

Stephen F. Mason

# Historia de las ciencias

2. La revolución científica de los siglos XVI y XVII.



Historia de la ciencia  
Alianza Editorial

## 2. Gilbert, Bacon y el método experimental

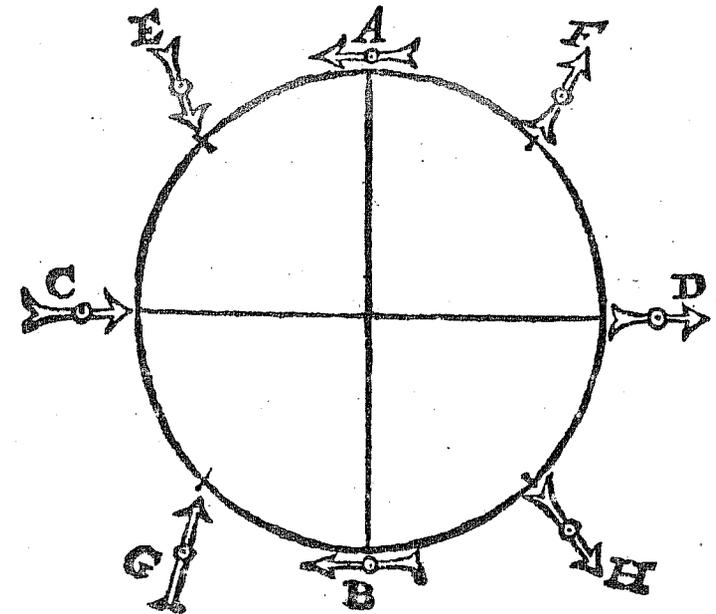
Durante el siglo XVI comenzó a resquebrajarse la barrera existente entre la tradición artesanal y la culta, que hasta ese momento había separado las artes mecánicas de las liberales. El secreto gremial se desvaneció al registrar los artesanos el saber de su tradición y asimilar parte del conocimiento culto, a la par que algunos estudiosos comenzaron a interesarse por la experiencia y los métodos de los artesanos. Un producto notable de este movimiento fue una obra sobre *Pirotecnia*, publicada en 1540 por un metalúrgico italiano, Biringuccio, que llegó a ser el director de la fundición y arsenal del Papa. Su obra describe la fundición de metales, la fabricación de cañones y campanas, la acuñación de moneda y la fabricación de la pólvora. En 1556 un erudito, Georg Bauer, doctor de las regiones mineras de las montañas de Harz, compuso un libro que cubría un área similar, añadiendo además los métodos de la minería.

Más adelante, los escritos artesanales registran nuevas invenciones técnicas y descubrimientos científicos: Uno de ellos fue el descubrimiento de la inclinación de la aguja magnética debido a un marino retirado y fabricante de brújulas, Robert Norman, quien publicó su descubri-

miento en un panfleto de 1581 titulado *La nueva atracción*.

Halló que una aguja magnética suspendida por su centro no sólo señalaba al norte, sino que además formaba un ángulo con la vertical conocido como el ángulo de inclinación. También pesó limaduras de hierro antes y después de magnetizarlas, a fin de comprobar si el magnetismo era ponderable, hallando que no era así. Además hizo flotar un imán sobre el agua merced a un corcho, descubriendo que el imán sólo giraba a la dirección norte-sur. Puesto que no se movía al norte o al sur, concluyó que el magnetismo era únicamente una fuerza orientadora y no una fuerza motriz. Todas estas cosas las había descubierto, señalaba, por «experiencia, razón y demostración, que son los fundamentos de las artes». Discute acerca de diversas cuestiones magnéticas relacionadas con la navegación, especialmente la diversidad de la desviación de la brújula respecto al verdadero norte en diferentes lugares. Tal desviación no varía regularmente de un sitio a otro, señalaba, tal y como creen algunos marinos que, «a pesar de sus viajes, en general han seguido más a sus libros que a la experiencia en estas cuestiones». Por lo que atañe a la teoría del magnetismo, confiesa que no puede ofrecer ninguna sugerencia: «No me expondré a las disputas con los lógicos en tantos puntos, pues aquí podrían superarme en lo que respecta a causas naturales».

Así pues, la tradición artesanal del siglo XVI podía producir buenos experimentalistas, como Norman, aunque no teóricos. Con todo, podían hacerlo los hombres cultos de la época, por lo que quienes de ellos se interesaban en los escritos artesanales suministraban la teoría de que carecían los artesanos. En el campo del magnetismo, el estudioso más notable de este período fue William Gilbert de Clochester, médico de la corte de la reina Isabel, quien compuso su obra, *Del Imán*, en 1600. Gilbert asumió y amplió la obra experimental de Robert Norman y del autor del siglo XIII Pie-



*Declinación magnética en diversos puntos de la Tierra según el De Magnete de Gilbert. (El polo norte está en C.)*

re de Maricourt. Siguiendo a Maricourt confeccionó piedras imán esféricas que denominaba «tierrecillas», cartografiando sus meridianos magnéticos con una brújula y tiza. Mostró que sus piedras imán esféricas presentaban el fenómeno de la inclinación descubierto por Norman, puesto que la aguja de una brújula se inclinaba hacia la vertical sobre sus superficies. También mostró que una piedra imán esférica con una superficie irregular poseía meridianos magnéticos irregulares, por lo que colegía qué desviación de la aguja respecto al norte verdadero en la superficie de la tierra se debía a la presencia de las masas de tierra. Muchos de sus trabajos experimentales no eran realmente originales, siendo en su mayor parte de naturaleza cualitativa. Son excepción su descubrimiento de que las piedras imán armadas de

hierro poseen virtudes magnéticas multiplicadas, así como su estudio de la relación entre el tamaño de la piedra imán y sus poderes atractivos sobre un trozo de hierro dado, que resultó ser una proporcionalidad directa.

Basándose en los hechos magnéticos conocidos, Gilbert construyó un considerable cuerpo teórico. Merced a sus experimentos con piedras imán esféricas, presumía que la Tierra era un imán gigante construido totalmente a base de piedra imán con tan sólo una cubierta superficial de agua, rocas y tierra. Pensaba que el magnetismo de una piedra imán era afín al alma en el cuerpo, que provoca movimiento y cambio. Así, se sentía atraído por la teoría de Pierre de Maricourt según la cual las esferas de piedra imán rotan espontáneamente, si bien añadía: «Hasta ahora no hemos conseguido verlo». Creía en el giro diurno de la Tierra sobre su eje; el gran imán terrestre, decía, «gira en torno por una virtud magnética y primaria». La virtud magnética de la Tierra alcanzaba hasta los cielos, según creía, manteniendo al mundo cohesionado. Para Gilbert, la gravedad no era sino magnetismo.

Gilbert dedicó su obra a una nueva tradición, la de «quienes buscan el conocimiento no en los libros, sino en las cosas mismas». Rechazó la vieja tradición culta que, según decía, se componía de «gente que confía ciegamente en la tradición, en idiotas literarios, gramáticos, leguleyos y mediocridades perversas». Gilbert se asociaba asimismo con los artesanos y los hombres cultos interesados en la tradición artesanal. Gilbert tilda a Georg Bauer, el médico de las montañas de Harz, de persona «sobresaliente en ciencia». Consideraba que Maricourt era «sabio, teniendo en cuenta la época», mientras que alababa a Robert Norman como «experto marino e ingenioso artesano», el cual «inventó e hizo públicos instrumentos magnéticos y métodos útiles de observación, necesarios para los navegantes y viajeros a largas distancias».

La obra de Gilbert y Norman ejemplifica el comienzo de una unión entre la tradición artesanal y el conocimiento culto, así como entre el estudio empírico y la interpretación teórica de la naturaleza. Norman no llegó a superar del todo la vieja tradición artesanal, dado que era incapaz de desarrollar explicaciones de sus descubrimientos. Del mismo modo, Gilbert no podía evitar la influencia de la vieja tradición culta que rechazaba. Sus teorías eran de naturaleza especulativa aun cuando se basasen en experimentos. Además, como Francis Bacon señalaría más adelante, Gilbert no usaba sus hipótesis como guía para un ulterior trabajo experimental, sino que fraguaba sus teorías una vez que había realizado su trabajo experimental, sin proceder a ingeniar ulteriores experimentos que confirmasen su explicación.

Al comienzo del siglo XVII el desarrollo de la ciencia moderna se hallaba en marcha, por más que su modo de proceder fuese un tanto renqueante y sus nuevas características no se hallasen plenamente reconocidas. Las tradiciones artesanal y culta habían confluído gradualmente a lo largo del siglo XVI para producir un nuevo método de investigación, si bien pocas personas se dieron cuenta de lo que auguraba tal desarrollo, siendo menor aún el número de aquellas que eran conscientes de la naturaleza del nuevo método y de las potencialidades de su aplicación. Francis Bacon, 1561-1626, lord canciller de Inglaterra bajo Jacobo I, fue uno de los primeros en tomar conciencia del significado histórico de la ciencia y de la función que podía desempeñar en la vida de la humanidad. Lo que vio le pareció bien, por lo que decidió impulsar y canalizar el nuevo movimiento científico, analizando y definiendo la metodología general de las ciencias e indicando de qué modo habrían de aplicarse.

Bacon era fundamentalmente un filósofo y no un científico. Se propuso explorar las posibilidades del método experimental, ser un Colón de la filosofía, como él decía, interesando a otras personas para que llevasen a término dichas

posibilidades. Su primera obra sobre el tema era *El avance del saber*, publicada en 1605, que constituía una primera exposición popular de sus opiniones. Su obra fundamental fue *La gran instauración del saber*, que se publicó parcialmente en 1620, no acabándose de hecho nunca. Bacon pensaba dividirla en seis partes, primero una introducción general, para lo que, según decía, serviría *El avance del saber*. La segunda parte, la más completa, consta de un análisis del método científico o *El nuevo instrumento*, como la llamaba. La parte tercera iba a ser una enciclopedia del saber artesanal y de hechos experimentales, mientras que la cuarta, que falta, había de mostrar cómo habría que aplicar el nuevo método a tales hechos. La parte quinta se ocuparía de las teorías científicas pasadas y presentes, dedicándose la sexta a la propia filosofía nueva, la síntesis final de las hipótesis extraídas de la enciclopedia de hechos y de la teoría científica existente.

Bacon llevó a cabo una parte muy pequeña de este vasto plan. Su *La gran instauración* consta de poco más que su análisis del método científico, aunque se trata de algo que ejerció una gran influencia en Inglaterra durante el siglo XVII y en Francia durante el XVIII. Por lo que atañe al método, Bacon se esforzó por unir los procedimientos de las tradiciones culta y artesanal a fin de propiciar, como él decía,

el verdadero y legal desposamiento de las facultades empíricas y racionales cuya antinatural y malhadada separación ha introducido la confusión en todos los asuntos de la familia humana.

Al evaluar ambas tradiciones tal y como se presentaban en su época, Bacon contrastaba el crecimiento acumulativo de las artes con el curso más errático de la filosofía:

Con sus primeros autores –escribía–, las artes mecánicas resultan crudas, toscas y caóticas, pero van adquiriendo nueva fuerza y capacidades. La filosofía es más vigorosa con sus primitivos autores,

mostrando luego una subsiguiente degeneración. La mejor explicación de tan opuestas fortunas es que en las artes mecánicas los talentos de muchos individuos se combinan para producir un resultado único, mientras que en filosofía un talento individual destruye varios. Muchos se rinden al liderazgo de uno [...] tornándose incapaces de añadir nada nuevo, pues cuando la filosofía se desgaja de sus raíces en la experiencia, donde brotó y creció, se vuelve algo muerto.

Así, para Bacon la tradición culta contemporánea era estéril por haber perdido contacto con la experiencia; pero, al mismo tiempo, la experiencia de la tradición artesanal no era plenamente efectiva científicamente, ya que en gran medida no se hallaba registrada. Así, escribió, cuando «la experiencia haya aprendido a leer y a escribir, son de esperar cosas mejores». Estas «cosas mejores» eran nuevos principios científicos y nuevas invenciones técnicas. Del mismo modo que Gilbert tomó los experimentos hechos en el siglo XIII por Pierre de Maricourt, Bacon tomó las ideas de su tocayo del siglo XIII, Roger Bacon, quien había visto el futuro adornado de invenciones técnicas surgidas de la aplicación del método experimental. También Francis Bacon tuvo una visión similar: la unión de la interpretación teórica y del control práctico de la naturaleza produciría, escribía, «una caterva de invenciones que hasta cierto punto puede vencer y superar las necesidades y miserias de la humanidad».

Con todo, Bacon no era en absoluto un utilitarista en sentido estricto: la comprensión científica y el control técnico de la naturaleza iban de la mano, siendo ambos producto de la aplicación del método científico. Bacon se sentía muy impresionado por el desarrollo de la imprenta, la pólvora y la brújula, inventos que ponía como ejemplo del conocimiento superior del hombre moderno respecto a los antiguos griegos. Constató que todas estas cosas se basaban en nuevos principios. La imprenta no era un medio de escribir rápido

ni las armas de fuego una mejora de la antigua catapulta, sino que incorporaban principios de distinto tipo que los utilizados anteriormente en las artes a las que se aplicaban. Además, tales principios eran a menudo de considerable interés científico, tal y como muestra la obra de Maricourt, Norman y Gilbert, que surgía de la brújula.

Así pues, señalaba Bacon, el primer requisito del nuevo método para hacer avanzar a las ciencias y las artes era la investigación de nuevos principios, procesos y hechos. Tales hechos y principios podrían derivarse del saber artesanal y de la ciencia experimental. Una vez comprendidos, llevarían a nuevas aplicaciones tanto en las artes como en las ciencias. Pensaba que muchos principios hallábanse ocultos o desapercibidos en los procesos artesanales de todos los días, los cuales se convertían por ello en una valiosa fuente de conocimiento científico. Tales procesos resultaban de particular interés por cuanto que poseían un carácter activo y experimental, entrañando el cambio y transformación de las sustancias naturales. En estos contextos, la naturaleza manifestaba sus obras ocultas trayéndolas ante la atención humana, mientras que en la contemplación pasiva de la naturaleza, como en la observación de los animales y plantas, la mente humana seleccionaba fácilmente aquellos hechos que apoyaban sus nociones preconcebidas:

Hay un tipo de historia natural que se hace por sí misma –escribía–, otra que se recoge para la información del entendimiento en orden a la edificación de la filosofía, y ambos tipos de historia difieren además en otros aspectos, especialmente en el que sigue, que el primero de ellos contiene las diversas Especies Naturales, mientras que el segundo engloba las Artes Mecánicas. En efecto, del mismo modo que en los asuntos civiles las capacidades de cada persona se manifiestan mejor en situaciones difíciles que en las otras, así las cosas ocultas de la naturaleza se traicionan más a sí mismas cuando las provocan las Artes que cuando siguen su propio curso.

A este respecto, no todos los procesos artesanales se hallaban en pie de igualdad. Son las «artes que exponen, alteran y preparan los cuerpos y materiales naturales» las que revelan las operaciones ocultas de la naturaleza, más bien que aquellas «que constan principalmente de movimientos sutiles de manos o instrumentos».

Bacon confeccionó una lista de unos ciento treinta temas y procesos que consideraba merecedores de investigación, pidiendo que Jacobo I ordenase la recolección de información relativa a tales temas, aunque sin resultados. El requisito principal de su método consistía en la recolección de un vasto cuerpo de hechos, y ciertamente creía que con una enciclopedia informativa unas seis veces mayor que la *Historia Natural* de Plinio sería capaz de explicar todos los fenómenos naturales. Sostenía que con semejante acervo de datos podría investigarse cualquier tema clasificando conjuntamente los hechos relativos a él. En primer lugar habría que elaborar una lista de «instancias positivas» del fenómeno en cuestión; es decir, casos en los que el fenómeno se hallaba presente. Así, al estudiar la naturaleza del calor, serían instancias positivas los rayos del sol, las llamas, etc. En segundo lugar, era precisa una lista de «instancias negativas», o casos en los que el fenómeno se hallaba ausente. Así, por ejemplo, el calor no estaba presente en los rayos de la luna, en el aire, en el agua, etc. En tercer lugar habría que señalar «grados de comparación», como por ejemplo la variación del calor animal con el ejercicio o el calor de fricción con el vigor del movimiento que lo produce. El conocimiento científico podría obtenerse a partir de estas listas ensayando diversas hipótesis, excluyendo las improbables y contrastando más a fondo las más plausibles. A este fin habría que recurrir a otras «instancias» para discriminar entre hipótesis rivales, a saber, las «instancias solitarias», en las que el fenómeno en cuestión se aislaba de las asociaciones confundentes con otros fenómenos, y las «instancias luminíferas», en

las que el fenómeno se manifestaba a sí mismo en su forma más intensa.

De este modo, Bacon ensayó diversas hipótesis relativas a la naturaleza del calor, llegando a la conclusión de que la esencia de calor era el movimiento, puesto que dondequiera que se hallase el calor se producía algún tipo de movimiento. No planteó esta idea en el sentido obvio de que la fricción siempre produce calor, sino que era el «movimiento de las partículas menores de los cuerpos» que tiene lugar bajo la superficie de los fenómenos el que producía el efecto sensible del calor. Bacon sostenía que tras el mundo visible de la naturaleza había estructuras y procesos que permanecían ocultos para nosotros por la naturaleza de nuestros órganos de los sentidos. Denominaba a dichas estructuras y procesos «configuraciones latentes» y «procesos latentes» de la naturaleza, siendo tarea del científico hallar cuáles eran. El propio Bacon pensaba que la «configuración latente» de la naturaleza era de carácter atómico, mientras que el «proceso latente» del calor era un movimiento de tales átomos o partículas.

Pensaba que el método de obtener hipótesis a partir de tablas de hechos podría aplicarse a las propias hipótesis a fin de obtener axiomas de mayor generalidad. En cada estadio del proceso, las hipótesis, axiomas o teorías habrían de contrastarse experimentalmente, aplicándose a usos humanos si ello resultaba conveniente. Así se construía una pirámide de teoría científica por procedimientos inductivos, hallándose sólidamente basada en una enciclopedia de información fáctica, con aplicaciones surgiendo de cada etapa. No todos los niveles de la pirámide eran igualmente fructíferos a este respecto, pues, como sostenía Bacon, las generalizaciones intermedias son las más útiles.

Los axiomas inferiores no difieren sino insignificadamente de la mera experiencia -escribía-, mientras que los axiomas más eleva-

dos y generales son conceptuales y abstractos, careciendo de solidez. Sin embargo, los intermedios son verdaderos, sólidos, vivos, dependiendo de ellos los asuntos y la fortuna humanas.

Puede decirse que esta generalización contiene una buena dosis de verdad. La idea generalizada de Gilbert de que el magnetismo mantiene cohesionado al mundo no podría aplicarse en gran medida ni en las artes ni en las ciencias, mientras que su «axioma intermedio» de que las masas de tierra causan la distorsión de los meridianos magnéticos, aunque falaz, se adoptó tanto en la ciencia como en la navegación, estimulando ulteriores investigaciones.

La concepción baconiana del método científico era esencialmente experimental, cualitativa e inductiva. Desconfiaba de las matemáticas y del arte de la lógica deductiva que las acompañaba. No dejaba de percibir la utilidad de las matemáticas como instrumento de la ciencia, si bien consideraba que ya se hallaban bien desarrolladas, «como la lógica, a pesar de lo cual hasta el presente no habían sido las siervas de las ciencias, sino que habían ejercido su dominio sobre ellas». Era contrario al método que Galileo estaba desarrollando, consistente en aislar los fenómenos de su contexto natural, estudiando tan sólo los aspectos de dichos fenómenos que resultaban medibles, erigiendo luego un vasto cuerpo de teoría matemática sobre los resultados. Bacon deseaba tomar en cuenta todos los hechos que pudieran ser pertinentes para el asunto que se traía entre manos, como la naturaleza física de los cuerpos celestes en astronomía, cosa que Copérnico no había considerado importante, o la función de la resistencia del aire en la caída gravitatoria, cosa que Galileo ignoraba.

Considerando todos los hechos de la astronomía, Bacon llegó a la conclusión, nada irracional en la época, de «que tanto los que piensan que la Tierra rota como los que sostienen el *Primum Mobile* y la vieja construcción se hallan igual

e indiferentemente apoyados por los fenómenos». Para decidir entre los sistemas copernicano y ptolemaico consideraba que era preciso trabajar aún mucho más, especialmente en el terreno de los problemas físicos, como la naturaleza de la «rotación espontánea» que Copérnico había atribuido a los cuerpos celestes. En este respecto se oponía a la doctrina de Aristóteles según la cual la física de los cielos y la física de la tierra son de distinto tipo. Hablando de la filosofía de Aristóteles, escribió:

Si se examina cuidadosamente esta filosofía, se hallará que propone determinadas opiniones deliberadamente orientadas a mutilar la empresa. Tales opiniones son la concepción de que el calor del sol es distinto del calor del fuego, o que el hombre sólo puede yuxtaponer las cosas, mientras que la naturaleza es la única que puede hacerlas actuar unas sobre otras.

Bacon rechazaba también la doctrina de los griegos de que los movimientos de los cuerpos celestes son circulares y uniformes; eso era simplemente «algo imaginado y supuesto para facilidad y simplificación del cálculo».

De este modo, Bacon rechazaba los axiomas metodológicos de los griegos, como la superioridad de los cuerpos celestes y la circularidad de sus movimientos, si bien aceptaba parte del contenido de sus doctrinas, como la posición central de la Tierra en el universo. En general sólo resultaba original por lo que respecta al nuevo método que promovía, e incluso éste no recibió una aplicación inmediata. Durante el siglo XVII, el progreso en la ciencia se produjo principalmente gracias al método matemático-deductivo desarrollado por Galileo y elaborado por Descartes, siendo tan sólo en el siglo XIX cuando el método cualitativo-inductivo de Bacon llegó a su apogeo con el desarrollo de la geología y la biología evolucionista. Fue entonces cuando se recogieron de todo el globo vastas colecciones de hechos, básicamente de carácter cualitativo, aplicándose el razonamiento

inductivo a la elaboración de teorías geológicas y biológicas.

En la ciencia aplicada, Bacon se interesaba fundamentalmente por los procesos artesanales e industriales. Ciertamente era tildado de «el filósofo de la ciencia industrial», no interesándose demasiado por el comercio y la navegación que florecían en sus días. De nuevo aquí su programa no surtió efecto hasta el siglo XIX, por más que sus planes para el desarrollo de las artes atrajesen mucha atención durante el XVII. El método de Bacon era un desarrollo y clarificación más de los valores y procesos de la tradición artesanal que de los de los eruditos. Del mismo modo, el método de Descartes expresaba más el punto de vista de los eruditos que el de los artesanos, tal y como veremos. Así pues, ninguna de las personas del XVII que se pusieron a analizar y codificar la nueva metodología de las ciencias consiguió integrar plenamente ambas tradiciones, unificando «las facultades empírica y racional». Así pues, seguía vigente la sombra de la vieja barrera entre el artesano y el estudioso, manteniéndose ciertamente aún en la distinción de estatus entre el científico experimental y el matemático, entre el científico puro y el aplicado.