

REFLEXIONES



CÍRCULO CULTURAL DE TELDE. 1.º SEMESTRE 2000. Nº. 3 - 500 Pts

REFLEXIONES

CÍRCULO CULTURAL DE TELDE. 1.º SEMESTRE 2000. Nº. 3



José María Riol Cimas.

«Un periodo revolucionario: de Copérnico a Newton»

por D. José María Riol Cimas *

● Entre los siglos XVI y XVII tuvo lugar, en una buena parte de los países europeos, un proceso social extraordinario que introdujo dos cambios fundamentales para el posterior desarrollo de la humanidad. Por un lado la larga transición desde el feudalismo hasta la implantación del capitalismo, como nuevo y más evolucionado modo de producción, sustentado por la nueva clase emergente: la burguesía; sería éste un proceso que no vendría a concluir, en algunos países atrasados como España, hasta bien entrado el siglo XIX, mientras que en otros lugares estos pasos se estaban dando ya, incluso, desde finales del siglo XV. Por otro lado, en el que probablemente ha sido el período revolucionario en el campo de las ideas más fructífero de la historia, tiene lugar el establecimiento de las bases de lo que, posteriormente, conoceríamos por Ciencia mo-

derna. La íntima relación de ambos cambios, en perfecta simbiosis, hace que no se pueda entender el progreso de uno sin la existencia del otro.

Se trataba de dos hechos que marcarían el devenir de la historia. Uno de ellos, el cambio de clase dominante, de enorme trascendencia pero a todas luces coyuntural y provisional, resultado de una situación económica y social concreta pero susceptible de posterior modificación. El otro, sustancial, de un calado histórico notablemente mayor, en tanto que suministraba las herramientas necesarias para una comprensión racional del mundo. Hay que hacer notar que el cambio de clase dominante solo representa un estadio temporal en la evolución económica de la sociedad (no olvidemos que, pese a quien pese, todavía no asistimos al fin

* Licenciado y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de La Laguna.

Investigador post-doctoral en la Universidad Complutense (Madrid) y en la Unidad de Metabolismo de los Laboratorios Farmacéuticos Wellcome (Beckenham, Londres).

Investigador y Profesor Visitante en la Universidad Técnica de Viena.

Autor de diversas publicaciones internacionales sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, y sobre mecanismos de transporte de nutrientes a través de la membrana celular.

Profesor Titular de Universidad del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular (Facultad de Farmacia) de la Universidad de La Laguna.

de la Historia), mientras que el establecimiento de la Ciencia moderna es una conquista permanente de la humanidad, que ha venido demostrando su validez desde entonces¹.

Hasta ese momento la Ciencia, a pesar de los débiles pilares en que se había sustentado, había ido avanzando, aunque penosamente, hasta llegar a los años que nos ocupan, los de la Revolución Científica. Se conoce así a un período de la historia que, según los diversos autores, duró entre 150 y 250 años, y condujo, en palabras de Bernal², a la liquidación del «edificio de presupuestos intelectuales heredado de los griegos y santificado por los teólogos musulmanes y cristianos, al tiempo que un sistema radicalmente nuevo venía a ocupar su lugar»¹. Nacía así la nueva imagen del mundo: el jerárquico universo de Aristóteles era enterrado por el mundo mecánico de Newton, y la experimentación y el cálculo se imponían como los nuevos métodos de la Ciencia Natural.

Para la mayoría de los autores la primera entre las primeras piedras de lo que luego sería el gran edificio de la Ciencia moderna se sitúa en 1543, el año en que Copérnico publica un libro esencial: *Sobre las Revoluciones de las Esferas Celestes (De Revolutionibus Orbium Coelestium)*. Con esta obra, en la que afirmaba que la Tierra giraba alrededor de su eje y también alrededor del Sol (al que suponía fijo), comenzaba uno de los períodos más fértiles de la Historia de la Ciencia, si no el que más. Aunque la idea no era nueva: Aristarco de Samos, en el siglo III a.C., ya había elaborado una teoría heliocéntrica que había pasado completamente desapercibida para el desarrollo de la Ciencia, tal vez porque, como defiende Gunther Stent en su ensayo *Lo Único y lo Prematuro en el Descubrimiento Científico*, la propuesta era prematura y sus contemporáneos no supieron construir nada sobre ella².

Asimismo muchos autores coinciden en señalar el final de la Revolución Científica en el año 1687, cuando Newton publica *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)*, considerado casi unánimemente como el mayor trabajo científico de la historia. Una obra que, por fortuna, llegó a ver la luz después de largas vacilaciones de su autor, y cuya existencia debemos en gran parte a las dotes persuasivas y la generosidad económica del astrónomo Edmond Halley, famoso por predecir mediante el cálculo la reaparición de un cometa que, desde entonces, lleva su nombre. Halley, uno de los escasos amigos de Newton, hizo lo imposible por convencer al gran maestro acerca de la necesidad perentoria de divulgar sus resultados científicos. Probablemente contribuyó también el hecho de que Robert Hooke, íntimo enemigo de Newton, parecía disponer de datos suficientes para descubrir las leyes que regían los movimientos de los cuerpos celestes, con lo que Newton corría el

riesgo de perder la prioridad del descubrimiento frente a alguien a quien odiaba profundamente (sentimiento fervientemente correspondido por Hooke).

UN GRUPO HOMOGÉNEO

Resulta evidente que la Revolución Científica, como cualquier otro proceso social, no puede explicarse sólo a partir de los hechos aislados de los grandes personajes (diez o doce, a lo sumo, en este caso). Pero también es cierto que un somero recorrido a través de la vida y la obra de algunos de ellos puede suministrar, al menos, una aproximación inicial a la que ha sido, hasta la fecha, la gran aventura intelectual de la historia.

En los grandes científicos que emprendieron esta ingente tarea (Copérnico, Kepler, Galileo, Vesalio, Harvey, Huygens, Hooke, Boyle, Newton, etc.) concurrían, al menos, tres características sustanciales: se trataba de personas con una capacidad intelectual fuera de lo común, de espíritu libre para la Ciencia y adornados con unas grandes dosis de sagacidad, en unos casos, y de autocensura en otros. La primera característica resultaba ser un requisito necesario pero no suficiente para asegurar el éxito de la empresa, pues muchos otros tenían similares capacidades y jamás participaron en la construcción de la nueva Ciencia. Además eran gentes libres, que tuvieron la valentía de enfrentarse al gran decorado de cartón piedra construido desde el poder mediante el fomento de la irracionalidad, la ignorancia y el miedo, con el único objetivo de mantenerlo todo *statu quo*, y que había venido funcionando, mejor o peor, desde los tiempos de Aristóteles. La sagacidad y la autocensura la emplearon generosamente en los comienzos de la Revolución Científica para evitar los enfrentamientos directos, sobre todo, con la todopoderosa y omnipresente iglesia católica.

A la vieja Ciencia, atacada por estos grandes científicos y defendida por la iglesia, le pasa lo que a un saco vacío: que no se sostiene en pie. La labor de estos pioneros consistió, en un principio, en la difícilísima tarea de ir llenando de contenido real un envoltorio del que conocían su inutilidad. Esto sí que era un compromiso histórico, y no lo que se vería en algún lugar de Europa cuatrocientos años después.

EL GIRO COPERNICANO

Hasta mediados del siglo XVI la teoría sobre el universo comúnmente aceptada era la elaborada por el sabio alejandrino Tolomeo en el siglo II d.C., recogida en su obra posteriormente conocida como *Almagesto*^b. Según el sistema tolemaico la Tierra era una esfera situada en el centro del Universo y, girando a su alrededor, en órbitas perfectamente circulares, siete planetas, incluyendo como tales a

la Luna y al Sol, que ocupaban la primera y la cuarta órbita respectivamente; la octava órbita estaba reservada para las estrellas, existiendo una novena órbita cristalina y una décima móvil. Y superado esto... el cielo: patria de Dios y los bienaventurados. La iglesia, naturalmente, nada tenía que oponer a una teoría geocéntrica que en absoluto contradecía la autoridad de *La Biblia* y, por tanto, se ajustaba como un guante a sus intereses.

Pero estamos en el siglo XVI. No olvidemos que sostener lo contrario desdice el conocimiento ordinario y el sentido común, pues ambos señalan que la Tierra está quieta mientras el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas se mueven, aunque ninguna teoría explica satisfactoriamente tales movimientos, sobre todo los de los cinco planetas conocidos, y mucho menos explica el extraño movimiento retrógrado de Marte.

Hasta que un polaco llamado Nicolás Copérnico (Niklas Koppernigk), canónigo de la catedral de Frauenburg, hombre de posición acomodada y exquisita formación renacentista, vendría a alterar el orden universal establecido. Y, afortunadamente para él, lo haría impunemente, pues fue lo suficientemente sagaz como para enviar sus ideas a la imprenta sólo al final de sus días. Se cuenta que vio publicada su gran obra, *Sobre las Revoluciones de las Esferas Celestes*, el 24 de Mayo de 1543, el mismo día que moría a la edad de setenta años. Copérnico sabía lo que hacía y a lo que se arriesgaba: la iglesia colocó su obra en el índice de libros prohibidos en 1616 y ahí reposaría hasta el año 1835. Además, ya fuera un guiño a la posteridad o una manifestación de ingenuidad, a Copérnico no se le ocurrió nada mejor que dedicar su obra al Papa. El hombre que dismantelaba el tinglado de la supuesta autoridad científica de la iglesia dedicaba su bomba de relojería al Papa de Roma.

Copérnico, después de muchos años de observación y cálculo matemático, defiende un sistema heliostático y heliocéntrico, atribuyendo a la Tierra un movimiento diario de rotación sobre su eje y otro anual alrededor del Sol. Además establece el orden real de los planetas a partir del Sol, frente a la arbitrariedad tolemaica. Los planetas y todas las estrellas dejaban de girar alrededor de la Tierra por imperativo de la razón, sólo nos quedaba la Luna. Pero lo más importante desde el punto de vista filosófico era que, por primera vez, se detectaba un error en el libro en que basaban su autoridad muchos dirigentes del mundo: *La Biblia*.

Es muy importante destacar que Copérnico siempre estuvo convencido de la consistencia de sus resultados. Durante muchos años se dijo que el propio autor nunca creyó que su sistema heliocéntrico tuviera cuerpo real, y que no era más que un artificio teórico inventado para cal-

cular más fácilmente el movimiento planetario. Nada más lejos de la realidad. Este bulo tomó cuerpo gracias a un sujeto con vocación de censor llamado Andreas Osiander que, encargado por un discípulo de Copérnico de la publicación de la obra, se permitió insertar un prefacio, que hizo pasar por original del autor, explicando la teoría del artificio. Esto, al parecer, disminuía su escándalo, tranquilizaba su espíritu y salvaguardaba la autoridad de la iglesia; aunque también hizo que la obra no tuviera el alcance que merecía, hasta que Johannes Kepler, en 1609, descubrió la verdad. La teoría copernicana, aún alejándose todavía mucho de la realidad, significaba un paso de gigante en la historia de la humanidad.

LA CONSOLIDACIÓN DE LA TEORÍA

Dos hombres serán los encargados de pulir las ideas de Copérnico: Tycho Brahe y, sobre todo, Johannes Kepler. Éste nació en 1571 en el seno de una familia pobre, en la actual Alemania, casi treinta años después de la muerte de Copérnico, y tuvo la suerte de conocer la teoría copernicana gracias a su profesor de Astronomía en la universidad de Tübingen, Michael Mästlin, que debía ser uno de sus escasos defensores en aquel tiempo.

Kepler, con sólo 23 años, trató inútilmente de conjugar la antigua geometría griega con el universo copernicano, relacionando la órbita de los seis planetas conocidos con los cinco sólidos regulares, también llamados cuerpos platónicos. Basándose en la supuesta armonía matemática de los cielos, derivada de Platón y Pitágoras, Kepler proponía un cosmos en el que cada sólido regular separaría cada par de esferas que, supuestamente, contenían, cada una de ellas, la órbita circular de un planeta. Esta justificación con pies de barro, publicada en su obra *Mysterium Cosmographicum*, que de ninguna manera conseguía su objetivo, sirvió al menos para dos cosas: dar lugar a una serie de bellos grabados y hacer que Tycho Brahe, matemático del sacro imperio romano, se interesara por su persona.

Brahe, aunque no compartía lo expuesto, quedó impresionado por los conocimientos de Astronomía



Sello de 1973, de los Estados Unidos de Norteamérica, conmemorativo del quincuagésimo aniversario del nacimiento de Nicolás Copérnico.

REFLEXIONES

y Matemáticas que demostraba el joven Kepler, de manera que éste, a partir de 1600, se convierte en su ayudante, teniendo así acceso a las extraordinarias y concienzudas observaciones astronómicas realizadas en el observatorio de Benatek, cerca de Praga, por Brahe y sus colaboradores, y todo a ojo, sin telescopio, que todavía no se había inventado.

La utilización por Kepler, el mejor teórico de la época, de los datos de Brahe, el mejor observador, dieron lugar a los grandes éxitos del primero. En 1609 demostraba que la órbita de Marte describía una elipse alrededor del Sol, y no un círculo. Inmediatamente llegarían las dos primeras leyes del movimiento planetario. La primera venía a decir que cada planeta se mueve en una elipse que tiene al Sol en uno de sus focos. La segunda, derivada de la anterior, dice que los planetas se desplazan a mayor velocidad cuanto más cerca están del Sol, de modo que la línea que une el centro del planeta con el centro del Sol barre en tiempos iguales áreas iguales de la elipse. La tercera y última, publicada en 1619 en su obra *La Armonía de los Mundos (Harmonice Mundi)*, daba cuenta de la Ley matemática responsable de la diferente velocidad del planeta, en función de su situación, en un punto u otro de la elipse; es la conocida como relación 3/2.

EPPUR SI MUOVE...

La tarea la continuaría el físico y astrónomo Galileo Galilei, nacido en Pisa en 1564. Su principal trabajo consistió en acumular evidencias sobre el sistema copernicano del universo, mejorado por Kepler. Para ello se sirvió de dos herramientas fundamentales: un instrumento y un método.

El instrumento era un juguete fabricado por un óptico holandés hacia 1604: el telescopio. Galileo empezó utilizando, en 1609, uno fabricado por él mismo que contaba con seis aumentos.

El método no era otro que el método científico experimental, la nueva manera de abordar el estudio de la naturaleza, que comprendía el análisis de los datos, la elaboración de una hipótesis y el contraste de dicha hipótesis en el mundo real. En su obra de 1623 *El Ensayador (Il Saggiatore)*, escrita como réplica a un panfleto de Orazio Grassi sobre la naturaleza de los cometas, explica el funcionamiento del método científico que, básicamente, sigue siendo el mismo hoy en día.

Gracias a estas dos poderosas herramientas, solo un año después de comenzar sus observaciones con el telescopio, en 1610, estaba en condiciones de mostrar al mundo una larga serie de descubrimientos en su obra *El Mensajero de las Estrellas (Sidereus Nuntius)*. Además, los hallazgos

de Galileo se hicieron muy populares, no solo por su interés intrínseco, también por el hecho de que en muchas obras utilizara para expresarse el italiano y no el latín, lo que hizo que sus ideas fueran muy conocidas fuera de los ámbitos académicos. Los descubrimientos de Galileo con el telescopio se suceden y ni él mismo sale de su asombro. Describe las manchas solares, las fases de Venus, los satélites de Júpiter, las montañas de la Luna. Intuye los anillos de Saturno luego confirmados por el físico, astrónomo y matemático holandés Christian Huygens, y descubre que La Vía Láctea, esa mancha blancuzca que ha estado todas las noches, desde siempre, sobre nuestras cabezas, resulta que está formada por miles de millones de estrellas³.

Todos estos descubrimientos tienen una importancia extraordinaria. Ya no se trata de entender los complejos argumentos de Copérnico o de Kepler, verdaderos, pero alejados del conocimiento ordinario. Los hallazgos de Galileo están al alcance de quien quiera acercar su ojo al telescopio y, por tanto, pasan a formar parte de la experiencia, del conocimiento ordinario, del sentido común. De ahí a comenzar a extraer conclusiones heréticas solo hay un paso, y aquí radica su peligro para el poder establecido. Galileo es amonestado por la Inquisición en 1616 y se le prohíbe defender públicamente las ideas de Copérnico, hasta que, ocho años después, obtiene licencia papal para discutir las ideas de Tolomeo y de Copérnico sobre el sistema del universo, pero solo planteando ambas como meras hipótesis. El resultado llega en 1632, y es la obra *Diálogo Sobre los Dos Principales Sistemas del Mundo (Dialogo Sopra i Due Massimi Sistemi del Mondo, Tolemaico e Copernicano)*, presentada como una conversación entre tres personajes (Salviati, el copernicano; Simplicio, el tolemaico y Sagrado, un hombre conciliador que intenta comprender a los dos). Las pruebas favorables al sistema copernicano son demoledoras, pero los jesuitas del entorno del Papa no las aceptan, y llegan a decir que esas conclusiones tendrán peores consecuencias para el sistema establecido que las enseñanzas de Lutero y Calvino juntas (aquí no se equivocan); incluso convencen al Papa de que el obtuso personaje Simplicio no es más que su propia caricatura, lo que provoca la ira de Urbano VIII.

El libro es prohibido y Galileo, un hombre de sesenta y nueve años, sometido a proceso inquisitorial y obligado a abjurar de todo lo que ha defendido a lo largo de su vida. Solo así conseguirá evitar la muerte, aunque será condenado a cadena perpetua, pena que verá conmutada por el arresto domiciliario para el resto de su vida. Le han prohibido volver a ocuparse de Copérnico, pero no le han dicho nada sobre los principios de la Cinemática, así que decide descubrirlos en 1638, en la que muchos consideran su obra más científica: *Discursos y Demostraciones Matemáticas Sobre Dos Nuevas Ciencias (Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze)*. Hasta sus

últimos días de vida, ya ciego, continuó trabajando con sus discípulos Vincenzo Viviani y Evangelista Torricelli sobre la teoría de los impactos. Galileo Galilei moriría el 8 de Enero de 1642. El 25 de Diciembre de ese mismo año nació Isaac Newton.

LA GRAN MANZANA

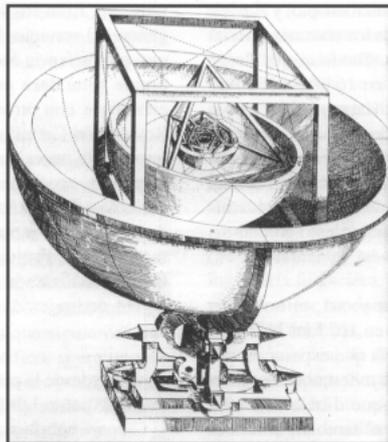
Isaac Newton, probablemente el mayor genio de la historia, al que también se ha definido como «ejemplar humano más bien mediocre», es el encargado de poner el punto final a la Revolución Científica. Él es el primero, de la pléyade de científicos de los últimos 150 años, que consigue ver el bosque donde los demás solo veían árboles. Así pudo llevar a cabo una labor integradora, unificadora de todos los grandes descubrimientos que habían tenido lugar en esos siglos revolucionarios, estableciendo que todos esos fenómenos descubiertos obedecen a unos principios generales, válidos universalmente, en la tierra y en el cielo.

Su obra definitiva, *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, deduce matemáticamente el funcionamiento del universo a partir de unas pocas leyes generales y, para obtener los resultados, se ve obligado a inventar un nuevo instrumento: el cálculo infinitesimal (él lo llamaba método de fluxiones, o flujo constante de una función continua), que Leibniz también descubrió por esos años e independientemente de él. En la obra se exponen las tres leyes del movimiento: la de la inercia, la de la proporcionalidad del cambio de movimiento con la fuerza motriz impresa (donde se introduce el concepto de fuerza en la mecánica racional) y la de la acción y la reacción. Además, en la última parte, expone la Ley de la Gravitación Universal, según la cual dos cuerpos se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.

Las leyes de Newton siguen siendo válidas para la astronomía contemporánea. Sólo Einstein necesitó modificarlas ligeramente para poder explicar algunas anomalías en el movimiento del planeta Mercurio. Newton estaba tan convencido de la exactitud de sus leyes y de su cálculo que, en la introducción a la Ley de la Gravitación Universal, escribe: «Demuestro ahora la estructura del sistema del mundo». No debe sorprender que el propio Laplace, el otro gran astrónomo y matemático, casi un siglo más tar-

de, confesara que envidiaba al científico inglés, porque sólo había un mundo para descubrir y Newton ya lo había hecho⁴. Él fue el responsable, en su búsqueda de la verdad racional, de la eliminación, científica y definitiva, de las viejas teorías sobre el universo y del establecimiento de su visión dinámica.

Había conseguido aquello a lo que aspiraba desde sus días de estudiante en el Trinity College de la Universidad de Cambridge cuando, a los 21 años, anotó en un cuaderno: «Amicus Plato, amicus Aristóteles, sed magis amica veritas» (Platón es mi amigo, Aristóteles es mi amigo, pero mi mejor amigo es la verdad).



El primer modelo del universo de Kepler: los cinco sólidos regulares y los seis planetas. Grabado de la obra *Mysterium Cosmographicum*.

LOS OTROS GENIOS

Hemos seguido el desarrollo de la Astronomía como arquetipo de la Ciencia del período revolucionario, pero no se debe olvidar que, al tiempo que todo lo anterior tenía lugar, también se desarrollaban muchas otras ciencias en ese período, explosivo en el campo de las ideas, que se conoció como Revolución Científica.

Así en 1543, el mismo año que Copérnico publica *Sobre las Revoluciones de las Esferas Celestes*, el anatomista flamenco Andreas Vesalio, el médico de los reyes españoles Carlos I y Felipe

II, publica *Sobre la Arquitectura del Cuerpo Humano (De Humani Corporis Fabrica)*, que representaba la nueva imagen del hombre frente a la de Galeno, y marcaba el comienzo de la Anatomía moderna. Adquirió cierta fama al demostrar que los hombres y las mujeres tenían igual número de costillas pues, hasta la Edad Media, se pensaba que el hombre tenía una menos, según se explica en el Génesis. Por ésta y otras herejías fue condenado a peregrinar a Tierra Santa, a cuyo regreso murió ahogado frente a las costas griegas a causa de un naufragio.

En esos años florecen también la Zoología y la Botánica, sobre todo gracias a la descripción de ejemplares traídos del nuevo mundo, y aparecen los libros de Belon, Gesner y Rondelet. Se fundan la Patología y la Fisiología modernas, con la consiguiente desaparición de la Fisiología galénica basada en espíritus, almas, alientos vivificadores, etc. William Gilbert estudia experimentalmente el magnetismo en su obra de 1600 *Sobre el Magnetismo (De Magnete)*, considerando a la Tierra como un

gigantesco imán. Empieza a surgir tímidamente la nueva Química, de la mano del médico y alquimista flamenco Jan Baptista van Helmont, tenido por algunos como «el último alquimista y el primer bioquímico», cuya originalidad consiste en comenzar a utilizar métodos cuantitativos en la experimentación biológica.

Por su parte, William Harvey publica en 1628 el descubrimiento casi completo de la circulación sanguínea, en su obra *Un Ejercicio Anatómico Sobre el Movimiento del Corazón y de la Sangre en los Animales (Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus)*. Este tratado quedó incompleto por una cuestión temporal, pues todavía no se había inventado el microscopio, y Harvey no pudo demostrar la comunicación de los sistemas arterial y venoso por medio de los capilares. Tendrían que llegar Henry Power y Marcello Malpighi, en 1649 y 1661 respectivamente, para completar su obra. Harvey también tuvo que sufrir duras críticas a su innovador trabajo, debido al concepto que introducía de contracción autónoma del corazón. Las más aceradas vienen del anatomista francés Jean Riolan, médico de María de Médicis declarado su encarnizado adversario, aunque Harvey no se molestó en contestarlas hasta más de veinte años después.

Los descubrimientos se suceden y, así, el holandés Antonie van Leeuwenhoek descubre en 1673 las bacterias utilizando el microscopio, pero habría que esperar un par de siglos hasta que Louis Pasteur las redescubriera. También descubre los espermatozoides que dibuja con toda exactitud aunque, al año siguiente, el también holandés Hartsoeker «completa» el trabajo publicando unos grabados, realizados a partir de «observaciones al microscopio» en el que aparecen como homúnculos de larga cola. El otro gran descubrimiento de Leeuwenhoek son los protozoos que, como el de las bacterias, quedó en una mera curiosidad hasta que se detectó su importancia en el siglo XIX.

Sin embargo será Robert Hooke, el sabio polivalente, el protegido de Robert Boyle, el *alma mater* de la **Royal Society** durante muchos años, quien publique en 1665 el primer tratado sistemático del mundo microscópico: *Micrografía. Algunas Descripciones Fisiológicas de Cuerpos Diminutos (Micrographia. Some Physiological Descriptions of Minute Bodies)*, que escribe en inglés y no en latín y donde, estudiando la estructura porosa del corcho, describe unas curiosas estructuras a las que decide llamar células.

Y así una larga sucesión de científicos que forman el ejército más pacífico de la Historia, aunque también el que más guerras ha ganado a la irracionalidad, la ignorancia, el miedo, el hambre, la enfermedad ...

Pero, al tiempo que se iba llenando de contenido la

Revolución Científica, también se iba construyendo el continente (las instituciones científicas), el lugar de encuentro de los profesionales de la Ciencia. Sería asimismo un largo proceso, evidentemente sin la importancia histórica del primero, pero fundamental para entender el posterior desarrollo de la Ciencia.

LAS INSTITUCIONES CIENTÍFICAS

Antes del siglo XVI la escasa Ciencia medieval cristiana se hacía casi exclusivamente a título individual y con fines religiosos, como el intento de demostración racional de la existencia de Dios o de un supuesto orden divino del universo. Eran los hombres sabios de cada época, por lo general al servicio de los obispos o de algún príncipe, los que producían la raquílica Ciencia de esos siglos; por la propia naturaleza de esta relación los contactos de unos científicos con otros eran prácticamente inexistentes. La Revolución Científica venía a alterar los viejos papeles e imponía la necesidad del contraste de las hipótesis y los resultados experimentales pero, para esto, era necesaria la existencia de instituciones científicas, es decir, lugares donde los científicos pudieran agruparse con iguales para someter su trabajo a la crítica y la discusión. La institucionalización de la Ciencia sería uno de los grandes logros derivados directamente de la Revolución Científica.

Visto desde la perspectiva actual podría parecer que, de modo natural, la institución destinada para acoger a la Ciencia habría sido la Universidad, institución académica que ya existía cuatrocientos años atrás, desde que surgieran las primeras en Bolonia y París hacia 1100. Pero las universidades de aquella época no eran precisamente un lugar de innovación científica, limitándose a la conservación del saber clásico y a su enseñanza. Estaban todavía muy lejos, en el horizonte, las universidades alemanas del siglo XIX, en las que el profesor, aparte de dedicarse a la docencia, venía obligado a la realización de investigación científica.

No había alternativa: era necesario crear algo nuevo. Así pues, a lo largo del siglo XVII, o puede que antes, los científicos (o mejor dicho, los filósofos experimentales, pues todavía no se había acuñado el término *científico*) comienzan a agruparse en sociedades eruditas o academias científicas. Se dice que la primera de ellas pudo ser la *Accademia Secretorum Naturae (Accademia dei Segreti)*, fundada en Nápoles por el alquimista Giovanni Battista della Porta en 1560, y suprimida por la Inquisición al oponerse a las doctrinas aristotélicas. Pero la primera en tener cierto peso fue la *Accademia de los Linceos (Accademia dei Lincei)*, fundada en Roma en 1603 por el príncipe Federico Cesi, uno de los intelectuales romanos más brillantes, y de la

que Galileo Galilei sería su sexto miembro desde 1611. Éste siempre tendría a gala su pertenencia a la prestigiosa institución y, por esto, todas sus obras posteriores incluirían en la portada el emblema de la academia. Desaparecería hacia 1651 para ser reinstaurada a mediados del siglo XIX.

La otra gran institución creada en lo que hoy es Italia fue la *Academia de los Experimentos (Accademia del Cimento)*, fundada en 1657 en Florencia por Fernando II, soberano de Toscana, y formada por los seguidores de Galileo que se reunían en el palacio Pitti. Sólo funcionó durante diez años, y estuvo fundamentalmente dedicada a la experimentación científica, en especial en el campo de la Física. Esta idea de una academia básicamente experimental la harían suya, posteriormente, muchas de las grandes academias europeas.

Las siguientes (que significarían casi la culminación formal de la Revolución Científica, con la transformación de la Ciencia en una institución organizada), serían la *Royal Society*, fundada en Londres en 1662, y la *Académie Royale des Sciences*, fundada en París en 1666. Ambas adoptaron el modelo de las anteriores, pero la filosofía sobre la que se asentaban les auguraba un mejor futuro. El concepto de organización de la Ciencia de Francis Bacon subyacía en las dos y en la mayoría de las muchas que siguieron. Bacon, aunque no era realmente un científico, sí era uno de esos hombres «fundamentalmente profetas y publicistas, hombres que comprendieron las posibilidades del nuevo saber y que convirtieron en asunto propio mostrarlas al mundo»¹. Se le considera uno de los padres del método científico experimental y, a la vista de lo anterior, se le puede considerar también como un adelantado divulgador del conocimiento científico.

Bacon entendió, antes que cualquier otro, la necesidad de hacer llegar al hombre de la calle los nuevos conocimientos resultantes de la Revolución Científica. Hizo suyas, hace casi cuatrocientos años, dos de las razones esgrimidas todavía hoy para justificar la divulgación científica⁶. Bacon intuía que la extensión de los nuevos conocimientos científicos a la clase social cada vez mejor situada, y en mejores condiciones para tomar decisiones -la burguesía emergente-, daría lugar a una mayor aceptación social de la Ciencia, y a la creación de un clima favorable a su desarrollo. Sin olvidar la razón cultural para la divulgación de los nuevos conocimientos, que era en sí misma una razón revolucionaria, de progreso, absolutamente necesaria en aquel tiempo (e incluso hoy*) ante las posibilidades reales de involución que se seguían de la actitud de la iglesia frente a la nueva Ciencia.

Surgía así otra novedad esencial derivada de la Revolución Científica, como es la popularización del conoci-

miento científico: diversas instituciones, así como personas independientes, se encargarían con éxito de esta actividad. Su enorme importancia y proyección la hace merecedora de un tratamiento específico y diferenciado aunque, por motivos de espacio, nos ocuparemos únicamente de la popularización del conocimiento científico que tuvo lugar durante la Revolución Científica e inmediatamente después.

NI ACADEMIA, NI UNIVERSIDAD

Antes de revisar someramente la aparición de la *Royal Society*, como paradigma de las academias científicas del siglo XVII, conviene fijar la atención en una institución cronológicamente anterior y a todas luces singular, también fundada al calor de la Revolución Científica y que no puede considerarse ni Academia ni Universidad, pero que vino a ser la primera institución orientada hacia la instrucción en la Ciencia moderna de las clases medias londinenses: el *Gresham College*. Esta institución, fundada en 1579, fue obra del filántropo inglés Sir Thomas Gresham. Era Gresham un personaje peculiar: agente financiero de su gobierno en Holanda, experto en lo que hoy (benévolamente) se denominarían artificios contables e ingeniería financiera, espía, traficante de armas y de oro... para terminar fundando la Bolsa de Londres en 1568 que, en 1571, recibiría, mediante proclamación real, su denominación actual de *Royal Exchange*. Afortunadamente le quedó tiempo a Gresham para crear, el mismo año de su muerte, una institución que sirviera, entre otras cosas, para la educación científica de los comerciantes y artesanos de Londres. Gresham personificó la unión del capital mercantil y la nueva Ciencia, que habían comenzado a caminar juntos en los últimos años, pues los éxitos de la Ciencia, y su consiguiente aplicación en forma de Tecnología, estaban haciendo posible el progreso económico de la sociedad: el nuevo orden económico necesitaba del nuevo orden científico. Fue tal la importancia del *Gresham College* que durante más de un siglo sería el centro científico de Inglaterra; incluso la *Royal Society* celebraría reuniones en sus salones durante muchos años. Pero, en lo que se refiere a la popularización de la Ciencia, no puede decirse que alcanzara plenamente sus objetivos pues, a pesar del naciente interés de la clase media por la Ciencia moderna, sus conferencias no conseguían atraer al público potencial al que iban dirigidas.

ROYAL SOCIETY

En 1662 el rey Carlos II funda la *Real Sociedad de Londres para la Promoción del Conocimiento Natural (Royal Society of London for the Promotion of Natural Knowledge)*, con sede en Londres y teniendo como primer presidente al matemático Lord Brouncker. Aunque esta institución no surgía simplemente como consecuencia de

una licencia real: era el reconocimiento formal de una organización que funcionaba hacía ya diecisiete años. Desde la terminación de la guerra civil, en el Londres de 1645, algunos filósofos experimentales, bajo la dirección del obispo John Wilkins, se agrupan en lo que sería conocido como **Colegio Invisible**. A partir de 1646 se instalarían en Oxford donde, entre otros, se les unirían Christopher Wren, Robert Boyle y Robert Hooke. Sería éste el núcleo sobre el que, unos años más tarde, en 1660, se organizaría la **Royal Society**, una sociedad financiada exclusivamente por sus miembros, sin apoyo económico alguno de la corona, ni siquiera después de la carta fundacional de 1662, de manera que su escasez de recursos les condujo a la asociación con el **Gresham College**, en cuyos salones se reunían. Y también, en esos salones, los miembros más activos de la **Royal Society**, como Robert Hooke, el descubridor de las células, impartirían conferencias científicas gratuitas para el público londinense.

Pero el intento de dar a las clases medias una formación científica, primero por parte del **Gresham College** y más tarde por los miembros de la **Royal Society**, se vería truncado, entre otros motivos, con la llegada, en 1703, de Isaac Newton a la presidencia de la **Royal Society**, lo que sólo pudo ocurrir tras la muerte de Robert Hooke.

Isaac Newton, el hombre necesario, el que con sus **Principios Matemáticos de la Filosofía Natural** puso, en 1687, el pilar que faltaba para la construcción de la base de la Ciencia moderna, el inventor del cálculo diferencial e integral, el autor de las leyes fundamentales de la Mecánica y de la Ley de la Gravitación Universal actuó también, a todos los efectos, como un gran enemigo de la extensión a las clases medias de la cultura científica. Newton condenó a la **Royal Society** al letargo, con su política de impedir la entrada en la institución a las personas interesadas por la filosofía natural que no pertenecieran a la aristocracia. A pesar de que Londres rebosaba de gentes de las clases medias interesadas por la Ciencia moderna y que entendían que ésta era necesaria, no sólo ya para el progreso de la humanidad en términos abstractos, sino para el progreso inmediato de su industria o su negocio, como consecuencia de la transferencia de los resultados científicos en forma de tecnologías diversas.

LAS CONFERENCIAS CIENTÍFICAS POPULARES EN EL LONDRES DEL SIGLO XVIII

Newton, sin saberlo, estaba propiciando el primer movimiento realmente popular a favor de la divulgación científica, favoreciendo la implantación de un nuevo oficio, el de conferenciante de filosofía natural o, trasladándolo a la terminología de nuestros días, el oficio de divulgador científico. Pero, si bien la actitud de Newton dio lugar a la separación del hombre de la calle y la Ciencia moderna ofi-

cial, no puede decirse que la aparición de tales conferenciantes fuera debida exclusivamente a su actitud. De hecho, las conferencias públicas fuera de las instituciones organizadas «se desarrollaban en Londres desde, al menos, el año 1698. Son organizadas por iniciativa del cervecero Charles Cox, que rescucita el papel de mecenas asumido anteriormente por Sir Thomas Gresham»⁷. Las conferencias eran gratuitas para el público, y Cox corría con el pago de los honorarios de los conferenciantes que, con frecuencia, ilustraban sus explicaciones con sencillas demostraciones experimentales.

Entre estos nuevos profesionales de la divulgación del conocimiento científico están hombres como John Harris, Humphry Ditton, Benjamin Martin, Robert Arnold, Francis Hauksbee jr. y el médico y químico Peter Shaw, que desarrollan sus conferencias en locales londinenses tan alejados del boato de la **Royal Society** como *Marine Coffee-House*, la antigua escuela de escritura *Hand and Pen*, *Swan Coffee-House*, *Queen's Head Tavern* o *Temple Coffee-House*. Había nacido la valiosísima divulgación científica tabernaria.

Mientras tanto, la mayoría de los sesudos miembros de la **Royal Society**, conocidos como *FRS* (*Fellow Royal Society*), se limitaban a ignorar, o incluso despreciar, estas actividades por ellos consideradas vulgares. Hasta que la evidencia les desborda: algunos de sus propios miembros, auténticos *FRS* y no esos a los que llaman injustamente charlatanes, también se integran en el circuito de las conferencias populares. Hombres como James Hodgson y John Teophilus Desaguliers dan el primer paso hacia esa nueva alianza, pero solo a título individual, de los filósofos naturales de la Ciencia académica con la clase media.

La tradición académica y divulgadora de las instituciones británicas se vería enriquecida, entre finales del siglo XVIII y principios del XIX, con dos nuevas que irrumpen con gran fuerza: **Royal Institution of Great Britain** y **British Association for the Advancement of Science** que, como la **Royal Society**, siguen activas todavía hoy. Ambas instituciones darían un nuevo empuje, tanto a la actividad puramente académica como a la popularización del conocimiento científico, actividades ambas producto, como muchas otras, del profundo cambio de valores de todo tipo que provocó la Revolución Científica.

LA IDEA DEL PROGRESO

A finales del siglo XVII ya estaban sentadas las bases de la nueva Ciencia, incluidos sus aspectos formales. Parafraseando a Thomas Khun⁸: era el momento de empezar a hacer Ciencia normal tras la Ciencia revolucionaria que había marcado los dos siglos anteriores. Se disponía ahora de todo un conjunto de teorías y resultados científi-



Portada de *El Ensayador (Il Saggiatore)*, la réplica de Galileo al panfleto de Orazio Grassi sobre la naturaleza de los cometas. En esta obra se hacía una brillante exposición del nuevo método científico experimental.

cos que permitían, a la luz de la filosofía de Francis Bacon, su utilización para la mejora de la vida humana, para dotarla de nuevas invenciones y riquezas.

El hombre de la vieja Ciencia, el hombre resignado «que difería hasta la otra vida la realización de las aspiraciones mundanales insatisfechas»⁹, en suma, el hombre

de la Edad Media, tenía como referencia última la vida ultraterrena. Pero, a raíz de la aparición de la Ciencia moderna y de las nuevas formas de producción, esa difusa teoría del «más allá» se transformaba en la otra, mucho más positiva, del «más acá», y surgía una nueva idea que siguió funcionando en nuestros días: la idea del progreso.

NOTAS

a. Resulta llamativo que John Desmond Bernal, el autor de *Historia Social de la Ciencia (Science in History)*, para muchos una de las mejores obras de Historia de la Ciencia escritas hasta la fecha, fuera precisamente un científico experimental y no un historiador. Bernal fue miembro de la Royal Society y catedrático de Física en el Birkbeck College de la Universidad de Londres, mientras que su actividad investigadora estuvo centrada, durante casi toda su vida, en la determinación estructural de las proteínas mediante estudios de difracción de rayos X. Su gran aportación a la Ciencia consistió en advertir el potencial del método empleado, que pudo ser aplicado para conseguir la resolución estructural de muchas otras moléculas. Gracias a la aplicación de este método se consiguió, en el año 1953, dar un salto cualitativo en la Historia de la Ciencia, con el descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN), que abriría las puertas al desarrollo imparable de la Biología Molecular; este logro fundamental fue obtenido por el biólogo norteamericano James Watson y el físico británico Francis Crick, básicamente a partir de los datos experimentales de los cristalógrafos británicos Maurice Wilkins y Rosalind Franklin.

b. Para elaborar su sistema del universo Tolomeo se

basó en el trabajo de Hiparco (siglo II a.C.), el más notable de los astrónomos griegos. Tal sistema, junto a la descripción de los diversos instrumentos utilizados en astronomía, lo publicó Tolomeo en un libro titulado con posterioridad *Gran sintaxis matemática (Megale mathematike syntaxis)*, conocido también como *Mayor sintaxis matemática (Megiste mathematike syntaxis)*. Entre los árabes este libro fue conocido simplemente como *El Mayor*, empleando el artículo árabe (*Al Megiste*), de donde proviene su nombre definitivo de *Almagesto*.

c. En el Antiguo Testamento (capítulo X del Libro de Josué) queda suficientemente claro, para quienes no precisen de muchas explicaciones, que quienes se mueven son el Sol y la Luna, pero no la Tierra («Detente, Sol, en Gabaón, y tú, Luna, en el valle de Ayyalón». Y el Sol se detuvo y la Luna se paró hasta que el pueblo se vengó de sus enemigos. ¿No está escrito en el libro del Justo? El Sol se paró en medio del cielo y no tuvo prisa en ponerse como un día entero).

d. El término «científico» fue acuñado en 1840 por William Whewell que, en su obra *Philosophy of Inductive Sciences*, lo utiliza para referirse a aquellas personas dedicadas a hacer Ciencia.

e. En la década de los ochenta, en los Estados Unidos de Norteamérica bajo mandato del actor Ronald Reagan, se prohibió, en algunos estados, la enseñanza de la teoría evolucionista de Charles R. Darwin.

BIBLIOGRAFÍA.

1. BERNAL, John D.; *Historia Social de la Ciencia*; Ediciones Península; Barcelona; 1979.
2. STENT, Gunther S.; «Lo Único y lo Prematuro en el Descubrimiento Científico» en *Las Paradojas del Progreso*; Salvat Editores; Barcelona; 1986.
3. MAURY, Jean-Pierre; *Galileo, el Mensajero de las Estrellas*; Aguilar Universal (Ciencias); Madrid; 1990.
4. LÓPEZ PIÑERO, José María.; NAVARRO BROTONS, Víctor y PORTELA MARCO, Eugenio.; *La Revolución Científica*; Biblioteca Historia 16; Madrid; 1989.
5. ROSENFELD, Louis.; «The Last Alchemist- the First Biochemist: J. B. van Helmont (1577-1644)»; en *Clinical Chemistry*; 31(10); p. 1755; 1985.
6. PIEL, Gerard; «The Social Process of Science»; en *Science*; 231(4735); p. 201; 1986.
7. STEWART, Larry; «La Ciudad de Londres. El Encuentro de la Ciencia y el Mercado»; en *Mundo Científico*; 183; pp. 810-815; 1997.
8. KUHN, Thomas; *La Estructura de las Revoluciones Científicas*; Fondo de Cultura Económica; México D.F.; 1975.
9. BURY, John B.; *La Idea del Progreso*; Alianza Editorial; Madrid; 1971.