

## El papel de las hipótesis en la filosofía natural de Isaac Newton

Jhoan Sebastian David Giraldo<sup>1</sup>

Recibido: 03/05/2018 / Aceptado: 30/09/2021

**Resumen.** El campo interpretativo sobre la obra de Newton ha sido ampliamente discutido y, particularmente, el tema de las hipótesis no ha sido la excepción. El objetivo de este texto es mostrar que la filosofía natural de Newton pareciera, en principio, rechazar la hipótesis, pero en realidad no es opuesta a la formulación de estas, si diferenciamos a qué tipo de hipótesis se hace referencia. Así pues, se muestra, en primer lugar, cómo desarrolla Newton su filosofía natural, y cómo es contrapuesta a las hipótesis. Luego se muestra que bajo condiciones determinadas las hipótesis son aceptadas. Y, por consiguiente, se concluye que la filosofía de Newton no rechaza radicalmente las hipótesis, sino que, por el contrario, se puede valer de su formulación para el progreso de la investigación científica, dependiendo a qué tipo de hipótesis se haga referencia.

**Palabras claves:** Newton; filosofía natural; hipótesis; historia de la ciencia; modernidad.

### [en] The role of hypotheses in the natural philosophy of Isaac Newton

**Abstract.** The interpretative field on Newton's work has been widely discussed and, particularly, the subject of hypotheses has not been the exception. The aim of this paper is to show that the natural philosophy of Newton seemed, in principle, to reject the hypothesis, but it is not opposed to the formulation of these if we distinguish what kind of hypothesis we mean. Thus, I will show, first, how Newton develops its natural philosophy, and how he opposed to the hypotheses. Then I will show that under certain conditions the hypotheses are accepted. And therefore, I conclude that the philosophy of Newton not radically rejects the hypothesis, but, on the contrary, he may use them for the scientific development, depending on what type of hypothesis is referred.

**Keywords:** Newton; natural philosophy; hypothesis; history of science; modernity.

**Sumario:** Introducción. 1. Filosofía experimental y rechazo a las hipótesis. 2. Aceptación de hipótesis en la filosofía experimental. Conclusión. Bibliografía.

**Cómo citar:** David Giraldo, J. S. (2021). El papel de las hipótesis en la filosofía natural de Isaac Newton, en *Ingenium. Revista Electrónica de Pensamiento Moderno y Metodología en Historia de la Ideas* 14, 65-74.

### Introducción

El campo de interpretativo sobre la obra de Isaac Newton ha sido ampliamente debatido y la discusión sobre el papel de las hipótesis que para él juega dentro de la ciencia no ha sido de menor importancia. Se reconoce a Newton merecidamente como un experimentalista, incluso el término de *filosofía experimental* es siempre relacionado a su nombre. Sin embargo, esta expresión de filosofía experimental ya estaba siendo difundida desde antes de la aparición de las obras de Newton. Por lo cual, con su aparición en la escena pública, esta filosofía, o al menos el término *experimental*, no había sido ninguna novedad. Aunque Newton más bien la retoma especialmente en contraposición a las críticas de filósofos que enmarca en la *filosofía hipotética*, como los cartesianos y el mismo Leibniz. Sin embargo, a lo largo de su obra podemos notar que su concepción de filosofía no es

opuesta a la formulación de hipótesis, por lo menos no del tipo de formulaciones que le atribuye a la filosofía a la cual se opone. Parece una contradicción de Newton oponerse a una forma de filosofía, la *hipotética*, si pareciera complementar la suya con elementos como las hipótesis. Esto no es necesariamente una contradicción, pero para que esta afirmación tenga sentido es necesario hacer ciertas salvedades que se desarrollarán a lo largo del presente texto.

Newton, en su afán de oponerse a la filosofía que le atribuye especialmente a Descartes, hace un rechazo a la formulación de hipótesis para la filosofía que plantea. En diversos pasajes de su obra, explícitamente hace declaraciones de rechazo contra los planteamientos hipotéticos con aseveraciones como *yo no finjo hipótesis –hypotheses non fingo–* o *las hipótesis no son consideradas en la filosofía experimental*. Este es uno de los pasajes más citados en la obra de Newton y es tomado como evidencia por los

<sup>1</sup> Jhoan Sebastian David Giraldo es profesor en el INEM José Félix de Restrepo.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0404-5364>  
Email: [jsebasd91@gmail.com](mailto:jsebasd91@gmail.com)

positivistas del siglo XX para afirmar el rechazo de Newton a la hipótesis.

Sin embargo, en las obras de Newton también es posible encontrar planteamientos que abren la posibilidad de aceptación de hipótesis dentro de su concepción de filosofía natural. Así pues, dadas las dos posturas anteriormente mencionadas, que en apariencia son contradictorias, el hilo conductor de este escrito será la siguiente cuestión: si Newton rechaza explícitamente la formulación de enunciados hipotéticos para la filosofía, ¿por qué en su concepción de filosofía natural podemos encontrar enunciados que, tanto explícita como implícitamente, podemos denominar hipotéticos? Como ya se mencionó antes, esto pareciera una contradicción en la obra de Newton, sin embargo, con este escrito se pretende mostrar que la filosofía experimental de Newton no es opuesta a postulados hipotéticos si esclarecemos a qué tipo de hipótesis se hace referencia.

Para el cumplimiento del objetivo de este texto procedo, en primer lugar, a abordar aspectos metodológicos que brinda Newton de la filosofía experimental o natural que desarrolla en la *Opticks* y los *Philosophiæ naturalis principia mathematica* –*Principia* de ahora en adelante–, aun cuando estas obras son metodológicamente diversas. Este análisis metodológico se hará con especial énfasis en la *Opticks*, pues allí es donde manifiesta más explícitamente el método propuesto. Intento mostrar cómo el término *filosofía experimental* es desarrollado por Newton en ambos libros, se instaura como su concepción de la naturaleza, y, luego, cómo esta se opone manifiestamente a los pronunciamientos hipotéticos. Seguido a esto, mostraré cómo pueden ser aceptados los planteamientos hipotéticos en la filosofía experimental propuesta por nuestro autor, si bien no como principios científicos, sí como guías de la investigación. Aunque pareciera que el rechazo de Newton fuese radical, se pueden identificar diversos planteamientos sin la suficiencia comprobación científica para su aceptación como enunciados válidos científicos. Y, de esta forma, concluiré que la filosofía experimental no rechaza radicalmente las hipótesis, sino que, por el contrario, la complementa en la medida en que se puede valer de la formulación de estas para el pleno desarrollo y posterior progreso de la ciencia.

## 1. Filosofía experimental y rechazo a las hipótesis

Newton merece ser reconocido como uno de los grandes filósofos de la modernidad, aunque en sen-

tido estricto no lo haya sido como Descartes, Locke, Kant, etc. El conocimiento que ha aportado ha sido considerado, contemporáneamente, más en virtud de la ciencia que de la filosofía, pero para el siglo XVII hay una equivalencia entre filosofía natural y ciencia. Los *Principia* de Newton es quizás la obra que empezó a marcar con mayor claridad la distancia entre filosofía y ciencia en la modernidad. Sin embargo, no podemos dejar de lado el interés de Newton por la formulación de los principios ciertos para la investigación de la naturaleza, tema correspondiente a la llamada filosofía natural<sup>2</sup> de la época. Pero su nombre se encuentra más relacionado con una concepción experimental de la filosofía.

En el siglo XVII la *filosofía experimental* apenas estaba dando sus primeros pasos como forma de acercamiento a la investigación de la naturaleza. Si bien el término ya se estaba implementando ampliamente antes de la aparición de Newton siempre se asocia a este. El término ya era usado por diferentes miembros de la Royal Society, como Robert Boyle, Henry Power<sup>3</sup>, Robert Hooke –el primer Curador de Experimentos– y John Wilkins, quien declaró que la tarea de la Royal Society sería la de promover el aprendizaje *físico-matemático-experimental*. La introducción de este término era muy nueva dentro del lenguaje de la filosofía natural de los siglos XVI y XVII, por lo que no había un desarrollo profundo de sus implicaciones en la investigación. Dando unos primeros pasos, John Wilkins, con su promoción del aprendizaje de la Royal Society, invocó otra forma de conocimiento, del cual Newton se nutrió posteriormente<sup>4</sup> y le ayudó a desarrollar sus obras. Los tres elementos promovidos por Wilkins fueron centrales para la implementación de una nueva forma de proceder en la investigación de la naturaleza, que ya estaba tomando forma a partir de la filosofía escolástica de los primeros colegios y universidades europeas modernas, tanto protestantes como católicas<sup>5</sup>.

Con la introducción de la tarea de la Royal Society lo que cambió fueron las caracterizaciones que muchos filósofos, especialmente los practicantes de las ciencias matemáticas clásicas –como astronomía, mecánica y óptica–, habían comenzado a dar de las relaciones mutuas entre los elementos. Los miembros de la sociedad se reunían semanalmente para presenciar experimentos y discutir lo que ahora denominamos temas científicos. Newton aprendió los principios de hacer experimentos de maestros como Robert Boyle y Robert Hooke. Sin embargo, aunque Newton hiciera parte de esta sociedad no hizo público el uso del término *experimental* hasta la publicación de la

<sup>2</sup> La gran obra de Newton se llamó precisamente *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Este trabajo es un intento de nuestro filósofo por establecer los principios a través de las matemáticas que rigen la naturaleza. Este título se estableció en respuesta a la obra de Descartes *Principios de la filosofía*.

<sup>3</sup> Boyle en 1663 publicó su obra *Algunas consideraciones en lo tocante a la utilidad de la Filosofía Natural Experimental*, mientras que Power en 1664 publicó *La Filosofía Experimental*.

<sup>4</sup> Newton en la Royal Society encuentra algunos lineamientos para su la filosofía natural; encuentra una forma de proceder y de acercarse al conocimiento de la naturaleza, es decir, encuentra allí la metodología para su concepción de filosofía natural, o filosofía experimental. A partir de esta concepción fue posible el surgimiento de un cambio de visión, cuyo objetivo principal sería el uso práctico-experimental, especialmente en los siglos XVIII y XIX. Véase R. HALL, *From Galileo to Newton 1630-1720*, New York, Harper & Row, 1963.

<sup>5</sup> P. DEAR, *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution*, Chicago, University of Chicago, 1995.

segunda edición de los *Principia* en 1713, intentando defender su concepción de filosofía natural y su concepto de gravedad contra las críticas de los cartesianos y del propio Leibniz.

El planteamiento de una filosofía experimental de Newton busca reducir los fenómenos a reglas generales y considera las reglas generales cuando se mantienen generalmente en fenómenos. En otras palabras, la filosofía experimental busca encontrar las causas de los fenómenos a partir de la observación o experimentación de estos y, mediante inducción, llegar a la generalización de las proposiciones. Así desde estas proposiciones se pretende deducir, por demostración matemática, el resto de los fenómenos. Esta noción la podemos encontrar tanto en los *Principia* como en la *Opticks*, sus dos obras más conocidas a fines filosóficos.

En los *Principia* encontramos hacia el final, en el *Escolio General*, la defensa de Newton de su concepción de la filosofía natural de las críticas hechas por las corrientes cartesianas mediante la siguiente cita:

No he sido capaz aún de deducir a partir de los fenómenos la razón de estas propiedades de la gravedad y yo no finjo hipótesis. Pues lo que no se deduce de los fenómenos, debe ser llamado una hipótesis; y las hipótesis, bien metafísicas o físicas, o basada en cualidades ocultas, o mecánicas, no tienen lugar dentro de la filosofía experimental. En esta filosofía experimental las proposiciones se deducen de los fenómenos, y se convierten en generales por inducción. La impenetrabilidad, la movilidad, el ímpetu de los cuerpos y las leyes del movimiento y ley de la gravedad se han hallado por este método. Y es suficiente que la gravedad exista de hecho y actúe según las leyes expuestas por nosotros y sea suficiente para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar<sup>6</sup>.

A partir de esta cita podemos ver el carácter que debería de tener la filosofía al estudiar la naturaleza. Esto es que la filosofía debe deducir sus proposiciones a partir de fenómenos, y por inducción llegar a convertirse en principios científicos. Esta cita muestra el campo metodológico en el que se desarrolla la investigación filosófica para Newton. En el prefacio de los *Principia*, Newton dice que «la dificultad de la filosofía parece ser descubrir las fuerzas de la naturaleza a partir de los fenómenos del movimiento y entonces demostrar los otros fenómenos a partir de estas fuerzas»<sup>7</sup>. De acuerdo con Roger Cotes, en el prefacio a la segunda edición de los *Principia*, la forma de proceder es la siguiente: «desde ciertos fenómenos seleccionados se deduce mediante análisis las

fuerzas de la naturaleza y las leyes más simples de estas fuerzas, desde las cuales se da la constitución del resto de los fenómenos mediante síntesis»<sup>8</sup>. El mismo Newton afirma que a partir de proposiciones demostradas matemáticamente en los Libros I y II, se explica en el Libro III un ejemplo del sistema del mundo donde se deducen las fuerzas de la gravedad, y a partir de estas fuerzas, por proposiciones matemáticas, se deducen los movimientos de los planetas, cometas, Luna y mar. Esto no va en contravía con la noción de filosofía experimental que había intentado desarrollar en su obra, sino que pareciera complementar su postura.

Por otra parte, en la *Opticks* se puede notar que proceder mediante la experimentación es más adecuado para la filosofía natural. En la Cuestión 31 de la *Opticks*, Newton describe propiamente el método de la siguiente forma:

Como en Matemáticas, así en la filosofía natural, la investigación de las cosas difíciles por el Método de Análisis debería incluso preceder al Método de Composición. Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, y en establecer en general Conclusiones de ellas por Inducción, y no dar lugar a Objeciones en contra de las Conclusiones, sino tal como son tomadas de los experimentos, o de otras ciertas Verdades. Pues las hipótesis no son consideradas en la filosofía experimental. Y aunque la argumentación desde experimentos y observaciones por inducción no es demostración de conclusiones generales; si es la mejor forma de argumentar qué naturaleza de cosas se admiten, y quizá considerar como mucho más fuerte, por medio de cuanto la inducción es más general<sup>9</sup>.

De esta forma, así como en matemáticas, análogamente en la filosofía natural se debe seguir con el método de Análisis y Síntesis, o Resolución y Composición. Estos dos elementos se introducen como los fundamentos de la filosofía natural. Para Newton no hay una forma diferente de hacer algo con certeza en el estudio de la naturaleza sino trazando conclusiones de los experimentos y de los fenómenos que se nos presenten<sup>10</sup>. De esta forma, se pretende llegar a los principios generales y, luego de estos, dar una explicación de la naturaleza. Ambos elementos de su método los retomó de los antiguos, aunque ellos los consideraban como dos métodos independientes.

Una característica importante de la ciencia madura de Newton es la unión del análisis matemático y los datos de la experiencia que se manifiestan en el experimento y la observación crítica<sup>11</sup>. Por ejemplo, el análisis de Newton de las fuerzas de resistencia

<sup>6</sup> I. NEWTON, *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Cambridge, University of California Press, 1999, 943. Las cursivas son agregadas.

<sup>7</sup> Newton, *The Principia*, 382.

<sup>8</sup> Newton, *The Principia*, 386.

<sup>9</sup> I. NEWTON, *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, New York, Dover Publications, 1952, 404.

<sup>10</sup> Véase A. SHAPIRO, «La «Filosofía Experimental» de Newton», *Estudios de Filosofía*, 35 (2007), 111-147.

<sup>11</sup> Guerlac menciona que, por lo general, el experimento suele ser necesario para determinar qué factores se pueden eliminar con seguridad o, al

dependió de los resultados de los experimentos que realizó para determinar los parámetros en las leyes de estas fuerzas. Así, en la filosofía natural en la etapa analítica uno tiene que asumir, por ejemplo, la trayectoria como dado –el fenómeno– y deducir el agente causal –la fuerza–. Y por síntesis, dada la fuerza, se deduce matemáticamente la trayectoria. Así, para Newton, por Análisis se descubren los principios generales desde los fenómenos por inducción, y por Síntesis se hace la demostración de las causas de dichos fenómenos<sup>12</sup>. Guicciardini dice que una vez que el proceso de análisis llega a alguna causa establecida, la síntesis puede comenzar como una deducción de nuevos efectos de causas conocidas. Proceder mediante este método es lo que hace algo cierto en la filosofía y nada se puede hacer sin él<sup>13</sup>.

En un párrafo borrador a la Cuestión 31 de la *Opticks*, también defiende su concepción de la filosofía natural, diciendo que el oficio propio de la filosofía debe ser el de descubrir, mediante la experimentación y la observación, cuál es propiamente la constitución actual de la naturaleza, y no cómo fueron creadas las cosas<sup>14</sup>. Bajo esta última noción encasilla a la filosofía hipotética, que es, según Newton, la que siguen Descartes y Leibniz. De esta filosofía afirma que «consiste en explicaciones imaginarias de las cosas y en argumentos imaginarios a favor o en contra de tales explicaciones, o contra argumentos de los filósofos experimentales basados en la inducción»<sup>15</sup>. Incluso, llega a utilizar su noción de filosofía experimental como recurso para ridiculizar a Leibniz, diciendo que este propone hipótesis y las propone, no para ser examinadas con experimentos, sino para crearlas sin examen<sup>16</sup>. Además, lo cuestiona por no haber encontrado nunca alguna cosa que haya podido probar por experimentación, mientras que él ha descubierto y probado mediante multitud de experimentos muchas cosas sobre la luz y los colores. La aceptación de algún principio científico para Newton se encuentra

en la observación, medición, experimentación de la naturaleza, no en la disgregación de cómo es esta. Los argumentos filosóficos clásicos sobre cuestiones como la existencia de átomos o vacíos deben dejar de tener algún peso.

Es necesario advertir que los pronunciamientos metodológicos que hace Newton en los *Principia* y en la *Opticks* son equiparables, aunque los enfoques plasmados en uno y otro texto sean distintos. Según Shapiro, aunque si bien ambos textos enfatizan en que el punto de partida de los fenómenos son los fenómenos mismos, el acercamiento a la descripción del método es diferente<sup>17</sup>. En los *Principia*, el acercamiento al método es más de carácter epistemológico, en la medida que hace énfasis en la fuente del conocimiento y su generalización por inducción<sup>18</sup>. Mientras que en la *Opticks* la descripción es más de carácter metodológico, pues explica cómo proceder en la ciencia y no se enfoca tanto en cuestiones dirigidas al conocimiento de la naturaleza.

Pero en algunos pasajes, bien sea públicos o manuscritos, podemos ver que es posible establecer una analogía entre ambas obras. Veamos el siguiente pasaje extraído de la Cuestión 31:

Mediante esta forma de Análisis podemos proceder desde Componentes a Ingredientes y de Movimientos a Fuerzas que los producen; y en general, desde Efectos a sus Causas, y de Causas particulares a unas más generales, hasta que el argumento termine en la más general. Este es el Método de Análisis; Síntesis consiste en asumir las Causas descubiertas y establecidas como Principios, y mediante ellos explicar los Fenómenos procediendo de ellos y probando las Explicaciones<sup>19</sup>.

En la *Opticks* el método de análisis procede desde los componentes hasta los ingredientes<sup>20</sup>, y en los *Principia* procede de movimientos a la deducción de las fuerzas que los causan. En ambos casos se deducen las causas de los efectos, una vez que el proceso

menos, se deben mantener constantes, y cuáles son los que determinan principalmente el fenómeno. Ahora bien, con respecto a las observaciones, menciona que cualquier observación que podamos llamar *científica*, implica una comparación con otra cosa. Y las comparaciones más precisas e inequívocas son aquellas expresadas en el lenguaje de número y medida. Cf. H. GUERLAC, «Newton and the Method of Analysis», *Dictionary of the History of Ideas*, 3 (2005), 378-391.

<sup>12</sup> Esto igualmente aparece en un prefacio planeado para la segunda edición, que no fue publicado. Véase Newton, *The Principia*, 49-54.

<sup>13</sup> Cf. N. GUICCIARDINI, *Isaac Newton on Mathematical Certainty and Method*, Cambridge, MIT press, 2009; G. SMITH, «The Methodology on the Principia», en *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 138-173.

<sup>14</sup> I. NEWTON, Cambridge University Library, Ms Add, 3970, f. 243r.

<sup>15</sup> I. NEWTON, *The Correspondence of Isaac Newton*, Vol. 5, Cambridge, Cambridge University Press, 1959-77, 398.

<sup>16</sup> Para Newton, la filosofía clásica, en la que enmarca a Leibniz y Descartes, estaba más preocupada por hacer disertaciones argumentativas que observables. Newton realizó una extensa crítica de la filosofía de Descartes en un ensayo conocido por su comienzo, *De gravitatione*, pero no fue publicado hasta 1962. Ver I. NEWTON, «Extractos de *Sobre la gravitación y el equilibrio de los fluidos (De gravitatione et equipondio fluidorum)*», en S. Orozco-Echeverri, *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*, Medellín, Universidad de Antioquia, 2009, 140-162.

<sup>17</sup> Cf. Shapiro, «La 'Filosofía Experimental' de Newton», 124.

<sup>18</sup> Ducheyne sostiene que Newton trabaja con modelos básicos haciéndolos paulatinamente más complejos en una suerte de sistema abstracto que funciona de manera autónoma, en otras palabras, que Newton elaboró una teoría matemática de la naturaleza sin necesidad de considerar los fenómenos en el proceso, sino que la misma era guiada por la lógica interna de los modelos. Una posición tal puede desprenderse del hilo sintético con que Newton expone las proposiciones del Libro I, pero no puede generalizarse con facilidad a la totalidad de la obra. Cf. S. DUCHEYNE, *The Main Business of Natural Philosophy*, Bruselas, Springer, 2012.

<sup>19</sup> Newton, *Opticks*, 404.

<sup>20</sup> Para una ampliación de la implicación de este método véase I. NEWTON, «Fragmento metodológico relacionado con el prefacio planeado para la Óptica de 1704», en S. Orozco-Echeverri, *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*, 130-131. «La experimentación realizada en el proceso analítico se refiere a la descomposición de la luz blanca en sus componentes». Guicciardini, *Isaac Newton On Mathematical Certainty and Method*, 316.

de análisis llega a alguna causa establecida, la síntesis puede comenzar como una deducción de nuevos efectos de causas conocidas. No hay una predilección por ninguno de los dos elementos: sin el análisis la filosofía natural es hipotética-imaginaria; sin síntesis no había demostraciones. Claro que tampoco tendría que haber una predilección, sólo se resalta la importancia de ambos elementos para Newton en las obras mencionadas. De acuerdo con Guerlac, Newton describe los métodos de análisis y síntesis por términos usados para métodos análogos en matemáticas, por análisis se refiere la realización de experimentos, y derivar conclusiones de ellos por inducción<sup>21</sup>. Los experimentos están entre las ciertas verdades, pero las inducciones de ellos no demuestran las conclusiones extraídas<sup>22</sup>.

Es posible notar en diversos pasajes una postura metodológica anti-hipotética. Por una parte, en la cita señalada del Escolio General de los *Principia* vemos el rechazo de Newton hacia las hipótesis, las cuales no tienen cabida en su filosofía experimental. Y, por otra parte, esto mismo lo afirma en la Cuestión 31 de la *Opticks*: «las hipótesis no son consideradas Filosofía experimental»<sup>23</sup>. Igualmente, el Libro I de la *Opticks* inicia con lo siguiente: «Mi diseño en este libro no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino proponer y probarlas mediante la razón y experimentos»<sup>24</sup>.

En una carta de Newton a Roger Cotes del 28 de marzo de 1713 se refiere hacia las hipótesis de la siguiente manera: «y uso aquí la palabra hipótesis para significar solamente una proposición tal que no es un fenómeno, no se deduce de ningún fenómeno, sino que se asume o se supone sin ninguna prueba experimental»<sup>25</sup>. Añade Roger Cotes, en el prefacio a la segunda edición de los *Principia*, que aquellos que parten de hipótesis como primeros principios de sus especulaciones –aunque procedan luego con la mayor precisión de esos principios– pueden desde luego componer una *fábula* ingeniosa, pero no dejará de ser una *fábula*. El rechazo de las hipótesis es una constante de la filosofía natural de Newton, hacía parte de su búsqueda de certeza.

Finalmente, el carácter experimental de la filosofía de Newton se refuerza con el planteamiento de la *cuarta regla para filosofar* presente en los *Principia*:

En filosofía experimental, las proposiciones obtenidas a partir de fenómenos por inducción deben ser

consideradas por ciertas, ya sea exactamente o muy aproximadamente, pese a las hipótesis contrarias, hasta que aparezcan otros fenómenos que hagan que tales proposiciones sean más exactas o estén expuestas a excepciones<sup>26</sup>.

En esta regla es clara la preferencia de Newton por la evidencia empírica que la formulación de hipótesis para establecer las proposiciones, además de constantemente poner a prueba los experimentos hasta que puedan explicar cada vez de mejor forma los fenómenos. Adicionalmente, en la explicación agrega que esto es necesario hacerse para evitar que el argumento por inducción sea suprimido por las hipótesis. Siempre son preferibles los resultados que se obtienen por el experimento o por la observación directa del fenómeno que cualquier planteamiento especulativo acerca del mismo. Pero su rechazo a las hipótesis no es absoluto, como veremos a continuación.

## 2. Aceptación de hipótesis en la filosofía experimental

Si consideramos la literalidad de las palabras de Newton en sus obras podemos llegar a la conclusión de que hay un rechazo definitivo de las formulaciones hipotéticas. Sin embargo, podemos encontrar que en la misma obra de Newton hay un uso consciente de las hipótesis en su filosofía. Por diversos motivos el estudio de la naturaleza a través de la filosofía experimental newtoniana se vale del planteamiento de diversas hipótesis para el desarrollo de la ciencia, pues estas ayudan a formular estudios posteriores.

En la *Opticks*, Newton declara haber dejado el Libro III imperfecto, por lo que tuvo que plantear una serie de *Cuestiones*, debido a la falta de experimentación y de repetición de las observaciones, dejando que su búsqueda pueda ser hecha por alguien más: «ya que no he terminado esta parte de mi Diseño, voy a concluir con proponer sólo algunas *Cuestiones*, con el fin de que la búsqueda pueda ser hecha por alguien más»<sup>27</sup>. Deja estos planteamientos abiertos para su futura investigación. En estas *Cuestiones* propuestas por Newton, que se siguen del tercer libro de la *Opticks*, no sólo se refieren a la luz sino también acerca de múltiples temas de física y filosofía, que Newton se ha planteado a lo largo de su vida de actividad intelectual<sup>28</sup>.

<sup>21</sup> Guerlac, «Newton and the Method of Analysis», 379.

<sup>22</sup> Garrison ha identificado un aspecto importante de la visión de Newton concerniente al uso de experimentos cruciales. Newton no apuntó a una colección paciente de fenómenos para ser usados como una base de generalización probabilística inductiva, sino que más bien quiso identificar un fenómeno bien escogido que revelen la acción de la fuerza al filósofo natural entrenado matemáticamente, cuyo principal esfuerzo es la deducción cierta de fuerzas. Cf. J. GARRISON, «Newton and the Relation of Mathematics to Natural Philosophy», *Journal of the History of Ideas*, 48.4, 1987., 609-627.

<sup>23</sup> Newton, *Opticks*, 404.

<sup>24</sup> *ibid.*, 1.

<sup>25</sup> Newton, *The Correspondence of Isaac Newton*, 397.

<sup>26</sup> Newton, *The Principia*, 796.

<sup>27</sup> Newton, *Opticks*, 338.

<sup>28</sup> Véase B. COHEN, «Preface», en I. Newton, *Opticks*, VII- LVII.

Veamos, por ejemplo, la Cuestión 1 de la *Opticks*: «¿No actúan los cuerpos sobre la luz a una distancia, y por su acción curvan sus rayos; y no es esta acción (*cæteris paribus*) más fuerte en la menor distancia?»<sup>29</sup>. Es claro que, si bien esta es una cuestión para una posterior investigación. Newton tiene cierta intuición de su validez científica, pero para él no hay suficiente evidencia experimental para su aceptación como principio. Y todas las cuestiones de la *Opticks* son de este mismo tipo: formulaciones que no tienen suficiente evidencia empírica para ser principios demostrados, pero que pueden ser tenidas en cuenta para su estudio en mejores condiciones que las actuales para su investigación.

Newton afirma no se imaginar hipótesis, ni las aceptan en física, a no ser como cuestiones cuya verdad se disputa. Por tanto, parecería haber un rechazo en principio, pero si hay cuestiones cuya verdad no es segura, pero pueden sugerir una futura investigación como las Cuestiones<sup>30</sup> de la *Opticks*, pueden ser aceptadas. Sin embargo, estas Cuestiones no deben de ser aceptadas como proposiciones científicas, ya que no es una afirmación definitiva sobre un fenómeno. Este tipo de proposiciones para Newton son sugerencias que pueden ser afirmadas o rechazadas en definitiva como principios en la filosofía natural en una posterior investigación, como ya se ha mencionado anteriormente.

Entonces, aquí hablamos de otro tipo de formulación hipotética, que va en contravía a la filosofía hipotética que Newton se rehúsa a aceptar, a saber: las hipótesis imaginarias como las de Descartes y Leibniz. Shapiro sugiere hacer la distinción entre *hipótesis imaginarias* e *hipótesis experimentales*<sup>31</sup>. Este hace distinción dado que Newton utiliza la palabra hipótesis para dos significados distintos. El tipo de hipótesis imaginarias, como bien ya se mencionó, son aquellas que están basadas en evidencia no empírica y son totalmente ficticias, que Newton destierra de la filosofía natural. Mientras que las hipótesis experimentales tienen algún fundamento experimental pero no suficiente para ser juzgadas como principios demostrados, tienen un papel legítimo en la filosofía natural siempre que se mantengan distinguidas de los principios rigurosamente demostrados: pueden sugerir nuevos experimentos, y explicar y hacer inteligibles propiedades

previamente descubiertas. Estas son posibles dentro de la filosofía natural porque, si bien no cuentan con los suficientes instrumentos, tiempo o número de observaciones para ser aceptados como principios científicos válidos que den cuenta del mundo, tienen algún tipo de soporte experimental, el cual puede ser contrastado posteriormente.

*Yo no fijo hipótesis* es, quizás, la expresión más celebre y mencionada del Escolio General de los *Principia*. «Durante mucho tiempo, incluso en el siglo XX, sirvió como estandarte del positivismo y, erróneamente, como evidencia textual para una interpretación excluyentemente positiva del pensamiento de Newton»<sup>32</sup>. Pareciera que el rechazo de Newton a las hipótesis hiciese referencia más bien al rechazo a la formulación de principios a partir de fenómenos imaginarios o hipotéticos. Henry sugiere que afirmaciones como *no finjo hipótesis* «pretendían justificar el hecho de que Newton prefería aceptar la posibilidad de una acción a distancia a inventar explicaciones mecánicas vacías de la gravedad»<sup>33</sup>.

En un borrador de la *Opticks* Newton hace a una serie de ejemplos que considera fenómenos imaginarios o hipotéticos:

[La quintaesencia es diferente de los cuatro elementos y no está sujeta a ninguno de los sentidos ni se enumera entre los fenómenos. La materia prima, que no es una cosa, ni posee cualidad, ni es una cosa que pueda medirse, no es un fenómeno. Los orbes sólidos que son inherentes a los planetas no son fenómenos. La materia sutil en que flotan los planetas y en que se mueven los cuerpos sin resistencia no es un fenómeno. Y los que no son fenómenos, y no estén sujetos a ninguno de los sentidos, no tienen lugar en la filosofía experimental<sup>34</sup>.

Y esto es claramente contrario al tipo de fenómenos a los que se refiere en la *Opticks* como los corpúsculos de luz, las fuerzas de corto rango y los átomos, de los cuales no es posible establecerlos como proposiciones científicas por falta de evidencia experimental. Pero sí es posible hacer un enunciado de ellas en forma de Cuestión, que parecieran ser ciertas, pero en realidad tienen un carácter probable que es inconsistente con la noción de Newton de explicar de la mejor forma los fenómenos de la naturaleza. Por eso

<sup>29</sup> *ibid.*, 339.

<sup>30</sup> En las Cuestiones, Newton discutió todo tipo de especulaciones que tenían un nivel de certeza mucho más bajo que las conclusiones experimentales en el texto principal. Por lo tanto, la *Opticks* fue para Newton, así como para sus contemporáneos, un trabajo incompleto. Cf. C. HAKFOORT, «Newton's 'Opticks' and the Incomplete Revolution», en P. B. Scheurer y G. Debrock, *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Vol. 123, Springer, Kluwer Academic Publishers, 1988, 99-112.

<sup>31</sup> Cf. Shapiro, «La "Filosofía Experimental" de Newton», 114.

<sup>32</sup> S. OROZCO-ECHEVERRI, *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*, 2009, 106; S. OROZCO-ECHEVERRI, «Modelos interpretativos del corpus newtoniano: tradiciones historiográficas del siglo XX», *Estudios de Filosofía*, 35 (2007), 227-256. Cohen hace una interpretación positiva de la obra de Newton. Este propone una interpretación de la filosofía de Newton en tres fases, denominada propiamente como el *estilo newtoniano*. Para una mayor comprensión de este esquema interpretativo véase B. COHEN, *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*, Madrid, Alianza Editorial, 1983. Sin embargo, Cohen sugiere una cuarta fase donde es posible la elaboración de modelos causales o hipótesis, pero es opcional para Newton.

<sup>33</sup> J. HENRY. «Steffen Ducheyne: The Main Business of Natural Philosophy: Isaac Newton's Natural-Philosophical Methodology», *Science and Education*, 3.22, 2012, 742.

<sup>34</sup> Newton, Cambridge University Library, MS Add, 3965, f. 422r; traducido en Shapiro, «La 'Filosofía Experimental' de Newton», 126.

lo mejor es distinguirlas de los principios hallados y sugerirlas para una futura investigación.

No obstante, los términos *hipótesis imaginarias* y *experimentales* no son más que etiquetas del campo interpretativo acerca de la obra de Newton. Este no hace explícitamente una diferenciación de estas en su obra, sino que pareciera usar el término indistintamente, aunque de las primeras sí hay un aire peyorativo cuando se refiere a ellas. Igualmente, también sería posible hacer la distinción entre *hipótesis prácticas* y *explicativas*, que no necesariamente van en contravía a la categorización de Shapiro, pero sí es otra forma de explicar esta cuestión en Newton. Respecto a las hipótesis prácticas podemos decir que son aquellas que en definitiva van a conducir a experimentos u observaciones que permitirán sostener una afirmación respecto a un estado de cosas en el mundo, o sea como las Cuestiones de la *Opticks*, de las cuales ya me he referido con anterioridad.

Ahora bien, en relación con las hipótesis explicativas se puede mencionar que ya no conducen a la formulación de un experimento, sino que conducen a la explicación de un fenómeno, que posteriormente puede requerir un experimento o una observación, pero en principio es sólo la explicación. Este tipo de hipótesis se validan mediante las observaciones preliminares, pero su validez es de carácter heurístico en la obra de Newton. Por ejemplo, tenemos la hipótesis planteada en el Libro III de los *Principia*: «el centro del sistema del universo está en reposo»<sup>35</sup>. Newton en la explicación agrega que ante esta hipótesis algunos argumentan que el centro del universo es la Tierra, otros que el Sol, pero no hay duda alguna que este está en reposo en el centro del sistema, para lo cual son necesarias las proposiciones siguientes –del Libro III– que validan la hipótesis con cierto carácter científico, mas no como principio. Y las hipótesis que se rechazan son procedentes de proposiciones que no son un fenómeno, ni se deducen de algún fenómeno, sino que son asumidas o supuestas sin prueba experimental alguna. Estas hipótesis son las que ya hemos llamado como imaginarias, a las que Newton le atribuye a la filosofía de autores como Descartes, Leibniz, entre otros.

Newton, en el borrador de una carta a Cotes con fecha del 28 de marzo de 1713, hace explícito el tipo de hipótesis que se deben rechazar en la filosofía:

La Filosofía Experimental reduce los Fenómenos a Reglas generales & considera que las Reglas son generales cuando se mantienen generalmente en Fenómenos [...] La Filosofía Hipotética consiste en explicacio-

nes imaginarias de cosas & argumentos imaginarios a favor o en contra de explicaciones, o en contra de los argumentos de Filósofos Experimentales fundados en Inducción. El primer tipo de Filosofía es seguido por mí, el último demasiado por Cartes, Leibnitz & algunos otros<sup>36</sup>.

El campo de discusión sobre la interpretación del papel de las hipótesis para Newton es amplio. Podemos ver que diversos intérpretes han intentado dar un esclarecimiento de esta aparente contradicción en el planteamiento de la filosofía natural. Walsh, en su tesis doctoral *Newton's Empiricist Triad*, intenta dar otra explicación, que, sin embargo, no es opuesta a la que Shapiro había brindado<sup>37</sup>. Walsh sostiene que para Newton una proposición es una *hipótesis* si cumple con alguna de las siguientes condiciones: son sólo altamente probable; o son una conjetura o una especulación –algo no basado en evidencia empírica–; o están preocupadas más por la naturaleza de las cosas que por sus propiedades observables o medibles. Evidentemente las condiciones segunda y tercera hacen inválida la hipótesis dentro de la filosofía experimental de acuerdo con lo ya expuesto, pero la primera sí puede tener validez. Walsh propone esto en contraste de una proposición *teórica*, la cual debe cumplir las siguientes tres condiciones para ser aceptada como tal, como principio científico: 1) es ciertamente verdadera, porque es deducida seguramente desde fenómenos; 2) es experimental –tiene consecuencias empíricamente contrastables–; y 3) está preocupada por propiedades observables, medibles de las cosas, y no por su naturaleza. Esta interpretación de Walsh no es opuesta a la que ya se había desarrollado en párrafos anteriores, lo que hace es ampliar el espectro analítico de la explicación en virtud de la claridad del concepto. Se preocupa por establecer el marco para las proposiciones teóricas y, de esta manera, de las hipotéticas y de las que cuyo valor científico es inválido por sus características.

Una de las principales críticas a Newton fue con respecto a la explicación que este dio sobre la gravedad. Para sus críticos una explicación verdadera filosófico-natural de la gravedad requeriría una explicación de lo que la gravedad *realmente era*, en lugar de sólo una descripción de cómo se *comporta*. Y, de otro lado, la demostración matemática demostrada en las proposiciones de los Libros I y II los *Principia* permite la descripción de la regularidad observada en el mundo<sup>38</sup>. Por lo tanto, la demostración de la fuerza de gravitación como causa del movimiento de los cuerpos depende de la observación de los fenómenos y de su descripción matemática.

<sup>35</sup> Newton, *The Principia*, 816.

<sup>36</sup> Newton, *The Correspondence of Isaac Newton*, 398.

<sup>37</sup> K. WALSH, *Newton's Empiricist Triad*, Dunedin, University of Otago, 2014.

<sup>38</sup> En las proposiciones matemáticas de los Libros I y II los *Principia* podemos encontrar la naturaleza misma, puesto que demuestran las condiciones observadas en el mundo, al reducir a demostraciones y proposiciones las mediciones de los movimientos: «aunque se describan condiciones ideales, las fuerzas que los producen deben ser reales, porque se han seguido de los movimientos reales que se conocen a partir de las observación y experimentos». S. MOLINA, «La metodología de Newton y la demostración de la realidad de la fuerza», *Estudios de Filosofía*, 50, 2014, 147.

La fuerza gravitacional no es un mero supuesto que se agrega para dar explicación de algo con insuficiencia evidencia experimental para ser aceptado como principio. Por el contrario, Newton ha demostrado que esta fuerza es causa, con interacción con la fuerza inercial, del mantenimiento de la órbita de los cuerpos celestes como se muestra en los fenómenos. Aunque no pueda dar cuenta de su mecanismo de acción, para Newton, como afirma en el Escolio General, es suficiente que la gravedad exista efectivamente y actúe según las leyes expuestas en los *Principia* para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y del mar.

Si bien Newton no puede dar cuenta del mecanismo de acción, para este es suficiente con que sus efectos actúen sobre los cuerpos para dar cuenta de su existencia, como dice en el Escolio General de los *Principia*. No obstante, este especula acerca de la causa de la gravedad e intenta explicar la atracción gravitacional mediante la operación de un éter que todo lo impregna. En el párrafo final del Escolio General de los *Principia*, Newton se refiere a un espíritu eléctrico, del cual menciona lo siguiente:

[...] algo de cierto espíritu sutilísimo que atraviesa todos los cuerpos gruesos y permanece latente en ellos; por cuya fuerza y acciones las partículas de los cuerpos se atraen entre ellas a las mismas distancias y una vez que están contiguas permanecen unidas; y los cuerpos eléctricos actúan a distancias mayores, tanto repeliendo como atrayendo a los corpúsculos vecinos; y la luz se emite, se refleja, se refracta e inflexiona y calienta a los cuerpos; y toda sensación es excitada, y los miembros de los animales se mueven a voluntad, es decir, mediante las vibraciones de ese espíritu propagadas por los filamentos de los nervios desde los órganos externos de los sentidos hasta el cerebro y desde el cerebro hacia los músculos<sup>39</sup>.

Ciertamente, como se cita en el Escolio General, Newton deja manifiesto que no puede demostrar a partir de los fenómenos la causa de la gravedad, sin embargo, es suficiente con que sus consecuencias se comporten de acuerdo con las leyes expuestas en dicho libro y sea suficiente para explicar los movimientos celestes y del mar. Este planteó la fuerza gravitatoria pero su mecanismo de acción se mantuvo sin explicación<sup>40</sup>, y quiso responder que la gravitación se había deducido de los fenómenos y que, por tanto,

su existencia era matemáticamente cierta. Por lo tanto, como se puede ver en la cita anterior, plantea una posible explicación de dicha relación causal. Vemos que el espíritu eléctrico al que Newton hace alusión se puede interpretar como una hipótesis experimental. Es una hipótesis porque hubo experimentos insuficientes para determinar leyes o principios, pero uno legítimo porque se fundó en experimentos: «se ha llevado a cabo una cantidad insuficiente de experimentos por lo que las leyes de las acciones de este espíritu eléctrico y elástico deben determinarse con precisión y demostrarse»<sup>41</sup>.

## Conclusión

Según Koyré, la filosofía de Newton es el resultado de sus afiliaciones metafísicas, teológicas y filosóficas, planteada en oposición manifiesta a la metafísica cartesiana<sup>42</sup>. Sin embargo, si bien es posible decir que Newton está en contra de la filosofía hipotética, esto no quiere decir que su concepción de filosofía natural sea ajena al planteamiento de enunciados hipotéticos. En una lectura atenta de la obra de Newton pareciera que este tipo de enunciados hipotéticos si bien no se establecen como principios para la filosofía natural, sí la complementan en la medida que pueden propender para su desarrollo con investigaciones futuras con mejores condiciones para la investigación: mejores instrumentos, mayor cantidad de repeticiones en las observaciones, entre otras condiciones que representen una ventaja sustancial con respecto condiciones anteriores. Además, estas son de utilidad para entender características de elementos, experimentaciones, etc., ya descubiertos.

Para afirmar esto, es necesario diferenciar a qué tipo de hipótesis, o más bien, a qué fenómenos, Newton hace referencia. Por una parte, si hablamos de hipótesis imaginarias a partir de fenómenos como la materia prima, los orbes sólidos que son inherentes a los planetas, la materia sutil, o cualquier otro tipo de situación que no es propiamente fenómeno, que no pueda hallarse sujeto a ninguno de los sentidos, entonces Newton claramente rechaza la formulación de hipotéticos y, por tanto, no se incluyen en su concepción de filosofía natural. Pero si hablamos de la clase de hipótesis a las que Newton hace referencia en las Cuestiones de la *Opticks* que parten de fenómenos como los corpúsculos de luz, las fuerzas

<sup>39</sup> Newton, *The Principia*, 943.

<sup>40</sup> Una explicación física sería estrictamente mecánica, es decir, sería el efecto del contacto de acción directa de la materia que empuja en la materia, a diferencia de la explicación que Newton da del mecanismo de la gravedad por acción a distancia. Véase J. HENRY, «Isaac Newton y el problema de la acción a distancia», *Estudios de Filosofía*, 35, 2007, 189-226; F. OCHOA, «Validez vs. Realidad de la Fuerza: Gravitación y acción a distancia en los Principia de Newton», *Primer Congreso Colombiano de Lógica, Epistemología y filosofía de la Ciencia*, Bogotá, 2009. Newton parece conformarse una explicación de los efectos de la gravedad, más que del concepto mismo.

<sup>41</sup> Newton, *The Principia*, 943.

<sup>42</sup> Agrega Koyré que las convicciones metafísicas de Newton juegan un papel importante en la filosofía. Su creencia en un Dios presente y activo en todo lugar le permitió superar, a la vez, el empirismo de Boyle y Hooke y el racionalismo estrecho de Descartes, además de renunciar a las explicaciones mecánicas y, aunque él mismo haya rechazado toda acción a distancia, edificar su mundo como un sistema de fuerzas cuya filosofía natural debía establecer las leyes matemáticas. Cf. A. KOYRÉ, *Études newtoniennes*, Avertissement d'Yvon Belaval, Paris, Gallimard, 1968. Para una mayor ampliación sobre las leyes de la naturaleza consultar S. OROZCO-ECHEVERRI, «Sobre el Concepto de leyes de leyes de la naturaleza en Isaac Newton», *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 16.32, 2016., 155-184.



de corto rango y los átomos, entonces esta clase sí puede ser aceptada dentro de la filosofía, puesto que tienen cierta evidencia experimental, aunque no sea suficiente para que pueda establecerse como principios demostrados para la filosofía natural. Newton estaba comprometido con hallar las causas reales de fenómenos naturales no con la fabricación de hipótesis.

El rechazo de Newton a las hipótesis es quizá por su constante búsqueda de un conocimiento cierto. Las hipótesis propenden por un conocimiento probable. Por lo que nuestro autor intentó construir una filosofía libre de hipótesis, pero la evidencia textual muestra que este intento fracasó, pero más por el amplio campo teórico de las ciencias que por falta de disposición o interés. De acuerdo con Shapiro, la intención de Newton con respecto a la hipótesis no es la de excluirlas de la investigación científica, sino más bien la demarcar lo conjetural de lo cierto. Sin embargo, agrega este, la aceptación de una ciencia probabilística y no sólo certera, libre de hipótesis se debe sólo a la última década de su vida<sup>43</sup>.

En la *cuarta regla para filosofar* notamos que con respecto a las hipótesis no hay una eliminación de ellas sino una evasión por medio de la inducción, es decir, ha de haber una constante búsqueda de principios científicos ciertos por medio de la experimentación y no meramente por la postulación de proposiciones sin suficiente contrastación empírica. Newton

sugiere que debemos aprovechar la naturaleza con una mente amplia y no intentar forzar fenómenos a algún esquema de explicación *a priori*, e invita a la constante investigación de los fenómenos.

Las hipótesis no son enunciados propiamente científicos para Newton, pues no son confirmados como verdadero, pero es claro que no pueden ser descartadas radicalmente. Estas formulaciones pueden propender por un progreso en la ciencia, en la medida que pueden ser contrastadas en investigaciones futuras para probar su validez en el campo científico. No siempre se cuentan con los datos, instrumentos, u otras condiciones propicias para la investigación y la contrastación de su validez en la ciencia. Estas sirven de guía para la investigación científica, pues motivan la investigación y también marcan la pertinencia de los problemas, datos y organización de los datos a analizar.

De igual modo, a pesar de la aceptación de Newton por las hipótesis, no podemos pretender que la introducción de la fuerza de gravedad en el discurso de la filosofía natural es ciertamente una hipótesis. Como vimos, la fuerza de gravedad es un principio causal de los fenómenos del movimiento, que es de lo que se ocupa en los *Principia*. Por eso establece que la principal dificultad de la filosofía es descubrir las fuerzas de la naturaleza a partir de los fenómenos del movimiento y entonces demostrar los otros fenómenos a partir de estas fuerzas.

## Bibliografía

- Cohen, Bernard I. (1952): «Preface», en I. Newton, *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, based on the Fourth Edition London, 1730, New York, Dover Publications, vols. VII- LVII.
- Cohen, Bernard I. (1983): *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*, Madrid, Alianza Editorial.
- Dear, Peter (1995): *Discipline and Experience: The Mathematical Way in the Scientific Revolution*, Chicago, University of Chicago.
- Ducheyne, Steffen (2012): *The Main Business of Natural Philosophy: Isaac Newton's Natural-Philosophical Methodology*, Bruselas, Springer.
- Garrison, James W. (1987): «Newton and the Relation of Mathematics to Natural Philosophy», *Journal of the History of Ideas*, 48.4, 609-627.
- Guerlac, Henry (2005): «Newton and the Method of Analysis», en *Dictionary of the History of Ideas*, 3, 378-391.
- Guicciardini, Niccolò (2009): *Isaac Newton On Mathematical Certainty and Method*, Cambridge, MIT press.
- Hakfoort, Caspar (1988): «Newton's "Opticks" and the Incomplete Revolution», en P. B. Scheurer y G. Debrock (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Vol. 123, Springer, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 99-112.
- Hall, A. Rupert (1963): *From Galileo to Newton 1630-1720*, New York, Harper & Row.
- Henry, John (2007): «Isaac Newton y el problema de la acción a distancia», *Estudios de Filosofía*, 35, 189-226.
- Henry, John (2012): «Steffen Ducheyne: The Main Business of Natural Philosophy: Isaac Newton's Natural-Philosophical Methodology», *Science and Education*, 3.22, 737-746.
- Koyré, Alexandre (1968): *Études newtoniennes, Avertissement d'Yvon Belaval*, Paris, Gallimard.
- Molina, Sebastián (2014): «La metodología de Newton y la demostración de la realidad de la fuerza», *Estudios de Filosofía*, 50, 131-154.
- Newton, Isaac (1952): *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, Based on the Fourth Edition London, 1730, New York, Dover Publications.
- Newton, Isaac (1959-77): *The Correspondence of Isaac Newton*. Edited by H. W. Turnbull, y otros, Vol. 5., Cambridge, Cambridge University Press, 7 vols.

<sup>43</sup> Cf. A. SHAPIRO, *Fits, Passions and Paroxysms*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

- Newton, Isaac (1962): *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton. A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge*. Ed. A. Rupert Hall y Marie Boas Hall. Cambridge, Cambridge University Press.
- Newton, Isaac (1987): *Principios matemáticos de la filosofía natural*, trad. de Antonio Escotado, Barcelona, Tecnos.
- Newton, Isaac (1999): *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trad. de I. Bernard Cohen y Anne Whitman, Cambridge, University of California Press.
- Newton, Isaac (2004): *Philosophical Writings*. Ed. A. Janiak. Cambridge, Cambridge University Press.
- Newton, Isaac (2009): «Extractos de *Sobre la gravitación y el equilibrio de los fluidos (De gravitatione et equipondio fluidorum)*», editado por Orozco-Echeverri, Sergio. *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*. Trad. S. Orozco-Echeverri. Medellín, Universidad de Antioquia, 140-162.
- Newton, Isaac (2009): «Fragmento metodológico relacionado con el prefacio planeado para la Óptica de 1704». Orozco-Echeverri, Sergio. *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*. Medellín, Universidad de Antioquia, 130-131.
- Ochoa, Felipe (2009): «Validez vs. Realidad de la Fuerza: Gravitación y acción a distancia en los Principia de Newton». *Primer Congreso Colombiano de Lógica, Epistemología y filosofía de la Ciencia*, Bogotá.
- Orozco-Echeverri, Sergio (2007): «Modelos interpretativos del corpus newtoniano: tradiciones historiográficas del siglo XX». *Estudios de Filosofía*, 35, 227-256.
- Orozco-Echeverri, Sergio (2009): *Isaac Newton y la reconstitución del palimpsesto divino*. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia.
- Orozco-Echeverri, Sergio (2016): «Sobre el Concepto de leyes de la naturaleza en Isaac Newton», *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 16.32, 155-184.
- Shapiro, Alan E. (1993): *Fits, Passions and Paroxysms: Physics, Method and Chemistry and Newton's Theories of Colored Bodies and Fits of Easy Reflection*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Shapiro, Alan E. (2007): «La "Filosofía Experimental" de Newton», *Estudios de Filosofía*, 35, 111-147.
- Smith, George E (2004): «The methodology on the Principia». *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 138-173.
- Walsh, Kirsten (2014): *Newton's Empistemic Triad*, Tesis doctoral, Dunedin, University of Otago.