

# El método experimental en el siglo XVII

## *The experimental method in the seventeenth century*

**Sergio Rodero**

Universidad de Salamanca/Universidad de Valladolid  
srodero@usal.es

Fecha de aceptación definitiva:

### **Resumen**

Vamos a abordar el método experimental en el siglo XVII, basándonos en el método científico-experimental de Galileo y Newton. Nos interesa conocer cómo recogieron Descartes y sobre todo Leibniz las ideas de Galileo y Newton a la hora de construir sus métodos de experimentación científica en el s. XVII. De entre todos los modernos, René Descartes fue el que más se acercó al derecho de llevar el mando robado de Aristóteles, puesto que se le leía universalmente y tenía numerosos se-

### **Abstract**

*We will address the experimental method in the seventeenth century, based on the scientific-experimental method of Galileo and Newton. We are interested in how Descartes and Leibniz especially collect the ideas of Galileo and Newton when building their methods of scientific experimentation in the s. XVII. Of all modern, René Descartes was the philosopher came to the right to turn the stolen knob from Aristotle, as was universally read*

guidores. Descartes creó un fundamento metafísico, una epistemología y un sistema íntegro de la naturaleza que abarcaba la explicación de todos los fenómenos. Prometió un método infalible de descubrimiento. Su reputación aumentó gracias a la labor de hábiles y pacientes expositores, en especial de Jacques Rohault (1620-1673), y cuando empezaron a hacerse notorios los defectos de sus propias explicaciones de los fenómenos naturales, su sistema cobró nueva vida gracias a los escritos de «neocartesianos» extremadamente competentes, entre los que destacan Huygens, Malebranche y el propio Leibniz. *De facto*, a pesar de la poderosa influencia contraria de Newton, la luz que arrojara Descartes se extendería hasta penetrar en el resplandor más general de la Ilustración del siglo XVIII y de su principal monumento, la *Enciclopedia* de Diderot y d'Alembert. Por otro lado, Descartes era un matemático puro genial que también hizo trabajos de valor imperecedero en el campo de la física matemática; de no haber sido filósofo, igualmente ocuparía un lugar prominente en la historia de la ciencia. En todos los aspectos menos en uno, la investigación experimental sistemática, Descartes sobresalía en el momento de su muerte, y después de ésta sería, para todos quienes en aquel momento eran capaces de comprender sus libros, la gran luminaria, el hombre que había abierto un camino ancho para la posteridad.

**Palabras clave:** Filosofía de la ciencia; siglo XVII; método experimental; Galileo; Newton; Bacon; Descartes; Leibniz.

*and had many followers. Descartes created a metaphysical foundation, an epistemology and an integral system of nature that covering the explanation of all phenomena. He promised a foolproof method of discovery. His reputation grew through the work of skilled and patients exhibitors, especially Jacques Rohault (1620-1673), and when began to be noticeable the defects of his own explanations of natural phenomena, his system was revitalized by the writings of «newcartesians» extremely competents, among the cases of Huygens, Malebranche and Leibniz himself. De facto, despite the contrary powerful influence of Newton, Descartes throw light would extend to penetrate the more general glow of the Enlightenment of the eighteenth century and its main monument, the Encyclopedia of Diderot and d'Alembert. On the other hand, Descartes was a brilliant pure mathematician who also did work lasting value in the field of mathematical physics; if he was not been philosopher, also occupy a prominent place in the history of science. In all aspects except one, the experimental systematic research, Descartes excelled at the time of his death, and after this he would be, for all the people were able to understand his books, the great luminary, the man who had opened a wide path for the posterity.*

**Key words:** Philosophy of Science; XVII century; experimental method; Galileo; Newton; Bacon; Descartes; Leibniz.

## 1. Introducción

Uno de los que más se aproximaron a Descartes por su tipo, aunque no por la fuerza de su influencia, fue su compatriota y casi contemporáneo Pierre Gassendi (1592-1655), cofundador de lo que Boyle denominaría la «filosofía mecanicista». Tanto en su calidad de filósofo puro como en la de «científico» puro, los logros de Gassendi fueron de categoría inferior a los de Descartes, pero nadie antes de estos dos franceses reunió la filosofía y la ciencia de una manera global. Galileo, por ejemplo, era un excelente filósofo de la naturaleza, mas, de no ser por esto, no tendría ningún lugar en la historia de la filosofía general. Según Stillman Drake, Galileo no podía sufrir la filosofía retórica convencional, como les sucedería también a muchos de sus sucesores<sup>1</sup>.

## 2. Los experimentos cuantitativos de Galileo

Ahora sabemos, gracias al detenido análisis de Stillman Drake de las notas desordenadas e inéditas de Galileo<sup>2</sup>, que los experimentos cuantitativos desempeñaron un papel crucial en la generación de su teoría matemática del movimiento y que deberíamos sentirnos inclinados a confiar en Galileo cuando da cuenta de determinados experimentos (como los que hizo con los cuerpos flotantes, por ejemplo); sin embargo, la exposición galileana ocultaba mucho trabajo paciente y objetivo, algo que sucede también en la astronomía.

En opinión de Galileo, el secreto de la ciencia oficial (siendo el descubrimiento un proceso privado y no ciencia oficial, por así decirlo) consistía en transferir un problema, debidamente definido, a este mundo abstracto de la ciencia que, al agregársele a su vez elementos de creciente complejidad, podía acercarse más y más al universo fundado en la experiencia. Así era

1. Drake, STILLMAN (1976): *Galileo against the philosophers*, Los Ángeles, ZEITLIN and VER BRUGGE: Las preguntas que hacen los filósofos o bien no pueden contestarse o se contestan mejor por medios otros que el conocimiento verbal.

2. *Ibid.* (1979): *Galileo's notes on motion*, Florencia, Instituto e Museo di Storia della Scienza, monografía n.º 3.

también, aunque con una exactitud todavía mayor en el proceso de aproximación, el método de Newton<sup>3</sup>.

Galileo sabía muy bien lo engañosos que pueden ser los experimentos y las observaciones, a menos que se interpreten en una matriz teórica adecuada. No obstante, arguyó que este método no abandonaba la realidad del mundo físico, toda vez que para Galileo el libro de la naturaleza estaba «escrito en lenguaje matemático [...] siendo las letras triángulos, círculos y otras figuras sin las cuales es humanamente imposible comprender una sola palabra»<sup>4</sup>.

Otra idea importante a este respecto es que el Creador había dotado la materia, las plantas y los animales de ciertas propiedades y características inalterables, y las más universales de éstas constituían las leyes de la naturaleza, discernibles por la *ratio* humana. Es obvio que este concepto puede ir asociado a una filosofía mecanicista y que es incompatible con el animismo; tal como dijo Boyle:

Dios estableció esas reglas del movimiento y ese orden entre las cosas corporales que denominamos leyes de la naturaleza. [Así] siendo el universo obra de Dios, y establecidas las leyes del movimiento, y todo sostenido por su concurso y su providencia incesante, la filosofía mecanicista enseña que los fenómenos del mundo son producidos físicamente por las propiedades mecánicas de las partes de la materia<sup>5</sup>.

Galileo ofrece una única definición del movimiento igual o uniforme en estos términos: «Entiendo que el movimiento igual o uniforme es aquél cuyas partes recorridas por el móvil en cualesquiera períodos iguales son iguales unas a otras», y a esto añade cuatro consecuencias o, como dice él, ‘axiomas’<sup>6</sup>. La definición corresponde a un movimiento que sucede en la naturaleza, mas Galileo no dice en qué cuerpos puede hallarse; *de facto*, a juzgar por lo que vemos habitualmente en los escritos de Galileo, parece que

3. COHEN, I. B. (1980): «*The Newtonian revolution*», Cambridge, Cambridge U.P. (trad. castellana (1983): «*La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*», Madrid, Alianza).

4. GALILEI, Galileo (1623): «*Il saggiaiore*», Roma, Giacomo Mascardi; Drake, Stillman (1957): *Discoveries and opinions of Galileo*, Nueva York, Doubleday, 237-238 (*The Assayer*).

5. BOYLE, Robert (1674): *Of the excellence and grounds of the mechanical hipótesis*; Birch, T. (1772): *Works*, vol. IV, 67-68.

6. GALILEI, Galileo (1974): *Two new sciences*, ed. de Stillman, Drake, Madison, Wisconsin U.P., 147-148.

él considera el movimiento uniforme natural como algo que sólo tiene lugar en condiciones muy especiales, por no decir imposibles.

Siendo Galileo principalmente (como él señalaba) un filósofo de la naturaleza (o científico teórico), no tenía nada de tosco empírico y, por ende, no se limitaba a buscar más datos, sino que además aspiraba a una comprensión más profunda. Era muy consciente de que los experimentos son un arma de doble filo, un arma que engaña a los que la emplean toscamente, como cuando escribe sobre el «sublime ingenio» de Copérnico:

Constantemente seguía afirmando [estando persuadido de ello por la razón] que dichos experimentos sensibles parecían contradecir; pues no puedo dejar de maravillarme de que constantemente persista en decir que Venus gira alrededor del Sol, y que en un momento está más de seis veces más lejos de nosotros que en otro; y también parece ser siempre de igual grandor, aunque debería verse cuarenta veces más grande cuando está más cerca de nosotros que cuando está más alejado<sup>7</sup>.

El simple empirismo, consiguientemente, no podía descubrir la realidad física, a la que solamente era posible vislumbrar mediante la alianza del razonamiento analítico (especialmente de corte matemático), la imaginación científica y la experimentación cautelosa y salvaguardada siempre por la razón.

La «ciencia» iniciada por Galileo y perfeccionada por Newton, dejando a un lado su triunfo práctico o de funcionamiento y empleando instrumentos y materiales para descubrir datos nuevos relativos al mundo natural, nos proporciona un conjunto de teorías en el que las entidades materiales son constructos intelectuales (gases y fluidos perfectos, partículas ideales, espacios vacíos). Los conceptos aplicados a la organización de estos constructos (aceleración, fuerzas en general, gravedad en particular) eran igualmente idealizados. Las descripciones (o teorías) se alcanzan mediante el proceso de análisis, mientras que a las explicaciones se llega por el proceso inverso, esto es, la síntesis.

7. GALILEI, Galileo (1953): «*Dialogue*», ed. de G. DE SANTILLANA, Chicago, Chicago U.P., 347.

### 3. Los conceptos descriptivos universales

Tal como redactó Newton en un popular pasaje de *Opticks*, siguiendo en este caso al matemático griego Pappo:

Como en las matemáticas, también en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles mediante el método de análisis debería preceder siempre al método de composición [síntesis]. Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, y en sacar de ellos conclusiones generales mediante la inducción [...]. Por medio de esta forma de análisis podemos pasar de los compuestos a los ingredientes, y de los movimientos a las fuerzas que los producen; y en general de los efectos a sus causas, y de causas particulares a otras más generales hasta que el argumento termina en lo más general. Éste es el método de análisis: y la síntesis consiste en suponer las causas descubiertas y establecidas como principios, y por medio de ellas explicar los fenómenos procedentes de ellos, y probar las explicaciones<sup>8</sup>.

En consecuencia, para Newton y es un rasgo esencial de su sistema: un concepto descriptivo universal tiene una función explicativa. Para Galileo la generalización descriptiva de que los cuerpos pesados se aceleran uniformemente hacia el centro de la Tierra posee gran valor explicativo (por ejemplo, en relación con los péndulos y los proyectiles) y, no obstante, se abstuvo de modo explícito de tratar de desvelar la causa de esta aceleración: «De momento el propósito de nuestro Autor es meramente investigar y demostrar algunas de las propiedades del movimiento acelerado (sea cual sea la causa de esta aceleración)»<sup>9</sup>. Newton, progresando de la cinemática a la dinámica, definiendo la gravedad como una fuerza que funcionaba merced a cierta ley y haciendo de ella una fuerza universal con múltiples y variadas manifestaciones, sigue aún sin descubrir su causa material, si es que la gravedad tiene una causa material. De igual manera, Ch. Darwin, en otra rama del pensamiento, revelará el amplio poder explicativo del concepto de la evolución biológica, incluso con absoluta ignorancia de los mecanismos fisiológicos que producen las variaciones en las formas específicas, sobre las cuales actúa el proceso evolutivo.

8. V. NEWTON, Isaac (1952): *Opticks* (reed. Dover), 404-405.

9. GALILEI, Galileo (1974): «*Two new sciences*», ed. de Stillman Drake, Madison, Wisconsin U.P., 159.

Los primeros años del siglo de la Ilustración, cuando las escuelas británicas y continentales del pensamiento discutían en torno a descubrimientos como el del cálculo, resultaron ser un período de polémicas filosóficas sobre la propiedad (o no propiedad) de determinados argumentos científicos<sup>10</sup>. Cincuenta años antes se había suscitado una discusión análoga y sin relación con ésta cuyos ejes fueron Descartes y Gassendi, discusión que a su vez había seguido a la disputa en torno al copernicanismo. Leibniz está presente en prácticamente todas estas disputas; en su vasta correspondencia discute, argumenta, teoriza sobre todas estas cuestiones científicas.

Para nosotros estos temas se nos antojan estrechamente vinculados, porque Francis Bacon y posteriores autores ingleses (Isaac Newton incluido) los unieron firmemente, empleando el reduccionismo como vínculo. Tal como escribió Newton en la segunda (1713) edición de los *Principia*:

Debido a que las cualidades de los cuerpos sólo nos son conocidas a través de experimentos, debemos proponerlas como generales sólo en la medida en que concurren generalmente con los experimentos [...]. La extensión de los cuerpos nos la dan a conocer sólo los sentidos, que no responden a ella en todos los cuerpos, pero, como percibimos extensión en todos los cuerpos de los que tenemos sensación, debemos afirmarla de todos. Sabemos por experiencia que muchísimos cuerpos son duros [...], que todos los cuerpos son móviles, y que por medio de ciertas fuerzas [que nosotros denominamos las *fuerzas de inercia*] persisten en el movimiento o en la inmovilidad lo inferimos de estas propiedades en los cuerpos observables. La extensión, la dureza, la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza de inercia de todo cuerpo tienen su origen en la extensión, la dureza, la impenetrabilidad, la movilidad y las fuerzas de inercia de las partículas [componentes] y, por consiguiente, sacamos la conclusión de que las partículas fundamentales de todos los cuerpos son extensas, y duras, e impenetrables, y móviles y dotadas de fuerza de inercia. Y esto es el fundamento de toda la Filosofía<sup>11</sup>.

10. Véase RUPERT HALL, Alfred (1980): «*Philosophers at war*», Cambridge, Cambridge U.P.

11. NEWTON, Isaac (1713), *Principia*, Londres, 357-358.

## 4. Bacon: el precursor metodológico de la ciencia industrial

Lo que París había representado en el s. XIII, lo que Oxford y París juntas habían sido en el s. XIV, lo fue Padua en el s. XV: centros donde ideas provenientes de todo el continente europeo se combinaban para formar un cuerpo organizado y cumulativo de conocimientos. La atención a los problemas de metodología en relación con la medicina, continuando los pasos de Galeno, posibilitó, según el criterio de Randall, que a lo largo de unos trescientos años los filósofos paduanos construyeran una teoría detallada del método científico que los eruditos aristotélicos, que también habían sacado el título de médico, incorporaron en su versión de la naturaleza de la ciencia y formularon finalmente como «declaración completa en las polémicas lógicas de Zabarella (1533-1589), en la cual alcanza la forma conocida en Galileo y los científicos del siglo XVII»<sup>12</sup>.

Esta tesis parece ingeniosa y atractiva, pero resulta insatisfactoria desde el punto de vista histórico. Dificilmente puede aceptarse la consecuencia que de ella se deriva en el sentido de que Galileo era el único mediador entre la tradición paduana y «los científicos del siglo XVII», mientras que el punto de vista según el cual la tradición paduana no afectó solamente a Galileo y a W. Harvey, sino también a Bacon, a Descartes, a Leibniz, parece igualmente insostenible. Los historiadores siempre han percibido –acertadamente o no– que los avances científicos de Galileo dependían en gran medida de su original método: el argumento del mismo Randall parecería minimizar a cero la importancia del método si condujo a Zabarella a una clase de física y a Galileo a otra diferente. El lógico examina cuestiones epistemológicas y metodológicas por sus propios méritos, mientras que para el filósofo de la naturaleza solamente son importantes por el conocimiento de la naturaleza que proporcionan<sup>13</sup>.

Dudo si vale la pena buscar algún «metodólogo» de finales del Renacimiento que ofreciera una clase única de los éxitos posteriores de la ciencia. Presentar a Bacon (1561-1626) sencillamente como el precursor metodológico de la ciencia industrial ha despertado mucho escepticismo en tiempos

12. RANDALL, J. H. (1940): «Scientific method in The School of Padua», en WIENER, P. & NOLAND, A. (eds.) (1957): *Roots of scientific thought*, Nueva York, Basic Books, 144-146.

13. SCHMITT, Ch. (1969): «Experience and experiment: a comparison of Zabarella's view with Galileo's» in *De motu, studies in the Renaissance*, 16.



recientes<sup>14</sup>, entre otras razones porque la descripción de la ciencia cuyo presunto precursor fue Bacon parece, si es que parece algo, más propia del siglo decimonónico que del siglo XVII. La primera acusación que lanzó Bacon contra la filosofía natural al uso fue la de ser excesivamente racional y sintética:

Hay dos maneras, y sólo puede haber dos, de buscar y encontrar la verdad. Una, partiendo del sentido y la razón, alza el vuelo hacia los axiomas más generales, y partiendo de estos principios y su verdad, resueltos de una vez para siempre, inventa y juzga todos los axiomas intermedios. El otro método recoge axiomas a partir del sentido y los detalles, ascendiendo continuamente y por grados de tal modo que al final llega a los axiomas más generales. Esta última es la única verdadera, pero nunca se ha probado hasta ahora<sup>15</sup>.

(Se observa que Bacon, a diferencia de, por ejemplo, Pappo o Newton, contrasta el análisis y la síntesis como métodos alternativos, sin considerarlos complementarios). Se ha argumentado que, por el contrario, la inducción y el método experimental se conocían y practicaban en la ciencia escolástica: «De hecho, la concepción minuciosa de la ciencia natural como una cuestión de experimentos y de matemáticas bien puede considerarse el principal progreso que hicieron los cristianos latinos respecto de los griegos y los árabes»<sup>16</sup>. Bacon era un lógico (de aquí el título *Novum organum*: Nuevo instrumento) y un racionalista. El único experimento que hizo, según se sabe, fue el que le condujo a la muerte: rellenar una gallina de nieve para ver si conservaba la carne tan bien como lo hacía la sal. De aquí la mofa de W. Harvey: que escribía sobre ciencia como un canciller. Sus propios escritos no metodológicos tales como, por ejemplo, *Sylva sylvarum* y *La historia de los vientos*, eran compilaciones literarias, muy alejadas del *Nullius in verba* (bajo palabra de nadie) que la *Royal Society* escogería como lema más tarde<sup>17</sup>. Bacon se alejaba mucho de ser un tecnólogo filosófico; si bien

14. FARRINGTON, Benjamin (1949): *Francis Bacon, philosopher of industrial science*, Nueva York, Schuman (ed. castellana (1971): *Francis Bacon, filósofo de la revolución industrial*, Madrid, Ayuso); JONES, R. F. (1936): *Ancients and moderns*, Saint Louis, Washington U.P.; también ROSSI, Paolo (1968): *Francis Bacon, from magic to science*, Londres, Routledge.

15. BACON, Francis (2004): *Novum organum*, Libro I, Buenos Aires, Losada, 19.

16. CROMBIE, A. C. (1952): *Augustine to Galileo*, Londres, Heinemann, 217 (trad. castellana (1974): *Historia de la ciencia. De San Agustín a Galileo*, Madrid, Alianza).

17. Una versión más vernácula sería «Muéstrame», las palabras atribuidas al de Missouri. Sir William Petty propuso una vez bromeando que Tomás, *el Dubitante*, fuera el dirigente de la *Royal Society*.

es verdad que escribió: «la verdadera y legítima meta de las ciencias no es otra que ésta: que la vida humana esté dotada de nuevos descubrimientos y poder», también lo es que aseveró, con mayor énfasis,

Como la contemplación misma de la luz es una cosa más excelente y bella que todas sus aplicaciones –también con toda seguridad la contemplación de las cosas como son, sin superstición ni impostura, error ni confusión, es en sí misma más valiosa que todo el fruto de las invenciones [...]. Debemos, basándonos en experiencias de toda índole, esforzarnos primero por descubrir las causas y axiomas verdaderos y buscar experimentos de Luz y no experimentos de Fruto<sup>18</sup>.

En efecto, Bacon no opinaba que el método inductivo, verdadero de la ciencia consistiera solamente en recopilar o experimentar «para ver qué pasa». Bacon sabía muy bien que la articulación lógica o cohesión intelectual que hace que un argumento sea hermético proviene del pensamiento y no de la mera enumeración de datos o «ejemplos»:

La inducción que procede por simple enumeración es pueril: sus conclusiones son precarias, y expuestas al peligro de un ejemplo contradictorio [...]. Pero la inducción que es necesaria para el descubrimiento y la demostración de las artes y las ciencias debe analizar la naturaleza por medio de los apropiados rechazos y exclusiones; y luego, después de un número suficiente de negativas, llegar a una conclusión sobre el ejemplo afirmativo, lo cual aún no se ha hecho o siquiera intentado [...]<sup>19</sup>.

Por mucho que la acuidad cinética de los aforismos baconianos impresionase a las generaciones venideras, por muy interesante que fuera el papel de Bacon como precursor de la filosofía mecanicista del s. XVII, sigue siendo verdad que su propia historia natural era simple y que su filosofía natural teórica era de un carácter exclusivamente suyo. Bacon opinaba que pisar el camino adecuado para llegar al conocimiento era más importante que tener una gran inteligencia («es lógico que cuando alguien corre en dirección equivocada, cuanto más activo y rápido sea, más se extraviará») y, por lo tanto, declaró que en su propuesta para el descubrimiento de las ciencias eran pocas las cosas que se dejaban «a la agudeza y la fuerza de los ingenios», más

18. BACON, Francis, *Novum organum*, Libro I, *op. cit.*, aforismos 70, 81 y 129.

19. *Ibid.*, Libro I, *op. cit.*, aforismos 95 y 105.

bien todos estaban casi a un mismo nivel<sup>20</sup>. Aquí el método se nos manifiesta como una especie de máquina lógica que solamente necesita que la pongan en funcionamiento asiduamente, idea ésta que, por muy contraria que sea a la experiencia histórica, ha aparecido una y otra vez.

Es posible que, a juicio de muchos, lo que de Bacon tomaron sus sucesores inmediatos fuera, después de todo, bastante fundamental: la idea de la ciencia socialmente relacionada, la justificación de proposiciones a través de la inducción, la importancia del alcance y la precisión experimentales. En los textos de Bacon hay muchos temas que pertenecen a la historia de la filosofía más que a la historia de la ciencia. Aunque los ingleses en especial lo veneraban y se hacían eco de él, los modelos de la labor científica los buscaron en otros. Newton no tenía ni uno solo de los principales escritos de Bacon y aunque su predecesor en la ciencia experimental, Robert Boyle, era un baconiano convencido, raramente aludía a él<sup>21</sup>.

## 5. Descartes y su método

Por lo tanto, si Bacon, como reconocían los enciclopedistas franceses, destacó por ser el primer autor consciente de un programa nuevo para la filosofía, fue Descartes quien, después de él, creó por primera vez un sistema antiescolástico de la naturaleza, una alternativa positiva. Inmerso en este sistema, Descartes se propuso a sí mismo cuatro «reglas de razonamiento» que aplicó en primer lugar a la única rama del conocimiento que juzgaba lógicamente sana, las matemáticas, tratadas de la manera más general combinando las líneas de la geometría con los símbolos del álgebra<sup>22</sup>.

Descartes tenía tal confianza en su método que, según señaló, los rasgos principales de su filosofía no podían ser de otro modo, cual es el caso de un teorema en matemáticas: «En física [yo] debería considerar que no sabía nada si sólo pudiera explicar cómo podrían ser las cosas, sin demostrar que

20. *Ibid.*, Libro I, *op. cit.*, aforismo 61.

21. Newton tenía los *Essays* y los *Opuscula varia posthuma* (1658), que había leído y estudiado.

22. Las cuatro reglas eran: a. no aceptar como cierto nada que no lo fuera evidentemente; b. analizar los problemas en los elementos más pequeños; c. poner en orden sus pensamientos empezando siempre por los objetos más sencillos, moviéndose gradualmente hacia los más complejos; d. hacer listas y reseñas completas para estar seguro de no omitir nada.

no podrían ser de otra manera. Pues, habiendo reducido la física a matemáticas, esto es posible»<sup>23</sup> (Descartes, 1640, 37 ss.).

Aunque Descartes reclama para su ciencia la verdad formal y axiomática de las matemáticas, solamente los dos ensayos físicos que se agregan con la *Geometría* al *Discurso del método*, es decir, *Dióptrica* y *Meteoros*, tienen este carácter, si bien no se presentan en forma proporcional. Para todo estudiante de dióptrica (o sea, de la refracción) de principios del siglo XVII la piedra de toque era la «Ley de Snell» ( $\text{sen } i/\text{sen } r = k$ ); Thomas Harriot la sacó primero en 1601 sin revelar nunca la ley; Kepler estuvo a punto de sacarla; luego llegó Willebrod Snel (después de 1621) y finalmente Descartes, que la publicó en su *Dióptrica* (1637). Los tres primeros trabajaron inductivamente, es decir, haciendo experimentos cuidadosos; no se sabe cómo descubrió Descartes la «Ley de Snell», mas la presentó como un descubrimiento racional a partir de su teoría de la naturaleza de la luz y así fue aceptada de modo general como justificación de su método<sup>24</sup>.

¿Según Descartes, cuál era la idea elemental de la filosofía? Descartes, en lo que se refiere a la composición física del cosmos, opinaba que debíamos comenzar por los conceptos de la materia, que debe tanto dividirse en partes como ser capaz de movimiento. La idea primaria de la materia es que ocupa espacio; de aquí, argumentó Descartes, que no pueda haber ningún espacio que no esté ocupado por la materia o, lo que es lo mismo, que esté vacío. El universo modelo cartesiano evolucionó con el tiempo hasta lograr el estado en que los planetas son estrellas menores solidificadas, constituyendo un sistema cerrado<sup>25</sup>. Descartes era más universal que «especialistas» como Kepler o Galileo, más convincente que los autores de sistemas universales que rivalizaban con el suyo como, por ejemplo, Kenelm Digby (1603-1665)<sup>26</sup>. Además, en su versión de la filosofía mecanicista, una versión

23. DESCARTES, René (1640): *Carta a Mersenne*, 11 de marzo de 1640 (cf. AT. III, 37 ss.).

24. Es perfectamente conocido que DESCARTES utiliza un lenguaje distinto, y de aquí que parezcan modelos divergentes, para explicar la acción física de la luz en la *Dioptrics* y los posteriores *Principia philosophiae* (1644): en esta última obra el paso de la luz es instantáneo; en la primera ocupa un intervalo de tiempo. Los comentaristas disciernen en relación con la importancia de esta contradicción.

25. Descartes enseñaba que, si bien es verdad que Dios había creado el universo tal como es, lo creó como si hubiera evolucionado desde un estado primitivo, esto es, con un pasado consustancial. Esta idea reapareció geológicamente más adelante.

26. La principal obra de DIGBY (1644) tiene un título largo: *Two treatises, in one of which, the nature of bodies; in the other, the nature of man's soule, is looked into: in way of discovery,*

más intransigente, más rigurosa, más enfática que cualquier otra, Descartes parecía un pensador más decisivo, de más proyección, que Bacon o Galileo, o incluso Gassendi, o Thomas Hobbes o cualquier otro teórico general de la naturaleza que fuera contemporáneo suyo. Todos estos espíritus críticos, innovadores, veían en el mecanicismo una apropiada alternativa al mundo renacentista de las cualidades, la magia y el misticismo: en Marin Mersenne (1588-1648), fraile y apologista religioso –ya citado anteriormente– organizador científico, amigo y aliado de Descartes, tenemos un buen ejemplo de una mente que de aborrecer el materialismo pasó a explorar gozosamente el mecanicismo<sup>27</sup>. Descartes era el espíritu conductor.

Es obvio que el progenitor último de la filosofía mecanicista del siglo XVII fue el atomismo griego, que ahora conocemos con mucho detalle por los escritos de Epicuro y su discípulo romano Lucrecio<sup>28</sup>. El temible estigma de ateísmo que tales escritos llevaban consigo tiñó la versión cartesiana y otras versiones de la filosofía mecanicista hasta finales de siglo y sigue resonando en el debate filosófico entre Newton y el propio Leibniz (1710-1716). La pregunta sobre si un universo mecanicista podía ser también un universo divino nunca recibiría una respuesta nítida en los términos de aquella época. A pesar de ello, muchos pensadores devotos consideraban que definir a Dios como el *Artífice Trascendente* no constituía una derogación de la majestad divina. El atomismo, más puro, más erudito, cruza el pensamiento del siglo XVII paralelamente a las imaginaciones, más libres, de Descartes, Leibniz y otros. Su principal exponente fue Pierre Gassendi (1592-1655), quien, por lo demás, obtuvo cierta celebridad en la astronomía y la física. A partir de 1625 aproximadamente, Gassendi fue el primer filósofo que intentó desarrollar una física absolutamente mecanicista que se basara en Epicuro y rechazara a Aristóteles; en gran parte venía a ser como un rodeo y una ampliación de Lucrecio, con la excepción de que Gassendi era cristiano. Isaac Beeckman, el pensador holandés que influyó en el joven Descartes, observó que las tres variables, tamaño, forma y movimiento, debían tenerse en cuenta en

---

*of the immortality of reasonable soules*, París, Blaizot. En 1644 ni las obras de Galileo ni las de Descartes habían alcanzado gran difusión, especialmente entre los ingleses.

27. LENOBLE, R. (1943): *Mersenne, ou la naissance du mécanisme*, París, Vrin.

28. En 1600 ya se habían hecho unas treinta impresiones del texto: *De natura rerum*, publicado por vez primera en 1473.

una teoría de las partículas<sup>29</sup>. Aunque en Galileo ya se halla la popular distinción entre cualidades primarias y secundarias asociadas inmortalmente con J. Locke, así como otros muchos datos que la auxilian, para él, al igual que para Bacon, la filosofía mecanicista tenía una importancia relativamente menor en el conjunto de las reformas del conocimiento; para el primero, era menos importante que las matemáticas; para el otro, menos esencial que la inducción. Si bien ninguno ponía en tela de juicio que las cualidades aristotélicas debían sustituirse por mecanismos particulados, ninguno era un atomista estricto; de hecho, Bacon escribió que el método apropiado para descubrir la «forma o verdadera diferencia de una naturaleza dada, o la naturaleza a la cual la naturaleza se debe, o la fuente de la que emana», no conduciría a átomos, lo cual da por sentado el vacío, y la inmutabilidad de la materia (ninguna de las dos hipótesis es correcta), sino a las partículas reales como descubrimos que son<sup>30</sup>. Muchos filósofos encontraban repugnante e incomprensible el concepto del vacío. Hasta finalizar el siglo no encabezaría Newton el retorno a un atomismo epicúreo muy modificado; en su juventud había influido en él la *Physiologia* (1654) del más importante de los atomistas británicos de mediados de siglo, el médico Walter Charleton (1620-1707), y en términos de física esencial el concepto del «éter» le había causado tantas dificultades como el del espacio vacío<sup>31</sup>. Leibniz tomará esta fisiología de Charleton también de referencia en sus pensamientos biológicos.

Los físicos cartesianos trataban de explicar todos los fenómenos físicos que eran conocidos en la segunda mitad del siglo XVII, teorizando sobre los distintos movimientos de las tres especies de materia. Poseían a su favor algunos descubrimientos destacados hechos en aquella época: por ejemplo, que la elevación del agua en las bombas y otros efectos análogos no se debían al *horror vacui* o a la atracción, sino simplemente a la presión mecánica de la atmósfera. Además explicaban mecánicamente la gravitación como resultado de la presión y hacían extensivas sus ideas corpusculares a las reacciones químicas. Tal como exponían Descartes y sus sucesores esta «filosofía mecanicista» era ilustrada por muchos experimentos cualitativos;

29. *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1634*, ed. de C. de WAARD (1939-1945), vol. I, La Haya, 216.

30. BACON, Francis, *Novum organum*, Libro II, *op. cit.*, aforismos 1 y 8.

31. Charleton parafraseó el contenido de las *Animadversiones* de GASSENDI (1649), la primera exposición íntegra de su física atomista. Charleton escribió también sobre Stonehenge como estructura danesa.

pero difícilmente podía decirse que éstos fueran la prueba del sistema cartesiano, que, además, siempre siguió siendo enteramente no matemático<sup>32</sup>.

El gran neocartesiano Christian Huygens (1629-1695), coetáneo de Leibniz, fue durante mucho tiempo uno de los principales intelectuales de la vida francesa, además de base de la Real Academia Francesa de las Ciencias. Calificó los *Principia philosophiae* de «un beau roman de physique». De facto, la idea cartesiana de la *physis* y del hombre como máquina iba a recibir escasa confirmación experimental. La claridad y la distinción de las ideas, por muy racionalmente impecables que fueran, demostraron no tener nada que ver con la cuestión de la verdad contingente. Descartes era sumamente consciente de la importancia que en cualquier labor investigadora tenía la imaginación científica, facultad de la que él estaba tan bien dotado que apenas se percataba de sus acotaciones cuando era controlada por la razón sola, sin experimentación precavida. Francis Bacon había reconocido que la imaginación o intuición podía superar las obstrucciones; Galileo también admitía que en las ciencias demostrativas era posible conocer una conclusión antes de poder probarla:

Tampoco necesitáis poner en duda que Pitágoras, mucho antes de encontrar la demostración por la que ofreció la hecatombe, estaba seguro de que el cuadrado del lado subtendiendo el ángulo recto en un triángulo rectángulo era igual al cuadrado de los otros dos lados: y la certeza de la conclusión ayudó no poco a investigar la demostración [...]<sup>33</sup>.

Se ve cómo Descartes aprecia de manera más manifiesta la función de la imaginación dirigida, aprovechando el problema de que se trate, al formular hipótesis que deban ponerse a prueba por medio de experimentos u otros procedimientos:

El poder de la naturaleza es tan amplio y tan grande [...] que ya casi no observo efecto particular alguno que desde el principio no conozca que puede/ser deducido de muchas y diversas formas; mi mayor dificultad, por lo tanto,

32. CLARKE, J. (ed.) (1723): *Rohault's system of natural philosophy illustrated with Dr. Samuel Clarke's notes mostly out of Sir Isaac Newton's philosophy*, vol. I, Londres, James KNAPTON, 115-117, 156, 201 y ss.; vol. II, 166; vol. I, 203; vol. II, 169. Jacques ROHAULT (1620-1672) era el principal exponente de la física cartesiana en aquella época y su *Traité de physique* se había publicado por primera vez en 1671. La falacia irreflexiva del argumento contrario a la atracción –como si las fuerzas compresiva y tensil fueran idénticas– es muy típico.

33. GALILEI, Galileo, *Dialogue* (nota 7), 60.

consiste generalmente en encontrar en qué forma concreta depende de tales principios. Para este problema no veo otra solución que la de buscar de nuevo experiencias tales, que varíe su resultado según que se tenga que explicar por una u otra de esas formas posibles<sup>34</sup>.

Aquí no se propone el experimento para descubrir lo desconocido, como hace Bacon, ni para confirmar lo conocido, como hace Galileo, sino como medio de abolir todos menos uno de los mecanismos que la imaginación sugiere para explicar un fenómeno determinado. Y tal como manifestó muy bien Descartes, la imaginación es dirigida pues se la remite a determinados principios conocidos (o constructos) y, además, porque los mecanismos sugeridos deben, en primer lugar, ser susceptibles de verificación deductiva, toda vez que la ciencia no permite conjeturas inútiles.

## 6. Conclusión

El método científico del siglo XVII no puede atribuirse a un solo origen. No lo desarrolló lógicamente un solo filósofo y tampoco fue ejemplificado por completo en una sola investigación. Hasta es dudoso que hubiera algún procedimiento tan consciente y definido que sea posible describirlo fuera del contexto de ideas con el que estaba relacionado. La actitud de los científicos del siglo XVII ante la naturaleza (especialmente su tendencia casi uniforme a la filosofía mecanicista) no formaba estrictamente parte de su método científico; pero, ¿puede analizarse de alguna forma salvo en relación con la idea de la naturaleza? Quizá donde con mayor eficacia se revela este hecho sea en las ciencias biológicas precisamente, en las que el siglo XVII fue testigo de un cambio progresivo del contenido de las investigaciones sin el acompañamiento de análisis conscientes de los métodos que debían utilizarse. No había aquí ningún paralelismo con la crítica de los métodos de Aristóteles y los escolásticos en la física, aunque, por supuesto, el descuido de las ciencias descriptivas en la Edad Media solía ser objeto de comentarios adversos.

En suma, el enfoque científico de los problemas debe ser el total de sus numerosos aspectos (experimentación, análisis matemático y conceptual,

34. DESCARTES, René (1987) : *Discurso del método*, Parte VI (ed. castellana de Eduardo BELLO, Madrid, Tecnos, 88-89).



precisión cuantitativa, etc.) variando según la naturaleza del problema; y en el siglo XVII esto se sacaba de muchas y variadas fuentes. Su implícita ejecución en la *praxis* era más importante que su formulación explícita, con el resultado un tanto curioso de que el método científico, amoldándose a las necesidades de los científicos en ejercicio y vindicado por los resultados más que por un rigor lógico preconcebido, ha seguido teniendo algo de enigma para los filósofos, de Berkeley en adelante.

## 7. Bibliografía

- BACON, Francis (2004): *Novum organum*, Libro I, Buenos Aires, Losada.
- BEECKMAN, Isaac, *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1634*, ed. de C. de Waard (1939-1945), vol. I, La Haya.
- BIRCH, T. (1772): *Works*, vol IV.
- BOYLE, Robert (1674): *Of the excellence and grounds of the mechanical hipótesis*.
- CLARKE, J. (ed.) (1723): *Rohault's system of natural philosophy illustrated with Dr. Samuel Clarke's notes mostly out of Sir Isaac Newton's philosophy*, vols. I-II.
- COHEN, I. B. (1980): *The Newtonian revolution*, Cambridge, Cambridge U.P. (trad. castellana (1983): *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*, Madrid, Alianza).
- CROMBIE, A. C. (1952): *Augustine to Galileo*, Londres, Heinemann (trad. castellana (1974): *Historia de la ciencia. De San Agustín a Galileo*, Madrid, Alianza).
- DESCARTES, René (1640): *Carta a Mersenne*, 11 de marzo de 1640 (cf. AT. III).
- DESCARTES, René (1987) : *Discurso del método*, Parte VI (ed. castellana de Eduardo Bello, Madrid, Tecnos, 88-89).
- DIGBY, Kenelm (1644): *Two treatises, in one of which, the nature of bodies; in the other, the nature of man's soule, is looked into: in way of discovery, of the immortality of reasonable soules*, París, Blaiot.
- DRAKE, Stillman (1957): *Discoveries and opinions of Galileo*, Nueva York, Doubleday.
- DRAKE, Stillman (1976): *Galileo against the philosophers*, Los Ángeles, Zeitlin and Ver Brugge.
- DRAKE, Stillman (1979): *Galileo's notes on motion*, Florencia, Instituto e Museo di Storia della Scienza, monografía n.º 3.
- FARRINGTON, Benjamin (1949): *Francis Bacon, philosopher of industrial science*, Nueva York, Schuman (ed. castellana (1971): *Francis Bacon, filósofo de la revolución industrial*, Madrid, Ayuso).
- GALILEI, Galileo (1623): *Il saggatore*, Roma, Giacomo Mascardi.

- GALILEI, Galileo (1953): *Dialogue*, ed. de G. de Santillana, Chicago, Chicago U.P.
- GALILEI, Galileo (1974): *Two new sciences*, ed. de Stillman Drake, Madison, Wisconsin U.P.
- JONES, R. F. (1936): *Ancients and moderns*, Saint Louis, Washington U.P.
- LENOBLE, R. (1943) : *Mersenne, ou la naissance du mécanisme*, París, Vrin.
- NEWTON, Isaac (1713): *Principia*, Londres.
- NEWTON, Isaac (1952): *Opticks* (reed. Dover).
- RANDALL, J. H. (1940), «Scientific method in The School of Padua», en Wiener, P. & Noland, A. (eds.) (1957): *Roots of scientific thought*, Nueva York, Basic Books.
- ROSSI, Paolo (1968): *Francis Bacon, from magic to science*, Londres, Routledge.
- RUPERT Hall, Alfred (1980): *Philosophers at war*, Cambridge, Cambridge U.P.
- SCHMITT, Ch. (1969): «Experience and experiment: a comparison of Zabarella's view with Galileo's» in *De motu, studies in the Renaissance*, 16.