía cuantitativa y metafórica que no tenía el engorro de la matemática. Sin embargo, grandes filósofos se sintieron sus discípulos como Huygens y Leibniz, y personajes como Bernard Le Bovier de Fontenelle (1657-1757), difundieron sus ideas en libros escritos para los visitantes de los salones parisinos. Durante décadas la Académie Royale des Sciences de París, de la que Fontenelle fue secretario perpetuo desde 1697, lo consideró su filósofo, hasta que Newton desembarcó en el Continente. Fue un premio para un filósofo que había deseado fundar un conocimiento cierto, admitir post mortem que cualquier fama pasa deprisa.



## Camino a pensar nuevas estructuras

# El microscopio como herramienta de investigación



### Hooke, Robert

Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon / Robert Hooke. -- Lincolnwood : Science Heritage, 1987  
Reprod. facs. de la ed. de: London : Royal Society, 1665

MUNCYT. Biblioteca. Sig.: MAI-124

### Hooke, Robert

Micrografía o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas / Robert Hooke ; prólogo, traducción y notas, Carlos Solís. -- Madrid : Alfaguara, 1989

MUNCYT. Biblioteca. Sig.: HC-244

En su examen de la estructura del corcho (observación 18) se refiere a “pores or cells” (poros o celdas), origen del término “célula” en la biología moderna. En 1667 se reimprimió con algunos cambios en su portada, y en ese mismo año se editó una versión abreviada al alemán; no se tradujo al latín, y una edición revisada de las ilustraciones, con el texto muy resumido, apareció en 1745 con el título *Micrographia restaurata*. Hasta el siglo XX no ha vuelto a reeditarse, en Nueva York y Bruselas. La traducción española publicada en 1989 es de Carlos Solís.



### Microscopio

Siglo XVII

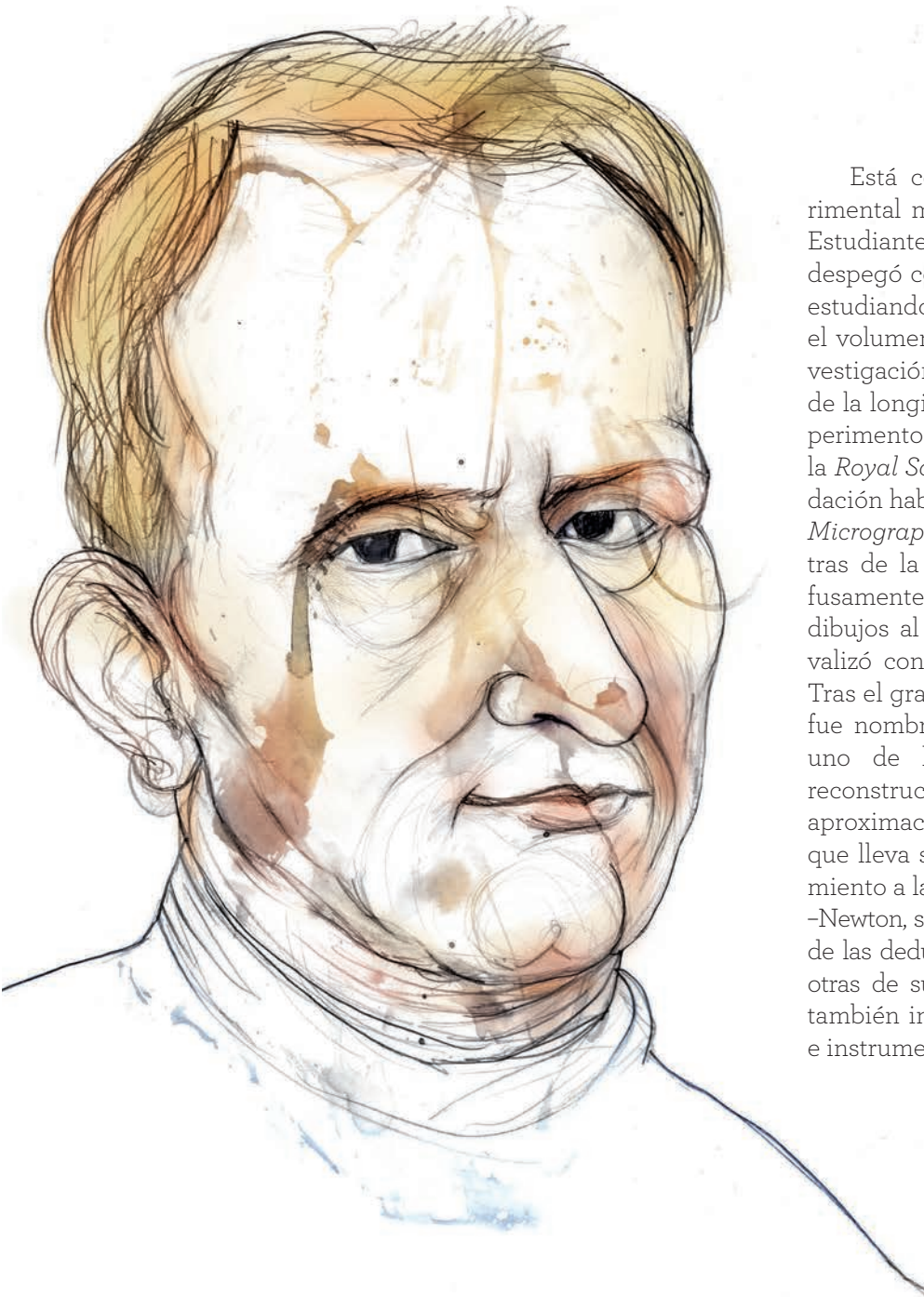
Colección MUNCYT 2001/046/0002

Este microscopio es uno de los modelos más antiguos de microscopios compuestos (aquellos que tienen más de una lente). El sistema de enfoque es muy sencillo; consistente en tres tubos de cartón, uno fijo y dos móviles. En el superior se encuentra el ocular y en el inferior el objetivo. La decoración en piel con adornos en oro es muy similar a las encuadernaciones de libros de la época.



*Micrographia*  
ROBERT HOOKE,  
1635-1703

Está considerado el científico experimental más importante del siglo XVII. Estudiante en Oxford, su carrera científica despegó como discípulo de Robert Boyle estudiando la relación entre la presión y el volumen de un gas. Participó en la investigación sobre el problema marítimo de la longitud y presentó multitud de experimentos a lo largo de quince años en la *Royal Society* de Londres, en cuya fundación había participado. En 1665 publicó *Micrographia*, una de las obras maestras de la ciencia de esta centuria, profusamente ilustrada con detalladísimos dibujos al microscopio, cuyo impacto rivalizó con *Sidereus Nuncius* de Galileo. Tras el gran incendio de Londres de 1666 fue nombrado, en calidad de arquitecto, uno de los tres supervisores de la reconstrucción de la ciudad. Su sencilla aproximación a la ley de la elasticidad, que lleva su nombre, así como el acercamiento a la ley de la gravitación universal -Newton, su gran rival, se sirvió de algunas de las deducciones de Hooke- constituyen otras de sus grandes contribuciones. Fue también inventor de aparatos mecánicos e instrumentos científicos de medida.



## HOOKE

### *Micrographia*

JMSR-JOR

“Sin lugar a dudas, tienen razón los filósofos cuando nos dicen que nada es grande ni pequeño si no es por comparación. ¿Quién sabe si los liliputienses van a encontrar alguna vez una nación en las que las personas sean tan diminutas con respecto a ellos como ellos lo eran con respecto a mí, e incluso si esta prodigiosa raza de mortales pudiera verse sobrepasada igualmente en algún distante y todavía ignoto lugar del mundo?”

Jonathan Swift, *Los viajes de Gulliver* (1726).

### Un asalariado entre caballeros

*Non possis oculo quantum contendere Linceus, Non tamen idcirco contemnas Lippus inungi.* Esta cita del Libro I de las *Epístolas* de Horacio que aparece sobre el anagrama de la Royal Society estampado en la portada de la obra *Micrographia, or some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries thereupon* (*Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de cuerpos diminutos realizadas mediante cristales que aumentan con subsiguientes observaciones y preguntas*) bajo el nombre de su autor, Robert Hooke, puede interpretarse como una muestra elocuente de un ingenio algo amargo. Ciertamente, los versos “porque Linceo en vista me supera,/ Y Glicón luce agilidad ignota,/¿Dejaré yo de curar mi ceguera,/ Resignareme a dolorosa gota?”, son susceptibles de leerse como una ironía de Hooke

referida a sí mismo y a su posición en la Sociedad Real de Londres para el Fomento del Saber Natural. Constituida oficialmente en 1660 por miembros que satisfacían cuotas – filósofos naturales, matemáticos, astrónomos, físicos y, en suma, todo aquel que en Inglaterra tenía alguna relevancia en lo que a la actividad científica se refiere – solo tenía dos puestos remunerados, el de secretario (ocupado por Henry Oldenburg) y el del *curator*, o encargado de los experimentos científicos. Para éste último, creado en 1662, el noble Robert Boyle había propuesto a la persona de Robert Hooke.

Según las investigaciones que, por centenares, los historiadores han llevado a cabo, Hooke siempre fue considerado por los miembros prominentes de la Royal Society un mero empleado y nunca un par, no obstante la ingente actividad que desempeñó en esta institución para la que trabajó durante cuarenta años; algo que puede apreciarse en el número de veces que se menciona su nombre en las actas. Pero más agravio que su situación de asalariado, que no le impidió realizar una actividad que le satisfacía aunque con el inconveniente de que no se le prestara la misma atención que a los “caballeros”, fue el hecho de que las aportaciones que enviaba a las *Philosophical Transactions*, nombre de la publicación periódica de esta institución, fuesen saboteadas por Oldenburg, que las escamoteó de la publicación, que él controlaba. Hooke, quien sin duda fue individuo singularmente dotado para llegar a simultanear el cargo de encargado de supervisar y proponer experimentos semanalmente a la Sociedad con los de inspector municipal, encargado de las conferencias Cutlerianas sobre mecánica y profesor de geometría en el Gresham College, no pasó de la consideración de subordinado para la mayo-

ría de sus colegas. Ideas o “visiones” como el hecho de darse cuenta de que Júpiter rotaba sobre su eje o de haber sido quien fabricara el aparato con el que Boyle investigó experimentalmente la expansión del aire, sus leyes de la elasticidad y su modelo de resortes atómico, que después tomó Newton, sus descubrimientos ópticos (incluyendo su defensa de la naturaleza ondulatoria de la luz) o su formulación imperfecta de la ley gravitacional del inverso del cuadrado de la distancia tuvieron la mala fortuna de toparse con potencias tan portentosas como las de Newton y Huygens, y con su natural inclinación a la dispersión. Según Ian Hacking (*Representing and Intervening*; 1983), “es la diferencia entre la teoría y el experimento lo que explica el motivo por el que Hooke es tan desconocido. Se debe también al hecho de que Boyle era noble, mientras que Hooke era pobre y autodidacta. La diferencia de categoría entre la teoría y el experimento se modela mediante el rango social”.

Con todo, Hooke, que no dejó de curar su ceguera, legó a la posteridad su genio entre los trazos de las ilustraciones de las treinta y ocho láminas (planchas) y sus respectivas descripciones de su *Micrographia*, obra que a la postre le encargó la propia Royal Society en 1663 con el fin de preparar un elegante libro para “entretenimiento del rey” que mostrase sus observaciones microscópicas. Hooke se había revelado como un gran instrumentista: desarrolló un termómetro sellado que usaba etanol en lugar de aire en el que el cero (punto fijo) estaba situado en el punto de congelación del agua destilada y los grados correspondían a milésimas del volumen inicial que sirvió de modelo para los primeros intentos de estandarización, inventó un anemómetro, pluvio-

metros y técnicas de pulido de lentes mecánico. Aunque Galileo, Jan Swammerdam, Nehemiah Grew, Reigner de Graaf y Marcello Malpighi, entre otros ya habían usado microscopios, Hooke fue el primero en desarrollar un microscopio compuesto apto para las observaciones científicas en un sentido más profundo. Y pese a que en las décadas anteriores se habían publicado algunas obras no excesivamente reseñables sobre observaciones con el microscopio, *Micrografía: o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas* (1665) causó gran impacto por las extraordinarias ilustraciones de un universo más diverso, más poblado y delicadamente estructurado de lo que nadie hubiera imaginado hasta entonces. Se trataba de una edición de gran formato, aproximadamente tamaño folio que, a diferencia de las obras italianas como las de Francesco Redi y Marcello Malpighi, y las holandesas de Huygens, Swaderrmam y Leeuwenhoek, se centraba más en la filosofía natural.

## La imagen manifiesta y la imagen latente

Pero ¿qué aportó Hooke para hacer de la palabra microscopio, inventada por Giovanni (o Johann) Faber (1574-1629), un término clave para el desarrollo de la ciencia? Otro modo de ver: la visión interior. La corriente mayoritaria en la historia de la ciencia ha tendido a olvidar la contribución de la protobiología a la Revolución Científica. En efecto Newton, Kepler, Galileo, Huygens, Newton, y también Descartes, han configurado un relato dominado por la matemática, la mecánica y la astronomía. Así, la analogía inversa del

microscopio y la microscopía con el telescopio y la astronomía es casi inevitable. Las ilustraciones de Hooke eran el correlato de las ilustraciones de Galileo en *el Sidereus nuncius*. No obstante, esta analogía tan intuitiva y esclarecedora, pese a ser muy tentadora, no es del todo exacta. El modelo del racionalismo cartesiano-mecanicista y el empirismo baconiano que tan bien funcionaban en el plano de la construcción de modelos mecánico-matemáticos que daban cuenta del mundo macroscópico no alcanzaba a proporcionar una explicación comprensiva e inteligible de los fenómenos microscópicos. La microscopía no era el reverso de la astronomía sin más. Cabría insertar el libro de Hooke en una tercera vía y clasificarlo de *rara avis* que abrió otros caminos. En primer lugar, puso en cuestión el tipo de explicaciones que requerían en exceso de las causas formales y finales. En segundo lugar, sustituyó los poderes ocultos, las predisposiciones y las potencialidades de los cuerpos por texturas subdivisibles y movimientos, dotando así significado a las interpretaciones corpuscularistas cartesiano-leibnizianas y a las interpretaciones matemáticas de Galileo y Newton. En tercer lugar, la observación microscópica abrió un mundo a la observación basada en la experiencia y no en el puro pensamiento abstracto.

La diferencia de Hooke respecto a micrógrafos anteriores no sólo residió en que su *Micrographia* fuese el primer libro dedicado por completo a este tipo de observaciones y a que a su escrutinio del micromundo se expresara en un orden ascendente en la escala de la naturaleza: objetos inanimados, partículas vibrantes, fuego, luz, colores, reino inorgánico, reino vegetal, reino animal, sino a que lo hacía proporcionando un alto grado

de “interpretación”, tanto en la misma forma de ilustrar o dibujar lo que observaba a través del microscopio, como en las descripciones que ofrecía. “A través del microscopio, un pelo aparece completamente perforado de lado a lado, y esponjoso, como una especie de pequeña esponja de coral de esas que se suelen encontrar a menudo en las orillas de las playas inglesas; pero a pesar de que lo corto transversalmente, no puedo percibir que tenga poros que discurren longitudinalmente”. Este extracto es parte del texto que acompañaba el dibujo de un pelo de ciervo en la *Micrographia*; un pelo que también había sido observado mediante el microscopio por otro colega de la Royal Society, John Wilkins (1614-1672), sin sugerirle más que una estructura de cañón tubular. Al mirar repetidamente el mismo objeto, cortando y recortando una y otra vez los especímenes, Hooke veía o interpretaba cosas distintas: “Por tanto, nunca comienzo a hacer mis bocetos antes de haber hecho mis exámenes bajo distintas luces, en distintas posiciones bajo esas distintas iluminaciones, hasta que descubro su auténtica forma.”

El microscopio socavó lo que era clara y distintamente visible, la “imagen manifiesta” del mundo proveyéndonos de una “imagen latente” que sugería la posibilidad de nuevas interpretaciones, no ocultas, de la naturaleza. Pero estas “nuevas visiones” requerían un nuevo marco interpretativo al que Hooke llamaba la “filosofía real, experimental y mecánica” donde el instrumento no era un mero apéndice, sino que tenía poder explicativo en sí mismo supliendo y proporcionando lo que faltaba a los sentidos. La filosofía mecánica de Hooke, a pesar de que era deudora de la filosofía mecánica cartesiana, no era una mera prolongación de ésta, sino que se

completaba con la destreza mecánica que Hooke poseía sumada a “lo experimental”. Es decir, la mecánica debía ajustarse al método que iban trazando, al paso que iban marcando los sentidos y los instrumentos al socaire del mismo acto de observar; la razón y la lógica por sí solas eran deficientes para descubrir lo que sentidos e instrumentos podían revelar.

## El ojo del artista

Entre las características de lo microscópico que primero identificó Hooke estaban las pequeñas cámaras de las plantas, que él llamó “células” porque, al parecer, le recordaron a las celdas de los monjes. Hooke calculó que en una pulgada cuadrada de corcho había 1.259.712.000. Consideraba, en efecto, que era sumamente difícil descubrir la verdadera forma de los objetos o cuerpos. A este respecto, recientemente se ha reivindicado la importancia de su relación con el arte como un hecho fundamental que contribuyó a desarrollar ese “ojo diferente” y su capacidad de traducir y verter al papel lo que veía.

La relación de Hooke con el arte fue temprana. En 1648 fue enviado a Londres desde la isla de Wight a aprender con el pintor holandés Peter Lely (1618-1680). No está muy claro cuánto duró su estancia con él, aunque sí que mantuvieron el contacto a lo largo de los años. De hecho, por ejemplo, mencionó en su diario que había acudido a visitarle para hablar de cuestiones sobre la *camera obscura*, un artilugio óptico

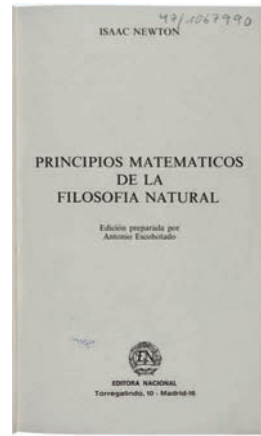
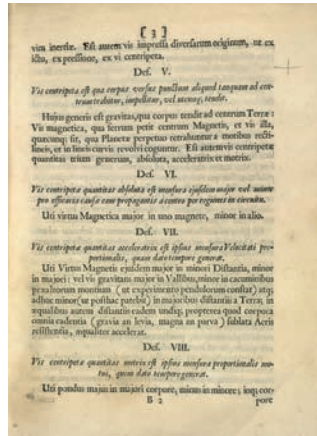
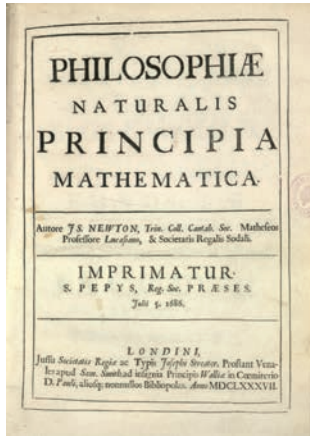
que mencionaría más veces ya que además fue un objeto del que se ocupó como *curator* de los experimentos en la Royal Society. También se interesó por las técnicas de dibujo y por el mundo de los impresores y grabadores londinenses. En la Sociedad Real le solían pedir que dibujara él los especímenes debido a la precisión con que los dibujaba: se preocupaba grandemente por reflejar las depresiones y las prominencias, por distinguir un reflejo de una zona simplemente más clara o por tratar de expresar con nitidez la profundidad o el contraste.

Las planchas de la *Micrographia* maravillaron a los que las contemplaron en el XVII. El libro circuló por Europa y constituyó la base de las ilustraciones de muchos otros libros de microscopía. Incluso los que no estaban de acuerdo con Hooke, como Filippo Buonanni o Johann Griendel, copiaban sus imágenes. Sus planchas continuaron imprimiéndose mucho después de su muerte. En 1745 y en 1780 se proyectó una segunda edición, *Micrographia restaurata*, en la que se mantendrían las ilustraciones y se cortarían los textos. La obra no se tradujo a otros idiomas, pese a que se convirtió en el estándar del que se partiría para las posteriores representaciones del mundo microscópico y en sus textos se aunaba la audacia interpretativa de incisivo aliento teórico con una exuberancia de datos.

La editorial Alfaguara publicó en 1989 una traducción al castellano, debida a Carlos Solís, de esta Micrografía.

# Se culmina la Revolución Científica

## Una síntesis de la mecánica, para Cielos y Tierra



### Newton, Isaac

Philosophiæ naturalis principia mathematica / autore Is. Newton, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.  
-- Londini : Jussu Societatis Regiæ ac typis Josephi Streater, prostant venales apud Sam. Smith ..., 1687

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca Histórica "Marqués de Valdecilla". Sig.: BH FLL 20466  
© Fotografía Biblioteca Histórica de UCM

### Newton, Isaac

Principios matemáticos de la filosofía natural / Isaac Newton ; edición preparada por Antonio Escohotado. -- Madrid : Editora Nacional, D.L. 1982

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 9/177127  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

Desde su primera edición fue reseñada en las principales revistas científicas de la época: *Philosophical transactions*, *Bibliothèque universelle*, *Acta eruditorum* y *Journal des sçavans*. La primera edición fue modificada por su autor en dos versiones sucesivas en 1713 y 1726. Con unos cientos de ejemplares de su primera edición se conocen traducciones inglesas y francesas del siglo XVIII. La primera traducción al castellano es de 1982 a cargo de Antonio Escohotado, a partir de la última edición latina y principalmente de la edición inglesa de 1729.



### Tubo de Newton

Principios S. XIX  
Colección MUNCYT 1985/004/0895

Con estos tubos es posible comprobar que la velocidad a la que caen los cuerpos en ausencia de rozamiento –es decir, en condiciones de vacío– es igual para todos, independientemente de su peso o forma. Para ello, se disponen en su interior distintos sólidos –corcho, pluma, esferas de arcilla, papel y madera– se practica el vacío en su interior y se invierte bruscamente el tubo.

*Philosophiae Naturalis  
Principia Mathematica*  
ISAAC NEWTON,  
1642 - 1727

La mañana del día de Navidad en Inglaterra, 4 de enero en el resto de Europa, nació un niño prematuro al que los médicos desahuciaron. El abandono de su madre marcó su carácter introvertido, silencioso e irascible que le haría mantener grandes enfrentamientos con científicos de su época. Desde niño aprendió sobre todo de sus lecturas. Alentado por sus tíos ingresó en el Trinity College de Cambridge, donde obtuvo la cátedra Lucasiana de matemáticas; en esta época desarrolló la mayor parte de sus investigaciones. La llegada de la peste negra a Londres y su retiro en el campo lo alejaron momentáneamente de sus obligaciones como profesor, lo que le proporcionó un tiempo de estudio que culminó en 1687 con la publicación de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, obra en la que recoge los principios básicos de la dinámica, enunciando sus tres famosas leyes de la gravitación universal, y explicando con las mismas tanto el movimiento de los planetas según las leyes de Kepler como la caída acelerada de los cuerpos en la Tierra. Así se culminó la gran Revolución que destronó de la cultura la dualidad aristotélica entre cielos y tierra. Fue honrado con funerales de Estado, y sepultado en la Abadía de Westminster.



## NEWTON

### *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

JMSR-JOR

*“Nature and nature’s laws lay hid in night;  
God said ‘Let Newton be’ and all was light”.*

Alexander Pope (1688-1744)

*“La Naturaleza y sus leyes permanecían ocultas en la noche; Dios dijo, ‘Hágase Newton y todo fue luz’*

(Alexander Pope)

Si fuéramos partidarios de interpretaciones animistas diríamos que Isaac Newton fue el sustituto de Galileo Galilei. Podríamos imaginar que el espíritu que abandonaba el cuerpo de Galileo en enero del 1642, volvía para reaparecer en el niño que nacía ese mismo año, meses después, en la Navidad de una ciudad inglesa. Si los dos fueron capaces de explicar la marcha de la mecánica y el nacimiento de la gran ciencia que asombraría a todos los contemporáneos, ¿por qué no imaginar una continuidad semejante? A decir verdad, no somos partidarios de la metempsicosis, entre otras cosas por el engorro que supone tener que justificar si fue una mejora el paso de Galileo a Newton o significó un retroceso para la supuesta alma perdida.

Lo cierto es que la vida de Newton tuvo sus sabores, sin duda, pero no comparables con los de Galileo. Lo tendríamos mal para escribir unas vidas paralelas entre ambos. Aunque lo cierto sea que Newton también perteneció a una universidad, el Trinity College de Cambridge, donde estuvo desde 1661 hasta 1696, fecha en que abandonó la universidad para trasladarse a Londres y, en cierta mane-

ra, convertirse, más o menos y a la británica, en un cortesano.

Durante su estancia en Cambridge leyó todos los filósofos que influían en la época, polarizada hacia en el mundo de la filosofía mecánica: todas las obras de Kepler, Galileo, Descartes, Borelli, Hobbes, Gassendi, Hooke y Boyle, que circulaban ampliamente en la sociedad universitaria inglesa. Según parece Newton los leyó con provecho, y de esta época son sus investigaciones más innovadoras y la redacción de los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principios matemáticos de la filosofía natural). Fue admitido en la Royal Society en 1672, y por esa época llegó a pelearse con aquellos *fellows* que no aceptaron sus ideas acerca de la naturaleza de la luz. Especialmente, su disputa con Robert Hooke inauguró una de las enemistades más famosas de la historia de la física. Manifestó de esta forma Newton un carácter difícil, esquinado, y sin duda implacable. Lo cierto es que cuando años más tarde ocupó la presidencia de la Royal Society intentó borrar todas las huellas de su enemigo Hooke, ya muerto. Su gran obra, los *Principia*, vio la luz en 1687, superando casi todas las dificultades, algunas de ellas causadas por su temperamento. Por lo demás, con este libro Newton se convirtió en una referencia casi inevitable, al presentar la gran síntesis de la mecánica de la época. Dejó de ser universitario en ejercicio para ser director de la Casa de la Moneda de Londres, y su labor dificultó, sin duda con acierto, la vida de los falsificadores. La reina Ana le nombró caballero del reino en 1705, lo que le permitía usar el sobre nombre de Sir, siendo el primer caballero de la física en la historia de Inglaterra.



## El libro que habla de las causas que rigen todas las cosas

El 5 de julio de 1687 en el calendario juliano, es la fecha de publicación de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, conocida habitualmente por la primera palabra latina de su título, *Principia*. El idioma de su escritura, el latín, indicaba el público a quien se dirigía: expertos en matemáticas y en mecánica, astrónomos, filósofos y universitarios. Podemos conjeturar que la inclusión del adjetivo matemáticos, aludía al rigor, a un deseo de reducir las leyes de la naturaleza a leyes matemáticas. Observando esa intención, se aprecia la decidida filiación de Newton con Kepler y Galileo (el libro de la naturaleza está escrito en caracteres matemáticos, llegaría a afirmar este último en *Il saggiatore*), y la clara necesidad de apartarse de la tradición cartesiana que se encuentra recogida en los *Principia philosophia*, publicada, recordemos, en 1644 y que formaba parte de las lecturas imprescindibles de quienes quisieran describir el mundo a través de las sugerentes metáforas cartesianas por medio de los torbellinos o vórtices.

Los *Principia* conocieron tres ediciones en vida del autor: a la de 1687 siguió otra en 1713 y una final en 1726. Todas ellas fueron reimpresas. En 1729, ya muerto Newton, comenzaron las ediciones en inglés, y en 1756 apareció la primera traducción al francés, realizada, con la ayuda del matemático Alexis Clairaut, por la marquesa de Châtelet, Emilie-Gabrielle (1706-1749). Tardaron las traducciones a otras lenguas, lo que no impidió la difusión de la obra y su transformación en una referencia para los matemáticos que desarrollaron la mecánica racional durante los siglos XVIII y XIX.

En el prólogo al lector, Newton advertía de su propósito. Distinguía la mecánica práctica, muy interesante para los artesanos, de aquella mecánica que desea alcanzar la perfección y exactitud de la geometría. Invocaba el interés de la mecánica racional como una ciencia, “propuesta y demostrada exactamente, de los movimientos que resultan de cualesquiera fuerzas y de las fuerzas que se requieren para cualesquiera movimientos”. De ese modo planteaba lo que podía ser de forma general un problema de la nueva mecánica, y proseguía diciendo que su solución no se encontraba por medio del estudio de las artes (es decir, la tecnología que resuelve problemas prácticos), sino con la ayuda de los principios matemáticos de la filosofía.

Así los *Principia* se presentan como una obra completamente deductiva, donde a partir de unas proposiciones muy generales se pueden demostrar propiedades mecánicas a modo de teoremas. La estructura parece extraída de la más pura tradición euclídea. De los tres libros de que consta, el primero trata del movimiento de los cuerpos en el vacío, de los movimientos de los cuerpos sin resistencia. Comienza con ocho definiciones (como el libro primero de los *Elementos*), donde se establece el vocabulario que va a regir en la obra, y la introducción del espacio y tiempo absolutos. A continuación formula los axiomas o leyes del movimiento, que introducen de forma rigurosa los conceptos de movimiento, reposo, a través de un principio de inercia, de la adscripción del movimiento real a la existencia de fuerzas, y de la ley de acción y reacción. Constituye este primer libro un tratado de mecánica general, que será el germen de los libros de mecánica posteriores y a través de sus definiciones esconde matices que no fueron notados por sus contemporáneos, como por ejemplo la distinción

entre masa inercial y gravitatoria, que siglos más tarde Einstein llamaría la clave que pasó inadvertida. Este primer libro rescata una gran parte de los conocimientos de mecánica de sus antecesores e incluso de sus contemporáneos. Reformula principios como los de inercia y relatividad, de forma que puedan ser usados en una teoría apta para describir el sistema del mundo. En el segundo libro, Newton estudiaba el movimiento de los cuerpos en medios resistentes o fluidos, incluyendo una acerada crítica de la teoría de los vórtices cartesianos.

Denominó al tercer libro de su obra “Sobre el sistema del mundo”, presentándolo como una aplicación significativa de todo lo que había desarrollado en los dos libros anteriores: “He ofrecido en los Libros anteriores principios de filosofía, aunque no tanto filosóficos cuanto meramente matemáticos, a partir de los cuales tal vez se pueda disputar sobre asuntos filosóficos. Tales son las condiciones de los movimientos y las fuerzas que en gran medida atañen a la filosofía. Sin embargo, para que no parezcan estériles, los he ilustrado con algunos Escolios filosóficos en los que he tratado sobre aquellas cosas que son más generales y en las cuales la filosofía parece hallar mayor fundamento, tales como la densidad y resistencia de los cuerpos, los espacios vacíos de cuerpos y el movimiento de la luz y de los sonidos. Nos falta mostrar, a partir de estos mismos principios, la constitución del sistema del mundo.”

## El sistema del mundo

Ese tercer libro no constituía una parte cualquiera de la obra, sino el final, su objetivo, la prueba de que toda la obra tenía sentido. Por eso comienza tratando de las reglas para filosofar, como una defensa anticipada de todos los ataques que sufriría su audacia de presumir poder formular la causa de

todos los movimientos de los planetas y además la causa de los movimientos de gravedad de todos los cuerpos. El tema clave de todos los libros de mecánica de la época que Newton pudo haber leído se centraba en el debate acerca de la naturaleza de la fuerza centrípeta. Filósofos como Descartes, Huygens y Borelli, entre otros, habían considerado que este tipo de fuerzas estaban en el núcleo del problema de la causa física del movimiento de los planetas, una cuestión que ya había atormentado a Kepler. El tercer libro de los *Principia* ofrecía el itinerario que llevaba a su autor desde esta fuerza centrípeta a la fuerza de gravitación universal, es decir, a la formulación de la atracción gravitatoria como la causa del movimiento del mundo. Va demostrando cómo una fuerza central con origen en el Sol puede ser la causa de imprimir un movimiento a los planetas que cumpla con las leyes de Kepler, especialmente de la ley que considera constantes las velocidades areolares. Desgrana después las características matemáticas de la ley, proporcional al producto de la cantidad de materia que tiene cada cuerpo, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Que esta ley fuera universal, que afectara a todos los cuerpos, suponía que desaparecían para siempre las fronteras entre los mundos terrestre y celeste.

La pasión contenida en los *Principia* era tan enorme que allí se deseaba explicar con rigor el funcionamiento del mundo. Algún débito tenía que ofrecerse a cambio. Se debía imaginar y aceptar que los cuerpos materiales e inertes se atraían entre sí. ¿Quería esto decir que dos gigantes pedruscos como la Tierra y la Luna se atraían entre sí y se “conocían”? ¿Sugería la teoría que los planetas se conocen a través de su materia? Problemas, de carácter muy profundo,

que Newton resolvió utilizando fuerzas a distancia; esto es, fuerzas que se transmiten, aparentemente de manera “milagrosa” sin necesitar de ningún soporte o medio, e instantáneamente, y sobre las que Newton no creía que pudiesen ser la “solución última”, aunque era un científico lo suficientemente bueno como para comprender que lo importante es describir los fenómenos, y las acciones a distancia servían bien para esto. Los cartesianos más irritables encontraron mucha carnaza en estos débitos teóricos de Newton. Otros, más refinados como Leibniz, intentaron replicar demostrando que la teoría de los vórtices podía ofrecer una solución matemática a la altura de la de Newton; pero fracasó Leibniz al intentarlo, y fracasaron los leibnizianos posteriores. Fracasaron, en definitiva, los cartesianos en proporcionar una teoría competidora que tuviera un rigor matemático comparable a la del inglés. Y así, Newton reinó en la mecánica por muchos años, décadas y siglos, porque esos pedruscos planetarios no le defraudaron.

## Cómo se impone una filosofía natural

Si lo creyéramos caeríamos en el error de pensar que las buenas teorías se difunden e imponen solas. No suele ocurrir así, y tampoco sucedió con una teoría tan magnífica como la de Newton. La teoría de la gravitación tuvo buenos portavoces y buenos lectores. A pesar de su carácter atravesado, Newton disfrutó de amigos como Edmund Halley y admiradores como Willem 's Gravesande (1688-1742), que fueron generosos con el maestro y magnánimos a la hora de soportar sus rarezas.

Además tuvo traductores que supieron trasladar sus demostraciones geométricas al análisis que se iba imponiendo en las matemáticas. Aunque Newton había parido un tipo de análisis infinitesimal en su teoría de fluxiones, no lo usó en los *Principia*, explicado en un tipo de geometría arquimediana. Pocas décadas después de la publicación de su obra, Pierre Varignon (1654-1722), insigne matemático leibniziano, realizó la tarea de la traducción al cálculo infinitesimal de las enrevesadas construcciones geométricas, pensando que la claridad del análisis podría revelar mejor las trampas de la mecánica gravitacional. Entre 1700 y 1710 publicó varias memorias sobre los *Principia* y el resultado fue el contrario al esperado. Con el nuevo cálculo las ideas de Newton parecían ser más poderosas y sugerentes. Se convirtieron en lectura obligada de los primeros matemáticos franceses, como Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), que se convirtieron en acérrimos defensores de las ideas gravitacionales frente a los cartesianos.

La influencia de las representaciones cartesianas no desapareció, y se puede decir que gozó de buena salud durante gran parte del siglo XVII-II en Francia, aunque se resintió por los sucesivos triunfos de los partidarios de la filosofía natural de Newton. La polémica sobre la forma de la Tierra y la predicción del retorno del cometa avistado por Edmund Halley (1656-1742) en 1682, y que pasó de nuevo por su perihelio en 1759, según las predicciones de los matemáticos de la Academia de las Ciencias de París, fueron argumentos que confirmaron que los planetas y cometas se sometían al parecer a las leyes gravitacionales. El continente comenzó a respirar de forma newtoniana.



*Systema Naturae*  
CARLOS LINNEO,  
1707-1778



Naturalista y médico sueco, la vida de Carl von Linné se enmarca en una época fértil en exploraciones científicas, tanto en Europa como en América: las novedades y descubrimientos en el mundo natural apremiaron a la búsqueda de un sistema para su organización. Si bien estudió medicina, su temprano interés por la botánica —estudiando las montañas escandinavas y Laponia— decantó su trabajo hacia el desarrollo de un innovador sistema de clasificación de los seres vivos: una nueva nomenclatura binomial heredera de la lógica aristotélica que plasmaría en su obra capital, *Systema Naturae* (1735). Profesor de medicina y botánica en la universidad de Uppsala, su herbario se nutrió de las semillas y plantas enviadas desde remotos lugares del planeta por sus discípulos, muchos de los cuales perecieron en estas misiones. Linneo alcanzó fama mundial a través de sus minuciosas descripciones taxonómicas, principalmente del mundo vegetal.

## LINNEO

### *Systema Naturae*

JMSR-JOR

“Dios creó y Linneo ordenó”. Estas palabras, atribuidas al propio Linneo, describen con justeza lo que tal vez sea una mezcla perfecta de pasión y perentoria necesidad intelectual: la de describir, organizar, clasificar, sistematizar. Con solo 28 años, el “Príncipe de los botánicos”, como se conoce a Carlos Linneo, o Carolus Linneaus, nombre latinizado con que gustaba de firmar sus trabajos, dio forma a la primera versión de una docena de páginas de *Systema Naturae per regnatria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis* (Sistema natural, en tres reinos de la naturaleza, según clases, órdenes, géneros y especies, con características, diferencias, sinónimos, lugares; 1735-1770), que alcanzaría a editarse, en sucesivas versiones corregidas y aumentadas, doce veces. Pese a que la décima, publicada en dos volúmenes impresos en Estocolmo entre 1758 y 1759, fue fijada como la definitiva, Linneo llegó a ver una duodécima edición que constaba de 2.300 páginas y que también se publicó en Estocolmo, entre 1766 y 1768.

La historia de las 2.286 páginas que distan entre la primera y la última versión es una aventura fascinante que se corresponde con la cronología de los viajes ilustrados para recopilar la diversidad del planeta, con la crónica de la apropiación y explotación de la exuberante riqueza del mundo mediante la nomenclatura, la fundación de jardines botánicos y semilleros, gabinetes zoológicos o laboratorios químicos, así como con la historia

de la transición del fijismo creacionista a las teorías transformistas que devendrían en el gran árbol de la evolución.

El padre de la taxonomía moderna – la nomenclatura binomial –, comúnmente conocida como nombre científico de los seres vivos, se planteó clasificar, primero las plantas, y más tarde los animales, pensando que era una tarea finita puesto que estaba convencido de la estabilidad de las especies, de que éstas eran fijas e inmutables y habían sido dispuestas tal y como eran por Dios. Auténtico enamorado de las flores y las plantas, como sólo podía serlo el hijo de un pastor luterano sueco apasionado de la jardinería, Linneo se dedicó a recoger y estudiar plantas, primero en Uppsala, ciudad en la que estudió medicina, luego en sus viajes a Laponia y, más tarde, a Holanda, Dinamarca y norte de Alemania. Pero, ¿cómo clasificarlas? Desde tiempo inmemorial los sabios se habían esforzado por establecer clasificaciones de diverso tipo, por tamaños, por formas, colores, atributos. En su empeño taxonómico, Aristóteles empleó diversos criterios hasta decantarse por el morfológico en el que tenía en cuenta, tanto las estructuras internas, como las externas. Usó las nociones de género y especie, y consideró que las diferencias más relevantes eran las específicas. La clasificación de Aristóteles (*Scala Naturae*) de los seres vivos perduraría hasta Linneo.

Igual que las de Aristóteles, las clasificaciones elaboradas por Linneo eran jerarquizaciones de carácter descendente, que comenzaban en las formas más complejas para terminar en las de organización más sencilla (cada categoría se encuentra comprendida en otra superior: especie, género, familia, orden, clase, phylum y reino). Su conocimiento del reino vegetal le llevó a selec-

cionar la característica que consideraba esencial conforme a la que establecer la jerarquización y así determinar la organización. Este rasgo fundamental no era otro que las conspicuas estructuras reproductivas de las plantas. Tomó como base los pistilos y los estambres, y según su número y disposición, agrupó las plantas en veinticuatro clases. Así diseñó un “sistema sexual” basado en los caracteres de la fructificación que dio lugar a descripciones que se servían del paralelismo con la sexualidad humana – quizá el recurso gráfico que tenía más a mano – y resultaban de una procaacidad o erotismo botánico que causó cierto escándalo a la par que llamó la atención de muchos individuos que de otro modo no hubieran tenido el menor interés en los desarrollos de la botánica. Valgan de ejemplo descripciones como: “los filamentos de los estambres son los conductos seminales, el estilo del pistilo es la vagina, el ovario de la flor es el ovario femenino, las cápsulas de las semillas son el ovario humano maduro y la semilla es el huevo”, o esta reseña del lirio: “tres ruborizadas doncellas [pistilos] a la intrépida ninfa atienden. Y seis jóvenes [estambres], séquito enamorado, la defienden.”

También ideó el sistema binomial mencionado antes, algo así como el nombre y apellido, frente al polinomial que se empleaba hasta entonces, en el que con frecuencia se añadían a un nombre distintos adjetivos que pretendían describir y restringir la especie de que se tratara. Estas largas ristas de palabras latinas eran imposibles de recordar y variaban de un botánico a otro o de una región del mundo a otra; por ejemplo, la rosa silvestre podía denominarse *Rosa sylvestris inodora seu canina* o *Rosa sylvestris alba cum rubore*. Con su método, Linneo identificaba a la planta o

animal mediante dos palabras, una genérica en mayúscula, y otra específica en minúscula: *Pyrus communis*. La idea que subyace es la de “nombres índice”. Es decir, separó la denominación (nomenclatura) de la descripción diagnóstica (identificación); esto es, no importaba que el nombre fuera o no descriptivo, sino que fuera universalmente aceptado por consenso. Así, por ejemplo, el perro y el lobo pertenecen al género *Canis* (“perro”) pero el perro es *Canis familiaris* y el lobo *Canis lupus*. Linneo extendió su sistema al resto de los seres vivos conocidos en la época.

## Viaje virtual

Pero siendo que en la edición final esas 2.300 páginas ya contenían datos referentes a casi ocho mil especies de plantas y más de cuatro mil especies de animales de todo el planeta, lo asombroso es que, tras sus primeros viajes, Linneo no saliera nunca de Suecia. Fueron sus “apóstoles”, como él los llamaba, sus discípulos y estudiantes, los que viajaron y recorrieron el mundo recopilando y enviándole todo tipo de ejemplares. En un principio, se trataba de discípulos a quienes ayudaba a labrarse un futuro en el espinoso mundo de la Academia, bien ayudándoles a buscar financiación o bien recomendándoles para puestos, pero a lo largo de los años, a medida que los ecos de sus afanes llegaban a rincones más remotos del globo, el espectro de los correspondientes que trabajaron por su causa se amplió a boticarios, cirujanos, misioneros, botánicos de ultramar. Linneo estuvo a cargo de la mayoría de estos proyectos, alentándolos, buscando financiación o estando al tanto de las expediciones que se proyectaban. No resulta difícil imaginar el volumen de su correspondencia.

Christopher Tärnström (1703-1746) viajó a China; Pehr Kalm (1715-1779) a América; Olor Torán (1718-1753) a China y Java; Fredick Hasselqvist (1722-1752) al Cercano Oriente a Egipto, Palestina, Siria, Chipre, Rodas; Pehr Osbeck (1723-1805) a China; Daniel Rolander (1725-1793) a Sudamérica; Pehr Löfling (1729-1756) a España y Sudamérica; Pehr Forsskål (1732-1763) a Arabia; Andreas Sparrman (1748-1820) realizó la segunda circunnavegación con James Cook. Cabe citar también a Klas Alströmer (1736-1744), a Daniel Carl Solander (1736-1782), a Carl Peter Thunberg (1743-1828), a Johan Gerhard Köning (1728-1785) y al insigne Celestino Mutis, quien desde la Nueva Granada y en las más variadas situaciones, se consolidó como un auténtico corresponsal de Linneo llegando a formar dos ricas colecciones para enviarle, que constaban de herbarios, descripciones, dibujos, semillas, frutas y aves disecadas. “Aquí, bajo el mismo ecuador”, escribía Mutis a Carlos Linneo hijo en 1776, “donde las ciencias útiles van logrando los mayores progresos, y donde tal vez [se] puede sospechar que nuestras queridas musas fijarán su asiento en los siglos venideros.”

## ¿Ordenar es entender?

Desde el Génesis, ni siquiera Plinio había llevado a cabo un acto tan ambicioso de imposición de nombres. No cabe duda de que Linneo era plenamente consciente de ello: “No hay nadie”, llegó a escribir sobre sí mismo, “que haya trabajado con más fervor y tenga más alumnos en nuestra Universidad. No hay nadie con conocimientos de ciencias naturales que haya hecho más observaciones y descubrimientos. Nadie tiene un conocimiento más sólido de los tres reinos de la naturaleza. Nadie ha elaborado con más cuidado la

historia natural de su tierra natal, su flora, su fauna y su economía. Nadie ha escrito más trabajos, de forma exacta y sistemática y basándose en su propia experiencia. Nadie ha reformado de esta manera una ciencia en su totalidad ni ha creado una nueva época. Nadie ha ordenado los diferentes grupos de la naturaleza en un orden tan perfecto. Nadie ha mantenido tanta correspondencia con el mundo entero. Nadie ha enviado a sus discípulos a tantos rincones del mundo. Nadie ha dado nombre a más plantas, insectos, a toda la naturaleza. Nadie ha visto tanto trabajo del Creador. Nadie ha sido tan famoso en todo el mundo.”

En efecto, Linneo, el nomenclátor de Dios, paradigma de la biología esencialista y fijista, anclada firmemente en el aristotelismo y en la escolástica incluyó en las primeras ediciones de *Systema Naturae* muchas criaturas legendarias como el Fénix, el dragón o la manticora bajo la categoría de “paradoxa”. No obstante, Linneo se distanció de Aristóteles en que, pese a que no se alimentan ni se reproducen, consideró a los minerales otro de los reinos de la naturaleza, y no ubicó al hombre en un reino aparte, sino que lo incluyó dentro del reino animal, en el grupo de los Antropomorfa. Por aquel entonces, el marco creacionista atribuía a la Tierra una edad relativamente tierna, 6.000 años. Además, Dios había creado las formas vivas e inertes tal y como eran y, por lo tanto, no podían cambiar, y el hombre estaba hecho a imagen y semejanza suya. Linneo incluyó en su orden Primates a los humanos, monos antropomorfos, monos del Viejo Mundo y monos del Nuevo Mundo, distinguiéndolos del resto de mamíferos, a los que llamó Secundates (segundos) y del resto de animales, los Tertiates (terceros). En seguida se produjeron las reacciones a su clasifi-



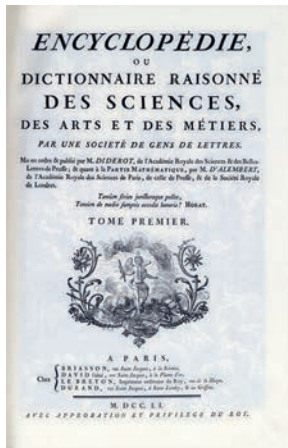
cación de los primates, entre las que destacaron las críticas del naturalista alemán Johann Georg Gmelin (1709-1755): “Le pido a usted, y a todo el mundo, que me muestre un carácter genérico que consienta operar una distinción entre el hombre y el simio antropomorfo. Seguramente no conozco ninguna y quisiera que se me fuera indicada alguna. Pero si hubiera nombrado hombre a un simio, o viceversa, habría sido puesto en el bando por todos los eclesiásticos. Puede ser que como naturalista no haya podido proceder de modo distinto de como lo hice.”

En las ediciones sucesivas del *Systema Naturae*, hasta la duodécima, la clasificación de las criaturas antropomorfas se fue haciendo más y

más compleja y más mutable. El gran Linneo, vicario de Dios en la Tierra, no pudo satisfacer su deseo de lograr individualizar un carácter físico preciso que permitiera una distinción neta entre el hombre y el simio; algo que sin duda le ponía muy nervioso, como sin duda también el hecho de que tras atesorar los millares de ejemplares de plantas y animales que sus apóstoles le fueron enviando, observara cada vez más casos de hibridaciones que le permitían imaginar posibilidades caóticas y desconcertantes. Entre clasificar y entender se estaba dibujando un puente apenas visible que más tarde cruzarían otros grandes como Buffon, Lamarck, Cuvier, Owen y Darwin.

## Entre los mayores best sellers de la historia

# Una condensación del saber humano



**Encyclopédie** ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers / par une société de gens de lettres ; mis en ordre et publié par M. Diderot... & quant a la partie mathématique par M. d'Alembert... -- Milano ; Paris : Franco Maria Ricci, 1970-1979  
Edición abreviada en los textos y completa en las láminas, basada en la de París, 1751-1772

MUNCY. Biblioteca. Sig.: Enciclopedias

Obra inmortal -en palabras de Voltaire- nace el proyecto con la intención de traducir la *Cyclopaedia* inglesa de Chambers (1728) y se verá influida además por *Spectacle de la nature* (1732-1750) de Pluche y por la *Description des Arts et Métiers* de Réaumur (1709-1757). El deseo de los enciclopedistas de englobar todos los conocimientos destacando el papel de las artes mecánicas, la convierte en una obra de gran modernidad, donde el saber se vuelca hacia el hombre, sus actividades y sus oficios. Se publicaron un total de diecisiete volúmenes de texto y once de grabados en tamaño folio.

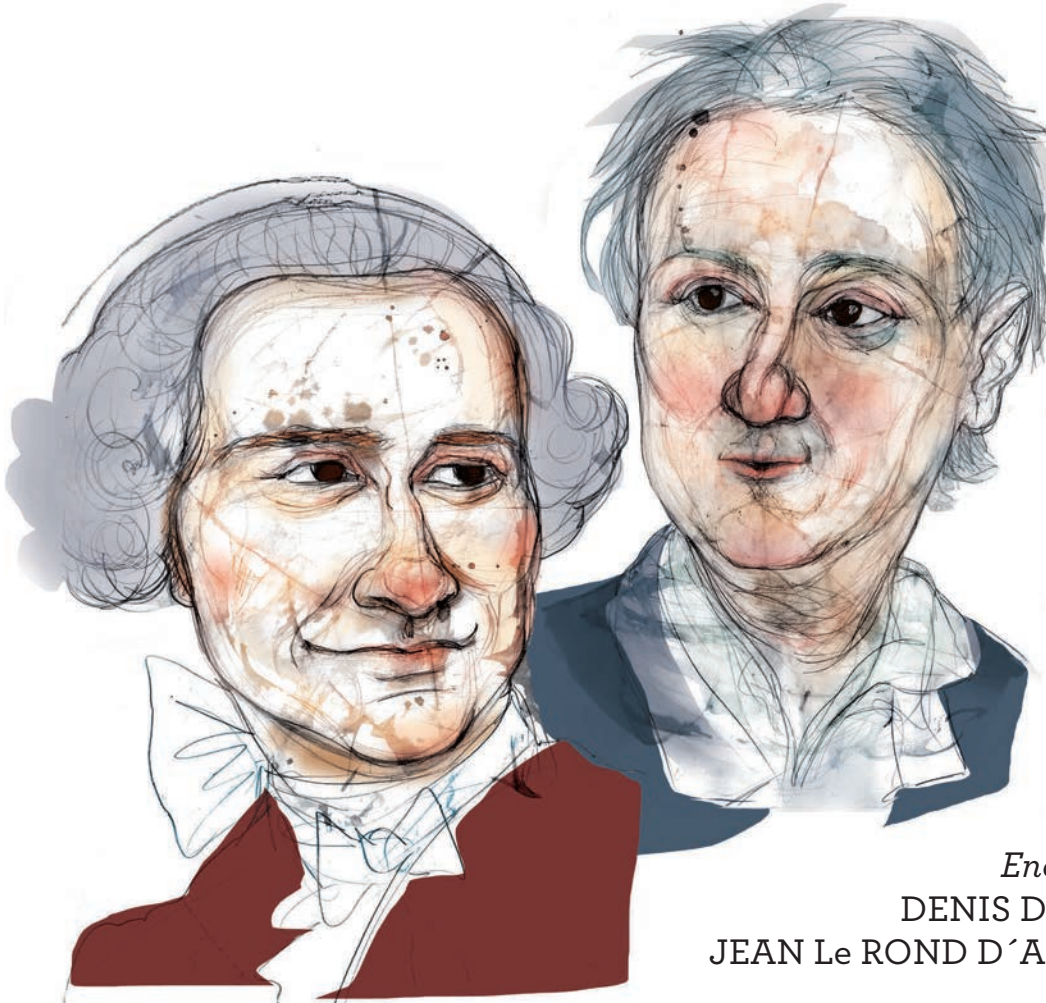


### Modelo de grúa

1780-1790

Colección MUNCY 1985/004/0042

Estos modelos didácticos tenían dos finalidades: por un lado describir el funcionamiento desde el punto de vista físico de sus diferentes elementos y por otro servir de ejemplo para la fabricación de máquinas a tamaño real. Con el modelo real se podían elevar grandes pesos, por medio de una cuerda arrollada a un torno movido por engranajes.



*Encyclopédie*  
DENIS DIDEROT y  
JEAN Le ROND D'ALEMBERT

Las vidas del filósofo y escritor Diderot y del científico y pensador D'Alambert, ambos franceses, se cruzaron en París en el año 1746, momento en el que recibieron el encargo del editor Le Breton para trabajar en el proyecto común de *Encyclopédie*. El primero, licenciado en artes en la Universidad de París en 1732, procedía de una familia acomodada; destaca en él su amor al trabajo y su honradez, desechó la idea de sus padres de ser religioso y se dedicó a una vida bohemia y centrada en el trabajo. Fue quien se hizo cargo de la dirección en solitario del proyecto enciclopédico cuando D'Alambert abandonó la empresa debido a la continua campaña -contraria al proyecto- de los reaccionarios. Éste destacó por sus trabajos científicos en física y matemáticas, que le llevaron a formar parte de la Académie des Sciences con sólo veinticinco años. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, editada entre 1751 y 1772 se convirtió en el símbolo del proyecto de la Ilustración al contener la síntesis de los principales conocimientos de la época pero “ni las vidas de los santos ni la genealogía de las casas nobles, sino la genealogía de las ciencias más valiosas para quienes pueden pensar”.

## DIDEROT y D'ALEMBERT

### *Encyclopédie*

JMSR-JOR

*“La ‘gran’ Encyclopédie de Diderot y d’Alembert no es la mayor enciclopedia que se haya publicado, ni la primera, ni la más popular, ni la que tiene mayor autoridad. Lo que hace de ella el acontecimiento más significativo de toda la historia intelectual de la Ilustración es su particular constelación de política, economía, testarudez, heroísmo e ideas revolucionarias que prevaleció, por primera vez en la historia, contra la determinación de la Iglesia y de la Corona sumadas, es decir, contra todas las fuerzas del establishment político en Francia, para ser un triunfo del pensamiento libre, del principio secular y de la empresa privada. La victoria de la Encyclopédie no presagió solo el triunfo de la Revolución, sino también de los valores de los dos siglos venideros.”*

Philipp Blom, *Encyclopédie, el triunfo de la razón en tiempos irracionales* (2005).

### Cartografía de un best seller

Para toda gran aventura hay un prelude. La empresa enciclopedista no nace de la nada y, por supuesto, el propio concepto de enciclopedia, diccionario, compendio o recopilación no era en absoluto cosa nueva en la Europa del Antiguo Régimen. Por aquel entonces, a mediados del XVIII, todo lo que tuviera que ver con la letra impresa en Francia dependía del rey y de las imprentas reales. Para publicar era necesario un privilegio o permiso real. Las principales instituciones científicas oficiales estaban controladas por el Estado, que era como

decir la corona – la *Académie Royale des Sciences* había recibido el título de “Real” en 1699 – sufrían de un cierto anquilosamiento, que llevó en 1726 a un grupo de personajes dispares como Clairaut, La Condamine, Jean-Philippe Rameau, Jean Michel Chevetet y los relojeros Julian Le Roy y Henry Sully, que compartían común interés por las técnicas, a crear la *Société des Arts*, guiados por la idea de confeccionar una enciclopedia. Un proyecto que no llegó a cuajar, pero que sería retomado por el editor André-Francoise Le Breton (1708-1779), uno de los principales protagonistas de lo que se convertiría en uno de los mayores best sellers de la historia. En 1845, Breton adquirió el privilegio real para editar una traducción francesa de la *Cyclopaedia: or, An Universal Dictionary of Arts and Sciences*, escrita por Ephraim Chambers (ca. 1680-1740) y publicada en dos volúmenes en 1728 en Inglaterra con el subtítulo “que contiene una explicación de los términos y una cuenta de los significados de las cosas en las varias artes, tanto liberales y mecánicas, y varias ciencias, lo humano y lo Divino”. Breton encargó la traducción francesa a John Mills, un británico residente en Francia, que no cumplió con el trabajo satisfactoriamente, por lo que en 1747 habló con el filósofo Denis Diderot, quien asumió la coordinación del proyecto junto con el físico-matemático Jean Le Rond d’Alembert inspirándole un nuevo sesgo de mucho más amplios vuelos.

La *Encyclopedie, ou dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres* (*Enciclopedia, o diccionario razonado de las ciencias, de las artes y de los oficios para una sociedad de gentes de letras*) aspiraba a ser una compilación del saber humano, aunque, como afirmaban los editores, se trataba de un diccionario razonado. Así pues, era un diccionario de carácter

ecléctico y subjetivo – desigual en lo que se refiere a la calidad de sus artículos –, particularmente centrado en las ciencias, las artes y los oficios, donde, por ejemplo, la historia no era una materia predominante si se compara con el espacio dedicado a la filosofía, la música, el arte, la política o la religión. Así, sus páginas podrían describirse mejor como el vehículo de expresión de los intereses e ideas del espíritu ilustrado que iba empapando el Continente. Unas páginas que, pese a este eclecticismo, ya contenían todas las características de las enciclopedias modernas: un director o coordinador, un equipo de redactores o colaboradores (21 en los inicios), ordenación alfabética, artículos firmados, bibliografía de apoyo e ilustraciones.

Se han vertido ríos de tinta sobre la relación entre Diderot, filósofo reconvertido en amante de las ciencias y la tecnología y de su divulgación, y d'Alembert, físico y matemático, autor de obras como *Traité de dynamique* (1743), que se interesó por la filosofía. Hay quien denomina al primero el autor de la “Ilustración racional” y al segundo como de la “Ilustración radical”. El marqués de Condorcet, esto es, Marie-Jean-Antoine Nicolas de Caritat (1743-1794), decía que les unía una sólida amistad pero hay quien sostiene que desde el principio mantuvieron las distancias e incluso que hubo ciertos roces entre ellos; parece que d'Alembert incluyó su famoso *Discours Préliminaire* del primer volumen, considerado como el Manifiesto de la Ilustración, en el que se enfrentaba abiertamente con la Iglesia católica y los jesuitas, sin que Diderot le hubiese dado el visto bueno. A la altura del séptimo volumen, d'Alembert se descolgó del proyecto mientras que Diderot continuó dedicándole días y años, que le exprimieron cada gota de ilusión hasta su profundo descontento final.

Los problemas económicos, las dificultades con la censura, las polémicas con jesuitas, jerarquías institucionales e intelectuales establecidos, las arbitrariedades de algunos escritores, la retirada del privilegio real, la publicación de la obra bajo cuerda en un sello editorial creado *ad hoc* (la *Société Typographique Neuchatel*) y las rivalidades entre los colaboradores – el ingrato y difícil Rousseau, el orgulloso D'Alembert, las aristas del esquivo Voltaire – constituyeron la miga cotidiana de los infortunios de Diderot, una intrahistoria tejida por más de 160 personas de las que, paradójicamente si se ve con perspectiva, pocas quedaron satisfechas con el resultado final.

## ¿Visión profética de las revoluciones francesa e Industrial?

“Uno no encontrará en esta obra”, se lee en el Discurso preliminar, “ni las vidas de los santos ni la genealogía de las casas nobles, sino la genealogía de las ciencias más valiosas para quienes pueden pensar... no los conquistadores que asolaron la tierra, sino los genios inmortales que la han ilustrado [...] porque esta *Encyclopédie* lo debe todo a talentos, no a títulos, todo a la historia del espíritu humano y nada a la vanidad de los hombres.”

La física de Newton se había abierto paso en el continente desplazando a la filosofía del *plenum* de Descartes, gracias, entre otros, a Voltaire. La ciencia newtoniana fue la piedra angular para que, a lo largo del XVIII, el estudio de la Verdad pasara de los dominios de la religión a los de la ciencia. El motu ilustrado de que el conocimiento procede de los sentidos y la razón y no de Roma ni de la revelación permea toda la Enciclopedia. Así, su vocación pri-

mordial fue la de reorganizar el universo cognitivo. En el artículo “Elementos de las ciencias”, d’Alembert afirmaba que nuestros conocimientos son susceptibles de ser catalogados en tres clases: la historia, las artes, tanto liberales como mecánicas, y las ciencias propiamente dichas, las cuales “tienen como objeto las materias de puro razonamiento.” Virtud reorganizadora en torno al tronco de la filosofía nacido de nuestra capacidad para la razón, en la que se aprecia la concepción baconiana de la ciencia que caracterizó aquel periodo, ejemplificada en las entradas de la obra, que abarcan todo el espectro del conocimiento, desde lo más abstracto y teórico, hasta lo más práctico, técnico y mecánico.

Tal vez, más que el énfasis que se hacía en la fisiocracia o el modo en que se ilustraron las técnicas y los oficios, sin presentir lo que se avecinaba, de manera algo idealizada y en ocasiones de forma arcaica (por ejemplo en *industrie et manufactures*), la auténtica semilla revolucionaria de esta obra reside en esa voluntad de dar testimonio del estado de los saberes y las técnicas. Por vez primera, un gran grupo de individuos creyó que se podía alcanzar un progreso indefinido y que ellos, hombres de letras, eran los primeros en ponerlo en marcha. En lugar de aislarse, decidieron poner en común su actividad intelectual al servicio de una función social. Puede decirse quizá que en los contenidos de los artículos no latía la revolución industrial ni la velocidad de los cascos de los caballos del progreso técnico fundado en la actividad de la nueva burguesía, pero la tinta que hacía latir su corazón fue la luz de la razón, el sistema de coordenadas en que, por el hecho de haber adquirido carta de naturaleza, constituiría el marco en que se fraguaría la Revolución y más tarde la Revolución Industrial.

En efecto, el grupo que elaboró los artículos era complejo y peculiar, y no se ajusta perfectamente a la categoría de burguesía, aquella burguesía que tomaría La Bastilla en la Revolución de 1789. Junto a d’Alembert, Rouseau y Voltaire, la aventura enciclopédica reunió a otros personajes menos conocidos o escritores “de segunda fila”, entre los que cabe mencionar a Grimm, Holbalch, Jacourt, Mallet, Marmontel, la Condamine, Saint-Lambert, Bouillet, Damilaville, Blondel, Turgot, Perronet o el principal dibujante, Goussier. De la lista de colaboradores, hay más de dos quintos sin identificar. Muchos sólo tuvieron una aportación y otros, como el propio Diderot, autor, corrector, completador y mano invisible, el abate Mallet y Boucher d’Argis escribieron casi una cantidad tan ingente de artículos como el caballero de Jaucourt, un aristócrata, que fue el autor nada menos que de un cuarto de la obra, cerca de 20.000 artículos. Sólo el 4 por 100 eran mercaderes o comerciantes, el resto eran funcionarios de la administración, médicos, nobles, clérigos. La generación más joven de historiadores sociales, alejándose de perspectivas marxistas, ya no consideran a los primeros enciclopedistas como meros representantes de lo burgués, una categoría que se ajusta más a la de la generación de los segundos enciclopedistas, que llegaron a 1789.

## El gran negocio

Ni Diderot ni d’Alembert pudieron vislumbrar que su proyecto sería el centro en torno al que giraría la contienda de las distintas facciones intelectuales y emocionales de Francia. El ya citado André Le Breton, en sociedad con tres librerías, también parisinos, Michel-Antoine David, Laurent Durand y Antoine Briasson editó esta magna obra, que creció hasta los 28 volúmenes, de los que once fueron de ilustración.

nes, con 71.818 artículos y 2.885 láminas. Se empezó a distribuir en 1751, por suscripción. El número de suscriptores para el primer volumen fue de 2.050, número que en 1754 llegó a 4.255 y durante la publicación de los últimos volúmenes, veintiún años después, alcanzó las 4.200 suscriptores. La publicidad inicial hablaba de 8 volúmenes a 280 libras. Los suscriptores no sabían que se llegaría a 17 de texto y 11 de láminas a 980 libras, ya que de otra manera probablemente no se habrían metido un gasto tan incierto.

El segundo volumen apareció en 1752, y a continuación, al ritmo de uno cada año, los que van del tercero al séptimo. Se produjo entonces, 1757, un alto en la producción, debido a la censura (la Iglesia católica lo incluyó en el Índice de libros prohibidos en 1759), reanudándose la impresión en 1762 con el primer volumen de grabados, al que siguieron, el año siguiente, otros dos. En 1765 llegó el cuarto y también, en bloque, los últimos diez tomos de texto (el final fue, por consiguiente, el decimoséptimo, aunque más tarde se añadieron cuatro tomos de “Suplementos” y dos de índices; los de grabados fueron finalmente once).

La primera edición no se vendió mucho en Francia, alrededor de la mitad, pero tomando en cuenta los costes de producción, se puede decir que los editores hicieron un grandísimo negocio, que continuó siéndolo en las sucesivas ediciones en tamaño folio para Panckoucke, quien en 1768 compró los derechos de las ediciones futuras.

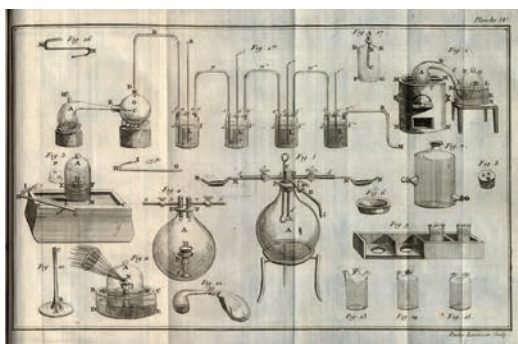
En una obra como ésta, a la que se adjudica ser la semilla de la que brotó la revolución popular francesa, es importante preguntarse si realmente llegó al pueblo, a los más menesterosos, aquellos que más motivos tenían para alzarse en contra de sus gobernantes, de los poderosos. Merece la pena citar

lo que, sobre esta cuestión señaló Robert Darnton (El negocio de la Ilustración. Historia editorial de la *Encyclopédie*, 1775-1800 [Fondo de Cultura Económica, 2006; edición original en inglés de 1979]), director desde 2007 de la Biblioteca de la Universidad de Harvard y uno de los grandes expertos en la historia de la *Encyclopédie*: “La *Encyclopédie* se fue haciendo más pequeña en tamaño y más barata en precio a medida que pasaba de edición en edición. Mientras el formato se encogía de folio a cuarto y luego de cuarto a octavo, el precio de suscripción cayó de 980 a 840, luego a 384 y finalmente a 225 libras. Al mismo tiempo el tamaño de las tiradas aumentó, de 4.225 y 2.200 ejemplares en el caso de las ediciones en folio a más de ocho mil en las ediciones en cuarto y seis mil en la edición en octavo”. Para que nos hagamos una idea de lo que estos precios representaban, tengamos en cuenta que la primera edición costaba el equivalente a 2.450 hogazas de pan, la edición en cuarto, 960 hogazas y la en octavo, 563, y que un trabajador no calificado con esposa y tres hijos tenía que comprar por lo menos 12 hogazas por día para mantener a su familia; por tanto, una “edición ‘barata’ en octavo hubiera representado casi un año de ese precario presupuesto de comida; la edición en cuarto, un año y medio, y la edición en folio, cuatro años. Que un obrero se comprara la *Encyclopédie* – aun en el caso de que hubiera sabido leerla– habría sido tan probable como que se comprara un palacio”. Cargado estaba, pues, de razón Voltaire cuando en una carta a D’Alembert manifestó su escepticismo de que la obra pudiera tener una gran repercusión popular: “Nunca veinte volúmenes en folio harán una revolución; son los pequeños libros de bolsillo a treinta sueldos los que hay que temer. Si el Evangelio hubiera costado 1.200 sestercios, jamás se habría establecido la religión cristiana”.

Con ilustraciones de su esposa

Marie Anne Pierrette Paulze

## La partida de nacimiento de la ciencia química



### Lavoisier, Antoine-Laurent

Traité élémentaire de chimie : présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes, avec figures / par M. Lavoisier... -- À Paris : chez Cuchet, 1789

MUNCYT. Biblioteca. Sig: Fondo antiguo

### Lavoisier, Antoine-Laurent

Tratado elemental de Química : presentado baxo nuevo orden y conforme a los descubrimientos modernos, con láminas / por Mr. Lavoisier... ; traducido al castellano por D. Juan Manuel Munárriz. -- Madrid : en la Imprenta Real, por Don Pedro Julian Pereyra, 1798

Real Academia Nacional de Medicina. Biblioteca. Sig: 28-2 A Biblioteca 16-17 © Fotografía Real Academia Nacional de Medicina

La intención de Lavoisier era editar una obra clara y didáctica destinada a todos los públicos y para ello recopiló de forma íntegra y sencilla sus aportaciones científicas, tanto en metodología como en nomenclatura. Se publicaron dos tiradas de esta primera edición, en uno y dos volúmenes respectivamente, y muy pronto, a partir de 1790, se suceden las traducciones a inglés, italiano y alemán. En 1798 aparece la versión española a cargo de Juan Manuel Munárriz, químico militar, cuando estaba con José Luis Proust en el Laboratorio de Química de Segovia.



### Balanza de precisión

1850-1880

Breton

París

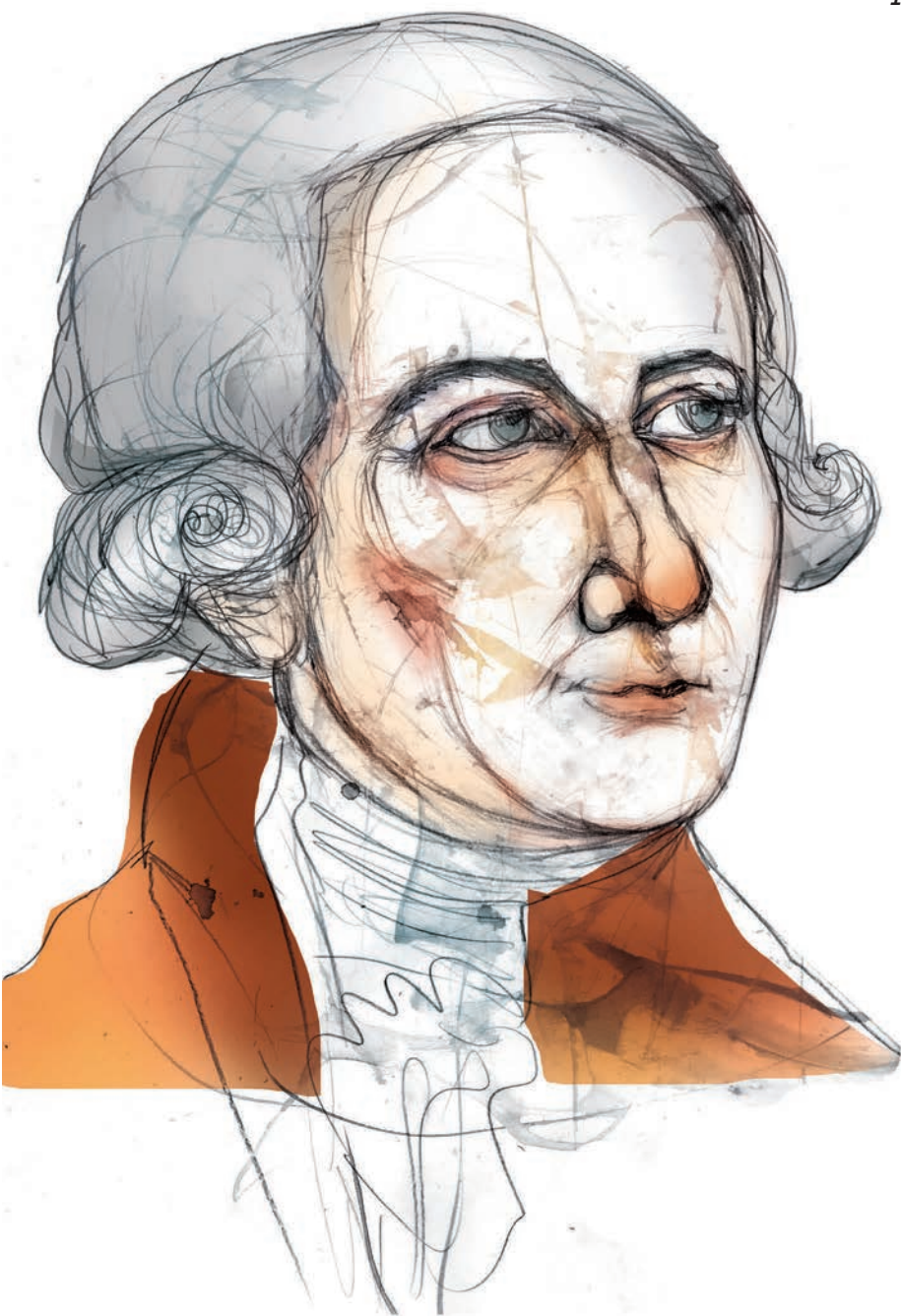
Colección MUNCYT 1985/004/0068

La balanza, clave en la formulación de la primera ley de la química, la de conservación de la materia, es uno de los instrumentos más habituales en los laboratorios de química y farmacia. La pesada se realiza por comparación entre la masa de la sustancia a conocer y unas pesas de masa conocida. La caja en que se encuentra minimiza los efectos debidos a cambios ambientales durante su uso.



*Traité Élémentaire de Chimie*  
ANTOINE LAVOISIER,  
1743-1794

El padre de la química moderna nació en París durante el Siglo de las Luces, recibiendo una exquisita educación en materia científica y humanística. En 1764 se graduó en derecho, aunque él orientaba sus trabajos hacia materias científicas; dos años más tarde obtuvo la medalla de oro de la Académie des Sciences, fue admitido como miembro y la dirigió en 1785. Su más estrecha colaboradora fue su esposa, quien incluso tradujo al inglés los artículos del científico. En 1789, fundó *Annales de Chimie*. La expansión de sus ideas se vio favorecida con la publicación en 1789 de su obra *Traité Élémentaire de Chimie* en el que cabe destacar la formulación de un primer enunciado de la ley de la conservación de la materia, el primer enunciado cuantitativo de la ciencia química. Durante el Terror, fue acusado de traición debido a su posición en la *Ferme Générale*; tras un juicio al uso, un tribunal revolucionario lo condenó a la guillotina. Todos sus bienes fueron confiscados -incluyendo los cuadernos de notas y el laboratorio- pero su mujer logró salvar mucha documentación.



## LAVOISIER

### *Traité Élémentaire de Chimie*

JMSR-JOR

“Lavoisier, miembro de casi todas las Academias de Europa, ha consagrado su vida principalmente a trabajos relativos a la física y a la química.

Durante los veinticinco años que ha sido miembro de la Academia de Ciencias, ha hecho imprimir en sus Actas más de ochenta memorias, de las que una gran parte contienen descubrimientos importantes para las artes, las ciencias y la humanidad.

Se ha ocupado especialmente de experimentos de agricultura muy onerosos que ha continuado durante quince años y en los cuales ha sacrificado más de 120.000 libras; se propone publicar una obra sobre este tema.

No esperó en ningún momento la época de la revolución para manifestar sus principios sobre la libertad y la igualdad.”

Estas palabras, escritas en la prisión de Port Libre, el antiguo convento de Port Royal, en las que Lavoisier se refiere a sí mismo en tercera persona, reflejan el distanciamiento de sí de alguien convencido de que la posteridad las rescataría. Tras un largo proceso, el 8 de mayo de 1794, Antoine-Laurent Lavoisier fue guillotinado en la plaza de la Revolución, hoy plaza de la Concordia, junto a 27 miembros de la *Ferme Générale*, la odiada compañía privada que administraba la recaudación de los impuestos sobre la sal, el tabaco, las bebidas, importaciones y otros bienes, para la Corona francesa. Paradójicamen-

te, en 1789, el mismo año en que los descamisados tomaban la Bastilla, salía a la luz en París *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes; avec figures* (*Tratado elemental de química, presentado en un orden nuevo según los descubrimientos modernos; con ilustraciones*). Paradójicamente, porque el proceso revolucionario que comenzó aquel año condujo al Terror que llevaría a su autor - miembro de la *Académie des Sciences*, de la *Société Royale de Médecine*, de las sociedades de Agricultura de París y Orleans, de la *Royal Society* de Londres, del Instituto de Bolonia, de la Sociedad Suiza de Basilea, de las de Filadelfia, Harlem, Manchester, Padua y un buen número más - a la guillotina cuando contaba 51 años.

El joven Lavoisier, que había caído por nacimiento del lado privilegiado de la sociedad francesa e iba para abogado, pronto mostró su talento en numerosos campos relacionados con la ciencia, matemáticas, geología, mineralogía, y con solo 21 años, se presentó a un concurso de la *Académie des Sciences*. En 1768, gracias al dinero de una herencia pudo comprar una acción de la *Ferme Générale*, y sólo tres años más tarde, se casaría con Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836), hija del Fermier director de la Comisión de Tabacos, la brillante joven que tanta relevancia tendría después en sus actividades químicas. Sería ella quien le traduciría del inglés las obras de química que llegaban de Inglaterra, quien se encargaría de hacer las famosas ilustraciones de los aparatos de laboratorio que aparecían en sus obras, quien escribiría numerosos informes de laboratorio, quien pondría a salvo sus papeles y su biblioteca tras el ajusticiamiento, y quien en

1796 publicaría, en colaboración con Armand Séguin (1767-1835), algunos volúmenes de las obras que el propio Lavoisier había empezado a editar, entre 1793 y 1794, poco antes de morir. Como apuntó Arthur Young (1741-1820) tras su paso por París (*Travels on France during the years 1787, 1788, 1789; 1792*): “Madame Lavoisier, una mujer viva, sensible científica, había preparado un *dejeuner Anglois* de té y café, pero el mejor alimento fue su conversación sobre el *Essay on Phlogiston* del señor Kirwan, que está traduciendo del inglés, y sobre otros temas, que una mujer inteligente que trabaja con su marido en su laboratorio sabe cómo adornar.”

Las revoluciones se caracterizan por movimientos de flujo y reflujo de consecuencias imprevisibles. Micro-revoluciones y macro-revoluciones discurren en paralelo y, en ocasiones, se entorpecen. Detentador de una sólida posición social, Lavoisier fue un perfecto exponente de lo que ya se perfilaba como la relación entre política y ciencia: siempre participó y auspició proyectos de ciencia aplicada, se ocupó de cuestiones de economía, administración o agricultura y ocupó cargos públicos de gran relevancia. En el marasmo revolucionario, no podía pasar desapercibido y la marea se llevó la vida de un hombre que había plantado la semilla de otra revolución – una revolución de la que nació la química moderna – en la que todavía estamos inmersos, frente a la indiferencia, la parálisis o la aquiescencia de algunos de sus colaboradores más estrechos, abanderados en la defensa de los principios republicanos que en el momento de su arresto y ejecución ocupaban cargos políticos de responsabilidad.

## El laboratorio revolucionado

Entre esos cargos de responsabilidad valga de ejemplo uno que sirve bien al propósito de ilustrar una de las más fundamentales transformaciones iniciadas por Lavoisier: la transformación del laboratorio, que pasó de ser un espacio meramente físico abarrotado de aparatajes de reminiscencias medievales, a ser un espacio abstracto y proyectado hacia el exterior. Cuando en 1775 Lavoisier fue nombrado *régisseur des poudres et salpêtres* (director de pólvoras y salitres), la institución que se ocupaba de la fabricación de la pólvora, material esencial para el ejército francés, y más tarde también para las autoridades de la República, instaló su laboratorio en el Arsenal, el lugar donde articuló sus actividades de investigación fundamental y aplicada, con las relativas a la administración de una industria paraestatal. Allí tuvo la oportunidad de poner en práctica algunas ideas sobre la enseñanza de la química, la metodología de laboratorio que ya había desarrollado, en una escuela creada por él, donde se formaba a los comisarios de pólvora, y los cuadros técnicos. De hecho, se aproximaba mucho a la idea de laboratorio moderno con un grupo de investigación jerarquizado que rendía cuentas de su trabajo y producía papeles y resultados.

El laboratorio de Lavoisier estaba equipado con máquinas eléctricas, termómetros, barómetros, areómetro “la balanza de los fluidos” (peso específico de los líquidos), aunque, tal vez, el icono que mejor representa la nueva idea de química sea la balanza que lo presidía. En las palabras algo exageradas del químico Jean Baptiste Dumas (1800-1884): “Es desde el primer momento, un reactivo, permítaseme la expresión, un reac-

tivo fiel del cual hizo uso constante [...] Y se rigió por aquel empleo de la balanza que sólo él conocía entonces, porque antes de Lavoisier los químicos desconocían el arte de pesar.” Se puede aventurar la idea de que para Lavoisier la balanza era un concepto organizador, que su nuevo modo de ver la reacción química lo visualizaba en una balanza: en el platillo de la izquierda estaban los reactantes, en el de la derecha los productos y el fiel indicaba la idea del “equilibrio” de pesos. Quizá sea mucho aventurar, pero lo cierto es que en sus manos este emblema de las ideas de justicia e igualdad de la Francia revolucionaria fue mucho más que un instrumento de medida. Era un método de investigación, el método de balances. Antes de comenzar cualquier experimento, Lavoisier pesaba todo, aparataje y reactivos, después, pesaba cada elemento por separado. Finalizado el experimento, volvía a repetir la misma operación.

Así, en 1772 sugirió la hipótesis de que la combustión era una combinación con el aire (ya que incluyó al aire desprendido en la reacción como elemento pesable), y el 13 de mayo de 1777, leyó ante la *Académie des Sciences* una memoria titulada “Experimentos sobre la respiración de los animales y sobre los cambios que se producen en el aire cuando pasan por sus pulmones”, en el que por primera vez usó el término “oxígeno” y que hizo que uno de sus más estrechos colaboradores, Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), escribiera estas palabras: “Por fortuna Lavoisier acaba de sacar a la luz su descubrimiento, en una memoria leída en la última asamblea pública; y les aseguro que desde ese momento me he quitado un gran peso de encima. Según Lavoisier en los cuerpos combustibles no hay materia de fuego; ésta no es más que una de las partes constituyentes del aire,

y es el aire y no lo que nosotros considerábamos como un cuerpo combustible el que se descompone en toda combustión, y ya solo queda lo que él llama base del aire, sustancia que confiesa serle completamente desconocida.”

El laboratorio de Lavoisier y sus métodos se veían limpios de la carbonilla que, como escribía Robert Boyle un siglo antes, “enturbiaba los ojos y los cerebros de aquellos empíricos que gustaban de llamarse filósofos”. En efecto, en tiempos de Lavoisier la química todavía estaba impregnada de términos y conceptos como causa oculta, afinidad, espíritus, aires, de dos teorías hijas de la concepción aristotélica de los cuatro elementos, de los tres principios de Paracelso, de la teoría de las afinidades (los cuerpos tendían o eran proclives a mezclarse según afinidades) y la del flogisto (todas las sustancias combustibles y también los metales contienen un principio inflamable, la tierra flogística, que se desprende durante los procesos de calcinación y combustión pasando de unos cuerpos a otro), que se hacían la competencia. Lavoisier explicaba la producción de calor y de luz en la combustión, no siendo ya necesario recurrir al flogisto, puesto que el oxígeno resultaba ser el responsable de la combustión.

## Un tratado revolucionario

“Si después de haber considerado las lenguas como unos métodos analíticos, las consideramos simplemente como una colección de signos representativos, nos presentarán observaciones de otro género. Según esta segunda consideración, tendremos tres cosas que distinguir en toda ciencia física. La serie de hechos que constituye la ciencia; las ideas que representan los hechos, y las voces que los expresan. La

voz debe hacer nacer la idea; ésta debe pintar el hecho; éstas son tres estampas de un mismo sello, y como las palabras son las que conservan las ideas, y las comunican, de aquí resulta que sería imposible perfeccionar la ciencia no perfeccionando el lenguaje, y por verdaderos que fuesen los hechos, por justas las ideas que hubiesen producido, no comunicarían sino impresiones falsas, no teniendo expresiones exactas con que nombrarlas. La perfección de la nomenclatura de la química mirada con este respeto, consiste en presentar con exactitud las ideas y los hechos, sin ocultar nada de lo que ellas presentan, y especialmente sin añadir cosa alguna: no debe ser más que un espejo fiel; porque no podremos repetir suficientemente que jamás nos engaña la naturaleza, ni los hechos que nos presenta, sino nuestro razonamiento.”

Lavoisier, “Sobre la necesidad de perfeccionar y reformar la nomenclatura de la química”, en *Méthode de nomenclature chimique* (1787).

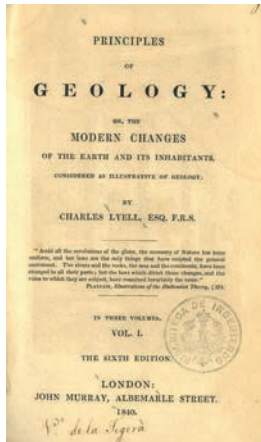
Del Arsenal también salió un libro colectivo fundamental para la historia de la química, *Méthode de nomenclature chimique* (1787) firmado, además de por Lavoisier, por Morveau, Claude Louis Berthollet (1748-1822) y Antoine de Fourcroy (1755-1809) (fue, por cierto, traducido y publicado al castellano con prontitud, en 1788, por Pedro Gutiérrez Bueno [1745-1826], que entonces ocupaba la cátedra de Química en el Real Laboratorio de Madrid). En él se trataba de establecer un sistema de denominación de todos los com-

puestos químicos estandarizado y unificado, que es el origen de la nomenclatura química contemporánea. Fue el primer exponente de la llamada “ciencia normal”, término acuñado por Thomas Kuhn, es decir, estandarizada o que se erige como norma o patrón durante un largo periodo de tiempo. Constituyó el complemento necesario del *Traité élémentaire de chimie*, un libro paradigmático cuya vocación original era la de ser un libro para principiantes, un libro de texto que diríamos en la actualidad, cuyo objetivo era la formación de químicos en uno o dos años. Lo que se pretendía era dotarles de las bases y adiestrarles en las operaciones del laboratorio, normalizar, en otras palabras, la revolución química introducida por su autor.

En él se exponía la química sobre la base de la lógica analítica desvinculándola de su azarosa historia emparentada con los desarrollos de la historia natural. En la primera parte se exponían los resultados más recientes de la química neumática (aire), en la segunda se presentaban las sustancias por orden de composición en forma de 47 tablas, mientras que en la tercera se describían las operaciones y los instrumentos del laboratorio. No se publicó en español hasta 1798, nueve años después de su publicación en París, traducido por Juan Manuel Munárriz (1761-1831), capitán del Real Cuerpo de Artillería, profesor de matemáticas en el Colegio de Segovia, además de vicesecretario y bibliotecario de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Segovia.

## Observar el presente para entender el pasado

# Una obra clave en la fundación de la geología moderna



### Lyell, Charles

Principles of geology or The modern changes of the earth and its inhabitants, considered as illustrative of geology / by Charles Lyell. -- 6th ed. -- London : John Murray, 1840 (printed by A. Spottiswoode)

Instituto de Historia y Cultura Militar. Biblioteca Central Militar. Sig: III-37-11-3(I)/III-37-11-3(III)  
© Fotografía Biblioteca Central Militar (Madrid)

Lyell visitó España en 1830 tras la publicación del primer volumen de *Principles of Geology*, de la que no tenemos versión española. A partir de la aparición del tercer volumen en 1833 las ediciones se sucedieron con éxito. Fue traducida muy pronto al alemán (1842) y al francés (1844). Entre 1865 y 1868 reescribe el texto a la luz de la teoría de la evolución y publica su 10ª edición, de la que se conocen pocos ejemplares. Lyell ejerció pronto influencia científica en nuestro país, gracias a la traducción realizada por Ezquerro del Bayo en 1838 de su obra más divulgativa, *Elementos de Geología*.

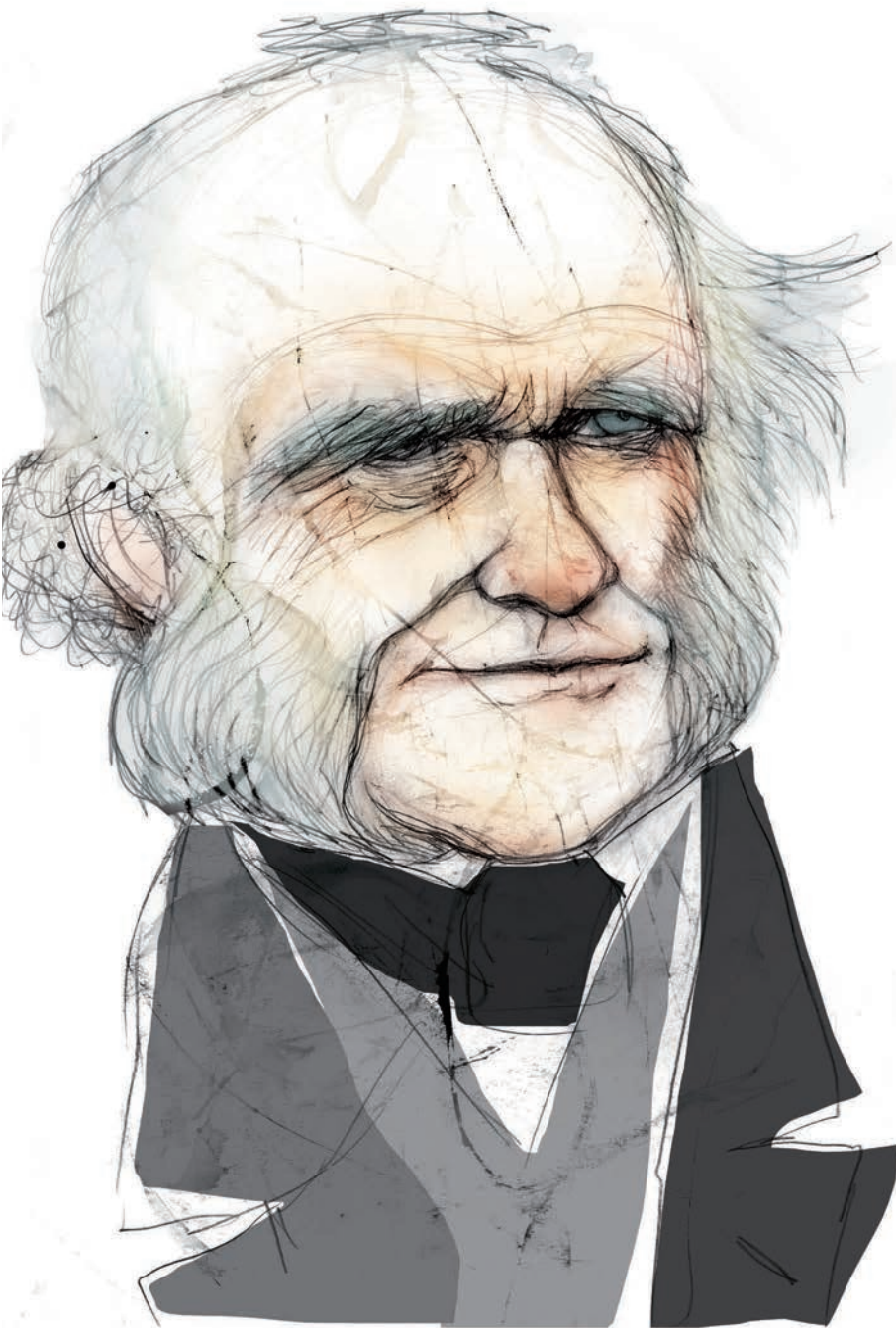


### Estuche de geólogo

1850

Colección MUNCYT 1985/004/0213

Elemento imprescindible en la vida de un geólogo, estos estuches o maletines se utilizaban para realizar trabajos de campo, y debían disponer en un reducido espacio todo lo necesario para realizar análisis del material geológico, tanto desde el punto de vista físico como químico. Contiene limas, martillos, un areómetro de Nicholson para calcular densidades, un soplete para identificar componentes químicos por medio del color de la llama y productos patrón que van incluidos en recipientes de vidrio.



*Principles of Geology*  
CHARLES LYELL,  
1797-1875

Herederero de una familia de terratenientes escoceses, recibió una amplia educación humanística y científica basada en la lectura, la observación de la naturaleza e innumerables viajes. Desde temprana edad su interés se decantó por la geología, disciplina que Lyell consagraría como una nueva ciencia, sometiéndola a rigurosos razonamientos. Sus observaciones en numerosos viajes le encaminaron a la tesis de que los cambios geológicos ocurridos en el pasado no eran fruto de catástrofes, sino de procesos ordinarios como los que suceden actualmente y que actuaban gradualmente en un periodo de tiempo largo. Esta teoría uniformista la fundamentará a lo largo de los volúmenes profusamente ilustrados de *Principles of Geology* (1830), cuyo primer tomo Darwin llevó consigo durante su travesía en el *Beagle*, y que inspiró sus ideas para desarrollar la teoría de la evolución. Lyell, asimismo, animó a Darwin, tras su regreso, a la publicación de *The Origin of Species*. A su muerte, fue enterrado en la Abadía de Westminster.

## LYELL

### *Principles of Geology*

JMSR-JOR

*“La geología es la ciencia que investiga los sucesivos cambios que han tenido lugar en los reinos orgánico e inorgánico de la naturaleza; investiga las causas de estos cambios, y la influencia que han ejercido al modificar la superficie y estructura externa de nuestro planeta.”*

Charles Lyell, *Principles of Geology*, comienzo del volumen primero (1830).

### Historia de un templo y un molusco

Quizá muchas personas sepan que en el Monte Perdido, situado en pleno Pirineo, en el parque nacional de Ordesa, hay muchos restos fósiles marinos como bivalvos, ostreidos, equínidos y foraminíferos, acumulados en la Era Primaria, cuando los Pirineos eran la fosa de un mar en el que se iban depositando diversas capas sedimentarias. Hace 250 millones de años la orogenia terciaria plegó y elevó esos sedimentos formando una cordillera primitiva. Pero tal vez a muchos les resulte desconocido que en el año 1830 el geólogo Charles Lyell, en el curso de uno de sus viajes, ascendió el Monte Perdido quedando muy impresionado al hallar en sus laderas fósiles marinos. Aunque no era la primera vez. Lyell ya había tenido otras experiencias de las idas y venidas del mar, por ejemplo, cuando encontró restos fósiles de moluscos en las columnas del Templo de Serapis en Nápoles durante uno de sus viajes anteriores.

En siglo XVIII ya se aceptaba el origen orgánico de los fósiles y se empezaba a pensar que podían jugar un papel fundamental en la explicación de la historia de la Tierra. En 1812, Georges Cuvier (1769-1832) defendió por primera vez el fenómeno de las extinciones como respuesta a la falta de individuos presentes de especies del pasado. En 1813, William Smith (1769-1839) propuso que el contenido fósil de las rocas permite caracterizar las unidades geológicas, y así éstos se emplearon sistemáticamente para realizar cronologías estratigráficas. Pero Lyell, considerado también como uno de los fundadores de la estratigrafía - el estudio de las capas de la superficie de la Tierra -, se dio cuenta de que los estratos marinos más próximos a la superficie, y más recientes por tanto, contenían restos fósiles de tipos de moluscos que se podían observar viviendo en el mar, y que los estratos más antiguos contenían menos fósiles de las especies que existían. Ideó un método para clasificarlos atendiendo a estas observaciones de los estratos marinos de Europa Occidental, dividiéndolos en tres épocas en función de la cantidad de cada tipo de fósiles: eoceno, mioceno y plioceno. Nombres que se utilizan todavía hoy.

No obstante, en la época en que vivió Lyell era una opinión muy extendida que esos restos fósiles marinos eran prueba del “Diluvio”. Como él mismo explicó en otro de sus libros, una versión simplificada de los *Principles of Geology: Elements of Geology (Elementos de geología; 1838)*: “Algunos escritores modernos, convencidos de que no todos los cuerpos fósiles pueden ser atribuidos al Diluvio, han supuesto que la deposición de estos cuerpos en el fondo del Océano, lo mismo que las capas en las que se hayan



envueltos, puede haberse verificado durante un periodo de muchos miles de años transcurridos entre la creación del hombre y el Diluvio. Ellos imaginan que el fondo antediluviano del Océano, después de haber sido el receptáculo de varios depósitos estratificados, fue, en la época del Diluvio, convertido en continentes (los que habitamos hoy día) y que los antiguos continentes, sumergidos entonces, vinieron a constituir el fondo de los mares actuales. Esta hipótesis, aunque preferible a la teoría diluviana, porque admite que todas las capas fosilíferas han sido depositadas por el agua lenta y sucesivamente, es todavía insuficiente para explicar las repetidas revoluciones que la Tierra ha sufrido.”

## El Diluvio y los viajes

*“En el esquema del progreso de la geología encontramos la historia de un violento y constante enfrentamiento entre las ideas nuevas y las doctrinas de siempre, doctrinas sancionadas por la fe incondicional de muchas generaciones, y supuestamente apoyadas en la autoridad que brindan las escrituras.”*

Charles Lyell, *Principles of Geology*, vol. I, p. 30.

En efecto, muchos geólogos anteriores y contemporáneos a Lyell, como su profesor en Oxford, William Buckland (1784-1856), sostenían hipótesis geológicas que se ajustaran al relato bíblico, y por tanto, al Diluvio; lo que necesariamente situaba la edad de la Tierra en torno a 6.000 años de edad. Los más refinados, siguiendo la estela de Cuvier, se enmarcaban en el llamado “catastrofismo”, que venía a decir que del estudio del registro geológico se desprendía que en el transcurso de la historia de la Tierra habían tenido lugar súbitas

catástrofes universales que habían actuado sobre la superficie terrestre y que habían assolado todo, incluso los seres vivos que Lyell mencionaba en la cita anterior. Cuvier no tenía inconveniente en alargar la escala de la edad de la Tierra lo que fuera necesario, pero no podía pensar en nada gradual: “Las tierras que una vez fueron secas se han inundado varias veces, ya sea por la invasión del mar o por inundaciones esporádicas; [...] Este proceso fue brusco y no gradual, y lo que puede demostrarse tan claramente para la última catástrofe no es menos cierto para aquellas que la precedieron. Las dislocaciones, cambios de dirección y vuelcos de los estratos más antiguos, no dejan lugar a duda de que fueron causas repentinas y violentas las que produjeron las formaciones que observamos hoy y de manera parecida, la violencia de los movimientos que sufrieron los mares está atestiguada, todavía hoy, por la acumulación de derrubios y cantos rodados que se encuentran en muchos lugares entre los estratos rocosos bien consolidados”. De otro lado, geólogos de generaciones anteriores a Lyell como James Hutton (1726-1797) y John Playfair (1748-1819), los llamados “plutonistas”, opinaban que los cambios en la Tierra se producían a causa de un calor interno (Hutton, *The Theory of the Earth*). En sus últimos años, Hutton se dedicó a observar las rocas directamente en sus escritos ante la Sociedad Real de Edimburgo en 1785 presentó su principio del “actualismo”, en el que se fijaría Lyell.

¿Cómo edificó Lyell, apoyándose en la teoría de Hutton, a lo largo de los años una manera de ver e interpretar la naturaleza geológica del planeta que cristalizaría en los tres volúmenes que componen los *Principles of Geology* (*Principios de geología*; 1830-1833)? Sus ideas se fundaron,

evolucionaron y ampliaron basándose en las observaciones geológicas que realizó durante sus largos viajes por Europa y América. A principios del XIX, “geología” y “viajero” eran dos palabras unidas indisolublemente. En 1823, Lyell inició su primera aventura europea. Durante una visita a París contactó con naturalistas de la talla de Alexander von Humboldt (1769-1859) y Georges Cuvier, y examinó la Cuenca de París junto al geólogo Louis-Constant Prévost (1787-1856). En 1824, Lyell estudió los sedimentos formados en un lago de agua dulce en su tierra, Kinnordy. En 1828 volvió al Continente donde viajó por Francia e Italia, incluyendo Sicilia. En el 30 viajó a España, a Olot y, desde allí, visitó en profundidad el Pirineo. En 1832, fue a Suiza. Tras la publicación de los *Principios*, en 1841, fue invitado a impartir conferencias y trabajar en cuestiones de geología en Norteamérica, a donde regresó vez durante cinco meses entre 1845-1846 y luego en los 50. Durante estos viajes, tuvo oportunidad de visitar muchos lugares de Estados Unidos y el este de Canadá. A su regreso del segundo viaje por Estados Unidos, en 1854, fue cuando tuvo lugar su visita de Lyell al archipiélago canario, Tenerife, Gran Canaria y la Palma. En el 1845 y 1849 viajó a América del Sur.

## Principles of Geology

Todas, o la mayoría de las ideas “viejas” compartían el mismo prejuicio: que antiguamente en la Tierra operaban causas diferentes a las que actúan ahora. Un prejuicio más especulativo que empírico y fuertemente enraizado en cuestiones religiosas e intuitivas, de una experiencia inmediata, sin filtrar. La observación empírica de los «monumentos» geológicos de la Tierra observados e interpretados por Lyell iban a cambiar esta idea.

En 1830 apareció el primer volumen de *Principles of Geology*, significativamente subtulado *Being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface (Siendo un intento de explicar los cambios previos en la superficie de la Tierra)*. Fue su primer libro, el más influyente y el más famoso. El segundo volumen vio la luz en enero de 1832 y un tercer volumen, no previsto, apareció en 1833, a la vez que salía la segunda edición de los dos primeros. En adelante, las ediciones se sucederían hasta alcanzar el número de doce. La última apareció en 1875, pocos meses después de su muerte.

En esta obra, de juventud, Lyell ya enunciaba y se guiaba por un principio metodológico que no abandonaría nunca. Esto es, según él, el único modo de comprender los procesos del pasado es comparar sus resultados con los fenómenos modernos, contemporáneos, observables en el tiempo presente, que resultan de procesos ordinarios que podemos observar directamente y que transcurren gradualmente. De ese modo, el presente ha de ser la clave para interpretar o conocer cómo fue el pasado en la Tierra. Lyell postuló y mantuvo que todos los sucesos pasados podrían explicarse por la acción de las causas que operan actualmente. Esto significaba que no había antiguas causas que hubieran dejado de operar en un momento determinado, ni nuevas causas que entraran en acción repentinamente. La historia del planeta, pues, está sometida al mismo tipo de circunstancias a lo largo del tiempo. Como escribía en el primer volumen de los *Principles* (p. 75):

“Los primeros observadores pensaron que los monumentos que los geólogos se empeñan en descifrar pertenecen a un período en el que la constitución física de la Tierra era totalmente di-

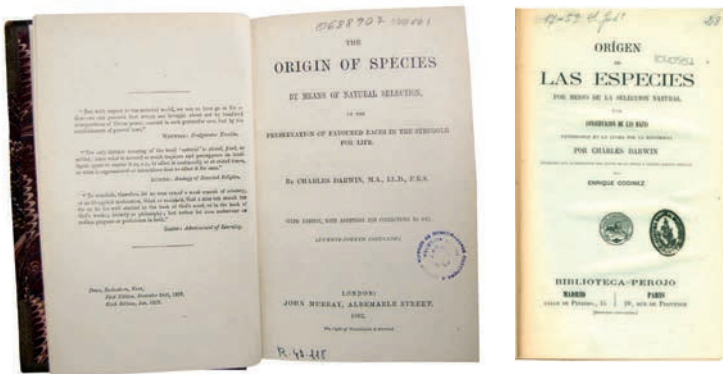
ferente a la actual, y en el que, incluso, después de la creación de los seres vivientes, actuaban causas diferentes en género o grado a las que ahora forman parte de la economía de la naturaleza. Estas ideas se han modificado gradualmente, y algunas de ellas han sido totalmente abandonadas, en la misma proporción en que las observaciones se han multiplicado, y los signos de los primeros cambios se han interpretado adecuadamente [...] Algunos geólogos (ahora) infieren que nunca ha habido interrupciones en el orden uniforme de los procesos físicos.”

El problema entonces es el modo de considerar el Tiempo y en referencia a qué otro tiempo. Si desaparece la referencia obligada de un tiempo bíblico y si el lapso de tiempo es lo suficientemente dilatado, la idea de catástrofe o proceso fuera de la normalidad, pierde sentido, puesto que en el tiempo de la Tierra siempre suceden cosas, tanto antes como ahora. Es decir, siempre ha habido cataclismos de vez en cuando, como por ejemplo las erupciones de volcanes o los fenómenos climatológicos y siempre los ríos han ido excavando sus meandros. El devenir es uniforme

y siempre suceden las mismas cosas, y por lo tanto, no hay “progresismo” o cambio direccional. Es decir, no había progreso. Paradójicamente, fue el “actualismo” a ultranza de Lyell, lo que movió a Charles Darwin, algo más joven, a abandonar su postura moderada de respeto a la autoridad de las *Escrituras*. De hecho, el libro de Lyell acompañó a Darwin en su viaje del Beagle, como éste recordó en su conmovedora autobiografía: “Llevé conmigo el primer volumen de los *Principios de Geología* de Lyell, que estudié atentamente; el libro me resultó sumamente provechoso en muchos aspectos”. No obstante, Lyell se mantuvo firme en la defensa del no progreso desde la primera edición de los *Principles* hasta veinte años después, como muestra el discurso de aniversario que pronunció en 1851 como Presidente de la Sociedad Geológica de Londres. Incluso tras la publicación en 1859 de *El origen de las especies*, pese a que Darwin reconocía que se había inspirado en Lyell en lo que se refiere al método científico, Lyell nunca llegó a aceptar las ideas darwinistas (evolución); su principal argumento en contra se basaba en la imperfección del registro fósil.

## Otra Revolución que trae cola

# Las especies evolucionan por selección natural



### Darwin, Charles

The origin of species by means of natural selection or The preservation of favored races in the struggle for live / by Charles Darwin. -- 6th. ed. with additions and corr. to 1872. -- London : John Murray, 1882

CSIC. Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Biblioteca Tomás Navarro Tomás. Sig.: SXIX/21680  
© Fotografía CSIC

### Darwin, Charles

Origen de las especies por medio de la selección natural o La conservación de las razas favorecidas en la lucha por la existencia / por Charles Darwin ; traducida por Enrique Godínez-- Madrid ; Paris : Biblioteca Perojo, [ca. 1877]

Real Academia Nacional de Medicina. Biblioteca. Sig.: 17-5 Gobierno 28  
© Fotografía Real Academia Nacional de Medicina

Por el diario de Darwin sabemos que los 1250 ejemplares de la edición original se agotaron el primer día de venta. Revisará continuamente el texto hasta la publicación de la 6ª edición definitiva de 1872: en ella introduce cambios en el término “selección natural”, y ultima su título eliminando la preposición “On”. En 1877 se edita la primera traducción española completa realizada por Enrique Godínez, oficial de la marina, traductor y periodista que incluye en esta edición dos cartas enviadas por el autor al traductor con su autorización y enhorabuena.

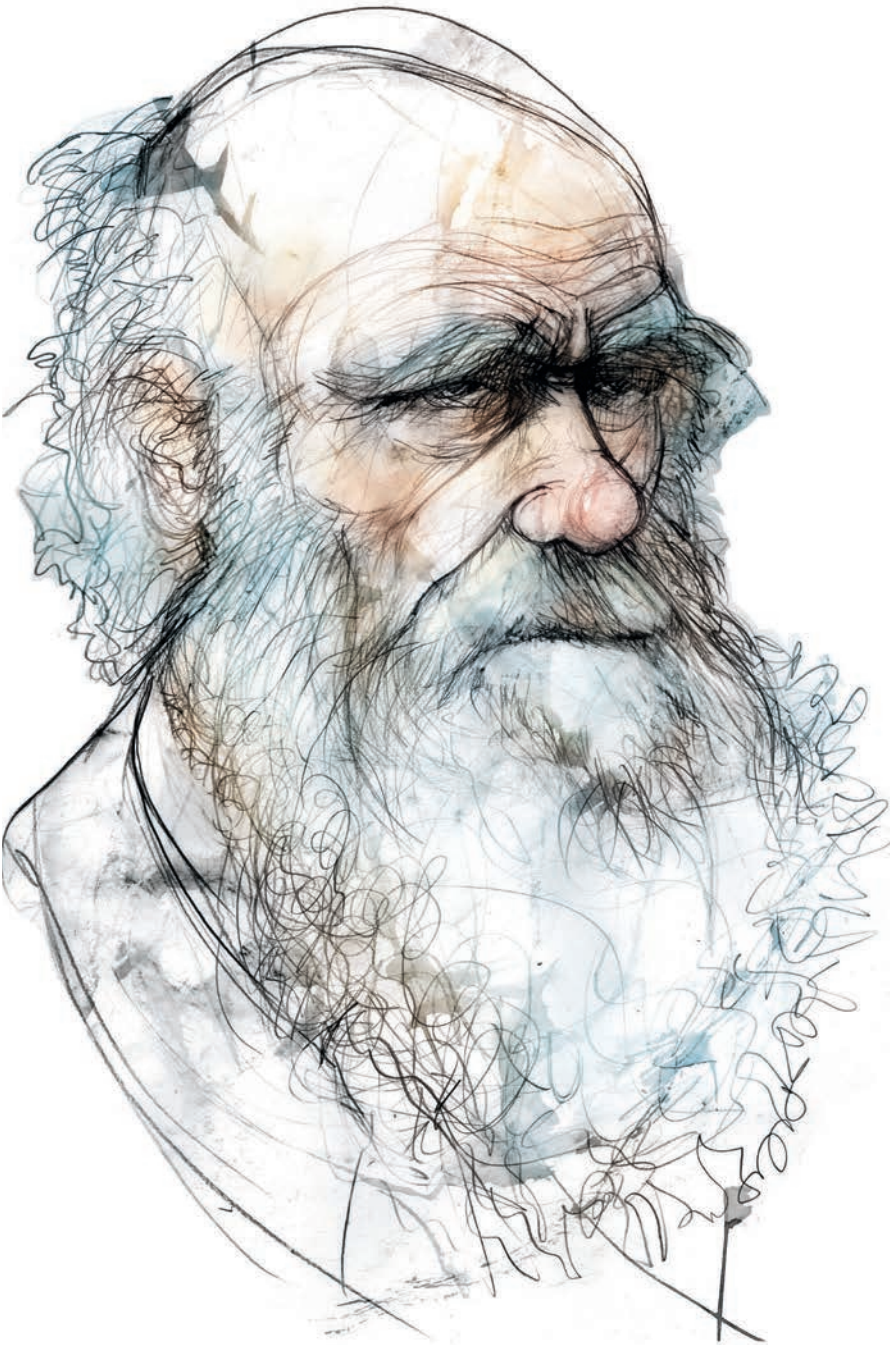


### Martillo de geólogo y fósil de Ammonites

SigloXX  
Museo Geominero.  
Instituto Geológico y  
Minero de España.

Este tipo de martillo resulta un instrumento indispensable para los geólogos desde el inicio de esta disciplina científica, con ellos se recogen muestras de rocas, lavas, etc.

En su viaje en el *Beagle*, Darwin, como geólogo, lo emplearía en la recogida de materiales y fósiles.



*On the Origin of Species*  
CHARLES DARWIN,  
1809-1882

Nació en Inglaterra en el seno de una familia acomodada, hijo y nieto de prestigiosos médicos. Desde niño dio muestras de interés por la historia natural, en especial por el coleccionismo. Por decisión de su padre estudió medicina, pero prefería cazar y observar la naturaleza. Abandonó los estudios y por recomendación paterna ingresó en el Christ's College de Cambridge para dedicarse a los estudios eclesiásticos. Allí contactó con el reverendo Henslow, un botánico y entomólogo que le proporcionó la oportunidad de embarcarse con el naturalista Robert Fitzroy en un viaje alrededor del mundo a bordo del *Beagle*. Cuando regresó, descartó la idea de una vida religiosa, se casó y tuvo diez hijos. Ya estaba convencido de que la selección era la clave del éxito humano en la obtención de mejoras útiles. En 1856 Lyell le aconsejó que trabajara en el completo desarrollo de sus ideas acerca de la evolución de las especies. Empezó la redacción de su obra *On the Origin of Species*, que publicaría en 1859 y que supondría toda una revolución en su época. Está sepultado en la Abadía de Westminster.

## DARWIN

### *On the Origin of Species*

JMSR-JOR

“¡Vaya un libro sobre el tosco, derrochador, errático, innoble y espantosamente cruel proceder de la naturaleza ha ido a escribir un capellán del diablo!”.

Carta de Charles Darwin a J. Dalton Hooker (13 de julio de 1856)

Pocos libros han cambiado tanto nuestra concepción sobre nosotros mismos como *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (Sobre el origen de las especies por medio de selección natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida) escrito por Charles Darwin y publicado en 1859. Esta obra fue motivo de escándalo y polémica desde el mismo día de su publicación y llegó a convertirse en un *best seller* mundial, entre otras razones, porque estaba firmada por un autor acreditado a quien avalaban sus estudios en Cambridge, pertenencia a diversas sociedades científicas respetables y una obra publicada tras su periplo en la goleta *Beagle: Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited by H.M.S Beagle from 1832 to 1836*, que había tenido una gran acogida en los círculos académicos y científicos.

Según las propias palabras de Darwin (*Autobiografía*): “En octubre de 1838 [...] leí casualmente y por entretenerme el libro de Malthus, *Ensayo sobre el principio de la población* [1826], y estando como estaba bien preparado para apreciar la lucha por la existencia que se produce continuamente por doquiera, merced a una continuada observación de los hábitos de los animales y las plantas, se me ocurrió de

repente que bajo estas circunstancias las variaciones favorables tenderían a verse preservadas y las desfavorables destruidas. El resultado de esto sería la formación de nuevas especies”. 1838 es una fecha muy temprana y, por ello, como ya se preguntara Stephen Jay Gould allá por el año 1979, lo más intrigante de la gestación de este clásico revolucionario de la ciencia, que Thomas Kuhn asoció a la constitución de un nuevo paradigma, es que se demorara tanto tiempo en la mente de Darwin antes de emerger a la luz. Desde que regresara de su viaje en el *Beagle*, Darwin había escrito bocetos preliminares de su teoría y sus implicaciones en fechas tan tempranas como 1842 y 1844. Incluso dejó instrucciones a su esposa para que los publicara si a él le sucedía algo. Entretanto, en aquéllos veinte años transcurridos entre sus primeros bocetos y la publicación de *On the Origin of Species*, dedicó sus horas a escribir sobre geología y a trabajar en cuatro volúmenes, a los que dedicó 8 años, sobre la taxonomía de los cirrípedos (percebes). ¿Por qué esperó más de veinte años para publicar su teoría? Existen diversas respuestas, difíciles de confirmar, a esa pregunta: porque quería recopilar más pruebas y datos incontestables, porque era un perfeccionista que necesitaba asegurarse de cada paso, porque primero tenía que comprender a fondo cómo variaban las especies y por eso se dedicó a catalogar percebes durante años... Estas monografías sobre los cirrípedos, sin embargo, todavía presentaban una descripción de corte linneano y carecían de tinte evolucionista. Parece que con ellas Darwin había entendido el problema de “la divergencia”, pero se limitaba a la taxonomía. Pudiera ser, en todo caso, que el principio general de la evolución, su profundidad, sencillez y contundencia, ya estuviera instalado dentro de su mente, que le resultara claro y distinto aunque todavía en modo de material en bruto, pero que sintiera miedo de sus implicaciones. Implicaciones que sin

duda llegarían, y en muchos niveles: en los desarrollos futuros de la biología, de la geología, la botánica, la zoología, la paleontología, en la catarsis que se produjo en el seno de los seguidores literalistas de las *Escrituras*, en el orden de lo social, de lo político, lo económico, en las ciencias de la psicología, en la prensa, en las tertulias, en las escuelas... La publicación de la obra, según acuerdo común, se precipitó a causa de un paquete que cierto día recibió remitido por el naturalista Alfred Russell Wallace (1823-1913) y que contenía un breve ensayo sobre la evolución por la selección natural que éste había escrito de forma independiente sin haber hablado del tema con Darwin. La maquinaria entonces se puso rápidamente en marcha y, de acuerdo con Lyell y Hooker, que hicieron las gestiones pertinentes en la *Royal Society* para hacer público que la idea correspondía a Wallace y a Darwin, Charles se puso manos a la obra y le propuso la publicación a John Murray, el editor científico más importante de la época, que ya había editado a Lyell en 1845. Finalmente, una de sus hijas, Henrietta (1843-1929), leyó íntegramente el manuscrito durante el período de corrección de pruebas y Lyell también.

La idea básica de la teoría darwiniana de la evolución de las especies por medio de la selección natural, *grosso modo*, es que se da un proceso por el que una especie cambia con el paso de las generaciones de modo gradual para adaptarse a su entorno, donde las variaciones que se adaptan mejor al medio son las que sobrevivirán y tendrán por tanto más éxito reproductivo. En este proceso no hay ninguna tendencia intrínseca que las obligue a evolucionar en uno u otro modo, ya que eso depende de las circunstancias del entorno, del medio, o sea de la naturaleza. El filósofo Daniel Dennett, autor de un libro titulado *La peligrosa idea de Darwin* (1995), acuñó la expresión “grúa explicativa” para referirse a la teoría de la

evolución de Darwin. Según Dennett, uno de los exponentes del neodarwinismo actual, el mecanismo básico de la selección natural es como un elevador muy lento y gradual; es como empujar algo hacia arriba por una rampa partiendo del sustrato de la materialidad. Una grúa es un fenómeno que permite una elevación más rápida, que hace que el proceso evolutivo avance de forma más rápida y eficiente. La evolución vista a través de la imagen de una grúa, nos proporciona una explicación simple, bella y lógica de cómo la vida asciende desde su simplicidad primitiva hasta las vertiginosas alturas de complejidad y belleza que hoy nos sobrecogen.

## Una idea peligrosa

*“¿Qué otra cosa es la historia de todas las ciencias sino la eliminación del concepto de misterio y de las interferencias creadoras? [...] Los anodinos teólogos mienten sobre los orígenes de todas las ciencias como las serpientes estranguladas junto a la de Hércules, y la historia documenta que, cada vez que la ciencia y el dogmatismo se han enfrentado abiertamente, este último se ha visto obligado a retirarse de la liza sangrando y aplastado, cuando no aniquilado; por los suelos, cuando no abatido.”*

Thomas H. Huxley (1825-1895), *“The Origin of Species”* (reseña del libro de Darwin publicada en 1860 en *Westminster Review*).

Antes de que apareciera la obra de Darwin, la revisión crítica de las *Escrituras* tomadas como un mensaje literal ya estaba en el clima cultural de la Inglaterra victoriana. Lyell, Wallace, Tennyson, Buckler, Spencer, G. Eliot, Carpenter, T. H. Huxley ya habían puesto sobre el tapete estas cuestiones. Durante las décadas precedentes se habían acumulado numerosos datos y pruebas de la evolución, incluida

la del hombre. La propia idea de la evolución ya había sido tratada por Lamarck, Chambers, Spencer e incluso los *Naturphilosophen* alemanes. La diferencia con las ideas de Darwin es que las aproximaciones previas estaban permeadas por la convicción de que existía una idea o plan rector que había proporcionado la dirección y el impulso conductor a todo el proceso de la evolución. A esta idea se le podía poner muchos nombres, pero en última instancia reflejaba, amén de un sistema de coordenadas intelectual, la necesidad humana de dotar de “aliento”, de “espíritu”, en último extremo, de “sentido” a la existencia del hombre en la Tierra. Es decir, era necesario que hubiera una dirección y un fin en la evolución, y ese fin no era otro que el mismo hombre.

Cuando Darwin desactivó el aspecto teológico de la evolución, es decir, al sostener que no existía ninguna jerarquía predeterminada, y que la evolución se debía entender como un proceso abierto, sin final único, se abrió la puerta a una toma de posición filosófica radical: el materialismo filosófico, donde la materia es la base de toda existencia y, por tanto, todos los fenómenos mentales y espirituales son sus productos secundarios. El rechazo de Darwin de la idea de progreso, en el sentido de un sentido de ascensión lineal prefijado, también tuvo varias maneras de interpretarse en una Inglaterra que era uno de los motores de la industrialización y donde el progreso técnico y material aparecía como una constatación evidente de la justificación de la idea de superioridad, por ejemplo, del imperio o de unos individuos o razas sobre otras. Así, una obra científica, llegó a ser el desencadenante que daría carta de naturaleza a subproductos como el darwinismo social, la justificación de los presupuestos en los que se fundaba la economía capitalista y el dominio del Imperio, pasando por los análisis del materialismo marxista. El fermento, pues,

de las diversas polémicas, no fue tanto nuestro parentesco con el mono o que el Arca de Noé ya no tuviera sentido más que como relato moral y no literal de la religión, sino la pregunta de ¿cuál era pues nuestra finalidad en la Tierra? En todas partes se discutió y afloraron soluciones de compromiso.

## Los caballeros custodios

El texto que presentó Darwin se fraguó en la lucha contra el lenguaje y los prejuicios asociados a términos que conducían a ambigüedades e imprecisiones. La propia palabra “evolución” no aparecía en la primera edición del libro: sólo aparecería en la sexta. El libro que salió a la luz en 1859 se dividía en dos mitades. La primera, más corta, establecía los fenómenos naturales manifiestos y desembocaba en la presentación de la teoría de la selección natural que se hacía en el capítulo cuatro. A lo largo del resto del libro, Darwin explicaba cómo esa teoría podía arrojar luz en diversos territorios de la biología, como la embriología, la clasificación, la distribución geográfica de las especies o los fósiles. Pero además de la conclusión, en la que se invitaba al lector a abandonar prejuicios a la hora de leerlo, introducía un apartado muy famoso llamado “Dificultades de la teoría”, algo ciertamente sorprendente, en la que analizaba los escollos con los que se toparía: “algunas son tan graves, que aún hoy apenas puedo reflexionar en ellas sin sentir cierta vacilación [...] He sentido demasiado vivamente la dificultad para que me sorprenda que otros titubeen en dar tan dilatado alcance al principio de selección natural.” En efecto, Darwin todavía no disponía de los desarrollos de la genética para solventar los problemas de la herencia, ni sabía cómo calcular la edad de la Tierra para rebatir las reservas del físico experimental William Thomson (posteriormente, lord Kelvin) que unos años más tarde (1865)



anunciaría que la Tierra no era lo bastante antigua como para que se hubiera producido la evolución.

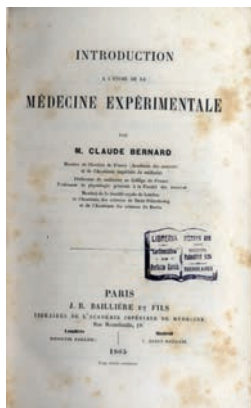
Según la biógrafa de Darwin, Janet Browne, es probable que la teoría de Darwin se hubiera hundido de no haber sido por un cúmulo de complejas circunstancias que pueden sintetizarse mencionando: el papel que jugaron las revistas periódicas de la Inglaterra de la burguesía victoriana publicitando el libro y la polémica entre miles de lectores de a pie; el periodo de prosperidad que vivió Gran Bretaña en aquel entonces y que permitió una gran efervescencia y riqueza de medios en torno a la producción científica; la actividad de la guardia pretoriana formada por cuatro amigos y científicos - Charles Lyell, Joseph Hooker, Asa Gray y Thomas Henry Huxley, conocido como el *bulldog* de Darwin - incondicionales que apoyaron a Darwin contra viento y marea en sus diferentes especialidades, y ampliaron el círculo atrayendo a otros científicos y aficionados de ramas como la geología, la botánica o la paleontología, a participar en el debate propiciando coloquios, hablando con periodistas, ofreciendo conferencias; o la increíble paciencia que tuvo Darwin manteniendo una correspondencia que hubiera abrumado a cualquiera, en tono a las 500 cartas al año, en las que explicaba, persuadía y convencía a sus corresponsales. Herschel, Fawcett, John Stuart Mill, F. Max Müller, Marx, los grandes poetas victorianos, todos se pronunciaron sobre la obra. Lo que convirtió a Darwin en uno de los científicos más famosos de su tiempo.

En vida, Darwin publicó seis ediciones de *On the Origin of Species*, que sumaron un total de 18.000 ejemplares. La tirada de la primera edición ascendió a 1.250 copias. En la segunda edición, en la que Darwin introdujo algunas correcciones, se editaron 3.000 ejemplares, la de mayor tirada de las publicadas mientras vivió. En la tercera edición (1861), añadió un

breve “bosquejo histórico” en el que describía otras teorías de la evolución. Darwin pretendió que la sexta edición (1872) fuera una edición popular, se hizo más pequeña, se cambió la tipografía y era más barata. Antes de su muerte en 1882, la obra se había traducido a once lenguas y se habían publicado infinidad de versiones abreviadas y de ediciones comentadas. Desde entonces se ha publicado en más de treinta idiomas. En el siglo XX la primera edición también se ha reproducido como edición facsimilar, la más famosa de las cuales es una edición del biólogo Ernst Mayr prologada por él mismo y publicada en 1959 por *Harvard University Press*. En 1876, se publicó en Barcelona, en la Imprenta de La Renaixensa, la que debemos considerar primera versión española de una obra de Darwin. Su título *El origen del Hombre. La selección natural y la sexual*. En 1872, dentro de una “Biblioteca Social, Histórica Filosófica” comenzó a publicarse la primera traducción en España de *El origen de las especies* mediante entregas. En 1877, se publicó la edición completa de *Orígen [sic] de las especies por medio de la selección natural ó la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la existencia* por la Biblioteca Perojo. La traducción se llevó a cabo a partir de la sexta y última edición inglesa fue realizada por Enrique Godínez (1845-1894), oficial de Marina y periodista, y contaba con autorización del autor. En la cubierta del ejemplar, encuadernado a la inglesa podía leerse “Obras de Darwin”, como si fuera intención de la editorial publicar otras. De todos modos, la primacía de la primera traducción de un texto - dedicado a la “Geología” - de Darwin en España corresponde a Juan Nepomuceno de Vizcarro (1791-1861), aunque lo hiciera dentro de la obra colectiva, un “*Manual de investigaciones científicas*” editado por John F. W. Herschel, cuya traducción al castellano apareció en Cádiz en 1857.

## La biblia de la fisiología

# La medicina se iguala a las ciencias experimentales



### Bernard, Claude

Introduction à l'étude de la médecine expérimentale / par Claude Bernard.  
-- Paris [etc.] : J. B. Baillière et fils [etc.], 1865

MUNCYT. Biblioteca. Sig.: Fondo antiguo

### Bernard, Claude

Introducción al estudio de la Medicina experimental / por Claudio Bernard ;  
traducida al español por Antonio Espina y Capo. -- Madrid : [s.n.], 1880  
(Enrique Teodoro)

Real Academia Nacional de Medicina. Biblioteca. Sig.: 8-1ª S. Gobierno/27  
© Fotografía Real Academia Nacional de Medicina

Bernard concibió su *Introduction* como prefacio de un gran tratado *Principes de médecine expérimentale* que nunca llegó a publicar. Autor prolífico, su obra se considera pionera de la fisiología experimental moderna. Pasteur declara no haber leído "nada más luminoso, más completo, más profundo sobre los verdaderos principios del difícil arte de la experimentación". Antonio Espina y Capo, influido decisivamente por Bernard en su formación, alumno de Röntgen, y uno de los primeros médicos españoles en utilizar la radioscopia y la radiografía de modo regular, traduce su obra en 1880.



### Esfigmógrafo de Marey

Bréguet  
1859

Colección MUNCYT 1999/027/0040

Uno de los primeros aparatos utilizados para registrar el pulso sanguíneo. Por medio de un mecanismo de relojería que mueve una tira de papel, el pulso queda registrado en tinta. Su inventor, el médico Étienne-Jules Marey (1830-1904), aparte de sus estudios sobre la circulación de la sangre, diseñó una serie de aparatos para fotografiar el movimiento de personas y animales. Se le considera un predecesor del cine, aunque el fin de sus trabajos era puramente científico.

*Introduction à l'étude de la  
médecine expérimentale*  
CLAUDE BERNARD,  
1813-1878



Científico y fisiólogo francés, nació en una humilde familia de viticultores de Beaujolais, y comenzó trabajando de mancebo en una farmacia. Estudió en la facultad de medicina de París, interesándose más tarde por la biología y la filosofía; tardó en encontrar su verdadera vocación: la experimentación fisiológica. Su método de investigación se fundamentó en la vivisección animal y en el cuestionamiento de toda teoría o doctrina establecida. Sus descubrimientos sobre el papel del páncreas en la digestión, la función glucogénica del hígado, el sistema nervioso simpático o las sustancias tóxicas y medicinales le condujeron a los más altos reconocimientos en Francia y Europa antes de su muerte, acaecida en 1878 por una enfermedad renal. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865), su obra fundamental, desborda el puro ámbito científico incidiendo en el filosófico. Bernard defendió un “racionalismo experimental” por el cual la medicina se constituiría en auténtica ciencia cuando se sustentara sobre el método experimental de la fisiología.

## BERNARD

### *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*

JMSR-JOR

*“Llegué al campo de la ciencia por caminos sinuosos y me liberé de las reglas, lanzándome a campo traviesa.”*

Claude Bernard, Cahier Rouge (1850-1860).

### El imperio de la physis

Tal vez, antes de adentrarse en el pequeño jardín surcado por parterres de tradiciones y contextos, de macizos de datos biográficos, fechas o términos técnicos, para comprender cabalmente la relevancia del trabajo de Claude Bernard y, en particular, de su *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (*Introducción al estudio de la medicina experimental*; 1865), sea bueno detenerse en las palabras con las que él mismo explicaba qué es la fisiología, esa actividad a la que dedicó toda su vida: “La medicina es la ciencia de la enfermedad. La fisiología es la ciencia de la vida. Esta última es, por lo tanto, más general que la primera. La fisiología, por ello, debe ser la base científica de la medicina. El médico estudia al hombre enfermo y utiliza la fisiología para iluminarse y avanzar en la ciencia de la enfermedad. El fisiólogo estudia la ciencia de la vida y trata de elevar al mismo rango, la ciencia de la enfermedad. Se sitúa en el punto de vista de la pura teoría y no se interesa en valores prácticos inmediatos. El médico, por el contrario, se ocupa sobre todo de la práctica y trata de hacer a esa

práctica científica, apoyándose en los hallazgos de la fisiología.”

Este médico y fisiólogo francés fue el más ferviente defensor y publicista de la metodología experimental que seguirían todos quienes posteriormente se han dedicado a la investigación de las diversas disciplinas en que se fueron espezando la filosofía natural y la medicina. Etimológicamente, la palabra “fisiología” procede del griego *physis*, que significa “naturaleza”, y *logos*, que quiere decir “estudio, lógica o regla” y que pueden sintetizarse con el término “razón”. En la actualidad, el término “fisiología” se entiende en un sentido amplio, según la Real Academia Española, como “la ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos”. Se trata, por tanto, del funcionamiento normal de los organismos animales y vegetales. Y es precisamente en la palabra “normal” donde reside la diferencia con la medicina entendida como el conjunto de prácticas destinadas a la curación de lo patológico. La fisiología, vista desde el punto de vista experimental de Bernard y centrada en el organismo de animales y humanos, marcó la pauta de los futuros desarrollos de la histología, la genética, la embriología y la inmunología.

Conviene perfilar, aunque sea someramente, el contexto decimonónico en el que se encuadró la revolución silenciosa de Claude Bernard al reivindicar o, más bien, al sacar del oscuro laboratorio y elevar al rango que le correspondía la necesidad de investigar el funcionamiento de la vida de los organismos para comprender la enfermedad. Dos poderosas tradiciones configuraban el sustrato científico e intelectual en el que Bernard dio sus primeros pasos. Una, la triunfante y brillante físico-química del siglo XIX, con

su visión mecanicista de causas y efectos, de leyes que regían y explicaban el funcionamiento del mundo. De ésta, el profisiólogo Bernard, se quedaría con el axioma del determinismo, en virtud del cual un científico debía considerar que todos los fenómenos naturales – tanto orgánicos como inorgánicos – están regidos por leyes inexorables. De la tradición romántica de la *Naturphilosophie* (Schelling) de la primera mitad de siglo, con su búsqueda de fuerzas y relaciones morfológicas ocultas y el establecimiento de correspondencias entre los objetos naturales, Bernard rechazará las hipótesis y supuestos a priori, hasta el punto de que su trabajo es una reacción a ella. Sin embargo, de ella permanecerá en él la visión del organismo como un todo interrelacionado con el medio y como algo con un carácter peculiar y único. Las ideas de Darwin, sin embargo, quedarían completamente al margen del ámbito al que Bernard había circunscrito su actividad experimental. Ambos presentaron dos modos muy distintos de interrogar a la naturaleza. El de Darwin es un programa de investigación histórico basado en el principio de selección natural, “metafísico” en el sentido popperiano de que no era una teoría científica contrastable sino un programa metafísico de investigación, y el de Bernard, basado en el principio experimental y en la idea de “causación”. El fisiólogo francés sí acogió, por contra, la teoría celular de Matthias Jakob Scheiden (1804-1881) y basó en ella su modelo del “medio interno”.

En lo que concierne a su relación con los postulados filosóficos, hay quien le considera el máximo exponente del positivismo de su compatriota Auguste Comte (1798-1857), entonces en pleno auge, pese a que los comentarios que

dejó por escrito sobre el *Cours de philosophie positive* comtiano no siempre son elogiosos. De hecho, sus críticas se dirigían a todos los sistemas filosóficos, positivismo, materialismo y vitalismo. No obstante, pese sus críticas a la filosofía y su aproximación radicalmente experimentalista, se puede apreciar la influencia de la filosofía en la aceptación por parte de Bernard de las hipótesis entendidas como algo que no surge de los hechos, sino del singular espíritu del investigador que, a su vez, le permite percibirlos e interpretarlos.

## Del lecho del enfermo a la humedad del laboratorio

Para ser un hombre de provincias que iba para escritor y que, según se decía con malicia, acabó entrando por la puerta de atrás a los excellos salones de la medicina francesa de mediados del XIX, su paso por ellos fue realmente decisivo. Claude Bernard se inclinó por la medicina tras convencerse de que no tenía talento literario. Como carecía de recursos, tuvo que alternar sus estudios con diversos trabajos alimenticios. Cuando superó el momento del examen de externado hospitalario con un resultado mediocre, pese a que su curiosidad natural le había llevado a adquirir una formación muy sólida en muy variados aspectos de la medicina, pasó al internado en el hospital del Hôtel-Dieu (1840) porque le atraían las disecciones. Allí conocería a quien sería su maestro François Magendie (1783-1855), del que aprendió la importancia radical de la experimentación. Allá por 1842, sin recursos económicos para sostenerse en París dedicado a una actividad ciertamente extravagante para la elite de la casta médica, habiendo fracasado en su intento de ingresar como profesor en la universidad y sin

posibilidad de proseguir con su interés en la investigación fisiológica que la mera práctica clínica no satisfacía, justo al borde de regresar a Saint Julien en el Rhône como médico rural, encontró la solución en la dote producto de su matrimonio, a la postre sumamente infeliz, con una joven, Marie Françoise Marti, que le habían presentado sus amigos el químico Pelouze y el médico Lasègue.

A partir de entonces, su vida se vería abocada a la investigación en el laboratorio, un talento que sin duda poseía. Para ser fisiólogo se debe vivir en el laboratorio. Según su discípulo Paul Bert, un “cuchitril insalubre, oscuro, mal ventilado y húmedo” al que él mismo tenía que llevar los conejos y las ranas que compraba en el mercado por la mañana y que no sobrevivían muchos días en condiciones estables para experimentar a causa de la insalubridad. Se alejaba así de la práctica clínica, tarea suprema de los médicos, a la que por aquel entonces los estamentos de la medicina le atribuían mucha más respetabilidad e importancia, y se adentraba en el minúsculo campo de la investigación fisiológica del que su laboratorio sería el único representante en Francia. Vivisección tras vivisección, entre 1846 y 1855 realizó el grueso de sus trabajos experimentales sobre la función glucogénica del hígado, sus investigaciones sobre sustancias tóxicas y medicamentosas, su descubrimiento de los nervios vasomotores, la definición del concepto de “medio interno” (*milieu intérieur*) y del papel de la sangre que proporcionaba a todos los tejidos condiciones constantes, entre otras contribuciones. Durante los últimos veinte años de su carrera se sucedieron los reconocimientos. Ingresó en la Académie des Sciences en 1854, sucedió a Magendie

en el Collège de France en 1855, ingresó en la Académie française en 1868, y en 1869 fue nombrado senador.

Bernard era un obseso del laboratorio capaz de abrir tórax de perros vivos con una sangre fría que a cualquier visita inoportuna le podía poner los pelos de punta, pero eso no significa que no reflexionara sobre lo que se estaba haciendo, que no barruntara o que despreciara la especulación sin más. Una cosa es no adscribirse a ninguna hipótesis o teoría filosófica que prejuzgue a la hora de conducir tus manos y otra no sentir el influjo latente de las tradiciones científicas o de los caminos soterrados de conceptos u ocurrencias que las conducen. Como él mismo decía en la *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*: “En medicina, es posible también elevarse a las generalidades más abstractas, ya colocándose en el punto de vista del naturalista y considerando a las enfermedades como especies morbosas que trata de definir y clasificar nosológicamente, ya porque, partiendo del punto de vista fisiológico, se considere que la enfermedad no existe, en el sentido de que no sería más que un caso particular del estado fisiológico. No hay duda de que todas estas opiniones son rayos de luz que nos dirigen y nos son útiles. Pero si nos entregamos exclusivamente a esta contemplación hipotética, bien pronto volveríamos la espalda a la realidad; y eso sería, en mi opinión, interpretar mal la verdadera filosofía científica, al establecer una especie de oposición o exclusión entre la práctica que exige el conocimiento de las particularidades y las generalizaciones precedentes que tienden a integrar todo en el todo. En efecto, el médico no es, modo alguno, el médico de los seres vivos en general, ni siquiera el médico del género huma-

no, sino el médico del individuo humano, y además el médico de un individuo en determinadas condiciones morbosas peculiares a él, y que constituye lo que se ha llamado su idiosincrasia.”

## El banco de Sísifo

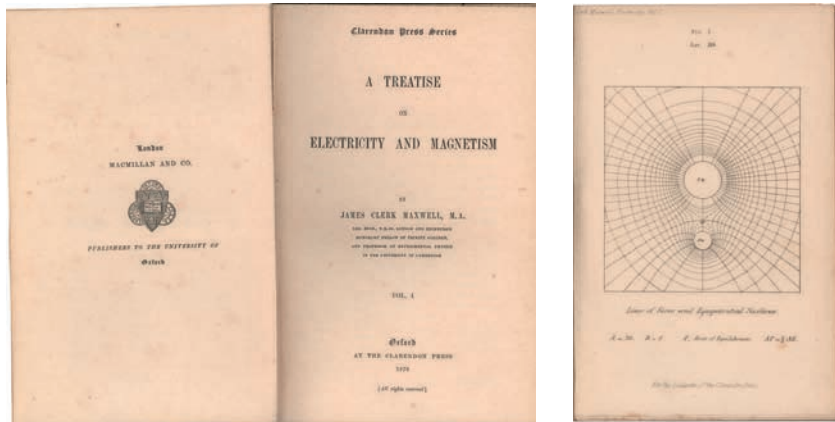
Tras años de dureza en el laboratorio, en 1860 su salud comenzó a resentirse y Bernard se vio obligado a retirarse para reponerse en su patria chica donde permaneció cerca de dos años. Sentado durante largas horas en el banco del jardín rodeado por seis tejos de la villa que había adquirido en Saint Julien al que bautizó el “banco de Sísifo”, en un juego con la palabras (“six ifs”), comenzó a pergeñar la *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. ¿Cómo sintetizar y normativizar la experimentación en fisiología? Bernard pensaba que el proceso de investigación fisiológica no era muy diferente al del resto de ciencias experimentales, a excepción de que era necesario estructurar la argumentación en el marco de la metodología de la investigación en seres vivos. El mayor valor de ésta obra reside en que sistematizó, sintetizó y expuso de modo didáctico y pedagógico su proceder en el laboratorio, su metodología y sus criterios de decisión conforme a su larga experiencia aportando elementos sobre su propio proceso mental. Es el primer tratado metodológico moderno de las ciencias de la vida. Louis Pasteur lo calificó como “un monumento en honor del método que ha constituido las ciencias físicas y químicas desde Galileo y Newton, y que Claude Bernard se esfuerza por introducir en fisiología y patología. No se ha escrito nada

más luminoso, más completo, más profundo sobre los verdaderos principios del difícil arte de la experimentación.”

La *Introducción* tuvo una repercusión inmediata en una par de reseñas laudatorias en revistas. Sin embargo, las publicaciones médicas francesas lo acogieron con tibieza y muchos colegas pensaron que excedía el campo de la medicina. Tal vez por ello, ejerció una gran influencia en el movimiento naturalista en la década de 1880, principalmente en Emile Zola (1840-1902), el padre de la llamada novela experimental naturalista, quien planteó su programa a partir de la diferencia bernardiana entre observar y experimentar, que en términos literarios consistía en trascender la mera descripción de lo observado y poner al descubierto los “resortes” humanos, las causas de sus acciones. La opinión más extendida es que esta obra fue conocida internacionalmente a partir de 1927, cuando se editó la primera versión inglesa. La primera edición española traducida por Antonio Espina y Capo (1850-1930), médico del hospital General de Madrid, data de 1880. Las siguientes traducciones corresponden a Carlos García, impreso en San Luís Potosí, México en 1900, José Joaquín Izquierdo de 1942, Nydia Lamarque de 1944, Luis Alberti, publicada por la editorial Centauro en 1947, José Martínez Alinari de 1959 para la editorial el Ateneo de Buenos Aires. También existe una traducción al catalán que llevó a cabo Pi y Sunyer y Otero Costas en gallego. En 2005, la editorial Crítica reeditó en su colección de “Clásicos de la ciencia y la tecnología” la traducción de Antonio Espina y Capo con prólogo de Pedro García Barreno.

Lo importante es el concepto

# El secreto matemático de la naturaleza de la luz



## Maxwell, James Clerk

A treatise on electricity and magnetism / By James Clerk Maxwell. -- Oxford : Clarendon Press, 1873

Real Instituto y Observatorio de la Armada, San Fernando (Cádiz). Biblioteca.  
Sig.: 04270/04271

© Fotografía Real Instituto y Observatorio de la Armada

Su estilo es conceptual y matemáticamente complejo y Maxwell se refirió a esta obra como un trabajo personal de clarificación. Murió mientras preparaba la 2ª edición y fueron sus seguidores quienes la desarrollaron y publicaron en 1881. De la tercera revisión se encargó J. J. Thomson, que la publicó en 1891 en tres volúmenes debido a las notas añadidas. Fue muy pronto traducida al alemán en 1883 y su versión francesa en dos volúmenes apareció entre 1885 y 1887.



## Receptor de ondas hertzianas

E. Ducretet  
París

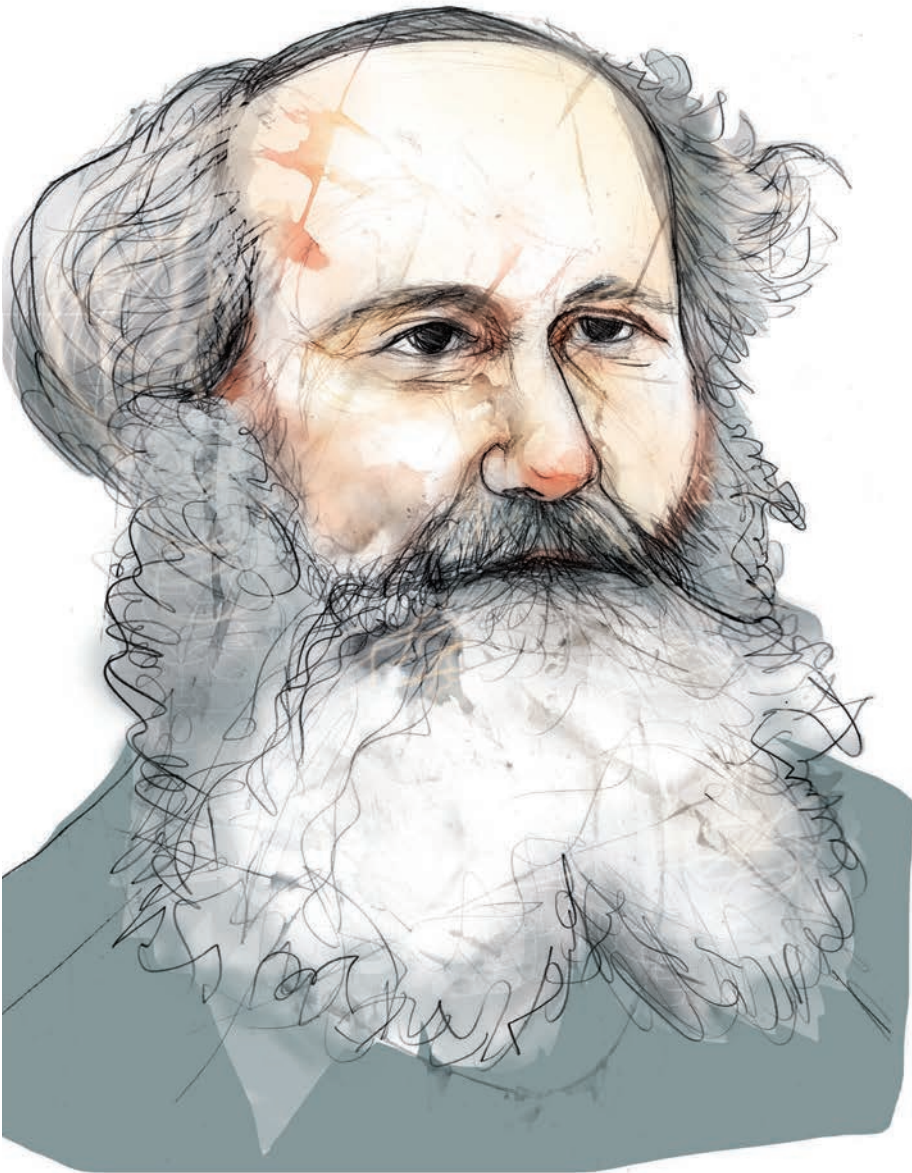
1864-1900

Colección MUNCYT 1984/002/0003

Este instrumento se utiliza como detector de ondas electromagnéticas de radio. Su principal elemento es el cohesor o radioconductor, constituido esencialmente por un fino tubo de vidrio en cuyo interior se dispone de una mezcla de limaduras de níquel y plata. La resistencia del cohesor al paso de la corriente es muy grande, debida al contacto imperfecto de las limaduras, sin embargo, se reduce en gran medida cuando sobre él inciden ondas hertzianas.



*A Treatise on Electricity and Magnetism*  
JAMES CLERK MAXWELL,  
1831-1879



Su indiscutible influencia se proyecta hasta nuestros días. El propio Albert Einstein elevó el genio de este físico escocés a la altura de las contribuciones de Isaac Newton. Hijo único de una acomodada familia de clase media, dotado de una gran curiosidad y de extraordinaria inteligencia, presentó su primer artículo científico con solo quince años. Formado en las universidades de Edimburgo y Cambridge, fue en esta última donde sus excepcionales capacidades fueron reconocidas. En 1873 publicó su obra *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Desarrolló las ecuaciones que rigen el comportamiento de las fuerzas eléctricas y magnéticas, llamadas en su honor “ecuaciones de Maxwell”, que sentaron las bases de la electrodinámica y sirvieron de inspiración a teorías posteriores como la relatividad y la cuántica. Dedujo que la luz es en sí misma una onda electromagnética, uno de los hallazgos esenciales de la física. Ocupó la cátedra de Física Experimental de la Universidad de Cambridge, siendo fundador y primer director del célebre Laboratorio Cavendish asociado a dicho puesto.

## MAXWELL

### *A Treatise on Electricity and Magnetism*

JMSR-JOR

### Tripes

La palabra *tripes* viene del taburete de tres patas donde se sentaban los estudiantes durante los exámenes en la Universidad de Cambridge; aunque no se trataba de unos exámenes cualesquiera. Era un sistema de exámenes introducido en 1730 y conocido como *Mathematical Tripes* desde 1824, en el que predominaban las preguntas físico-matemáticas, que se dividían en dos partes. La primera duraba cuatro días, que iban desde las nueve de la mañana hasta medio día, y desde la una y media hasta las cuatro de la tarde, en una enorme sala sin calefacción. La segunda, se prolongaba durante cinco días seguidos y las pruebas eran mucho más difíciles. Los problemas podían no tener solución y ser propuestos con el único fin de “cazar jóvenes talentos”. A quienes obtenían el primer puesto se les denominaba *senior wrangler*, a los que obtenían la segunda mejor calificación, *second wrangler* y así sucesivamente. Como resulta fácil imaginar, suponía un gran honor nacional y billete directo para un puesto en la comunidad académica y científica.

En 1846, con quince años, James Clerk Maxwell publicó en los *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* un artículo, “On the description of oval curves and those having a plurality of foci”; con dieciséis, comenzó a estudiar en la Universidad de Edimburgo; con diecinueve, se tras-

ladó a Cambridge donde completó sus estudios durante otros tres años; con veinticinco, obtuvo la cátedra de Filosofía Natural en el Marischal College de la Universidad de Aberdeen. De allí pasó, primero al King’s College en Londres y en 1871 a Cambridge, donde se convirtió en el primer catedrático de Física Experimental y dirigió el recién creado Laboratorio Cavendish. Como se ve, Maxwell fue un individuo de una inteligencia excepcional singularmente dotado para casi todo lo que abordaba. Pese a que aquí se presenta su *Treatise on Electricity and Magnetism (Tratado sobre electricidad y magnetismo; 1873)*, el más grande científico que ha dado Escocia no sólo se distinguió en el estudio de los fenómenos electromagnéticos: otra aportación mayúscula suya fue a la teoría dinámica de los gases, que es tanto como decir a la física estadística, de la que fue, junto a Rudolf Clausius (1822-1888) y a Ludwig Boltzmann (1844-1904), uno de sus fundadores. Publicó, asimismo, otros libros, como el aparentemente sencillo *Theory of Heat (Teoría del calor; 1871)*. Falleció, de un cáncer abdominal, el 5 de noviembre de 1879, a los 48 años de edad.

Con algunas excepciones como la de Michael Faraday o James Prescott Joule, la mayoría de los principales físicos británicos que trabajaron entre 1820 y 1900 estudiaron en Cambridge y se examinaron del *Tripes*. En la segunda mitad del XIX, en torno a la mitad de las cátedras de física de las universidades británicas fueron ocupadas por *wranglers*. Y entre los *senior wranglers* se cuentan los físicos William Herschel, (1738-1822) George Bidell Airy (1801-1892), George Stokes (1819-1903), Arthur Cayley (1821-1895), Peter Guthrie Tait (1831-1901), Edward John Routh (1831-1907), Lord Rayleigh (1842-1919) y Arthur Eddin-

gton (1882-1944). Sin embargo, otros no menos distinguidos, como el propio Maxwell, Horace Lamb (1849-1934), J. J. Thomson (1856-1940) y George Darwin, fueron *second wranglers*.

Pese a que la publicación del *Treatise on Electricity and Magnetism* tuvo lugar en 1873, cuando ya era director del Laboratorio Cavendish, éste básicamente fue escrito durante el periodo en que Maxwell se retiró a su finca familiar de Glenlair, cerca de Corsock, en Escocia, para recuperarse de varias enfermedades consecutivas que arreciaron entre 1865 y 1870. No obstante, y por continuar con la importancia relativa del método del *Tripes* en la producción científica británica, cabe mencionar que, durante dicho retiro, Maxwell fue moderador y examinador de los *Tripes* en los años 1866, 1867, 1869 y 1870, en los que ejerció gran influencia hasta el punto de introducir cambios importantes en el sistema.

## El siglo del electromagnetismo

Los legos en ciencia no están tan familiarizados con la fuerza eléctrica como con la de gravedad. A primera vista, de modo intuitivo, resulta más fácil entender y experimentar que la fuerza de gravedad es la que hace que estemos sujetos a la Tierra o que los planetas no choquen entre sí. Para comprobar que la fuerza eléctrica no es tan compleja como parece a primera vista, pongámonos en situación pensando en un objeto tan simple como un enchufe con sus dos agujeritos. Casi todo el mundo sabe que uno sirve para “transportar algo positivo” y el otro para “transportar algo negativo”. Bien, esta analogía nos sirve para ir un paso más allá y que resulte más sencillo comprender que la materia está compuesta de átomos que poseen una “carga” y que existen dos especies de

carga, una “positiva” y otra “negativa”. Al hecho de que la carga negativa se le haya dado el nombre de “protón” y a la positiva “electrón” es una pura convención. Podrían tener cualquier otro nombre. Pues bien, la naturaleza de la fuerza eléctrica radica en su perfecto equilibrio. Para decirlo llanamente: los objetos del mundo son neutros porque hay equilibrio entre los positivos y los negativos (cargados positiva y negativamente) y sólo cuando se produce un desequilibrio se manifiesta la fuerza eléctrica; un hecho tan simple que parece mentira que haya resultado tan escurridizo durante siglos.

Aunque se haya hablado aquí de modo muy rudimentario y básico, alcanzar este punto de síntesis, entender la naturaleza de los fenómenos eléctricos, magnéticos y de la propia luz, llevó siglos y el denuedo de las mentes de muchos sabios esforzándose en diversos campos aparentemente desconectados entre sí como la óptica, la mecánica, el de los fenómenos de la naturaleza como el magnetismo o la electricidad espontánea... A comienzos del siglo XIX, la luz, la electricidad y el magnetismo eran considerados tres fenómenos independientes, pero para cuando Maxwell comenzó a interesarse por los trabajos experimentales del gran Michael Faraday (1791-1867), Coulomb, Ampère, Oersted ya habían puesto sobre el tapete las piezas del rompecabezas del electromagnetismo. Con la pila que introdujo en 1800, Alessandro Volta (1747-1827) había inventado la corriente eléctrica continua. La ley que rige las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas que fue descubierta y formulada en 1785 por Charles Augustin Coulomb (1736-1806). La generación de corriente eléctrica a partir de campos magnéticos fue estudiada por Hans

Christian Oersted (1777-1851) y André-Marie Ampère (1775-1836), y Faraday estableció el concepto de líneas de fuerza y la primitiva idea de “campo”. Sin embargo, fue el genio de Maxwell el que fraguó la gran síntesis del electromagnetismo y le dio carta de naturaleza al componer su partitura matemática. Las ecuaciones que introdujo permiten describir la interacción electromagnética que se fundamenta en la idea de que los campos eléctrico y magnético son descripciones complementarias que se derivan de la misma propiedad básica de la materia que es la carga eléctrica.

## La gran síntesis

*“Desde una perspectiva a largo plazo de la historia del mundo - vista, por ejemplo, dentro de diez mil años -, no puede quedar duda de que el suceso más significativo del siglo XIX será considerado el descubrimiento por parte de Maxwell de las leyes del electromagnetismo.”*

Richard Feynman, *Lectures on Physics*, vol. 2 (1964).

El tratamiento matemático del *Treatise on Electricity and Magnetism* era de una enorme complejidad; su núcleo central, las famosas cuatro ecuaciones de Maxwell, eran 20 ecuaciones en derivadas parciales. Contemporáneos como Heinrich Hertz o Henri Poincaré hicieron constar sus dificultades para seguirlo. La exposición matemática del electromagnetismo en esta obra es hija del método de los *Tripes* matemáticos de Cambridge y de la confianza en el poder de los modelos mecánicos para explicar todos los fenómenos naturales guiada por el ideal teórico de la perfección, la permanencia, lo absoluto y lo constante. Este texto cumbre de la física del siglo XIX

se ha comparado al libro paradigmático de Newton, *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*. Sin embargo, no era la formulación matemática lo más importante de la síntesis maxwelliana. Como en el caso de Newton, lo verdaderamente relevante es lo que significaba, la revolución conceptual que suponía. Dejemos que sea Einstein quien lo explique (“La influencia de Maxwell en el desarrollo de la realidad física”, 1931). ¿Quién mejor que él, que con su teoría de la relatividad especial hizo ver el electromagnetismo maxwelliano desde una nueva, más profunda, perspectiva?:

“El cambio más grande en las bases axiomáticas de la física y, correspondientemente, en nuestro concepto de la estructura de la realidad desde que Newton fundó la física teórica, llegó por medio de las investigaciones de Faraday y Maxwell sobre los fenómenos electromagnéticos [...] De acuerdo con el sistema de Newton, la realidad física está caracterizada por los conceptos de espacio, tiempo, el punto material y la fuerza (interacción entre puntos materiales). Los eventos físicos son considerados como movimientos que siguen las leyes de los puntos materiales en el espacio. El punto material es la única representación de la realidad al ser el sujeto del cambio. La idea del punto material deriva obviamente de los cuerpos observables; [...] Los cuerpos materiales, que habían psicológicamente llevado a la formulación del concepto de ‘punto material’, tenían ahora que ser concebidos como un sistema de puntos materiales. Se puede notar que este sistema teórico es esencialmente atómico y mecanicista [...] La teoría ondulatoria de la luz se hizo valer por sí misma. La luz en el espacio vacío era concebida como una vibración del éter, y parecía ocioso concebirla como un conglomerado de puntos

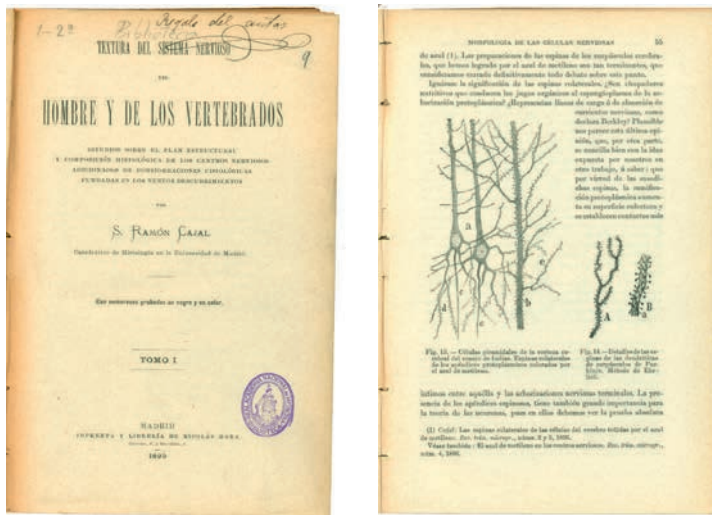
materiales [...] Aunque la idea de la realidad física había dejado de ser puramente atómico, aún siguió siendo puramente mecanicista. Se buscaba todavía interpretar todo lo que sucedía como el movimiento de cuerpos internos: de hecho, no se podía imaginar cualquier otra forma de concebir las cosas. Entonces llegó la gran revolución, la cual estará ligada por siempre con los nombres de Faraday, Maxwell, Hertz. En esta revolución, Maxwell se llevó la mejor parte. Mostró que todo lo que se sabía sobre la luz y los fenómenos electromagnéticos podía ser representado por su famoso doble sistema de ecuaciones diferenciales parciales, en las que los campos eléctricos y magnéticos aparecen como variables dependientes [...] Para estar seguro, Maxwell trató de encontrar una forma de basar o justificar estas ecuaciones por medio de modelos ideados mecánicamente. Sin embargo, él empleó varios modelos de este tipo, uno tras otro, sin tomar a ninguno de ellos realmente en serio, de forma que sólo las ecuaciones en sí mismas aparecieron como la materia esencial, y los campos de fuerza aparecían en ellas como entidades últimas no reducibles a nada más. Con el cambio de siglo la concepción

del campo electromagnético como una entidad irreducible fue generalmente establecida, y teóricos serios renunciaron a confiar en tener una justificación, o posibilidad, de un fundamento mecánico para las ecuaciones de Maxwell. Por el contrario, se hizo un intento de dar una explicación de teoría de campos a los puntos materiales y su inercia con la ayuda de la teoría de campo de Maxwell, pero este intento no tuvo éxito.

Si hacemos a un lado los importantes resultados específicos que la vida de trabajo de Maxwell aportó a importantes áreas de la física, y prestamos atención sólo a la modificación que experimentó la concepción de la realidad física por su causa, podemos decir que: antes de Maxwell, la gente concebía la realidad física – que representaba los eventos de la naturaleza – como puntos materiales, cuyos cambios consistían sólo en movimientos que están sujetos a ecuaciones diferenciales totales. Después de Maxwell, se concebía a la realidad física como representada por campos continuos, no explicables mecánicamente, sujetas a ecuaciones diferenciales parciales.”

## Las mariposas del alma, al microscopio

# Una obra cumbre de la ciencia española



### Ramón y Cajal, Santiago

Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados: estudios sobre el plan estructural y composición histológica de los centros nerviosos adicionales de consideración... / por S. Ramón Cajal-- Madrid : Imprenta y Librería de Nicolás Moya, 1899-1904

Real Academia Nacional de Medicina. Biblioteca. Sig.: 1-2 Biblioteca 9/11  
© Fotografía Real Academia Nacional de Medicina

Entre 1899 y 1904 publica Cajal este trabajo con la intención de recopilar sistemáticamente quince años de investigaciones neurológicas fructíferas. Es uno de los textos científicos españoles más importantes y el más completo sobre la estructura microscópica del tejido nervioso. Ilustran el texto un gran número de figuras en negro y en color. La primera edición de *Textura* en 3 volúmenes, formada por unos 800 ejemplares, se publicó en castellano sin apenas difusión internacional. Cajal decidió por ello publicar una nueva edición entre 1909 y 1911, en francés y con nuevas investigaciones, con el título *Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés* que sí alcanzó gran repercusión en Europa. La versión francesa fue reeditada por el CSIC con motivo del primer centenario del nacimiento del científico.



### Microscopio

1915-1930

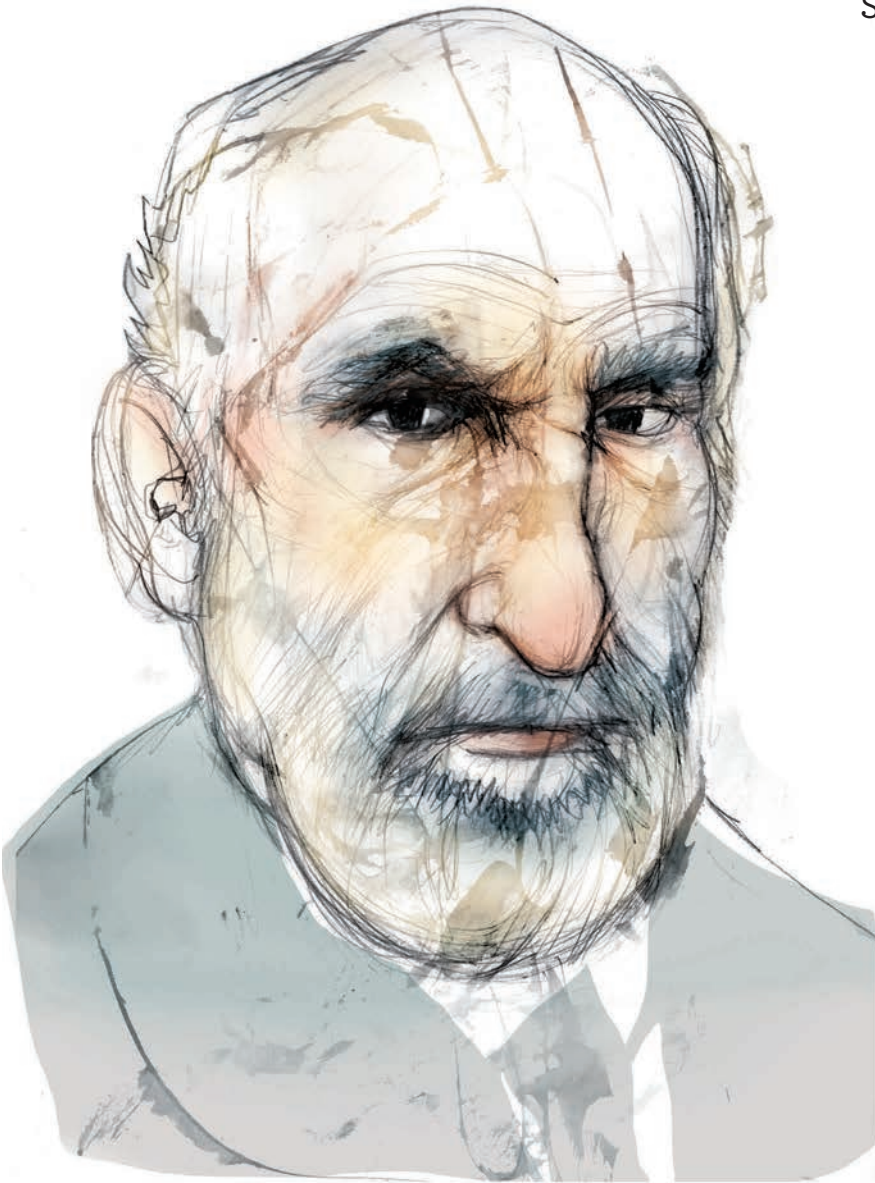
Colección MUNCYT 1985/004/0166

Sencillo microscopio para uso escolar que dispone de pletina fija y un solo objetivo. Carece de enfoque micrométrico. Es una pieza muy representativa de la época en la que se fabricaban instrumentos para laboratorio utilizando aún antiguos materiales como el latón barnizado o lacado, pero a los que ya se les incorporaban bases de hierro esmaltadas en negro para una mayor durabilidad.

*Textura del sistema nervioso del hombre  
y de los vertebrados*

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL,

1852-1934



El gran pionero de la exploración del cerebro y el sistema nervioso estudió medicina en la universidad de Zaragoza, especializándose en anatomía. Catedrático en las universidades de Barcelona y Madrid, su trabajo fue reconocido con el Premio Nobel de Fisiología en 1906, junto con Camillo Golgi -cuyo método de tinción mediante cromato de plata, así como el desarrollo industrial de la óptica y la química de colorantes que impulsaron la microscopía, facilitaron la investigación de Cajal de los tejidos nerviosos-. Con la publicación de su obra, capital en la historia de la medicina, *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (1904), estableció los fundamentos citológicos e histológicos de la neurología moderna, así como la estructura y función del sistema nervioso. Dueño de una biblioteca de ocho mil volúmenes, autor literario y pionero de la fotografía, su biografía remite a una inagotable curiosidad intelectual y científica.

## RAMÓN Y CAJAL

### Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados

JMSR-JOR

*“Como el entomólogo a la caza de mariposas de vistosos matices, mi atención perseguía, en el vergel de la sustancia gris, células de formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental!”.*

Santiago Ramón y Cajal, *Recuerdos de mi vida*, segunda parte (*Historia de mi labor científica*; 1917), capítulo 7.

### Tintura

Su nombre está inscrito en placas de escuelas, institutos, calles, instituciones, de España, claro; sobre él se han publicado centenares de libros, artículos, monografías, tesis doctorales, ediciones especiales, se han hecho exposiciones, homenajes, series de televisión, películas, documentales. Seguramente, se da por sentado que casi todo el mundo conoce los hechos de la vida de Santiago Ramón y Cajal, el único español que ocupa un lugar de pleno derecho en el panteón de los gigantes y uno de los científicos que más hizo avanzar la neurociencia. ¿Pero es realmente cierto que sus gestas son de dominio público? Sin duda, una pregunta demasiado comprometida para tan breve y contingente espacio. Es por ello que se dará por hecho que al lector que ha llegado hasta aquí no le son ajenos y, en consecuencia, nada más se esbozan tres o cuatro pinceladas para

aquellos neófitos a quienes, como a Cajal, la curiosidad les ha conducido a ojear éstas páginas.

Niño observador, inquieto, travieso, poco dócil, “hiperactivo”, como se diría en estos tiempos, nacido a mediados del XIX, concretamente en 1852, en el humilde villorrio de Petilla, de los más pobres del Alto Aragón. Tras pasar por Larrés, Luna y Valpalmas, a los ocho años, dio con sus huesos y su conciencia en Ayerbe, de donde según cuenta él mismo manó su energía muscular y su finura sensorial. También su tenacidad. Allí, el señoritingo hijo del médico del pueblo, forjaría su carácter frente a las pedradas y barrabasadas con que le reciben los demás niños. Era mañoso, rápido, ágil de mente. Descollaba en el dibujo y leía novelas mientras estudiaba en los institutos de Jaca y Huesca, donde descubriría la fotografía, con resultados tan discretos que su padre lo puso a trabajar de barbero y de zapatero hasta que, finalmente, satisfecho con el escarmiento, le propuso estudiar anatomía con él en Zaragoza.

El camino para la medicina quedaba así abierto. Santiago se licenció en medicina en el año 1873 y tras su paso por Cuba como médico militar reclutado obligatoriamente, acabó en Panticosa recuperándose del paludismo y la tuberculosis que contrajo en la colonia dedicado a la pintura y la fotografía. En 1877 se examinó de doctorado. Se topó con su primer microscopio y con la microscopía en el laboratorio de fisiología de la Universidad de Zaragoza. Comenzó así a mirar y dibujar, a mirar y fotografiar, a mirar e interpretar. La histología le había cautivado. Durante el periodo que abarca de 1877 a 1887, realizó una primera serie de estudios histológicos y de microbiología de carácter general. Se casó y en 1884 consiguió una cátedra en Valencia. Y llegó la gran cesura de 1888, el año que cambiaría su vida y



la historia de la neurología. El año de la tintura. Durante una estancia en Madrid en 1887, comisionado para formar parte del tribunal de una cátedra, visitó el laboratorio privado de Luis Simarro (1851-1921), conocido psiquiatra y neurólogo aficionado a la histología, y éste le presentó el método de Camillo Golgi (1843-1926), que acababa de aprender en París.

En la mente, los ojos y las manos de Cajal, la técnica de tinción de Golgi fue una herramienta de penetración e interpretación asombrosa. El histólogo italiano teñía los preparados de tejidos cerebrales con una disolución de plata que hacía visible en el microscopio la morfología, las finas estructuras, de la célula. Así la describía el propio Cajal en *Recuerdos de mi vida* (obra compuesta de dos partes; la primera, *Mi infancia y juventud*, apareció en 1901, mientras que la segunda, *Historia de mi labor científica*, data de 1917, año en que vio la luz junto a la primera parte): “El hallazgo, que como tantos otros en ciencia, tuvo una considerable dosis de azar, surgió un día en que Golgi, en sus pruebas tintoriales, trataba de teñir con sales de plata una de las membranas del cerebro, la piamadre, utilizando trozos de encéfalo que había endurecido previamente con una solución de dicromato potásico. Al observar los cortes al microscopio pudo comprobar que algunas de las neuronas de la sustancia gris subyacente a la piamadre aparecían teñidas con una coloración marrón oscuro intensa, casi negra, que destacaba con insuperable claridad, sobre un fondo amarillo transparente, motivo por el que bautizó a su técnica como de la *reazione nera* (la reacción negra).”

Cajal comenzó a trabajar y fue introduciendo novedades en la técnica de Golgi que tan fascinado le había dejado: el nitrato de plata amoniacal y, más tarde, nitrato de plata reducido con el que lograría tinciones muy nítidas. Con el trans-

curso de los años, fue depurándola hasta llegar a tratar los preparados con cloruro de oro antes de prepararlos con nitrato de plata. Pero tan importante como esto fue, primero, su idea de usar el método con embriones mejor que con animales adultos que eran en exceso complejos y, segundo, su capacidad para discernir entre lo que era un “artefacto” y un elemento real de lo que observaba para dibujarlo con total fidelidad. De hecho, no se dejaba ningún detalle que histólogos como el propio Golgi o Albert von Kölliker (1817-1905) omitían por considerarlos artefactos, “ruido” o “suciedad”, que se introducían por causa de la propia técnica. Cajal, además de ver, entendía: “Si los objetos representados son demasiado complicados, a los dibujos exactos que copian formas o estructura añadiremos esquemas ó semiesquemas aclaratorios. En fin, en algunos casos podrá prestarnos importantes servicios la microfotografía, suprema garantía de la objetividad de nuestras descripciones.”

Tras largos años observando y dibujando, maravillándose de la elegancia de las arborescencias del jardín de la neurología, en la obra de Cajal, la investigación de la delicada estructura del sistema nervioso estuvo siempre estrechamente relacionada con meditaciones sobre el problema de las relaciones mente-cerebro. Tal vez por eso se refiriera a las células piramidales de la corteza cerebral como “las mariposas del alma.”

## Textura

“El libro que hoy presentamos al público médico es una obra de investigación personal, donde exponemos, en forma resumida, pero con los detalles necesarios, todo el contenido substancial de nuestros numerosos trabajos (pasan de 80) so-

bre la fina estructura del sistema nervioso [...] Habiendo aparecido este primer tomo por cuadernos, distanciados por intervalos de tiempo algo considerables, y conteniendo cada uno de aquellos algunas ideas y hechos de observación no publicados antes por nosotros en ninguna Revista, convendrá recordar aquí las fechas en que dichos fascículos vieron la luz. El primero, que comprende la parte general, es decir, los elementos del tejido nervioso, se dio a la estampa en Diciembre de 1897; el segundo, que expone la médula espinal, ganglios raquídeos, terminaciones nerviosas y consideraciones fisiológicas sobre la marcha de las corrientes en la médula, apareció en 1898; y el tercero, donde se trata de la Histología comparada de la médula del desarrollo del tejido nervioso, se publicó en Julio de 1899.” Estas palabras pertenecen al prólogo del primer volumen de la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, publicada por Santiago Ramón y Cajal en 1899 (el tercer y último tomo apareció en 1904), la obra cumbre de la ciencia española y quizás la más influyente en la historia de las neurociencias. A finales de 1891, cuando entraba en la cuarentena, Cajal decidió reunir en un volumen todos sus estudios acerca de la estructura del sistema nervioso de los vertebrados. Este proyecto, que durante diez años le supuso un arduo trabajo, cristalizó en este clásico de la ciencia sobre la textura de la materia gris del cerebro. Por aquel entonces, la teoría dominante en neurología era que las células, en concreto las que constituían el sistema nervioso, formaban un continuo, esto es, que cada una se fundía con el resto para conformar la sustancia gris; teoría llamada de la “red” o “reticular” que había formulado el anatómico alemán Joseph von Gerlach (1820-1896), con Golgi como su principal valedor. Sus observaciones

de miles de preparados microscópicos, llevaron a Cajal a no admitir la existencia de dicha red difusa continua: “Como el fondo no teñido se muestra totalmente, transparente,” se lee en la *Textura*, “y como de ordinario los corpúsculos impregnados son pocos, desaparece o se aminora notablemente aquella dificultad extraordinaria de interpretación ofrecida por el plexo nervioso intersticial de la sustancia gris, examinado en los cortes finos coloreados con carmín ó con hematoxilina. Ante la clarísima imagen que nos ofrecen los corpúsculos nerviosos impregnados, se desvanecen, tanto la famosa red de Gerlach, como los brazos protoplasmáticos de Valentin y Wagner.” Cajal planteó que cada célula nerviosa es un cantón fisiológico absolutamente autónomo.

Hoy sabemos que la unidad básica del sistema nervioso es la “neurona” y que ésta se compone de tres partes: el cuerpo celular y dos tipos de fibras que salen de él, las “dendritas” y los “axones”. Las primeras son el extremo receptor de la célula, presentan una estructura arborescente, pueden ser excitadas por el medio externo, o sea por las otras células vecinas, y conducen el impulso nervioso hacia la célula. Los axones llevan el impulso fuera de ella. Cajal llegó a esta conclusión al tratar de contestar la pregunta de qué dirección tomaba el impulso nervioso planteando la hipótesis de la polarización dinámica: las señales eléctricas en el cerebro sólo se mueven en una dirección. Esto es, desde las dendritas al cuerpo neuronal, de éste al axón, y desde éste a la “sinapsis” (término introducido por el neurólogo Charles Sherrington, coetáneo de Cajal). De esta forma, la función no reside en la neurona considerada individualmente sino en el circuito neural.

La primera edición de *Textura* constaba de 1.800 páginas de texto y 887 grabados originales. La

editorial, sita en la calle Carretas 9 de Madrid, imprimió a instancias de don Santiago una edición limitada y bastante económica para facilitar su difusión. Cuando Cajal recibió la liquidación, las pérdidas eran de 3.000 pesetas. Al estar publicada en castellano, apenas tuvo difusión internacional, lo que era lógico dado que nuestro idioma era muy poco conocido en el mundo de la ciencia. Cinco años después la traducción francesa hecha por el doctor Léon Azoulay, *Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés* (1909/1911), se imprimió en París. Esta edición fue más conocida que la primera en el ámbito internacional, hasta el punto de ser considerada como la edición original de la obra de Cajal. A partir de entonces se abriría la polémica Golgi-Cajal en torno a la hipótesis reticular *versus* terminaciones libres, que llegaría hasta la concesión del Premio Nobel conjunto a ambos. Uno de los propósitos íntimos que llevó a Cajal a enfrascarse en este monumental trabajo queda perfectamente reflejado en sus propias palabras (*Historia de mi labor científica*, capítulo XX):

“Respondió, además, el citado libro a un egoísmo hartado humano para no ser excusable: temeroso del olvido y poco seguro de dejar continuadores capaces de afirmar y defender ante los extraños mis modestas adquisiciones científicas, tuve empeño en reunir en un todo orgánico las monografías neurológicas publicadas durante 3 lustros en revistas nacionales y extranjeras, amén de rellenar, con nuevas indagaciones, los puntos antes no tratados. Pero ante todo y sobre todo, deseaba que mi libro fuera - y perdónese la pretensión - el trofeo puesto a los pies de la decaída ciencia nacional y la ofrenda de fervoroso amor rendida por un español a su menospreciado país.”

A finales de septiembre de 1934, cuando se ha-

llaba revisando la obra con el fin de hacer una nueva edición en lengua española, Cajal añadió al texto unas notas que desaparecieron o le fueron sustraídas según testimonio de Fe Ramón y Cajal, y nunca las volvió a recuperar. En 1952, con motivo del centenario de su nacimiento, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas publicó la 3ª edición en francés; de hecho, era la reedición de la 2ª edición de Azoulay de 1911. En 1972 apareció la 4ª edición también en francés. En 1992 y gracias a una iniciativa privada (Ediciones Gráficas Ramón y Cajal. Vidal-Leuka S.L. de Alicanter) se publicó en 3 volúmenes en español la que cronológicamente se puede considerar la 5ª edición. En 1995, Oxford University Press publica la 6ª edición en inglés traducida por N. Swanson. Entre 1999-2003, los Profesores Pasik, eméritos del Departamento de Neurología, de la facultad de Medicina Monte Sinai, de la Universidad de Nueva York la tradujeron también al inglés siendo editada por Springer Wien, Nueva York. Es la 7ª edición.

## Brillo

“Por mi parte quiero ir más allá y proponer a Cajal como candidato único, dado que considero que repartir el premio entre Golgi y Cajal sería una injusticia contra Cajal.”

Informe de Emil Holmgren, 11 octubre 1906 (documento depositado en los Archivos de la Fundación Nobel).

En 1894, cuando la obra de Cajal ya había alcanzado amplia difusión y prestigio en los ambientes científicos del continente europeo, fue invitado a pronunciar la *Croonian Lecture* ante la Royal Society de Londres, circunstancia a la que acompañó el nombramiento de doctor *honoris causa* por

la Universidad de Cambridge. En 1900, el Congreso Internacional de Medicina, por voto unánime de su comité directivo, le concedió el premio internacional instituido en la ciudad de Moscú para el trabajo médico o biológico más importante publicado durante el trienio transcurrido desde la celebración del congreso anterior. Cuatro años y medio después, en los albores de 1905, recibió otra distinción considerada de las más altas, la Academia de Ciencias de Berlín le concedió la medalla de oro Helmholtz, que se otorgaba cada dos años al investigador que hubiese realizado la aportación de mayor relevancia.

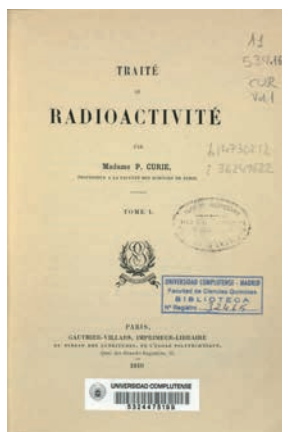
El 25 de abril de 1906 el comité Nobel para los premios de medicina hizo una primera selección a favor de nueve candidatos iniciales: C. Golgi, Ramón y Cajal, J. Loeb, E. Overton, A. Bier, C. J. Finley, H. Carter, A. Laveran y P. Ehrlich. Cajal contó con los apoyos iniciales de Kölliker (Wurzburg), Ziehen (Berlín), Retzius (Estocolmo), Holmgren (Estocolmo) y Fürst (Lund).

Una vez hecha la primera evaluación, el comité ya se inclinó por los neurohistólogos, pero se inició un debate que continuó incluso después de la concesión respecto a si debía ser compartido o debía recaer solo en Cajal. Finalmente, tras diversos informes, el comité estaba dividido y la decisión de otorgárselo a ambos se debió en parte a que los dos eran candidatos recurrentes desde 1901 y, en parte, porque se consideró que la contribución de Cajal debía algo a los trabajos previos de Golgi. Argumentos que servían para contentar a todos y evitar problemas. El proceso de deliberación y el resultado puso en evidencia la enconada disputa entre las interpretaciones sobre la estructura del sistema nervioso que ambos científicos mantuvieron lo largo de sus vidas. En todo caso, la historia ya ha dictado su veredicto sin apelación posible. En 1906, el Real Instituto Carolino de Estocolmo le comunicó que había sido galardonado, junto con Camilo Golgi, con el premio Nobel de Fisiología y Medicina.



## Entre física y química

# Se desvelan secretos de los átomos más activos



### Curie, Marie

Traité de radioactivité / par Madame Pierre Curie. -- Paris : Gauthier-Villars, 1910

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca de Químicas. Sig: A1 539.16CUR, v. 1, 2

© Fotografía Biblioteca Histórica UCM

Es el principal escrito de Marie Curie y recoge sus lecciones sobre radiactividad. Tras su publicación recibiría, en 1911, su segundo premio Nobel. Como muestra de su compromiso con la ciencia dedicó la cuantía de los premios a la investigación. Estuvo invitada en España en dos ocasiones: para impartir una conferencia sobre radiactividad en la Residencia de Estudiantes en 1931 y con ocasión de la reunión "El porvenir de la Cultura" del Instituto Internacional de Cooperación Intelectual de Sociedad de Naciones en 1933. No disponemos de traducción española de su obra.



### Tubo de Contador Geiger-Müller

Lkb - Produkter Fabriksaktiebolag

Estocolmo

1940-1960

MUNCYT 1995/031/0543

Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM

Este detector es el elemento principal de un contador Geiger, que sirve para medir la radiactividad. Consiste en una ampolla de vidrio en cuyo interior se encuentran un cátodo (cilindro de cobre) y un ánodo (filamento de wolframio), rodeados de gas argón. Cuando es atravesada por una partícula cargada, se ionizan las moléculas del gas, provocando una señal eléctrica. La señal es amplificada haciéndola audible y produciéndose el conocido chisporroteo.



*Traité de radioactivité*  
**MARIE CURIE,**  
1867-1934

Maria Skłodowska, más conocida como Marie Curie, física y química nacida en Varsovia y luego nacionalizada francesa, es una de las figuras científicas más insignes del siglo XX. En 1891 se trasladó a París para estudiar en la Sorbona, y se casó con Pierre Curie cuatro años después. Junto con él, halló dos nuevos elementos químicos, el polonio y el radio, y denominó radiactividad al fenómeno -descubierto por Becquerel- de la extraña emisión de unos rayos invisibles, de gran poder de penetración, por parte de ciertos elementos como el uranio. Obtuvo el Premio Nobel en dos ocasiones: de Física en 1903, compartido con Pierre y con Becquerel, y de Química en 1911. En 1910 había publicado *Traité de radioactivité*, una recopilación de los nuevos conocimientos, cuatro años después de haber fallecido Pierre. En la I Guerra Mundial auxilió a los aliados instruyendo en el manejo de aparatos de rayos X. Murió de anemia aplásica a los 66 años, posiblemente a causa de la exposición continuada a la radiación. En 1995 sus restos mortales fueron trasladados al Panteón de París, convirtiéndose en la primera mujer en alcanzar este honor.

## MARIE CURIE

### *Traité de radioactivité*

JMSR-JOR

### Radio

*“Elemento químico radiactivo de núm. atóm. 88. Metal raro en la corteza terrestre, se encuentra acompañando a los minerales de uranio, elemento del que procede por desintegración. De color blanco brillante y radiotoxicidad muy elevada, su descubrimiento significó el origen de la física nuclear y sus aplicaciones. Se usa en la industria nuclear y en la fabricación de pinturas fosforescentes.”*

*Diccionario de la Real Academia Española*

En 1911, Marie Curie recibía el premio Nobel en Química (el primero que obtuvo, en 1903, fue el de Física, compartido con su esposo, Pierre Curie, una mitad para ambos, y con Henri Becquerel, que recibió la otra mitad), “en reconocimiento por sus servicios al avance de la química por el descubrimiento de los elementos ‘radio’ (Ra) y ‘polonio’ (Po), por el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y los componentes de tan remarcable elemento.” En su discurso de aceptación, comenzó diciendo: “Hace unos quince años Henri Becquerel descubrió la radiación del uranio y, dos años después, el estudio de éste fenómeno se extendió a otras sustancias, primero por mí misma, y después por Pierre Curie y yo misma.” En efecto, alertado por una discusión sobre el descubrimiento pocas semanas antes de una nueva y misteriosa, radiación – los rayos X – debido al físico alemán Wilhelm Rönt-

gen (1845-1923), discusión en la que se aventuró que esos rayos estaban asociados a la fosforescencia, a comienzos de 1896 Henri Becquerel (1852-1908) recurrió a unas sales de uranio de las que disponía en su laboratorio. Preparó unas placas fotográficas, que envolvía con un cartón negro impermeable a la luz, para ver si eran impresionadas por muestras de esas sales de uranio después de que éstas recibiesen la luz del sol, provocando así el fenómeno fosforescente. Un día, como estaba nublado, tardó un tiempo en comprobar qué ocurría tras desenvolver las placas y, cuando lo hizo, descubrió que estaban veladas en la zona expuesta a las sales de uranio. Había descubierto la radiactividad.

Marie Curie, que por aquel entonces iniciaba su tesis doctoral en una sala que había conseguido que le prestaran en el lugar donde trabajaba su marido Pierre, la Escuela para la Industria Química y Física de París, decidió estudiar el poder de ionización de estos rayos que emitían luces desconocidas. Un fenómeno al que llamó “radioactividad” (fenómeno definido en la actualidad por el diccionario de la Real Academia Española como la “propiedad de ciertos cuerpos cuyos átomos, al desintegrarse espontáneamente, emiten radiaciones”). A partir de 1898, Pierre y Marie se dedicaron a estudiar este fenómeno. Comenzaron a examinar todos los cuerpos químicos conocidos, percatándose de que el torio también emitía ese tipo de radiación (no fueron los únicos en advertir que el torio también era radiactivo). Más tarde, se dedicaron a trabajar con peblendas (mineral de uranio de composición muy compleja) y observaron que sus emanaciones eran casi tres veces más intensas que las del uranio simple, lo que



les llevó a preguntarse por las causas de esa actividad excesiva, y a esforzarse en separar las sustancias no radiactivas de la peblenda para aislar la causa. Obtuvieron un producto cuya radiactividad era aproximadamente 400 veces superior a la del uranio y supusieron que era un elemento nuevo. En efecto, era un elemento químico desconocido hasta entonces, al que los Curie llamaron “polonio” en honor de la patria de Marie. Continuando sus investigaciones, hallaron otro producto en el mineral de uranio con una actividad 900 veces más intensa que la del uranio y cuyas propiedades químicas eran completamente diferentes a las del polonio al que denominaron radio.

Comenzaba de esta manera la historia de la radioactividad. Pero, ¿cómo clasificar aquella nueva disciplina? ¿Caía dentro de las ciencias físicas, de las químicas o en ambas a la vez? No había acuerdo al respecto. En 1900, los Curie habían recolectado todas las investigaciones sobre radiactividad que habían llevado a cabo y las publicaron en un documento en el que describían las propiedades de tales rayos, aunque su origen, la fuente de esta curiosa energía, continuaba resultando un misterio. La aparente espontaneidad de la radiación era a los ojos de los científicos realmente asombrosa, daba la impresión de violar la primera la ley de la termodinámica que establece que la energía ni se crea ni se destruye sino solo se transforma: el radio emitía energía de una manera aparentemente continua o “eterna”. Pierre pensaba que el origen de la radiactividad no radicaba en el interior del átomo, sino en el medio circundante, y estaba convencido de que la radiación no disminuía con el paso del tiempo.

## Un tratado a modo de parapeto

“Esta obra representa el conjunto de lecciones que durante estos últimos años han constituido el curso de radiactividad profesado en la Sorbona. La redacción de estas lecciones ha sido completada por algunos desarrollos que no habían podido encontrar lugar en la enseñanza. El descubrimiento de la radiactividad es relativamente muy reciente, ya que se remonta solamente a 1896, año en que las propiedades radiantes del uranio fueron puestas en evidencia por Henri Becquerel. Sin embargo, el desarrollo de esta ciencia ha sido extremadamente rápido, y entre los numerosos resultados los hay cuyo alcance general es tan grande que la Radiactividad constituye hoy una importante rama de las ciencias físico-químicas, con un dominio que le pertenece por derecho propio y que se encuentra definido con una especial nitidez.” Estas palabras corresponden a la introducción del *Traité de radioactivité* (Tratado de radiactividad) formado por dos volúmenes de 426 y 548 páginas, respectivamente, que contenía una tabla con los radioelementos conocidos publicado por Marie Curie en 1910. Para cuando publicó esta obra – su marido había muerto en 1906, víctima de un accidente – la ciencia de la radiactividad y su naturaleza ya era objeto del estudio e interés de la comunidad científica internacional. Ernst Rutherford (1871-1937), que a la postre sería una pieza fundamental en esta historia, desde hacía tiempo era uno de sus grandes competidores, algo que se ve en estas palabras que había escrito a su madre en una carta del 5 de enero de 1902: “Tengo que publicar mis resultados lo más deprisa posible para seguir en la carrera. Los me-

jores velocistas en este campo son Becquerel y los Curie de París.” En efecto, desde los primeros pasos del radio se desarrollaba una sorda y galante batalla entre Rutherford y los Curie en cuanto a la naturaleza de este fenómeno. En 1902, el matrimonio escribió un artículo en el que sugería que Rutherford se precipitaba al suponer que se daba algún cambio en las sustancias que emiten energía. Para 1910, William Ramsay (1852-1916), Ernest Rutherford y Frederick Soddy (1877-1956) ya trabajaban sobre el caballo de batalla de la desintegración atómica. Estos dos últimos demostraron que los elementos más pesados (uranio, torio, polonio y radio) eran inestables y se transmutaban continuamente en elementos radiactivos menores. Al tiempo que tardaban en desintegrarse, poco o mucho, se le denominó “periodo radioactivo”, y el hecho de que la desintegración sucediera en el tiempo indicaba que algo tenía lugar “dentro”, es decir, a nivel “atómico”, y que Rutherford tenía razón; evidencia que finalmente, Pierre, tras hacer sus propios experimentos, aceptó.

En su *Traité de radioactivité* Marie insistía en la relación de la radiactividad con la física y la química, y afirmaba que “a la química le aporta un nuevo método de descubrimiento, la separación y el estudio de elementos químicos, el reconocimiento de un cierto número de nuevos elementos con propiedades muy curiosas (en primer lugar el radio) [...] A la física, y sobre todo a las teorías corpusculares modernas, le aporta un mundo de nuevos fenómenos, cuyo estudio es una fuente de progreso para estas teorías; se puede citar, por ejemplo, la emisión de partículas que transportan cargas eléctricas y que están dotadas de una velocidad considerable, cuyo movimiento ya no obedece a las leyes de la mecánica ordinaria.” Con

este tratado para Marie era muy importante, no sólo ser la primera en poner por escrito el estado de la cuestión en lo que la radiactividad se refiere, sino asegurarse de que su papel y el de su marido no se verían arrinconados por la pujanza de las investigaciones de científicos como el americano Bertram B. Boltwood (1870-1927), quien tiempo atrás, cuando Marie se negó a que le permitiera comparar una de sus disoluciones de radio con su propio estándar, en una carta a Rutherford escribió: “La señora no estaba deseosa de tener una comparación, la razón, sospecho, es su falta de disposición constitucional a hacer nada que pueda, directa o indirectamente, ayudar a cualquiera que se ocupe de la radiactividad, fuera de su propio laboratorio”.

Resulta interesante a este respecto leer las palabras del propio Rutherford comentando sus impresiones sobre una primera lectura de los dos tomos del *Traité de radioactivité* en una carta que envió a Boltwood el 14 de diciembre de 1910: “Pesado mucho y son muy extensos, pero Marie ha reunido una gran cantidad de información útil. Pienso que ha cometido la equivocación de intentar incluir todos los trabajos, viejos y nuevos, con muy poca discusión crítica de importancia relativa [...] Creo que en conjunto, ella es mucho mejor, como cabía esperar, en el lado químico y que demuestra alguna falta de profundidad en el lado físico, especialmente en su discusión de las radiaciones. En algunas partes es muy divertido leer, cuando está muy ansiosa por reclamar prioridad para la ciencia francesa, o más bien, para ella y su marido [...] En conjunto creo que la pobre mujer ha trabajado tremendamente, y sus volúmenes serán muy útiles durante un año o dos para evitar que los investigadores se esfuercen en perseguir

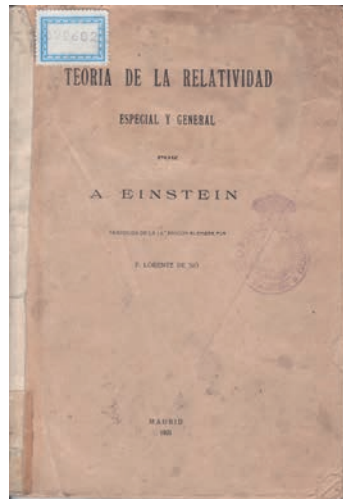
su propia literatura: un ahorro que yo no creo que sea completamente ventajoso.”

En toda época, el mundo de la ciencia ha sido un campo de batallas encarnizadas entre egos incommensurables, prejuicios, intereses espúreos, modos de concebir el trabajo, creatividades. En tiempos de Marie Curie, la ciencia ya era una empresa internacionalizada aunque todavía dominada por hombres. Tal vez sea cierto que tras sus primeros años de máxima creatividad, en los que aisló el polonio y el radio, e identificó la naturaleza de la radiactividad, a partir de 1910 dedicó la mayor parte de sus esfuerzos a la defensa, la elaboración, el refinado y la expansión de estas primeras ideas. Algo lógico en el mundo plagado de dificultades y prejuicios en el que desarrolló su actividad de un modo tan perseverante y tenaz. Como escribió Einstein en un acto en recuerdo a Curie, celebrado el 23 de noviembre de 1935 en

el Museo Roerich de Nueva York: “Cuando una personalidad tan destacada como la señora Curie llega al fin de sus días, no debemos darnos por satisfechos sólo con recordar lo que ha dado a la humanidad con los frutos de su trabajo. Las cualidades morales de una personalidad tan destacada como la suya, quizá tengan un significado aún mayor para nuestra generación y para el curso de la historia, que los triunfos puramente intelectuales. Hasta esos últimos dependen, en un grado mucho mayor de lo que suele creerse, de la talla del personaje. Fue una gran suerte para mí poder relacionarme con la señora Curie durante 20 años de sublime y perenne amistad. Su grandeza humana me admiró cada vez más. Su fuerza, la pureza de su voluntad, su austeridad para consigo misma, su objetividad, su juicio incorruptible [...] todas estas cualidades era de un carácter tal que pocas veces se hallan en un mismo individuo.”

## Einstein hizo temblar los pilares de la Física

# Un nuevo paradigma del universo



### Einstein, Albert

Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie : Gemeinverständlich / von A. Einstein.-- 5te. Aufl.-- Braunschweig : Friedr. Vieweg, 1920

Fundación José Ortega y Gasset-Gregorio Marañón. Biblioteca.  
Sig.: ORT 530.12 EIN  
© Fotografía Fundación José Ortega y Gasset-Gregorio Marañón

### Einstein, Albert

Teoría de la relatividad : especial y general / por A. Einstein ; traducida de la 12ª ed. alemana por F. Lorente de Nó. -- Madrid : [s.n.], 1921 (Toledo : sucesor de J. Peláez)

Escuela de Guerra del Ejército. Biblioteca. Sig.: 13C-3-7689  
© Fotografía Escuela de Guerra del Ejército

Libro de divulgación que, tras la difusión en 1919 de las observaciones que confirmaban la teoría einsteniana y la traducción a lengua inglesa en 1920, adquiere una gran relevancia internacional. En 1921 se imprime en Toledo su traducción española, realizada por Fernando Lorente de Nó, ingeniero y matemático de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas que acompañaría posteriormente a Einstein durante su visita a España en 1923.



### Interferómetro de Michelson

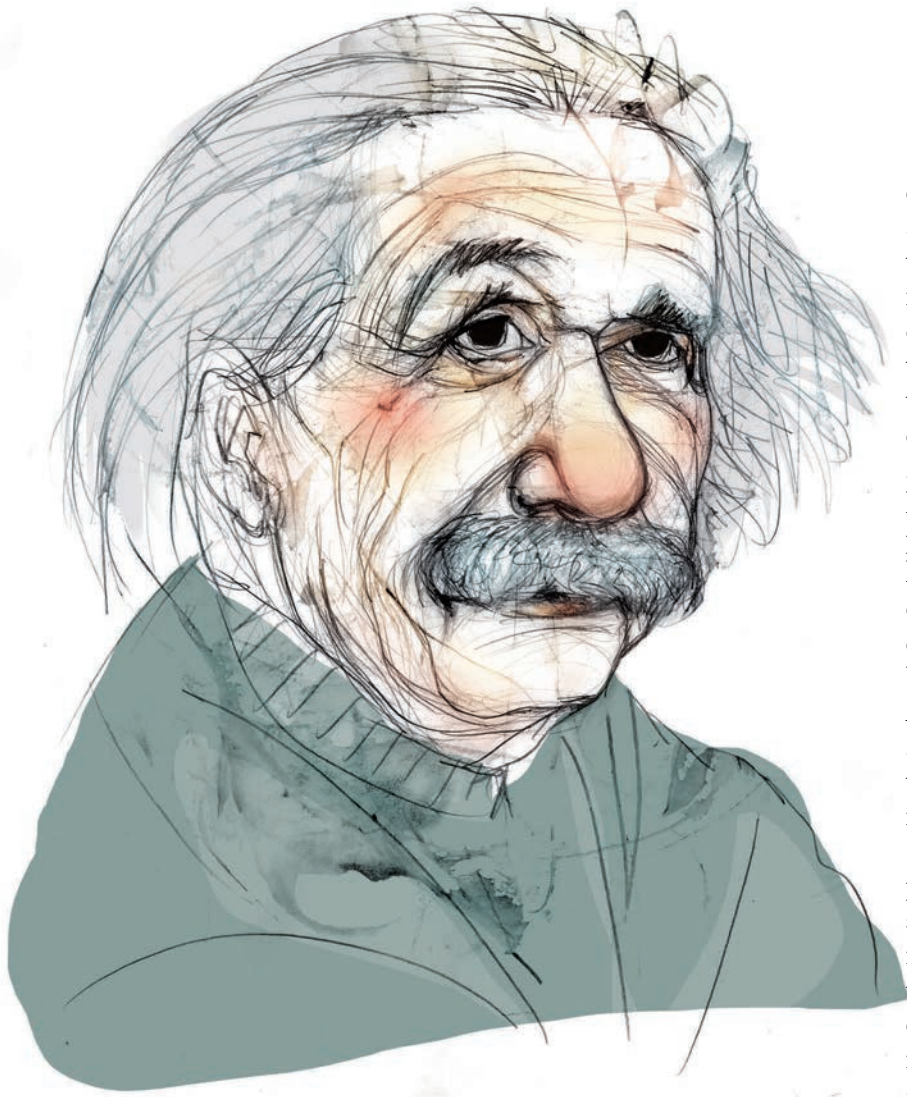
WM. Gaertner & Co. Makers  
Chicago  
1940-1960  
MUNCYT 1995/031/0016  
Depósito de la Facultad de  
Ciencias Físicas de la UCM

Con un interferómetro, A. Michelson y E. Morley diseñaron uno de los experimentos más relevantes de la historia: comprobar la existencia del éter luminífero -el medio material supuestamente necesario para la propagación de las ondas de luz. El "fracaso" del experimento -no se halló ninguna evidencia de la existencia de ese éter- fue el detonante de extraordinarias implicaciones teóricas acerca de la naturaleza de la luz, de las cuales surgió la teoría de la relatividad especial.

*Über die spezielle und die allgemeine  
Relativitätstheorie: Gemeinverständlich*

ALBERT EINSTEIN,

1879-1955



Nació en Alemania en el seno de una emprendedora familia judía. Se le atribuye un carácter tímido, retraído, paciente y metódico. Aunque incómodo con el sistema escolar, en general sacaba buenas notas, destacando sobre todo en ciencias naturales. En 1905, su año glorioso, en cuatro trabajos publicados en los *Annalen der Physik*, sentó las bases de la teoría de la relatividad especial y presentaba por primera vez la posibilidad de transformar masa en energía que se expresa con la famosa ecuación  $E=mc^2$ . En 1917 publica su obra *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie: Gemeinverständlich* donde divulga sus ideas sobre la teoría de la relatividad y a ello hace referencia la última palabra del título: *Gemeinverständlich* (comprensible para todos). El Premio Nobel de Física le llegó por sus trabajos “sobre el movimiento browniano y su interpretación del efecto fotoeléctrico”, otro de los publicados en 1905. La I Guerra Mundial lo separó de su familia y se manifestó abiertamente antibelicista. Tras el acceso de Hitler al poder se trasladó a Estados Unidos, donde pasó los últimos años de su vida en el Instituto de Estudios Superiores de Princeton, ciudad en la que murió.

## EINSTEIN

### *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie: Gemeinverständlich*

JMSR-JOR

### Hay esperanza detrás del fracaso

Hoy el nombre de Albert Einstein es conocido mundialmente; constituye un icono cultural. “El Personaje del siglo XX” lo calificó la revista Time en su número de diciembre de 1999, anteponiéndolo a los dos otros finalistas, Franklin Delano Roosevelt y Mohandas Gandhi. “Como el mayor pensador del siglo”, se señalaba al justificar la elección, “como un inmigrante que huía de la opresión hacia la libertad, como un idealista político, Einstein engloba de la mejor forma posible lo que los historiadores considerarán significativo acerca del siglo XX. Y como un filósofo con fe tanto en la ciencia como en la belleza de la obra de Dios, personifica el legado que pasará al próximo siglo.”

Al menos en lo que llevamos de ese “próximo siglo”, su nombre todavía conserva, efectivamente, el aura de la excelencia suprema; un nombre que se asocia a Ciencia. Si miramos hacia atrás, si escarbamos en el almacén de la historia, en la biografía de Einstein, encontraremos, sin embargo, que no parecía no ya que llegase a convertirse en una figura de talla universal, sino siquiera que pudiera llegar a ganarse la vida como científico. Así,

tras graduarse en julio de 1900 en la prestigiosa Eidgenössische Technische Hochschule (Escuela Técnica Federal) de Zúrich, el joven Albert fue incapaz de encontrar un puesto de ayudante en la universidad, y lo intentó por todas partes: “Pronto”, escribía el 4 de abril de 1901 a su novia, futura esposa, Mileva Maric, “habré honrado con mi oferta a todos los físicos desde el Mar del Norte hasta la punta meridional de Italia!”.

Finalmente, en junio de 1902, pudo encontrar – con la ayuda del padre de un compañero de estudios, Marcel Grossmann – un empleo en la Oficina de Patentes de Berna: Técnico Experto de tercera clase. Hasta el 15 de octubre de 1909, en que fue nombrado profesor asociado de la Universidad de Zúrich, aquel sería su lugar de trabajo. ¿Qué pasó entre tanto para que sucediese esto? La respuesta es sencilla de dar, aunque más difícil de comprender: que allí, trabajando ocho horas al día, seis días a la semana, Albert Einstein publicó en 1905, su *annus mirabilis*, cuatro artículos que conmovieron los pilares de la física.

Todos aquellos trabajos aparecieron en la revista *Annalen der Physik*. El primero se titulaba “Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz”, y en él Einstein extendió a la radiación electromagnética la discontinuidad cuántica que Max Planck (1858-1947) había introducido en la física cinco años antes; por una de las aplicaciones de los principios que sentó en este artículo, y que aparece al final del mismo, el efecto fotoeléctrico, en 1922 la Academia Sueca de Ciencias le concedió el premio Nobel de Física correspondiente a 1921. El segundo de los artículos llevaba por título “Sobre el movimiento requerido por la teoría cinético-molecular del calor para partículas pequeñas

suspendidas en fluidos estacionarios”, y contiene un análisis teórico del movimiento browniano (movimientos aleatorios y repentinos de partículas suspendidas en un fluido en reposo, que se observan con un microscopio) que permitió a su autor demostrar la existencia de átomos de tamaño finito, un logro en absoluto menor en un momento en el que muchos negaban tal atomicidad. En el tercero, “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento,” creó lo que más tarde se denominaría “teoría de la relatividad especial”, un sistema teórico-conceptual que eliminaba las discrepancias que habían surgido entre la mecánica newtoniana y la electrodinámica maxwelliana, que estaban causando una crisis en una parte importante de la física teórica. La relatividad especial, que substituyó a la mecánica que Isaac Newton había establecido en 1687, condujo a resultados que socavaban drásticamente conceptos hasta entonces firmemente afincados en la física, como los de tiempo y espacio, conduciendo, en manos de su antiguo maestro en Zúrich, el matemático Hermann Minkowski (1864-1909), a la creación del concepto, matemático y físico, de espacio-tiempo cuatrimensional, que el propio Minkowski presentó de manera pública con singular fuerza y dramatismo el 21 de septiembre de 1908, ante el Congreso de Científicos y Médicos Alemanes reunidos en Colonia: “A partir de ahora”, manifestó en aquella ocasión, “el espacio por sí mismo y el tiempo por sí mismo están condenados a desvanecerse en meras sombras, y solamente una especie de unión de los dos conservará su independencia”.

Esta unión espacio-temporal no es sino reflejo de uno de los resultados más celebrados de la relatividad especial: el de que la simultanei-

dad de acontecimientos o la medida de longitudes depende del sistema de referencia (inercial) en que se encuentran aquellos que realizan las observaciones, consecuencia a su vez de un postulado básico de la teoría, el de que la velocidad de la luz es independiente del estado de movimiento de la fuente que la emite, postulado totalmente contraintuitivo, y que a pesar de las evidencias indirectas en su favor que se habían ido acumulando a lo largo de las últimas décadas sólo Einstein imaginó.

Finalmente, el cuarto artículo, “¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido energético?”, no era sino un mero corolario de la teoría, condensado en una sencilla expresión matemática,  $E=mc^2$  (en donde E representa la energía, m la masa, y c la velocidad de la luz), que permitió comprender inmediatamente la razón – aunque no la causa que subyacía en el fenómeno – de la aparente infinita energía producida en los procesos radiactivos. Las explosiones nucleares que pusieron término a la Segunda Guerra Mundial dieron buena prueba de que masa y energía son, efectivamente, equivalentes.

## La fama no siempre llega tarde: la teoría general de la relatividad

Estos trabajos, a los que pronto siguieron muchos otros, le pusieron en el disparadero de una rápida carrera académica. Después del primer puesto en Zúrich, en 1911 fue designado catedrático de Física en la Universidad alemana de Praga, donde no permaneció mucho tiempo: en 1912 se incorporó a su alma mater, al Politécnico de Zúrich, como catedrático. Dos años más tarde,

alcanzaba la cumbre de su profesión: catedrático sin obligaciones docentes en la Universidad de Berlín, director de un Instituto de Física teórica, que se crearía especialmente para él en la Asociación Káiser Guillermo, y miembro, con un salario de 12.000 marcos, de la Academia Prusiana de Ciencias. Y en Berlín, en medio de la Primera Guerra Mundial, llegaría su contribución más original a la física: la teoría de la relatividad general.

Al contrario que la teoría de la relatividad especial cuya estructura básica fue desarrollada por Einstein en forma definitiva en un sólo trabajo, la relatividad general –la teoría relativista de la gravitación que sustituyó a la teoría de la gravitación universal de Newton – exigió un período mucho más largo para su elaboración: comenzó en 1907, luego vino un periodo en el que Einstein se dedicó a continuar con sus estudios de física cuántica, reanudando los relativos en 1911, para llegar a la formulación final de la relatividad generalizada en noviembre de 1915.

La teoría de la relatividad general es una teoría completamente diferente a las demás de la física: el marco geométrico, el espacio-tiempo, depende del contenido energético-material, lo que significa que se trata de un espacio curvo y dinámico. Casi un siglo después, continúa mostrando su validez, aunque no es compatible con los requisitos de la física cuántica, lo que, ciertamente, constituye un grave problema.

Se trataba, eso sí, de una teoría compleja y de la que, en principio (ahora la situación es muy diferente), se derivaban únicamente tres posibles comprobaciones: el desplazamiento del perihelio (punto de la órbita más cercano al Sol) de los planetas (efecto especialmente manifiesto en el caso

de Mercurio), un problema que había permanecido sin resolver en la teoría newtoniana durante más de un siglo; el desplazamiento de las líneas espectrales; y la curvatura de los rayos de luz debido al campo gravitacional. Fue precisamente gracias a la comprobación de esta última predicción que Einstein pasó a ser un físico muy respetado en la comunidad científica a un personaje de fama mundial.

Todo tuvo que ver con una expedición que astrónomos británicos, dirigida por Frank Dyson, el Astrónomo Real, y Arthur Eddington, el paladín más importante de la nueva teoría, organizaron para observar desde la isla Príncipe, en África, y desde Sobral, en el norte de Brasil, un eclipse de Sol que tuvo lugar el 29 de mayo (es durante un eclipse cuando se pueden fotografiar rayos procedentes de estrellas que pasan por las cercanías de la superficie solar, que es donde es más intensa es la gravedad y por consiguiente el efecto predicho por la relatividad general). Los resultados de aquella expedición, que confirmaban las predicciones de la teoría de la gravitación einsteiniana, fueron anunciados en Londres el 6 de noviembre de 1919, en una reunión conjunta de la Royal Society y la Royal Astronomical Society. Una numerosa audiencia, formada principalmente por los miembros de ambas sociedades científicas, se reunieron bajo la presidencia de J. J. Thomson, presidente de la Sociedad, master del Trinity College de Cambridge desde marzo de 1918, y hasta hacía pocos meses director del Laboratorio Cavendish.

Alfred North Whitehead, el célebre filósofo y matemático que asistió a aquella reunión (él mismo era fellow de la Royal Society), describiría años más tarde el ambiente que la rodeó (*Science and the Modern World*; 1926):



“Toda la atmósfera de tenso interés era exactamente la de un drama griego: nosotros éramos el coro comentando el decreto del destino revelado en el desarrollo de un incidente supremo. Había una cualidad dramática en la misma representación; el ceremonial tradicional, y en el trasfondo el retrato de Newton para recordarnos que la mayor de las generalizaciones científicas iba a recibir ahora, después de más de dos siglos, su primera modificación.”

El 7 de noviembre, esto es, justo el día después de la reunión en la que se presentaron los resultados del eclipse, *The Times* anunciaba:

“REVOLUCIÓN EN CIENCIA. Nueva teoría del Universo. Ideas newtonianas desbancadas”

A partir de entonces, Einstein se convirtió en un personaje de fama mundial.

## Einstein, autor de éxito

Dicen que los científicos son personas recatadas que gustan, sobre todo, de permanecer en sus laboratorios o despachos. No siempre, sin embargo, es así. Más aún, si es así es tal vez porque se quiera hacer de la necesidad virtud; es decir, porque cuando salen de esos escondrijos poca atención se les presta.

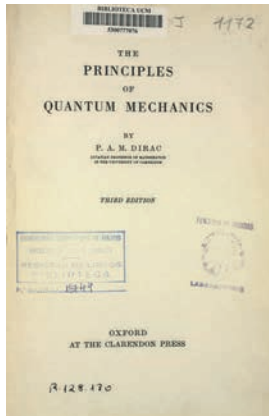
El caso de Einstein refuerza esta posibilidad, porque cuando el creador de las teorías de la relatividad se convirtió en una persona famosa, no mostró ningún recato en adentrarse por las complejas y, para él, multitudinarias ciudades públicas. Así, aceptó conferencias, viajó por el mundo,

frecuentó a todo tipos de personas, desde reyes a actores (Charles Chaplin, por ejemplo). La recepción de un librito de carácter más o menos general, ideado para divulgar sus dos teorías de la relatividad, que publicó en 1917 – antes, por consiguiente del anuncio de 1919 – le confirmó que su física interesaba al público. Se trata del libro que se muestra en esta exposición: *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie: gemeinverständlich (Teoría de la relatividad especial y general; 1917)*.

La primera edición constaba de 2.000 ejemplares, la segunda (también de 1917) de 1.500, la tercera (1918) de 3.000 y la cuarta (1919) de 3.000. Sin embargo, una vez anunciados en noviembre de 1919 los resultados que una expedición británica dirigida por Dyson y Eddington llegasen a los periódicos, las ediciones y las ventas se dispararon: quinta edición (enero 1920), 4.500 ejemplares; sexta (febrero 1920), 4.500; séptima (marzo 1920), 4.500; octava (abril 1920), 6.000; novena (junio 1920), 6.000; décima (agosto 1920), 10.000; décimo primera (noviembre 1920), 5.000; duodécima (noviembre 1920), 5.000. En 1922 ya se habían realizado catorce reimpresiones, con un total de 65.000 ejemplares. Y también comenzaron a aparecer traducciones a otros idiomas. La primera versión al inglés apareció en Inglaterra en 1920. El año siguiente se publicaba en Estados Unidos, y también las traducciones al español (*Teoría de la relatividad especial y general; Peláez, Toledo 1921*), francés, italiano y ruso. En 1922 aparecía una traducción al húngaro, en 1923 al yiddish (lengua judeo-alemana) y en 1928 al hebreo. Todavía hoy se continúa reeditando.

Con la fusión de belleza, matemáticas y verdad

# Una nueva dimensión para la Física



## Dirac, Paul

The principles of quantum mechanics / by P. A. M. Dirac. -- 3th ed. -- Oxford : Clarendon Press, 1947

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca de Físicas. Sig.: 1172  
© Fotografía Biblioteca Histórica de la UCM

## Dirac, Paul

Principios de mecánica cuántica / por P. A. M. Dirac ; [traducción de Antonio Montes]. -- Esplugues de Llobregat (Barcelona) : Ariel, [1968]

Biblioteca Nacional de España. Sig.: 1/124313  
© Fotografía Biblioteca Nacional de España. Laboratorio fotográfico

Obra cumbre para varias generaciones de físicos y seguida como libro de texto en materia cuántica. En ella Dirac sugiere la existencia de antimateria. Tras el descubrimiento del positrón en 1932 Dirac sería, junto a Schrödinger, galardonado con el premio Nobel de Física. El autor añadió, asumiendo experimentos y avances teóricos de dos décadas, cambios al último capítulo en la tercera edición de 1947 y en la última revisión de la cuarta, impresa en 1967. Ha sido ampliamente traducida. La versión española, a cargo de Antonio Montes, tomada de la cuarta edición, la publicó Ariel en 1968.



## Cámara de niebla

Griffin & George Ltd.  
Gran Bretaña  
1930-1950

MUNCYT 1995/031/0017  
Depósito de la Facultad de  
Ciencias Físicas de la UCM.

La cámara de niebla contiene en su interior aire sobresaturado de vapor de agua. Al incidir en ella partículas cargadas se produce la ionización de este vapor. Los iones actúan como núcleos de condensación, en torno a los cuales se forman gotas de agua. La trayectoria de las partículas ionizantes -característica de cada una de ellas-, se hace así visible por un breve espacio de tiempo, por medio de estas trazas de pequeñas gotas.



*The principles of quantum mechanics*

PAUL DIRAC,

1902-1984

Nacido en Bristol, Inglaterra, de carácter introvertido, desde muy joven mostró una sobresaliente capacidad para la ciencia y las matemáticas. Conciso y profundo, se entregó a una presentación técnica precisa y clara -“matemáticamente bella”- de sus trabajos. Realizó la mayor parte de su carrera en Cambridge: solamente diez años después de su llegada a la universidad fue galardonado, junto con Erwin Schrödinger, con el Premio Nobel de Física de 1933 “por el descubrimiento de nuevas teorías atómicas productivas.” Su obra maestra, *The principles of quantum mechanics* (1930), continúa siendo la referencia de texto sobre la materia. La tecnología actual es en buena medida heredera de estas investigaciones. Su destreza matemática le hizo ganar la cátedra Lucasiana de la universidad de Cambridge que en su día ocupara Newton. Fue uno de los fundadores de la mecánica cuántica y la electrodinámica cuántica, siendo considerado por algunos como el físico más relevante del siglo XX.

## DIRAC

### *The principles of quantum mechanics*

JMSR-JOR

### Una teoría, la cuántica, con muchos padres

La física cuántica constituye una de las construcciones científicas más innovadora y poderosa que se ha producido jamás. Su capacidad de explicar los fenómenos del mundo atómico (y también otros, de índole más macroscópica) no conoce rival y sus contenidos han revolucionado completamente la manera de entender conceptos fundamentales, como son los de determinismo y causalidad, espacio y tiempo. Ahora bien, referirse, sin más, a la “física cuántica” constituye una simplificación, porque bajo esa denominación se esconden diversas teorías, todas eso sí, compartiendo una serie de postulados básicos, “cuánticos”. Así, está la mecánica cuántica, la electrodinámica cuántica, la cromodinámica cuántica, la teoría electrodébil o el modelo estándar. De la misma manera, los científicos asociados al mundo cuántico son legión, incluyendo los muy destacados. De la que podríamos denominar “primera generación”, la de los físicos que produjeron la mecánica cuántica de 1925-1926, sobresalen los nombres de Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Born, Schrödinger y Paul Adrien Maurice Dirac.

Dirac no puede presumir de haber “lanzado la primera piedra”, esto es, la de haber producido la primera teoría coherente de mecánica cuántica, honra que cayó en el joven Werner Heisenberg

(1901-1976), creador en 1925 de la denominada mecánica matricial, seguido poco después por el menos joven Erwin Schrödinger (1887-1961), que en 1926 produjo una más “visualizable” mecánica ondulatoria. Aún así, el nombre de Dirac figura entre los padres fundadores, por elaborar, en 1926, una nueva versión de esa mecánica cuántica, una versión de una elegancia matemática extraordinaria.

### Belleza, matemáticas y verdad

Gracias a los contactos de su supervisor doctoral en Cambridge, Ralph Fowler (1889-1944), Dirac - que antes había estudiado ingeniería eléctrica en Bristol - tuvo acceso a las pruebas del artículo en el que Werner Heisenberg desarrollaba su mecánica matricial. Su primera reacción ante aquel amasijo de expresiones, de las que era difícil extraer alguna estructura matemática, fue poco favorable, necesitando alrededor de diez días para poder dominar su contenido. Uno de los aspectos del trabajo de Heisenberg que más le chocaban era la no conmutatividad (el que  $A \cdot B$  no fuese igual a  $B \cdot A$ ) que se transparentaba de sus principales expresiones matemáticas. No podía comprender de dónde, o por qué, surgía. Y él buscaba lo auténticamente básico, lo estrictamente característico y definitorio, y no lo perseguía a la manera del paciente recolector de datos, sino, como Einstein, intentando desvelar las armonías secretas de la naturaleza, las notas ocultas de la “música del Universo”.

La solución le vino en octubre de 1925, durante uno de sus largos paseos dominicales. A solas consigo mismo, reflexionando, buscando analogías con las ricas estructuras que brinda por doquier la matemática, recordó ciertos pasajes de

uno de los libros de texto por entonces habituales en Cambridge: *Analytical Mechanics* (1904) de Edmund Whittaker (1873-1956). La mecánica analítica forma parte de lo que también se denomina, significativamente, mecánica racional. Es algo así como la esencia matemática de la mecánica, de la ciencia del movimiento; la disciplina que se ocupa de las estructuras que subyacen detrás de esa descripción teórica de esos movimientos (en principio en el nivel clásico, no cuántico).

Dirac recordó que en la formulación que el matemático francés Siméon Denis Poisson (1840-1871) había realizado, y que el texto de Whittaker recogía, figuraba una expresión – los denominados “corchetes de Poisson” – no conmutativos. Esa fue la leve pista, pero para él fundamental, que le lanzó en pos de utilizar estructuras introducidas en la mecánica clásica, a la manera de Poisson, en la descripción de los fenómenos cuánticos. No intervino ningún indicio empírico, ninguna pista extraída de algún experimento, como gustan de imaginar los campeones del inductivismo, sino el mero poder sugestivo de una estructura matemática, para Dirac de gran belleza, que compartía con el contenido de un artículo de Heisenberg, una propiedad: la no conmutatividad.

“Belleza, matemáticas y verdad” fueron los tres pilares sobre los que asentó una buena parte, la mejor, de la obra de Dirac. Se trata de una relación, y de un problema (¿por qué existe semejante relación?), con diferentes caras. La primera, y más básica, es que para cumplir con su objetivo de describir los fenómenos que tienen lugar en la naturaleza, y predecir las condiciones en que se volverán a producir, y cómo lo harán, la ciencia – y a la cabeza la física – recurre a leyes que se expresan matemáticamente. Ahora bien,

las estructuras matemáticas posibles son infinitas, no así las leyes que esperamos formular para describir la naturaleza. Si la física se distingue de la matemática es precisamente porque en aquella es preciso seleccionar, eliminar, relaciones matemáticas para las que no encontramos correlatos en la naturaleza. Dicho de otra manera: las leyes de las ciencias naturales son un subconjunto de las leyes y estructuras matemáticas; lo que es matemáticamente posible, no tiene por qué serlo físicamente.

Otra manera, no exactamente idéntica, pero relacionada, de ver estas cuestiones surge ante el hecho de que no todas las soluciones de las leyes (matemáticas) de la física tienen por qué poseer significado físico, o, lo que es lo mismo, plasmarse en la naturaleza (esto es particularmente claro en la cosmología: las ecuaciones que se tienen en la cosmología relativista tienen infinitas soluciones posibles, pero, al menos en principio, el universo es uno). Es tarea del científico averiguar cuáles de esas soluciones tienen realidad física. Ahora bien, ¿cómo averiguar cuáles son las físicamente reales y cuáles no?, ¿no podríamos dar la vuelta al procedimiento, y conocida una solución matemática buscar si el fenómeno que parece representar existe en realidad? Si siguiésemos este procedimiento, estaríamos guiándonos por la matemática para estudiar la naturaleza. Otra variante de este mecanismo heurístico es adoptar algún criterio de selección de estructuras matemáticas, y una vez aplicado este, buscar en las seleccionadas su “manifestación física”.

No abundan en la historia de la física científicos que hayan adoptado, con éxito, procedimientos de este tipo, en los que la matemática adopta un papel tan protagonista. Paul Dirac fue

uno de esos pocos, y el que más logros alcanzó utilizándolos. El de 1926, plasmado finalmente en un artículo titulado “Sobre la teoría de la mecánica cuántica” (*Proceedings of the Royal Society*, octubre de 1926), fue uno de esos logros. Otro es la ecuación relativista del electrón, que encontró en 1928 y que constituyó, probablemente, su contribución más importante a la física (condujo al descubrimiento de la antimateria).

Al ser preguntado, en el año 1955, cuando era profesor visitante en la Universidad de Moscú, cuál era, resumida brevemente, su filosofía de la física, Dirac escribió en la pizarra: “Las leyes físicas deben tener belleza matemática”. En esta frase, que expresa uno de los criterios de selección a los que nos acabamos de referir, se encuentra una de las claves del éxito, singular, de Dirac como físico. Sus trabajos en física tuvieron, en efecto, como elemento destacado, con frecuencia primordial, las matemáticas, y no sólo las matemáticas, sino las expresiones matemáticamente “bellas”. De hecho, este rasgo de su metodología científica se acomodaba perfectamente a su carácter humano, forjado en condiciones de gran dureza: su padre le obligaba a hablar en un idioma, el francés, con el que no se sentía cómodo, por lo que optó por reducir al mínimo sus conversaciones; también le apartó de su madre y hermanos, que, por ejemplo, comían en otro lugar de la casa, mientras que él lo hacía con su padre. Fruto de aquellas experiencias, Dirac tendió a vivir en un mundo mental independiente, centrado en sí mismo. No es de extrañar, por consiguiente, que diese tanta importancia a la matemática en su aproximación a la física; al fin y al cabo la matemática es uno de los ejemplos más limpios de objetos

ideales, platónicos, que obedecen a una lógica propia, al margen, en principio, del mundo fenomenológico; fuera, se podría incluso decir, de las miserias de la vida real.

La fe, la pasión, de Dirac por la eficacia y poder de la matemática en la física fue tal que no aceptó la tremendamente fructífera electrodinámica cuántica, que él mismo contribuyó a crear, porque incluía –y sigue incluyendo– procedimientos (de renormalización) para eliminar los infinitos que se dan en las ecuaciones de esta teoría. Para Dirac esto era una “chapuza matemática”, y por consiguiente física también.

Semejante actitud le separó de muchos de sus colegas, que no compartían sus puntos de vista. En este punto, la figura de Dirac se hermana con la de Einstein, ya que aunque éste nunca poseyó la fe que aquel tenía en la matemática, y mucho menos en las matemáticas “bellas”, en su búsqueda de una teoría unitaria de campos que explicase, simultáneamente, las fuerzas gravitacional y electromagnética, adoptó un programa en el que le guiaba también la heurística matemática. Pensaba que serían las matemáticas, salpicadas de alguna consideración física, las que le guiarían para encontrar el Santo Grial de una ecuación universal, suprema ambición a la que fue ajena Paul Dirac.

La idea diraciana del papel de la belleza matemática en la física no es, como cualquiera se puede imaginar, compartida por todos los físicos. Steven Weinberg, Premio Nobel de Física en 1979, por ejemplo, manifestó en cierta ocasión lo siguiente: “A veces [...] he oído opiniones que me ponen nervioso, porque hablan acerca de que la belleza de la matemática inspira a la física. Bien,

esto puede ser cierto para algunos físicos, pero me parece que en este punto se produce una ligera confusión. Lo que a veces inspira al teórico es la belleza de un principio teórico. Los principios teóricos que subyacen en la termodinámica son bellos. No creo que la formulación matemática particular en términos de  $DS=dQ/T$  inspire algún afecto.”

## El texto cuántico canónico

Cuando Dirac publicó el libro que presentamos en esta exposición, *The principles of quantum mechanics* (Los principios de la mecánica cuántica), ya era una figura destacada en el mundo de la física; aquel mismo año fue elegido miembro (fellow) de la Royal Society y poco después, en 1932, fue nombrado *Lucasian profesor*, la cátedra que tuvo a Isaac Newton como segundo catedrático, y un año después recibía el Premio Nobel de Física, compartido con Schrödinger, “por el descubrimiento de nuevas formas productivas de teoría atómica”.

Inmediatamente después de su publicación en 1930, *The principles of quantum mechanics* se convirtió en un clásico, eclipsando a todos los otros textos existentes. Como escribió no hace mucho Graham Farmelo en su biografía de Dirac (*The Strangest Man*; 2009): “Incluso si el nombre de su autor no hubiera figurado en la portada, su identidad habría sido obvia con un rápido vistazo: la presentación sin adornos, la construcción lógica de la materia a partir de primeros principios y la completa ausencia de una perspectiva histórica, menudencias filosóficas y cálculos ilustrativos. Esta era la visión de un físico con mente matemática, no la de un ingeniero”. No en vano llevaba en su título la

expresión Principios, lo mismo que los *Principia* que Isaac Newton había publicado 243 años antes. Los colegas de Dirac se maravillaron ante la elegancia del texto y su lenguaje sencillo.

Merece la pena citar, con cierta extensión, el Prólogo a la primera edición, en el que Dirac exponía, todavía sin sumergirse en el lenguaje matemático, lo que pensaba de la nueva física cuántica:

*“Los métodos de trabajo de la física teórica han sufrido un profundo cambio en el presente siglo. La tradición clásica consideraba el mundo como la asociación de objetos observables (partículas, fluidos, campos, etc.) que se mueven según leyes de fuerza fijas, pudiéndose, pues, formar una imagen mental de todo el esquema en el espacio y el tiempo. Ello conducía a una física cuyo método consistía en hacer hipótesis sobre el mecanismo y las fuerzas que relacionan dichos objetos observables, que explicaran su comportamiento de la forma más sencilla posible. En los últimos tiempos se ha ido haciendo cada vez más evidente que la naturaleza actúa en un plano distinto. Sus leyes fundamentales no rigen el mundo directamente tal como éste aparece en nuestra imagen mental, sino que actúan sobre un substrato del que no podemos formarnos ninguna imagen mental sin cometer desatinos. La formulación de dichas leyes exige el empleo de las matemáticas de transformaciones [...] Otra característica del desarrollo de la teoría es la obtención de ecuaciones que sean invariantes frente a transformaciones cada vez más generales. Este modo de proceder es muy satisfactorio desde el punto de vista filosófico, pues reconoce el verdadero papel del observador, permitiendo englobar las reglas que se deducen de sus observaciones particulares en un esquema úni-*

co, y mostrando que la naturaleza no se comporta de modo arbitrario; pero a cambio dificulta la comprensión para el estudioso de la física. Las nuevas teorías, si se consideran independientemente de su estructura matemática, están constituidas por conceptos físicos que no pueden expresarse mediante términos o elementos conocidos previamente por el estudiante, y que ni siquiera pueden explicarse adecuadamente con palabras. Al igual que los conceptos fundamentales (como por ejemplo, proximidad, identidad) que cada uno ha de aprender desde que nace, los nuevos conceptos de la física sólo pueden dominarse familiarizándose con sus propiedades y usos.

Desde el punto de vista matemático, la comprensión de las nuevas teorías no presenta ninguna dificultad, ya que las matemáticas necesarias (por lo menos las que se necesitan para el desarrollo de la física hasta nuestros días) no son esencialmente distintas de las que se empleaban anteriormente. Las matemáticas son el instrumento especialmente indicado para tratar conceptos abstractos de cualquier clase, y en este campo su poder no tiene límites. Por esta razón todo libro

sobre la nueva física, que no sea puramente una descripción de trabajos experimentales, ha de ser esencialmente matemático. Sin embargo, las matemáticas no son más que un instrumento y deberíamos aprender a apropiarnos de las ideas físicas sin referencia a su forma matemática. En este libro hemos procurado poner en primer plano el aspecto físico.”

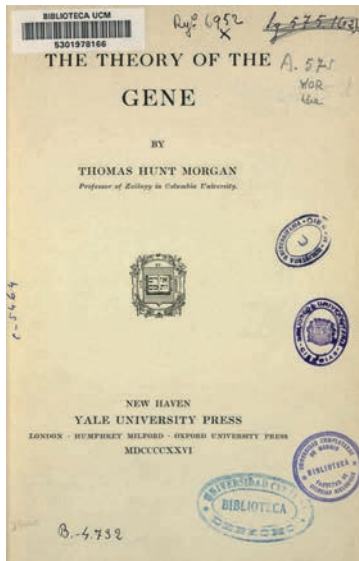
Como apuntábamos, *The principles of quantum mechanics* fue un éxito. Animado por él, Dirac continuó revisándolo en años sucesivos, incorporando nuevos desarrollos. La segunda edición, casi completamente reescrita, se publicó en 1935. La tercera en 1947, siendo reimpresa en 1948, 1949 y 1956. La cuarta edición apareció en 1958, con reimpressiones en 1959, 1962 y 1966. Una versión revisada de esta cuarta edición vio la luz en 1967, y fue reimpresa en 1971 y 1974; fue la última en tapa dura: en 1981 apareció en rústica, una edición reimpresa casi todos los años hasta 1993. La versión española, a cargo de Antonio Montes, tomada de la cuarta edición, la publicó Ariel en 1968.





## Experimentos con seres vivos

# El encuentro entre la genética y la evolución



### Morgan, Thomas Hunt

The theory of the gene / Thomas Hunt Morgan. -- New Haven : Yale University Press, 1926

Universidad Complutense de Madrid. Biblioteca de Biológicas. Sig: A575MORthe  
© Fotografía Biblioteca Histórica de la UCM

La obra *Theory of the gene* compendia varios decenios de investigaciones realizadas primero en solitario y más tarde con un grupo de colaboradores. De la obra sólo disponemos en español de párrafos recogidos en una antología de textos médicos, recopilada por López Piñero en 1998. Las obras de Morgan traducidas al español son *Evolución y mendelismo* en 1921 y *Las bases científicas de la evolución* en 1943.



### Ejemplares de *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta)

Cortesía de la Universidad Complutense de Madrid  
Fotografía de Joe Jimbo  
Bajo licencia CC BY-NC-ND 2.0

Morgan utilizó este tipo de mosca para sus experimentos genéticos debido a su fácil reproducción y su corto periodo vital (diez días).

Gracias a estas características pudo realizar sus investigaciones genéticas en una pequeña habitación, de 4 por 6 metros, que era familiarmente conocida como el "Cuarto de las moscas". Descubrió en ellas lo que él denominó la mutación de ojos blancos. Desde entonces este tipo de mosca es prácticamente indispensable en los estudios genéticos.

*The theory of the gene*  
THOMAS HUNT MORGAN,  
1866-1945



El biólogo que desarrolló la teoría de los genes nació en Lexington (Kentucky). Desde niño mostró gran interés en la historia natural, y pasó varios veranos realizando trabajos de biología y geología en las montañas. Tras doctorarse en la Universidad John Hopkins en 1890 comenzó a estudiar el desarrollo embrionario de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), que luego se convertiría en el objeto preferido para sus investigaciones en genética. En 1894 fue profesor de biología en Pennsylvania y diez años más tarde profesor de zoología experimental en Nueva York, donde continuó trabajando -junto a sus alumnos- sobre la herencia mendeliana. En 1910 descubrió que algunos caracteres se heredan ligados al sexo. Fruto de sus investigaciones escribió su obra *The theory of the gene* (1926). Desde 1928 hasta su muerte dirigió los laboratorios de ciencias biológicas en el Instituto de Tecnología de California. En 1933 recibió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por la demostración de que los cromosomas son los portadores de los genes, lo que ayudó a convertir la biología en una ciencia experimental.

## MORGAN

### *The theory of the gene*

JMSR-JOR

### Esas moscas familiares e inevitables

“Familiares”, “inevitables golosas”, “vulgares”, “voraces” y “pertinaces”, calificó a las moscas en uno de sus maravillosos versos don Antonio Machado. Golosas, sí, lo mismo que vulgares, voraces y pertinaces, pero también un “instrumento” imprescindible para una rama de la ciencia particularmente activa e importante durante el siglo XX: la genética.

Que así sea se debe al trabajo de Thomas Hunt Morgan, un estadounidense que estudió en la Universidad de Kentucky (obtuvo allí su licenciatura en 1886), se doctoró en la Universidad John Hopkins (1890) y que se distinguió en el estudio de las mutaciones, el proceso responsable de los cambios evolutivos, contrarrestando la estabilidad de los mecanismos hereditarios básicos. Ahora bien, cuando Morgan llegó, en 1904, a la Universidad de Columbia, en Nueva York, como catedrático de Zoología experimental, era muy escéptico con respecto al mendelismo (por Gregor Mendel, el monje agustino del siglo XIX, que mostró con experimentos llevados a cabo con guisantes que existían unas “unidades” que, heredadas, transmitían las características de los progenitores), esto es, a una teoría de la herencia que utilizase unidades discretas. Su cambio de actitud se debió, básicamente, a las investigaciones que emprendió con *Droso-*

*phila melanogaster* (inicialmente denominada *Drosophila ampelophila*), la mosca de la fruta (o del vinagre).

Inicialmente, Morgan había intentado estudiar la transmisión de caracteres en ratones y ratas, pero no tuvo éxito. Sólo progresó tras elegir como protagonista de sus investigaciones a la humilde *Drosophila*, que podía producir por millares en simples botellas de leche. Como ventajas adicionales estaba el que el ciclo vital completo de estos insectos, que únicamente poseen cuatro cromosomas, sólo dura diez días; además, los costes de manutención se reducen a unos pocos plátanos. Dadas estas características pudo realizar sus investigaciones genéticas en una pequeña habitación de 4 por 6 metros, conocida como el “Cuarto de las moscas”.

### Mutaciones y genes

A partir de 1907, Morgan, primero sólo y luego con colaboradores (Alfred Henry Sturtevant, Calvin Blackman Bridges y Hermann Joseph Muller), intentó estimular mutaciones mediante calor, rayos X y sustancias químicas. Con un equipo ridículamente simple, el “Cuarto de las moscas” proporcionó poco a poco nuevos cimientos a la biología evolutiva. Los resultados que le llevaron a creer en las ideas mendelianas fueron los siguientes: aun cuando no se produjeron en sus cultivos mutaciones a nivel de especie, en 1910 encontró que en una de sus botellas apareció repentinamente una curiosa mosca macho de ojos blancos. Denominó “mutación” al cambio y cruzó al macho mutante con una hembra normal (de ojos rojos). Todos los descendientes mostraron el rasgo normal, esto es, los ojos rojos. Sin embargo, cuando cruzó algunos miembros de la primera

generación entre sí, descubrió que el carácter de los ojos blancos aparecía de nuevo, aunque sólo en los machos, nunca en las hembras. Por otra parte, si se cruzaba a un macho de ojos blancos con hembras de la primera generación, la mitad de los descendientes machos y la mitad de las descendientes hembras tenían ojos blancos. Todo muy parecido a lo que había hecho Mendel con los guisantes, así que no es sorprendente que Morgan encontrase que estos resultados se podían explicar sin demasiada dificultad en base a la teoría mendeliano-cromosómica. Este fue el hecho que estimuló su transformación de escéptico mendeliano en partidario suyo.

No fue la menor de las aportaciones del equipo de Morgan el que fuera también capaz de encontrar marcadores cromosómicos que sirvieron para establecer una primera cartografía de los cromosomas. En 1911, uno de los primeros estudiantes de Morgan, Alfred Henry Sturtevant (1891-1970) introdujo el primer mapa cromosómico, que finalmente publicó como parte de su tesis doctoral de 1913; en él se mostraban las posiciones relativas de seis “unidades”, seis genes ligados al sexo. Con ello se pudo defender plausiblemente la tesis de que los genes se encuentran ordenados linealmente en los cromosomas y que experimentan cambios repentinos permanentes, o mutaciones, que producen modificaciones en un rasgo concreto determinado por el gen, tal como el cambio del color rojo de un ojo al blanco.

Por estos trabajos, en particular “por sus descubrimientos relativos al papel que desempeñan los cromosomas en la herencia”, en 1933 Morgan recibió el Premio Nobel de Medicina.

## The theory of the gene

Como tantos científicos cuya investigaciones han introducido cambios sustanciales en lo que antes se conocía, Morgan publicó un libro en el que resumió sus trabajos. Se trata de *The theory of the gene* (*La teoría del gen*; 1926), hoy un clásico de la ciencia contemporánea. En él mostró con claridad la importancia de su obra, por supuesto, pero también cuánto había cambiado la genética desde los tiempos de Mendel, y hasta qué punto manejaba ideas que se instalarían definitivamente en el corpus de la biología. “Tenemos ahora”, escribía, “la posibilidad de formular la teoría de los genes”. Y como primer punto de esa teoría incluía el siguiente: “los caracteres del individuo son referibles a partes de elementos - genes - en la materia germinal, mantenidos juntos en un número de grupos enlazados”.

Una cuestión de especial interés era la de cual es la naturaleza de los genes. “¿Cómo puede ser”, se preguntaba Morgan, “que tratándose de moléculas orgánicas, se conserven [los genes] invariables, con plena estabilidad? Tal estabilidad significa que el gen es individualizado como una molécula viva, que se mantiene prácticamente invariable a pesar de su metabolismo, o que tiende a evolucionar según un modo definido [...] Hace unos años me propuse calcular el tamaño de los genes con la esperanza de que se consiguieran resultados útiles para avanzar en estos problemas. No contamos, sin embargo, con medidas suficientemente exactas para poder evitar razonamientos que no sean nada más que especulativos. Parece, sin embargo, que el volumen del gen es del orden de las mayores moléculas orgánicas.

Podría tratarse, en efecto, de una gran molécula, pero es más verosímil pensar que el gen sea una estructura, un conjunto de moléculas orgánicas, relacionadas, por vínculos químicos, por la pura afinidad – como ocurre en el caso de una combinación química – o por otras fuerzas organizadoras”. Y añadía: “Es difícil, con todo, evitar la fascinante idea de que el gen sea constante precisamente porque constituye una entidad química organizada”. Unas palabras proféticas cuando las valoramos conociendo el trabajo sobre la molécula de la herencia, el ácido desoxirribonucleico, el ADN, y su estructura en doble hélice, de James Watson y Francis Crick de 1953.

De esta manera, el desarrollo de la genética fue abriendo el camino a grandes avances en la comprensión de la vida, hasta tal punto que si del siglo XIX se puede decir, en lo que se refiere a las ciencias biomédicas, que fue el siglo de la fisiología, una parte importante del XX fue el de la genética. En el plano teórico, fue entonces cuando se obtuvo una base firme para entender la evolución: al ser ésta la fuente principal de novedad biológica, la mutación de genes se erigía en el motor que la dirigía.



Este libro terminó de imprimirse el día 15 de diciembre de 2012, cuando se cumplían 400 años del descubrimiento al telescopio de la Gran Nebulosa de Andrómeda.