

ciudades térmicas. Barras de cadmio insertadas en la pila se usaron para absorber neutrones y controlar la velocidad de reacción. Se hizo historia a las 3:45 p.m. del 2 de diciembre de 1942, cuando las barras de cadmio fueron extraídas lentamente y se observó una reacción en cadena autosostenida. El estremecedor logro de Fermi del primer reactor nuclear del mundo marcó el inicio de la era atómica. Recibió el premio Nobel de física en 1938 por su trabajo relativo a la producción de elementos radiactivos transuránicos (aquellos más masivos que el uranio) mediante el bombardeo de neutrones. Después de haber trabajado durante años con la radiación, murió de cáncer a la edad de 53 años. Un año después, el centésimo elemento fue descubierto y en su honor se le nombró fermio. Para expresar las dimensiones de los núcleos atómicos, se ha definido una unidad de longitud específica llamada **fermi**, que equivale a un femtómetro: 1 fermi = 1 femtómetro = 10^{-15} m.

Max BORN (Gran Bretaña) y **Walter BOTHE** (R. F. Alemania) reciben el Premio Nobel de Física: Born por sus investigaciones de carácter fundamental en el campo de la mecánica cuántica, en especial por su interpretación estadística de la función de onda, y Bothe por el establecimiento del método de coincidencia y los descubrimientos que se han llevado a cabo mediante el empleo de dicho método

Muere **Fritz Wolfgang LONDON** (1900-1954). Físico alemán nacionalizado estadounidense que descubrió, en el campo de la superconductividad, las ecuaciones que llevan su nombre

HACE 25 AÑOS

Sheldon Lee GLASHOW (Estados Unidos), **Abdus SALAM** (Pakistán) y **Steven WEINBERG** (Estados Unidos) reciben el Premio Nobel de Física por su participación en el establecimiento de la teoría de la unificación de las interacciones débiles y electromagnéticas entre las partículas elementales, así como

por la predicción, entre otras, de las corrientes neutras débiles.

Muere **Dennis GABOR** (1900 - 1979). Ingeniero británico de origen húngaro. En 1927 se doctoró en ingeniería por la Universidad de Berlín. En 1933 se trasladó a Inglaterra y en 1948 ingresó en el Colegio Imperial de Londres, donde ejerció desde 1958 como profesor de física aplicada. Gabor es reconocido fundamentalmente por la invención de la holografía, técnica que permite grabar y reproducir fotográficamente imágenes tridimensionales. En los experimentos iniciales utilizó luz filtrada proveniente de una lámpara de mercurio, pero hasta 1960 la holografía no se perfeccionó ostensiblemente, gracias a la introducción del láser. En 1971 recibió el Premio Nobel de Física.

Pedro Córdoba Torres

Dpto. de Física Matemática y Fluidos

ROBERT HOOKE: UN EXPERIMENTADOR DESCONOCIDO

En este año 2003 se conmemora el tricentenario del fallecimiento de Robert Hooke importante y apenas conocido filósofo natural. Trabajador infatigable preocupado por asuntos tan diversos como la óptica, la mecánica, la astronomía y la cosmología, la biología y la geología. Fue un prolífico inventor, buen aficionado a la música y arquitecto. Las siguientes líneas intentan ser una pequeña y modesta aportación a un mejor conocimiento de algunos aspectos de su obra científica y de su vida. Las limitaciones de espacio nos imponen ciertas restricciones pero esperamos no sean un obstáculo insalvable para entender mejor a este brillante y polifacético científico del siglo XVII.

Coincidiendo con el mediodía del sábado 18 de julio de 1635 nace Robert Hooke en Freshwater, Isla de Wigh, siendo el más pequeño de los tres hijos de John Hooke, coadjutor en la Iglesia de Todos los Santos desde 1626 (los dos hermanos mayores habían nacido, respectivamente,



Uno de los escasos retratos de Hooke. Corresponde a una ventana de St. Helen's Bishopgate (Londres).

en 1629 y 1630). El niño Robert nace con una salud delicada que se prolonga durante los primeros años de su vida así, por ejemplo, hasta los siete años su alimentación estaba restringida a leche y fruta. Desde pequeño tuvo frecuentes dolores de cabeza que le acompañaron durante buena parte de su vida por lo que siempre se consideró persona de salud endeble. Cuando cumplió los dieciséis años le aparecieron ciertas deformaciones, agudizadas con el tiempo, hasta el extremo de proporcionarle un singular e inconfundible aspecto. Su presencia encorvada (como si fuese una referencia a su apellido *hook*) y desagradable parece ser la explicación de no existir ningún retrato suyo en las paredes de la *Royal Society* (Sociedad Real de Londres para el Fomento del Saber Natural) pese a estar ligado a esta institución más de cuarenta años y haber ocupado puestos de responsabilidad en la misma. Tampoco fue enterrado en la abadía de *Westminster* como era de esperar. Al margen de esta referencia anecdótica a su desafortunado aspecto físico habría que añadir su carácter desagradable y uraño, acompañado de una especial dificultad para establecer relación de amistad noble y desinteresada, salvo algunas excepciones.

La ausencia de retratos podemos suplirla mediante las descripciones realizadas por personas próximas a su entorno. Así, a modo de ejemplo, recurrimos a lo escrito por John Aubrey (1626-1697), miembro de la *Royal Society* desde 1663 y autor de varias biografías breves de científicos contemporáneos, lo describe “de estatura media, algo encorvado, cara pálida y pequeña [...] cabeza ancha [...] ojos grises [...] cabellera delicada de color castaño y con unos excelentes rizos húmedos [...] sobrio y moderado en su dieta”. Destaca su “inventiva prodigiosa” y lo considera persona de “gran virtud y bondad”. Por otra parte, Richard Waller (1647-1702), biógrafo y editor de sus obras póstumas lo considera “una persona despreciable, muy encorvado, egoísta [...] de carácter agrio y de aspecto flaco, su frente y su mentón excesivamente grandes, su cabello es de tamaño medio y color castaño [...]”. Solamente son unas pinceladas para componer la imagen de nuestro personaje.

Las dificultades económicas familiares y sus limitaciones de salud le descartaron para iniciar una carrera eclesiástica aunque su capacidad intelectual no era obstáculo. Bajo la dirección de su padre recibe la instrucción primaria habitual en la época (lectura, escritura, aritmética) así como una primera aproximación a los clásicos. Enseguida, se despierta su interés por la realización de diferentes juguetes mecánicos y se aprecian unas buenas condiciones para el dibujo, circunstancias que parecen encaminarle a realizar una carrera artística entrando de aprendiz en el estudio de un prestigioso pintor local.

En 1648 fallece su padre y con la herencia recibida (100 libras) se encamina a Londres donde transcurriría su adolescencia, ingresando como aprendiz en el estudio del

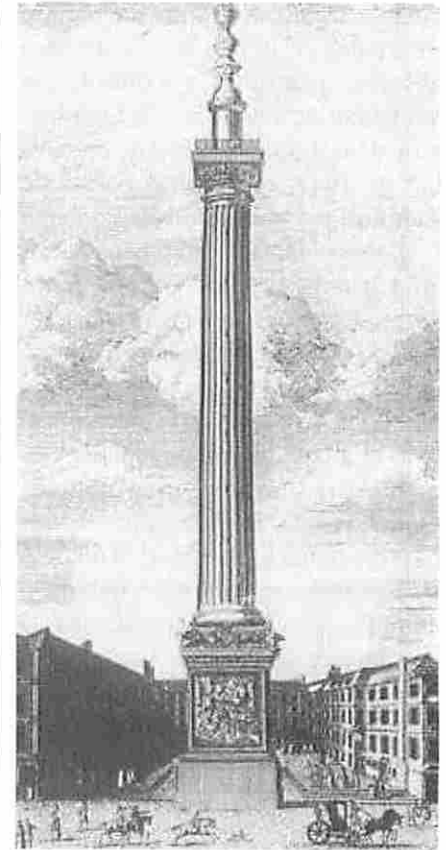


Firma de Robert Hooke.

famoso retratista y pintor Peter Lely (1618-1680) y así continuar en la línea profesional comenzada en Freshwater. Pronto abandona esta actividad pues el olor a pintura le producía un fuerte dolor de cabeza, además confía en su esfuerzo personal para llegar a dominar las técnicas artísticas. Aprovecha sus escasos recursos económicos para matricularse en *Westminster School* donde pone de manifiesto su buena disposición y aprovechamiento para el estudio. Con la inestimable ayuda del director de este centro, Richard Busby (1606-1695), inicia sus estudios en matemáticas (en una semana fue capaz de dominar los seis primeros libros de los *Elementos* de Euclides), también aprende latín y griego imprescindibles en el mundo de la ciencia y cultura en la época. Su tiempo libre en aprender a tocar el órgano poniendo de manifiesto sus buenos dotes musicales.

En 1653 abandona Londres camino de Oxford donde permanecerá toda su juventud. Como sus recursos eran escasos este traslado fue posible al conseguir una plaza en el coro de *Christ Church College* discretamente remunerada que nunca llegó a desempeñar pues el Parlamento de clara influencia puritana suprimió los coros de las iglesias y el salario prometido se transformó en una beca para dedicar todo su tiempo al estudio. Siguiendo la costumbre de los estudiantes pobres consigue equilibrar su presupuesto trabajando como criado (*servitor*) de un estudiante rico. También inicia los trámites necesarios para obtener los grados de *Bachelor of Arts* y *Master of Arts*, aunque no se tiene constancia de la conclusión de los estudios de *Bachelor*, si bien en 1663 obtiene el de *Master of Arts*.

Su estancia en Oxford fue agradable y provechosa tanto por el trabajo realizado como por las relaciones personales establecidas como apuntamos a continuación. Hacia 1655 asiste a las reuniones semanales organizadas por John Wilkins (1614-1672) en la residencia de William Petty (1623-1687) que le permitió conocer a prestigiosos



Monumento diseñado por Robert Hooke en 1666, en conmemoración al fuego que afectó a la ciudad de Londres.

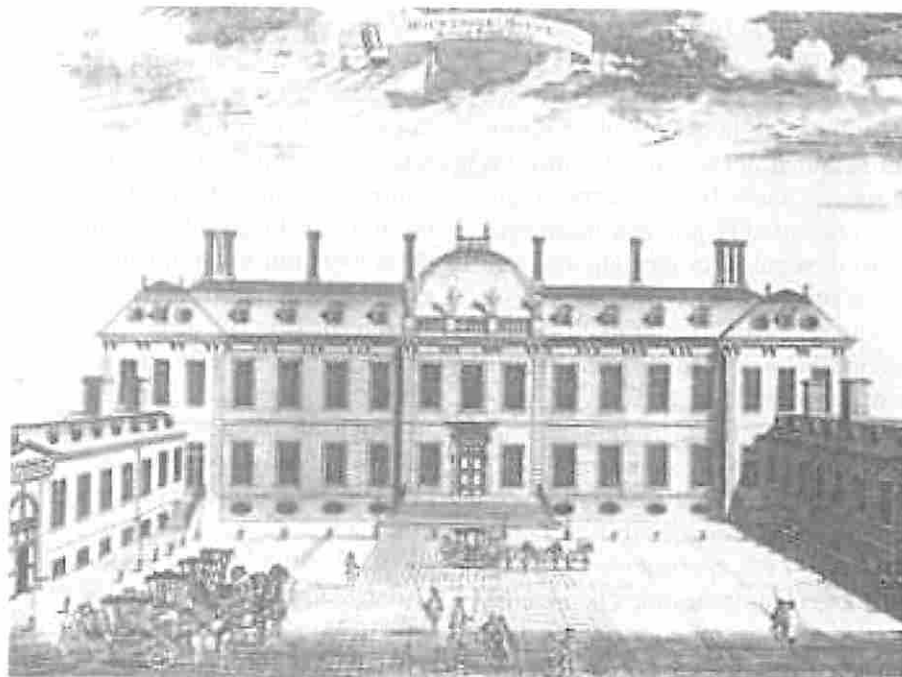
hombres de ciencia de entonces como Thomas Willis (1621-1673), Seth Ward y Ionathan Goddard (1616-1675), entre otros. A este grupo de consagrados se unieron otras personas jóvenes que estaban llamados a jugar un papel decisivo en la ciencia inglesa, entre los que se pueden citar, además, de Hooke (entonces tenía 20 años), Richard Lower (1631-1691), Christopher Wren (1632-1723) y Robert Boyle (1627-1691). Con Wren, algo menor que Hooke, pero con semejante interés por la ciencia, estableció una larga y profunda colaboración desarrollando conjuntamente muchos trabajos siendo destacable la labor realizada en 1666 cuando un terrible incendio destruyó la ciudad de Londres y ambos formaron parte de la comisión encargada de su reconstrucción durante cerca de diez años. (Hooke ejerció de *City Surveyor* limitando su actividad científica).

Boyle se había establecido en Oxford en 1653, allí montó un labo-

ratorio donde durante catorce años desarrolló una importante tarea científica, probablemente la más fructífera de su larga carrera. Para trabajar en este laboratorio contrató a Hooke al que conoció por mediación de Willis estableciendo una provechosa colaboración para ambos como lo prueba la realización de una bomba de vacío de fácil manejo empleada por Boyle para los experimentos neumáticos incluidos en *New experiments Physico-Mechanical* (1660). También tuvo una decisiva participación en los experimentos cuantitativos para la comprobación de la hipótesis de Richard Towneley (1629-1707) [la “elasticidad del aire” es inversa a su volumen] que trascendió como “ley de Boyle”.

También inicia su contacto con la astronomía en su estancia en Oxford a través de Seth Ward (1616-1689) titular de la cátedra *saviliana* [creada por la aportación de George Savile (1633-1695) en la Universidad de Oxford] encaminando sus esfuerzos a introducir innovaciones ópticas para mejorar la visión proporcionada por los telescopios así como el diseño de un nuevo reloj para medir los tiempos en las observaciones astronómicas (su afición por los relojes venía de lejos pues cuando niño construyó un reloj de madera que funcionó perfectamente).

Permaneció en Oxford hasta el año 1662 cuando se traslada a Londres para atender una nueva oferta de trabajo en la *Royal Society*. No abandonó esta ciudad hasta que a mediados de 1665 se desencadena una epidemia de peste trasladándose hasta el mes de marzo del año siguiente, a la ciudad de Epsom aceptando la invitación del conde de Berkeley. Fallece el 3 de marzo de 1703 a los 67 años siendo enterrado en la Iglesia de Santa Elena en *Bishopgate Street*, sus funerales solemnes fueron organizados por la Sociedad Real y contó con la participación de numerosos miembros de la misma. Fue un discreto y merecido homenaje a una persona que con esfuerzo y dedicación sir-



Montagne House: edificio diseñado por Robert Hooke atendiendo a una solicitud de clientes particulares.

vió durante toda su vida a esta docta institución. Su continúa tarea ayudó a incorporar a la actividad diaria de la misma el rigor y la seriedad científica.

La *Royal Society*, varias veces mencionada, fue fundada en 1660 y, en pocas palabras, podemos considerarla como el resultado de diferentes iniciativas de personas de procedencia diferentes pero con preocupaciones científicas encaminadas a crear un nuevo marco institucional para el progreso y organización de la ciencia pues el modelo clásico (las universidades) habían mostrado su evidente inutilidad. La nueva institución recoge y aún tanto el testimonio como la experiencia de diferentes grupos (semejante al apuntado de Oxford reunido en torno a Wilkins se podrían citar otros como los reunidos en el *Gresham College*, el “Colegio Invisible”, el grupo liderado por Samuel Hartlib (1600-1662), etc) que con desigual fortuna trataban de integrar la tradición experimental de la ciencia inglesa [cuyo punto de partida suele establecerse en el año 1600 coincidiendo con la publicación de *De Magnete* de William Gilbert (1544-1603) al incluir determinados modelos de investigación íntimamente ligados a los

desarrollos experimentales] con los nuevos planteamientos proporcionados por Francis Bacon (1561-1626) para realizar la ciencia de una manera diferente y, todo ello, inscrito en el ambiente puritano de la sociedad inglesa cuyo progreso y desarrollo científico es un instrumento glorificador de Dios para mejora de las condiciones de vida de la humanidad.

Como hemos apuntado la *Royal Society* nace con vocación de ser una referencia de la ciencia inglesa, cuenta con el patrocinio real pero su presupuesto de funcionamiento estaba vinculado a las cuotas abonadas por sus socios. Pretendía ser una Institución no elitista abierta a todas aquellas personas conformes con sus postulados fundacionales y, por tanto, ajena a cualquier restricción social, política o religiosa. No era una institución dedicada a la enseñanza de la ciencia (alguna confusión inicial surgió al funcionar en el *Gresham College*), su preocupación era crear un foro de discusión y avance de la ciencia. La política de “puertas abiertas” dió buenos resultados en los comienzos y el número de socios aumentó con rapidez, otro problema era la regularidad en el abono de las cuotas siempre difícil de conseguir, situación que dificultaba

taba el normal funcionamiento de la institución.

Desde el primer momento los miembros de la Sociedad se reunían semanalmente para discutir los informes científicos y experimentos presentados por sus miembros pero enseguida la participación en estas sesiones decayó y fue necesario hacer varios llamamientos a los socios para conseguir una mejor participación con escasos resultados. Por fin, en una asamblea general, se acordó la contratación de una persona suficientemente capacitada para responsabilizarla de preparar los experimentos a desarrollar en las reuniones semanales (*curator*). Atendiendo a la propuesta formalizada por Boyle fue contratado Robert Hooke con un salario anual de 30 libras y poder disponer de alojamiento gratuito en el *Gresham College*. El prestigio científico de Boyle así como su significación en la Sociedad (había sido uno de los fundadores) hubiera sido suficiente para la contratación del nuevo *curator* pero había otra circunstancia a su favor, era conocido por algunos socios, pues había presentado en 1661, su primera publicación, *An Attempt for the Explication of the Phaenomena, observable in an Experiment Published by the Honourable Robert Boyle*, en el que se ocupa del ascenso de líquidos en tubos capilares como luego veremos.

En noviembre de 1662 se incorpora Hooke a su trabajo como *curator* iniciándose una colaboración con la nueva Sociedad mantenida durante toda su vida. Desde el primer momento aportó grandes dosis de entusiasmo y todo su saber a la tarea encomendada como lo prueba el hecho de haber triplicado, en su primer año de trabajo, el número de experimentos presentados en las sesiones semanales respecto al año anterior. En 1677 cuando fue nombrado Secretario de la Sociedad tras el fallecimiento de Henry Oldenburg (1617-1677), alemán, políglota y contratado para desempeñar la Secretaría de la nueva institución en los primeros momentos así como

responsable de la publicación del órgano de difusión científica de la Sociedad *Philosophical Transactions*. Desde el primer momento, las relaciones entre ambos fueron un continuo enfrentamiento y la incompatibilidad de caracteres, desembocaron en momentos desagradables. A pesar del riesgo que supone la simplificación, nos atrevemos a encajar este mal entendimiento en el recelo y la envidia profesional al margen del complejo carácter personal de cada uno, especialmente agudizado por ser ambos empleados de la Sociedad y, por tanto, al servicio de sus socios que realizaban sus actividades por vocación y afición mientras ellos tenían una obligación de atender a sus demandas. Hooke cesó como Secretario en 1683.

Hooke fue nombrado miembro de la *Royal Society* en 1663 coincidiendo con la obtención del grado de *Master of Arts*, no cambiando sustancialmente su actividad principal, aunque acumula otros encargos así, por ejemplo, forma parte del Consejo de la Sociedad, se responsabiliza de la "colección de rarezas" de la institución y ejerce las funciones de Bibliotecario hasta que en el año 1679 ocupa este puesto William Petty. Otra característica de nuestro hombre fue la cantidad y diversidad de temas tratados así como la inconstancia en las investigaciones proyectadas supuso que ideas e intuiciones geniales fueran aprovechadas por otros contemporáneos como se puso de manifiesto con la

publicación de su obra póstuma [R. Waller (ed.), *The Posthumous Works of Robert Hooke*, Londres, 1705].

A nuestro entender la etapa comprendida entre los años 1665 y 1680 corresponde a la de mayor felicidad y satisfacción personal, en ella publica la mayoría así como más importantes de sus obras y desarrolla una enorme actividad laboral paralela a su actividad principal. En este período comienza a impartir las "conferencias *cutlerianas*" atendiendo al encargo realizado por el comerciante John Cutler (1608-1693) en 1664, con una compensación económica de cincuenta libras anuales y en las que aborda cuestiones diferentes relacionadas con la astronomía y cosmología, geología, estudio de dispositivos mecánicos, etc. hacia 1679 intenta hacer una recopilación y publicar el conjunto de estas conferencias que, por cierto nunca cobró pese a iniciar acciones legales en 1688 contra Cutler por moroso pero falleció sin cumplir su compromiso para gran desesperación de nuestro hombre. También en 1665 accede a un puesto de Profesor de geometría en el *Gresham College*.

Hemos hecho alguna referencia al carácter extraño de Hooke que en nada ensombrece su genialidad y capacidad pero para una mejor comprensión del personaje reiteramos algunas de las consideraciones apuntadas. Su aspecto físico desagradable determinó su comportamiento personal siendo una persona



Bethlem Hospital, en Moorfields, diseñado y construido por Robert Hooke.

retraída con dificultades para comunicarse con su entorno y, además, su comportamiento estaba condicionado por la posición de su interlocutor. Sin lugar a dudas el hecho de ser un científico sin fortuna personal y depender de un salario fue un condicionante en su desarrollo social pues su entorno más próximo estaba formado por personas que podían vivir de sus rentas aunque intelectualmente fuesen inferiores, situación que procuraba poner de manifiesto con frecuencia. Por otra parte, siempre se consideró un enfermo aunque sin detrimento de su rendimiento intelectual pero cuando, a partir de 1687, su salud se hace más quebradiza y delicada, se apunta un decaimiento psíquico con manifiesta repercusión en su actividad creadora. A este respecto, puede ser ilustrativo que nunca contrajo matrimonio pues siempre tuvo especial dificultad para relacionarse de manera libre y satisfactoria con las mujeres, como lo prueba la relación mantenida con una criada suya, Nell Young, con la estableció una relación íntima en los años setenta cuya duración se aproxima al año, hasta ser abandonado para contraer matrimonio con una persona más joven. Por esta época vivió con su sobrina Grace (desde 1672 hasta su fallecimiento en 1687), hija de su hermano, estableciendo una turbulenta, desagradable y desigual relación íntima agudizada por los veinticinco años de diferencia existente entre el celoso tío y su sobrina. El fallecimiento de Grace abundó en la crisis padecida por nuestro científico. Muchos datos de su vida privada han sido conocidos a través de las anotaciones recogidas en un *Diario* que comenzó a escribir en 1672.

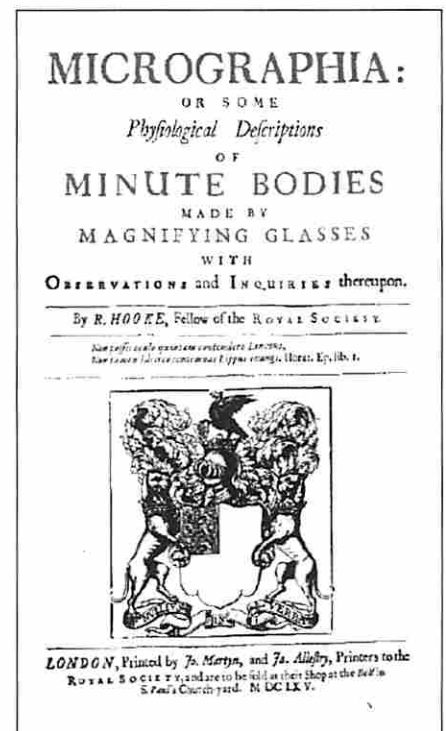
La obra más importante de Hooke la publica cuando tiene 29 años y se titula *Micrographia* (1665) [R.Hooke, *Micrografía*, Madrid:Alfaguara,1989. Prólogo, traducción y notas de C. Solís]. Está redactada en inglés con un estilo sencillo y claro, de fácil lectura pensando en una amplia difusión por lo que incluye numerosas y cuidadosas figuras, incluye un riguroso conteni-

do teórico, una descripción detallada de las técnicas experimentales y aporta numerosos datos nuevos suficientemente documentados. El éxito editorial no fue el esperado, nunca apareció una segunda edición, solamente en 1745 se realizó una edición reducida con el título de *Micrographia restaurata* que reproduce los grabados originales pero los textos aparecen drásticamente resumidos (versión reeditada en 1780). La obra original nunca fue traducida al latín motivo que limitó su difusión en los ambientes científicos, aunque sí se realizó una traducción al alemán de la versión abreviada. Son muchos los expertos que no dudan en considerarla como la obra más bella e interesante del siglo XVII aunque no encaje en los tradicionales tratados de Filosofía Natural de entonces, dado su carácter discreto y no sistemático pues recopila un conjunto de observaciones microscópicas realizadas por el autor acompañadas de textos que, con frecuencia, trasciende a otros ámbitos científicos de actualidad en el momento de la redacción.

Esta obra fue encargada por la *Royal Society* a Hooke en 1663 y los resultados fueron avanzados en las sesiones celebradas en la Institución y antes de la publicación su presidente William Brouncker (1620-1684), sugirió algunas modificaciones, para autorizar definitivamente su publicación. La obra está dedicada a la "Sociedad Real" por el "humildísimo y fidelísimo siervo Robert Hooke" con alguna cautela pues trata de "evitar el dogmatismo y la aceptación de cualquier hipótesis insuficientemente fundamentada y confirmada por experimentos". En la época todas las precauciones eran necesarias por eso el libro se inicia con una dedicatoria al rey agradeciendo "la feliz restauración y gobierno de vuestras majestades" y se congratula del avance de "la filosofía y el conocimiento experimental hayan prosperado bajo vuestro real patrocinio". Al margen de otras consideraciones, a nuestro entender, el interés de Hooke en los prolegómenos de su obra era dejar clara su

postura científica ajustada a la doctrina oficial de la Sociedad de marcado carácter anticartesiano así como antiespeculativo y encuadrado en el pensamiento baconiano. Nadie le había acusado pero prefería no levantar sospechas.

Esta obra, a nuestro entender, excede al trabajo de un microscopista pero para mejor comprender su dimensión debe ser enmarcada en el interés surgido en la ambientes científicos del siglo XVII para mejorar los instrumentos ópticos, después del éxito del telescopio, como único procedimiento para llegar a conocer nuevos mundos. Respecto al microscopio que ahora nos preocupa, podemos fijarnos en los esfuerzos realizados por los "naturalistas" holandeses e italianos en su utilización con un claro interés biológico. En Italia se puede citar, a modo de ejemplo, a Malpighi (1628-1694) preocupado por aportar datos acerca de la circulación de la sangre. Especial mérito tiene el holandés Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), comerciante y sin formación académica, fue capaz de construir un instrumento mediante lentes convexas colocadas en un soporte metálico y situados muy próximos al ojo podía aumentar los obje-



Portada de la primera edición de "Micrographia".

tos observados entre 200 ó 300 veces su tamaño (algunos autores le atribuyen el descubrimiento del microscopio compuesto). Además de observar diferentes microorganismos en el agua mejoró alguno de los resultados obtenidos por Malpighi.

Cuando la moda del microscopio llega a Inglaterra las observaciones biológicas pierden el protagonismo para ocuparse de todo tipo de objetos. Con este planteamiento trabajan casi simultáneamente el médico Henry Power (1623-1668) y Robert Hooke, ambos eran miembros de la *Royal Society* aunque con diferente vinculación a la misma. Las observaciones de Power abarcan una amplia gama de invertebrados así como materiales vegetales e inorgánicos, fueron reunidas en *Experimental Philosophy*, libro finalizado en 1661 y publicado dos años después. Sus resultados se presentaron en la Sociedad en 1663 y entonces fueron conocidos por Hooke. De alguna manera esta obra puede ser considerada como un antecedente de *Micrographia*, sobre todo si se tiene en cuenta que algunos de los objetos observado por Power también fueron del interés de Hooke pero a favor de éste es necesario señalar su enfoque marcadamente dentro de la Filosofía Natural y la calidad de sus ilustraciones. La obra de Power tiene pocas y de escasa calidad.

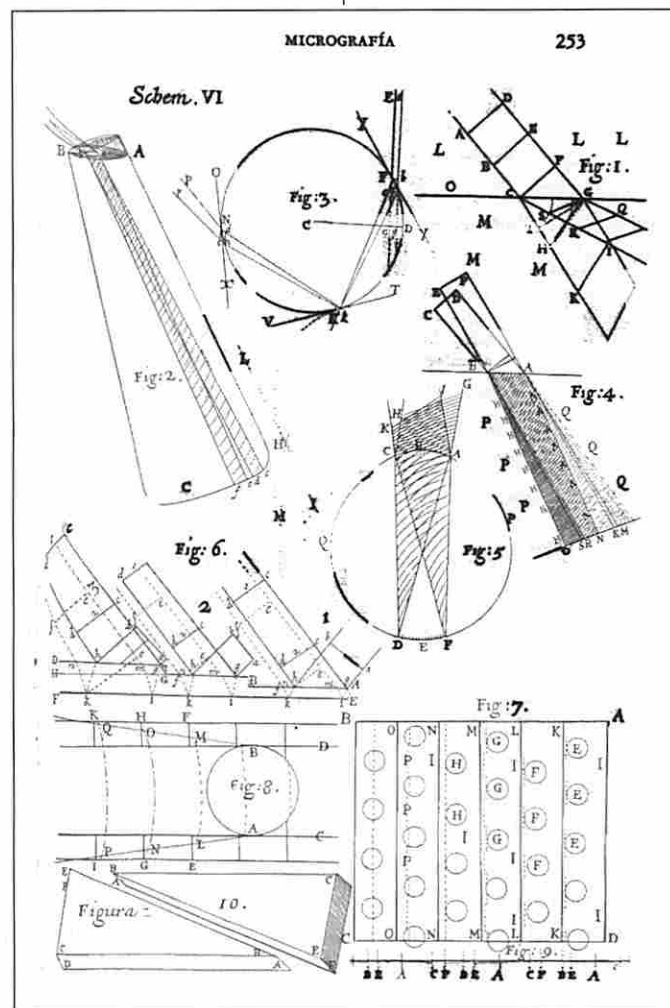
El interés de Hooke por los instrumentos ópticos se puede ligar a su estancia en Oxford cuando realiza sus primeras observaciones astronómicas, pero sus desarrollos sobre el microscopio los inicia a mediados de siglo poco antes de recibir el encargo de escribir esta obra. Comienza por resolver diferentes dificultades ópticas y mecánicas, para las primeras pronto concluye la necesidad de diseñar nuevos sistemas ópticos dada la imposibilidad de perfeccionar la construcción de las lentes. Los problemas mecánicos se dirigen a la implantación de procedimientos que permitan el alineamiento y centrado de las lentes cosa que consigue incorporando el desplazamiento de

las lentes mediante un mecanismo a rosca, así mismo mejora el sistema de iluminación recurriendo a la focalización de la luz solar mediante un sistema de espejos apropiados. Su habilidad mecánica le permite llegar a un microscopio compuesto aceptable que permite conseguir aumentar los objetos observados cerca de 300 veces su tamaño.

El hilo conductor de *Micrographia* es describir cuidadosamente las observaciones efectuadas con la ayuda de precisas ilustraciones sin perder la oportunidad de incluir sugerencias e inquietudes desprendidas de los observado o relacionadas con planteamientos anteriores del autor. Como existe inicialmente el propósito del autor, aunque no el único, es familiarizar y promocionar la utilización del microscopio, con buen acierto, la obra comienza pro-

porcionando una visión nueva de objetos de uso común. Así, por tanto, las primeras cinco observaciones presentan el aspecto y las características de agujas, dibujos de tinta, la hoja afilada de una navaja, distintos tejidos, etc. Para continuar con las explicaciones encaminadas a explicar aspectos relacionados con la constitución básica de la naturaleza para luego detenerse en el estudio de la combustión, la luz y los colores. Después se ocupa de los minerales y otros objetos pertenecientes a los reinos vegetal y animal termina el libro con tres observaciones que pueden considerarse extrañas, en cuando a su ubicación, referidas a la naturaleza y propiedades de la luz, las estrellas fijas y la Luna pero que reafirman su interés por enmarcar la obra en el dominio de la Filosofía Natural.

A continuación apuntamos los



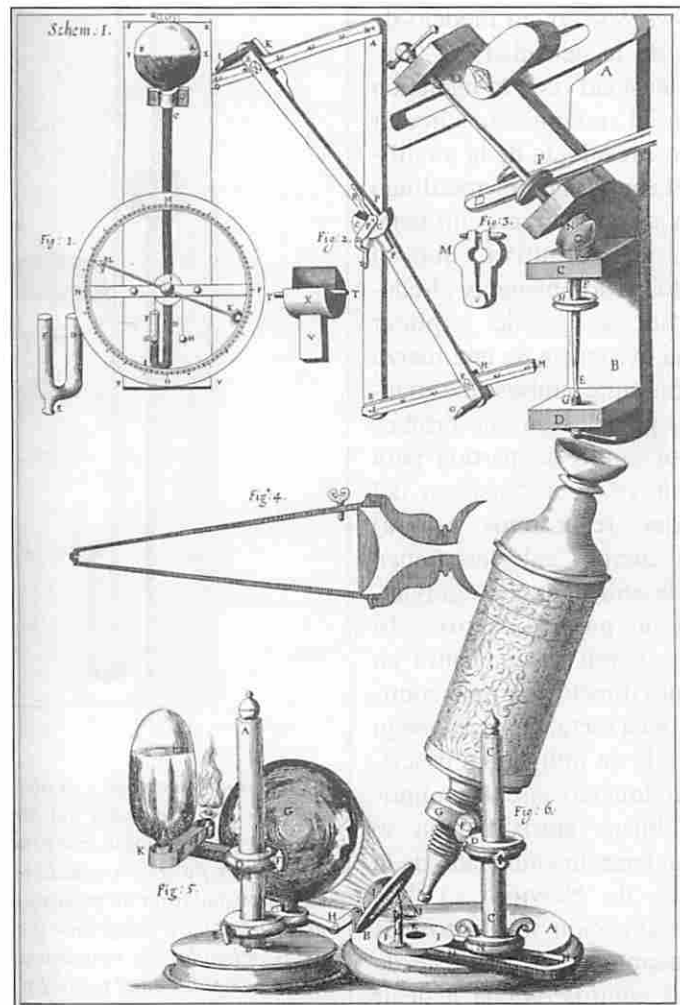
Gráficos que ayudan a comprender los estudios incluidos en "Micrographia" acerca de la reflexión y refracción de los rayos de luz.

aspectos más importantes de la obra de Hooke, según nuestro criterio, atendiendo al itinerario marcado en *Micrographia* aunque no nos limitemos exclusivamente al contenido de esta obra. Los experimentos relacionados con el comportamiento de los fluidos en tubos capilares de vidrio y para muchos historiadores son considerados como paradigmáticos de la filosofía natural hookeana y parece que fueron redactados o, al menos concebidos, cuando trabajaba en el laboratorio de Boyle en Oxford e incluso es posible en la redacción definitiva tuviera presente algunas de sus sugerencias recogiendo las inquietudes sobre estas cuestiones en otros ambientes científicos. Estos resultados fueron anticipados en 1661 en una reunión de la *Royal Society*, tal como hemos dicho, antes de tener vinculación laboral con esta institución en la que explicaba el fenómeno de la capilaridad estrechamente relacionado con ciertas vibraciones existentes entre las partículas. Aprecia que el agua asciende en los tubos capilares y Hooke lo atribuye a la disminución de la presión atmosférica en los mismos, para confirmar esta hipótesis repite el experimento en el vacío y no aprecia tal ascenso, por el contrario, observa un descenso del líquido cuando se succiona el aire adecuadamente. Es posible que la lectura de *Micrographia* por Newton (1642-1727) le motivara el estudio de estas cuestiones concluyendo que el fenómeno se debe a la presión atmosférica al no distinguir efecto alguno en el vacío como recoge en su *Óptica* [I. Newton, *Óptica*, Madrid: Alfaguara, 1977. Introducción, traducción, notas e índice analítico de C. Solís]. Por otra parte, Francis Hauksbee (1666-1713), muchos años después, también se ocupó de este experimento concluyendo que era independiente de la presión atmosférica y lo justifica en un efecto superficial entre las paredes del vidrio y el líquido.

Como hemos apuntado la capilaridad fue una preocupación que acompañó a Hooke desde sus primeros momentos pues intuía el

establecimiento de una teoría basada en la vibración de las partículas que le permitiese encuadrar su Filosofía Natural. Así, por ejemplo, se aproxima al concepto de fluidez del aire y de los líquidos a través de unas propiedades denominadas *congruencia* asociada a “una propiedad de un cuerpo fluido mediante la cual cualquiera de sus partes se une fácilmente con cualquiera otra parte, sea de sí mismo o de cualquier otro cuerpo similar, fluido o sólido” e *incongruencia* considerada como “una propiedad de un fluido por la que se ve estorbado en su unión con cualquier cuerpo semejante, fluido o sólido”. Por otra parte, apunta que los fenómenos de la gravedad se pueden explicar en este contexto “suponiendo que el globo de la tierra, el agua y el aire estuviese inserto en un fluido, heterogéneo con todos y

cada uno de ellos, y tan sutil como para no sólo insinuarse por todas partes a través del aire (o más bien el aire a su través) sino también invadir los cuerpos de vidrio e incluso los metales más compactos, por cuyos medios podrá tender a expulsar todos los cuerpos terrosos tan lejos de sí cuanto pueda; y en parte por ello, y en parte por otras propiedades suyas, podría moverlos hacia el centro de la tierra”. Anticipa su preocupación acerca de la forma esférica del Sol, las estrellas y los planetas, anuncia nuevos datos derivados de sus observaciones sobre la Luna y entiende fundamentarla en la “heterogeneidad del fluido ambiente” pues “la sustancia de cada uno de los cuales parece completamente heterogénea respecto del éter fluido circundante”. Es un tema reiterado con frecuencia en su obra.



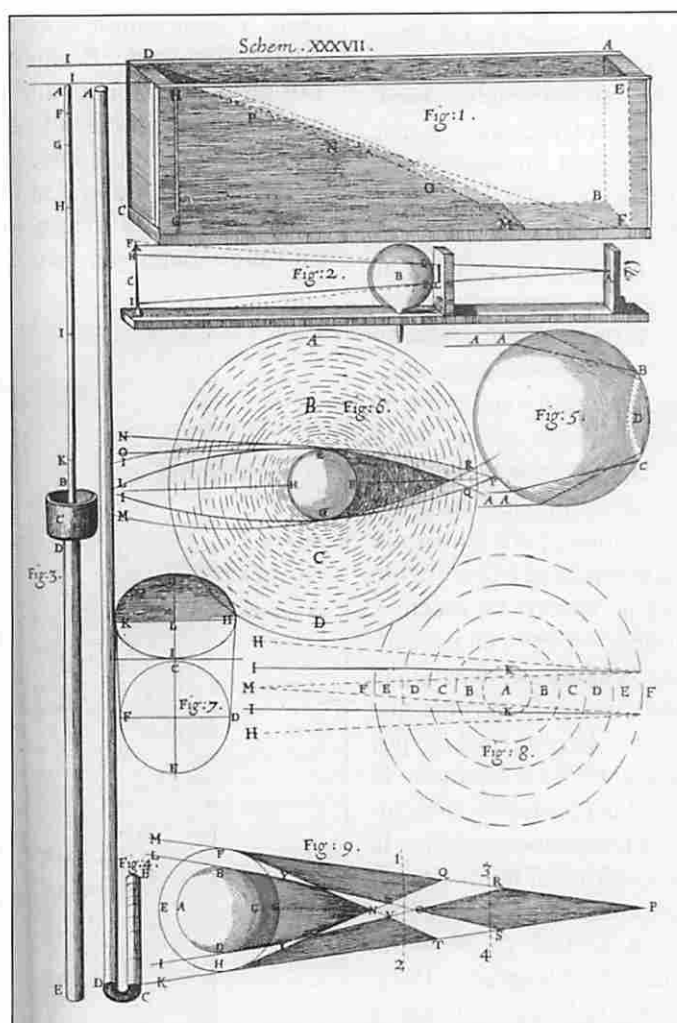
Microscopio diseñado y construido por Hooke empleado en buena parte de las observaciones incluidas en *Micrographia*. Incluye distintos accesorios (iluminación, portamuestras, etc.).

Nunca llegó a formular una teoría completa de la gravedad aunque en diferentes ocasiones en sus publicaciones incluye ideas y sugerencias (*Of Comets and Gravity, Of Gravity, Of Discourse of the Nature of Comets*). Considera un movimiento asociado a todos los cuerpos que se puede transmitir a los fluidos de su entorno, en el caso de tratarse de cuerpos celestes este fluido es un éter especial, diferente del aire, caracterizado por su capacidad de trasladar sus vibraciones luminosas y gravitatorias. Sugiere algunas propiedades características de la gravedad como es su disminución de su intensidad con el cuadrado de la distancia, no implica transporte de materia y, además, es una propiedad universal (dice que el telescopio la hace observable en todas las partes del mundo). Después de la publicación de *Micrographia* tras la observación del cometa de 1664, comunica a la *Royal Society* un modelo de “variación de la densidad” o “gradiente de densidad” con la intención de explicar el movimiento circular de los astros, resultado de la modificación del movimiento rectilíneo por efecto de la fuerza centrípeta. Concluye, en definitiva, que el movimiento de los planetas alrededor del Sol se puede explicar mediante la existencia de una fuerza de atracción entre ambos que mantiene a los planetas en sus órbitas. Este fue su punto de partida para enunciar en 1674 un “sistema del mundo” que resumimos así: a) “todos los cuerpos celestes...tienen un poder de atracción o de gravitación hacia sus propios centros”. b) cuando un cuerpo se encuentra en “movimiento directo y simple continuará...en línea recta, hasta que sean desviados... [y se obliguen a describir] un movimiento circular, elíptico,...” En buena aproximación se puede considerar un enunciado de la primera ley de Newton. c) “los poderes de atracción son tanto más potentes...cuanto más cerca esté de sus propios centros” viene a decir que la gravedad disminuye con la intensidad, error que Hooke corrigió enseguida como ya hemos apuntado.

La gravedad fue motivo de una prolongada disputa entre Newton y Hooke que rebasa el terreno científico para entrar en los aspectos anecdóticos recogidos con generosidad en muchos textos. En diferentes documentos redactados por Hooke en 1675 apuesta por la idea de “acción a distancia” y justifica la existencia de las órbitas curvilíneas en el efecto de la gravedad. Newton a pesar de conocer estas teorías nunca hizo referencia alguna en sus escritos y, lógicamente, produjo el correspondiente malestar en nuestro

hombre, dando lugar a un intercambio de correspondencia entre ambos en la que Hooke definitivamente asegura la existencia de una “atracción ...dos veces proporcional a la inversa de la distancia al centro”. La última palabra, la respuesta definitiva, la dio en 1680 Newton cuando enunció la ley de la gravedad en los términos de todos conocidos.

En los comienzos del año 1661 el monarca envió a la Sociedad cinco esferas de vidrio (tres sólidas y dos llenas de un líquido) al tiempo que transmitía su preocupación por cono-



Esta lámina acompaña a la observación LVIII de su obra “*Micrographia*” referida al estudio “De una propiedad del aire y otros varios medios transparentes denominada *inflexión...*” Para abordar este estudio diseña y construye distintos dispositivos experimentales (fig. 1 y fig. 2), enseguida le preocupa la variación de la densidad del aire con la altura por lo que trata de mejorar el “experimento torricelliano” (fig. 3) y averigua la fuerza necesaria “para comprimir o condensar el aire en tal ocual volumen” (fig. 4). Los resultados obtenidos los representa en las siguientes figuras complementadas con numerosos datos recogidos en el texto. En la figura 9 trata de desmontar los argumentos de Kepler y otros astrónomos que “atribuyen a la penumbra o parte oscura que está fuera de la umbra terrae”, es la sombra de la “atmósfera refractante” y es “causada plenamente por inflexión” añade “en esta hipótesis no hay superficie refractante del aire y, por consiguiente, no puede haber sombras”.

cer la opinión de los científicos sobre tan curiosos objetos. Como era habitual la petición fue trasladada al *curator* (tal vez fue su primer encargo en este puesto) que se le ocurrió romper las bolas y explicar lo visto mediante el microscopio. Con habilidad supo relacionar estas observaciones con la construcción y graduación de termómetros. Desarrolla el denominado “termómetro sellado” o termómetro cerrado” utilizando el alcohol como sustancia termométrica y fue graduado oportunamente para realizar medidas termométricas en cualquier lugar. El nuevo termómetro viene a sustituir a los “termoscopios” en los que la sustancia termométrica no se encontraba en un tubo cerrado y la graduación era distinta en cada instrumento. Se encuentra satisfecho del resultado obtenido (con anterioridad se habían realizado algunos intentos frustrados hechos por los italianos) pues de los ensayos efectuados se desprende una “gran exactitud y delicadeza”. En esencia el termómetro lo constituía una varilla de vidrio en la que introducía el alcohol de manera que para graduar el termómetro determina el punto “en que permanecía la superficie del líquido cuando la bola se coloca en agua destilada común tan fría que justamente comienza a congelarse y a formar escarcha” y añade que “el resto de mis divisiones, tanto por encima como por debajo de ésta... las puse según los grados de expansión o contracción del líquido en proporción al volumen que tenía cuando sufría el recientemente mencionado frío congelador”. En conclusión, Hooke desarrolló, por primera vez, el sistema de un solo punto fijo de manera que todas las lecturas fuesen iguales cualquiera que sea la dimensión del termómetro y eran independientes de las variaciones de presión.

Confiesa que la combustión era una preocupación desde “hace unos ocho años”, consecuencia de una lectura de “el ingeniosísimo Descartes” que despertó “un gran deseo de averiguar cuál era la sustancia que producía una luz tan brillante y clara” pues al “golpear con un pedernal contra el acero, haciendo salir chispas igneas y brillantes”.

Para Descartes el fuego se encuentra difundido o dispersado en la materia ordinaria combinado con el éter y se aloja en los poros de la misma. Así cuando el pedernal se golpea con una pieza de acero expulsa el éter de sus poros y, por tanto, sólo queda el fuego. Cuando la materia vuelve a su estado inicial o primitivo como sus partículas se encuentran más separadas, las partículas salen en forma de chispas. La postura de Boyle era sustancialmente diferente pues consideraba que el fuego provenía de sus partículas sumamente pequeñas y agitadas violentamente. Hooke a

pesar de ser su fiel seguidor, no pudo mantener esta postura durante mucho tiempo y consiguió elaborar una primera teoría química de la combustión al considerar que durante la misma se absorbe *algo* existente en el aire. Por otra parte, el calor surge en un cuerpo como consecuencia del “movimiento o la agitación de sus partes”. Obviamente la explicación no podía ser definitiva pues desconocía la existencia del oxígeno y tanto el hierro como el acero tenían un contenido variable e impreciso de carbono. La teoría definitiva la enunciaría Lavoisier.

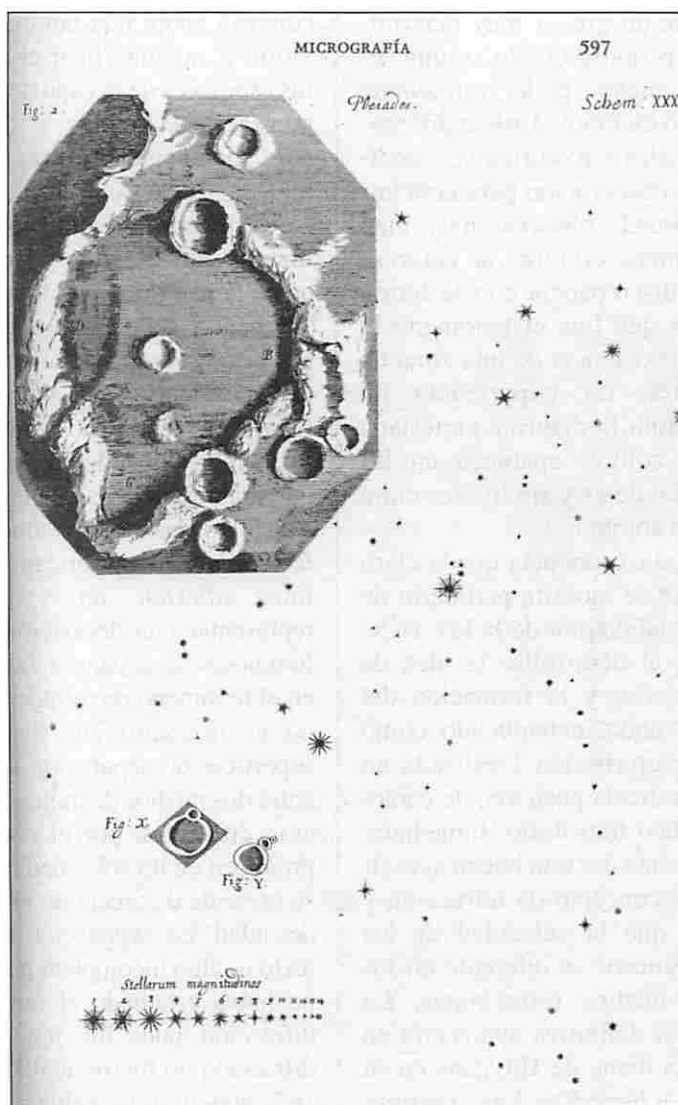


Ilustración incluida en la observación LX de “Micrographia” y dedicada al estudio de la superficie lunar con el título “De la Luna”. El dibujo realizado (fig. 2) corresponde a una observación efectuada en octubre de 1664 con un telescopio de 915 cm y en la que aprecia “un valle muy espacioso rodeado por una cordillera de montañas no muy altas en comparación con otras muchas de la Luna”. Los dibujos designados como fig. x y fig. y corresponden a observaciones realizadas por otros astrónomos y en el texto pone de manifiesto el escaso detalle y precisión de las mismas.

Para estudiar los colores recurre a minerales fáciles de transformar en láminas muy delgadas (cristal de Moscovita) y sigue los planteamientos establecidos por Boyle en su documento *Experiments and considerations Touching Colors* (1664). En estas láminas se aprecian diferentes colores “de manera mucho más visible al microscopio” y además, “estos colores estaban ordenados en anillos que rodeaban las motas o faltas blancas...siendo la posición de los colores la misma que la del arco iris”. Aventura “que la causa material de la aparición de los diversos colores en cierta lámina o placa de un cuerpo transparente y diáfano de un grosor muy determinado y proporcionado según el mayor o menor poder refractante del cuerpo diáfano”. Utiliza diferentes materiales y modifica las condiciones de observación para concluir que “se puede observar muy bien que se genera todo tipo de colores” en clara discrepancia con la teoría cartesiana que liga el fenómeno a la compleja existencia de una zona de luz-sombra. La experiencia de Hooke refuta la doctrina cartesiana pues los colores aparecen en las láminas paralelas y sin límites entre la luz y la sombra.

Con esta experiencia queda claro que Hooke se muestra partidario de la teoría ondulatoria de la luz así se evidencia al desarrollar la idea de rayo luminoso y la formación del frente de onda, entendiendo como tal, una perturbación localizada en una determinada posición, de carácter periódico transitorio. Inmediatamente, intenta dar una buena aproximación al concepto de refracción y establece que la velocidad de los rayos luminosos es diferente en los distintos medios refractantes. La explicación definitiva aparecería en 1690 de la mano de Huygens en su *Traité de la lumière*. Las experiencias realizadas por Hooke fueron muy valiosas pero no fue capaz de dar una explicación correcta de los que habrían de llamarse “anillos de Newton” probablemente por el material utilizado pues al no ser completamente plano tuvo dificultades

en la realización de las medidas. Como es sabido Newton utilizó “vidrios ópticos” y por tanto con una geometría que facilitaba las medidas de los fenómenos periódicos observados. Es posible que la lectura de *Micrographia* por parte de Newton fuese aprovechable para establecer el experimento y la explicación definitiva aunque existe alguna referencia acerca de que lo había observado por casualidad cuando presionó dos prismas juntados por las bases y fue capaz de relacionar la distribución de colores aparecida con el espesor de la lámina de aire existente entre ambos prismas. La experiencia definitiva la realizó colocando una lente convexa sobre una lámina plana de vidrio para simplificar el cálculo de los espesores de la capa de aire interpuesta entre ambos y deducir la correspondiente explicación matemática. En torno a los “anillos de Newton” surge un nuevo enfrentamiento entre Newton y Hooke acerca de la paternidad de la idea.

Cuando se publica esta obra se sabía que la propagación rectilínea de la luz se puede ver alterada dando lugar a dos fenómenos conocidos por los nombres de reflexión y refracción que eran estudiados por la catóptrica y la dióptrica. Hooke alude a otros fenómenos que genéricamente denomina *inflexión* con el que quiere representar una desviación de rayos luminosos semejante a la producida en el fenómeno de refracción aunque no es necesario que atraviesen la superficie de separación establecida entre dos medios de índices de refracción diferentes, por el contrario, se producen en un solo medio en el que se presenta o aprecia un gradiente de densidad. La explicación dada en el texto es algo incompleta pues todavía no había estudiado el fenómeno de difracción pues los fenómenos de difracción no fueron realizados hasta 1672 aunque es probable conociese la obra póstuma de Francesco María Grimaldi (1618-1663), *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride* (Bolonia, 1665), en la que por primera vez se estudia el fenómeno de la difracción. Los planteamientos de Hooke son semejantes, en líneas

generales a los propuestos por Newton. En esta ocasión la actuación de Hooke puede ser discutible pues, en una primera oportunidad, anuncia en una sesión de la Sociedad el descubrimiento de una nueva propiedad en la transmisión de la luz diferente a las dos conocidas (reflexión y refracción) que considera propia pero no presenta el documento completo hasta transcurridos tres años (en 1675). Es probable que necesitase completar la redacción y comprobar los resultados y procede así para preservar la paternidad de la nueva idea, ya que era muy celoso de sus ideas. Newton no pierde tiempo en escribir a Oldenburg para acusar discretamente a Hooke de plagio, aunque en esta ocasión lo hace discretamente al tiempo que incluye todos los argumentos y razonamientos para explicar las propiedades acerca de la transmisión de la luz y no tiene inconveniente en hacer una referencia discreta a Grimaldi.

Terminamos este reducido e incompleto recorrido por la vida y obra de Robert Hooke en el que hemos intentado aproximarnos a su condición de científico del siglo XVII, capaz de abordar gran variedad de asuntos con imaginación, rigurosidad y originalidad. No llegamos a entender que su trabajo más conocido, el descubrimiento de la ley de la elasticidad que lleva su nombre [“un muelle estirado resiste una fuerza proporcional a su extensión”], un trabajo insulso y elemental haya adquirido tal notoriedad mientras que otros aspectos mucho más importantes se hayan olvidado, probablemente, por no haber sabido ocupar en el mundo de la ciencia el lugar que le correspondía. Dejamos para otra oportunidad la reflexión, tímidamente apuntada, acerca de si esta situación ha sido causada por la sombra del genial Isaac Newton capaz de impulsar un carro científico durante 300 años. Nosotros estamos convencidos de que en ese largo viaje, al menos, un pequeño e inicial empujón fue dado por Hooke.

Joaquín Summers Gámez
Dpto. de Física de los Materiales