



Estudios de Filosofía

ISSN: 0121-3628

revistafilosofia@udea.edu.co

Universidad de Antioquia

Colombia

Shapiro, Alan E.

LA "FILOSOFÍA EXPERIMENTAL" DE NEWTON

Estudios de Filosofía, núm. 35, febrero, 2007, pp. 111-147

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=379837159005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

LA “FILOSOFÍA EXPERIMENTAL” DE NEWTON*

Por: Alan E. Shapiro
Universidad de Minnesota
ashapiro@physics.umn.edu

Resumen: *Newton se rehusó a usar el término “filosofía experimental”, ampliamente usado en la Inglaterra de la Restauración al comienzo de su carrera, hasta 1712 cuando añadió un pasaje al Escolio General de los Principia que exponía brevemente su metodología anti-hipotética. No obstante, los borradores para la Cuestión 23 de la segunda edición de la Óptica (1706) (que se convertiría en la Cuestión 31 en la tercera edición) muestran que con anterioridad había intentado introducir el término para explicar su metodología. Newton introdujo el término por propósitos polémicos para defender su teoría de la gravedad contra las críticas de los cartesianos y los leibnizianos pero, especialmente en los Principia, contra Leibniz mismo. La “filosofía experimental” tiene poco que ver directamente con el experimento, sino que más bien designa de manera más amplia la ciencia empírica. Los manuscritos de Newton proporcionan la oportunidad de comprender el uso que hace de la “filosofía experimental” y la formulación de su metodología, especialmente de términos claves como “deducir”, “inducción” y “fenómenos”, a comienzos del siglo XVIII.*

Palabras claves: *Isaac Newton, filosofía experimental, empirismo, experimento, inducción, deducción.*

Newton’s “Experimental Philosophy”

Summary: *Newton abjured using the term “experimental philosophy,” widely used in Restoration England at the start of his career, until 1712 when he added a passage to the General Scholium of the Principia that briefly expounded his anti-hypothetical methodology. Drafts for Query 23 of the second edition of the Opticks (1706) (which became query 31 in the third edition), however, show that he had intended to introduce the term to explain his methodology earlier. Newton introduced the term for polemical purposes to defend his theory of gravity against the criticisms of Cartesians and Leibnizians but, especially in the Principia, against Leibniz himself. “Experimental philosophy” has little directly to do with experiment, but rather more broadly designates empirical science. Newton’s manuscripts provide insight into his use of “experimental philosophy” and the formulation of his methodology, especially such key terms as “deduce,” “induction,” and “phenomena,” in the early eighteenth century.*

Keywords: *Isaac Newton, experimental philosophy, empirism, experiment, induction, deduction.*

Newton es merecidamente reconocido como un experimentalista, y el término “filosofía experimental” hace mucho tiempo se ha asociado con su nombre. No obstante, está estrechamente asociado al menos con la ciencia de la Restauración y con la Royal Society en su comienzo. Cuando Newton apenas estaba comenzando sus estudios científicos, el término se usaba ampliamente y aparecía en títulos de

* Una versión muy anterior de este texto fue presentada en el programa en honor al septuagésimo cumpleaños de J. E. “Ted” McGuire en la Universidad de Pittsburg el 15 de enero de 2002. Dedico este texto a Ted y le deseo muchísimos más fructíferos años. Agradezco a George Smith por las discusiones útiles sobre el método de Newton y a Mordechai Feingold por sus comentarios.

obras tales como *Algunas consideraciones en lo tocante a la utilidad de la Filosofía Natural Experimental* (1663) de Robert Boyle y *La Filosofía Experimental* (1664) de Henry Power. Sin embargo, la aparente continuidad entre el uso por parte de Newton y el de la temprana Royal Society es en gran medida una ilusión. Newton conscientemente había evitado utilizar el término “filosofía experimental” hasta comienzos del siglo XVIII,¹ cuando públicamente introdujo aquel venerable término en la segunda edición de los *Principia* en 1713 con el fin de defender su trabajo, especialmente la teoría de la gravedad, contra las críticas de cartesianos y leibnizianos pero, sobre todo, contra Leibniz mismo. Al considerar la “filosofía experimental” de Newton no deberíamos imaginar ilustraciones de bombas de aire, máquinas eléctricas y semejantes que abundan en un clásico trabajo newtoniano como *Un curso de Filosofía Experimental* (1734) de J. T. Desaguliers. La “filosofía experimental” tiene poco que ver directamente con la ciencia experimental tal como la concebimos. ¿Quién consideraría hoy que los *Principia* son una obra experimental, aunque hay que reconocer que contiene algunos experimentos? El término designa, más bien, la ciencia empírica de manera más amplia.

En este texto examinaré qué significaba “filosofía experimental” para Newton, así también como otros términos tales como “deducción de los fenómenos” e “inducción” que usaba para definir su nueva metodología y que hace tiempo ha puesto a pensar a los especialistas. Me ocuparé de sus pronunciamientos metodológicos o su retórica más que de su práctica real. La última es tan importante al menos como la primera, pero no necesariamente hay identidad entre las afirmaciones metodológicas de un científico y su metodología real, de modo que cada una debe estudiarse. En la primera parte rastrearé el uso que Newton hace de la “filosofía experimental” en sus escritos publicados y no publicados; luego pasaré a determinar el papel que jugó su disputa con Leibniz en la adopción de tal término; y concluiré intentando capturar qué significaban para Newton los términos metodológicos claves y describir cómo sus puntos de vista metodológicos cambiaron desde el comienzo de su carrera.

Definiendo la filosofía natural newtoniana

El primer uso público por parte de Newton de “filosofía experimental” aparece en el penúltimo párrafo, ampliamente citado, del Escolio General que fue añadido

1 El título de una de las cartas de Newton sobre su teoría de la luz en las *Philosophical Transactions* contenía [la expresión] “filosofía experimental”, pero el título es del editor Henry Oldenburg, no de Newton; “Una serie de preguntas propuestas por el Sr. Isaac Newton ... y aquí recomendadas para la industria de los amantes de la Filosofía Experimental, tal como fueron generosamente impartidas al editor en una carta del mencionado Sr. Newton del 8 de julio de 1672”, *Philosophical Transactions*, 7, nº. 85, julio de 1672, [5]004-5007.

a la segunda edición de los *Principia* en 1713, en que afirma que si bien no ha encontrado la causa de la gravedad, no obstante ha demostrado que esta existe. Después de dedicar las tres primeras páginas, de las cuatro del Escolio General, a los vórtices y a Dios, pasa a la gravedad. Enumera las diversas propiedades de la gravedad que había descubierto y no duda en señalar que ésta actúa en proporción a la cantidad de materia en un cuerpo, o al volumen, y no a la superficie “como suelen hacer las causas mecánicas”. Luego declara:

Aún no he sido capaz de deducir de los fenómenos la razón de estas propiedades de la gravedad y no finjo hipótesis. Pues lo que no se deduce de los fenómenos debe llamarse una hipótesis; y las hipótesis, sean metafísicas o físicas, o basadas en cualidades ocultas o mecánicas <no tienen lugar en la filosofía experimental. En esta filosofía, las proposiciones se deducen de los fenómenos y se hacen generales por inducción. La impenetrabilidad, la movilidad, el ímpetu de los cuerpos y las leyes del movimiento y la ley de gravedad se han encontrado por este método.> Y es suficiente que la gravedad verdaderamente exista y actúe de acuerdo con las leyes que hemos descrito y es suficiente para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar.^{2*}

En un borrador de la carta a Roger Cotes, el editor de la segunda edición de los *Principia*, en que le remitía los cambios finales y adiciones al Escolio General —incluyendo el pasaje con “filosofía experimental”— Newton dejó muy en claro quiénes eran los defensores de la Filosofía Hipotética:

La filosofía experimental reduce los fenómenos a reglas generales y considera las reglas generales cuando se mantienen generalmente en los fenómenos... La filosofía hipotética consiste en explicaciones imaginarias de las cosas y en argumentos imaginarios a favor o en contra de tales explicaciones, o contra los argumentos de los filósofos experimentales basados en la inducción. La primera clase de filosofía es la que yo sigo, la última es la que en gran medida siguen Cartes, Leibniz y algunos otros.³

2 Newton, Isaac. *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trad. I. Bernard Cohen & Anne Whitman, con la asistencia de Julia Budenz. Berkeley, University of California Press, 1999, p. 943. He hecho un cambio en la traducción; Cohen y Whitman traducen la frase “En esta filosofía” (*In hac Philosophia*) por “En esta filosofía experimental”. El pasaje en paréntesis angulares fue un cambio tardío hecho por Newton en una carta a Cotes (discutido a continuación en la nota 37) que remplazaba “No sigo”. Para una discusión completa de los borradores del Escolio General véase Cohen, I. Bernard. *Introduction to Newton’s Principia*. Cambridge, Mass., Cambridge University Press, 1971, pp. 240-245. De hecho la primera aparición de “filosofía experimental”, espacial si no temporalmente, se daba en el párrafo precedente —“tratar de Dios a partir de los fenómenos es ciertamente una parte de la Filosofía experimental”— pero Newton instruyó a Cotes para hacer ambos cambios en la misma carta.

* He traducido los pasajes de los *Principia* directamente de la edición latina Newton, Isaac. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, 2 vols, the third edition with variant readings, edited by Alexandre Koyré & I. Bernard Cohen. Cambridge Mass, Harvard University Press, 1972. (N. del T.).

3 Newton to Cotes, 28 March 1713, Newton, Isaac. *The Correspondence of Isaac Newton*, H. W. Turnbull, J. F. Scott, A. Rupert Hall, and Laura Tilling (eds.), 7 vols. Cambridge, Cambridge University Press, 1959-1977, 5, pp. 398-399.

No fue un accidente que Newton introdujera públicamente el término “filosofía experimental” en el Escolio General en defensa de los *Principia* y del concepto de gravedad. En efecto, sostengo que esta fue precisamente la razón por la que introdujo el término. Todos los demás pasajes en que introdujo la “filosofía experimental” están en el contexto de la defensa de su filosofía natural y su concepto de la atracción universal de la gravedad contra las críticas de cartesianos y leibnizianos. La Cuestión 31 de la *Óptica* en que Newton también decidió exponer su metodología tiene poco que ver con la óptica y se ocupa fundamentalmente con la filosofía natural newtoniana.

Podemos hacer inmediatamente algunos comentarios sobre la idea que Newton tenía de filosofía experimental. Se define como una metodología con dos elementos esenciales: la distinción de la filosofía experimental de la hipotética o la exclusión de las hipótesis de la filosofía natural y la exigencia de que las proposiciones en filosofía experimental sean “deducidas de los fenómenos y se hagan generales por inducción”. El rechazo por parte de Newton de las hipótesis es un elemento constante de su filosofía natural desde sus primeras publicaciones hasta su última y era parte de su búsqueda de certeza. La carta que Newton realmente envió a Cotes el 28 de marzo de 1713 contiene una clarificación importante de lo que quería dar a entender por hipótesis: “Y uso aquí la palabra hipótesis para significar sólo una proposición tal que no es un fenómeno ni se deduce de ningún fenómeno sino que se asume o se supone sin ninguna prueba experimental”.⁴ De este modo Newton está rechazando las hipótesis que son totalmente imaginarias, sin soporte experimental alguno. Las hipótesis que tienen algún soporte experimental, pero que es insuficiente para convertirlas en principios científicos demostrados, se admiten siempre y cuando se distingan de estos principios establecidos como en las cuestiones añadidas a la *Óptica*. Newton creía que esta última clase de hipótesis era útil para sugerir nuevos experimentos y hacer inteligibles propiedades y principios descubiertos previamente. No obstante, si se mezclan con proposiciones establecidas o principios no habría modo de alcanzar certeza en la ciencia.⁵

4 Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 5, p. 397.

5 Para una discusión completa de las hipótesis en la filosofía natural de Newton véase mi *Fits, Passions, and Paroxysms: Physics, Method, and Chemistry and Newton's Theory of Colored Bodies and Fits of Easy Reflectio*. Cambridge, Cambridge University Press, 1993, cap. 1.2. Dado que Newton utilizaba una misma palabra para dos significados distintos de hipótesis, introduje allí una distinción entre “hipótesis imaginarias”, que se excluyen, e “hipótesis experimentales” que puede usarse siempre que se mantengan separadas de los principios establecidos, p. 13.

Al equiparar esencialmente “filosofía experimental” con filosofía natural Newton descartó completamente las hipótesis imaginarias en la filosofía natural. Mientras que el aspecto negativo de la “filosofía experimental” de Newton es muy claro, no es del todo evidente, a partir de este pasaje, cómo las proposiciones se “deducen de los fenómenos” y se “hacen generales por inducción”, y exploraré estos problemas en el presente texto. Pero ahora permítanme observar que la afirmación de Newton según la cual la “impenetrabilidad, la movilidad, y el ímpetu de los cuerpos y las leyes del movimiento y la ley de gravedad se han encontrado por este método” entrelaza tres clases muy diferentes de principios: las cualidades universales de la materia, las leyes del movimiento y una sofisticada teoría físico-matemática. La heterogeneidad de estos ejemplos podría hacernos sospechar que hay un método que subyace a su demostración. De otro lado, no es claro incluso qué son los fenómenos. La elección del término “fenómenos” era natural para los *Principia*, pues había desempeñado un papel prominente en el Libro III. Al comienzo de tal libro, antes de emprender la demostración de la atracción gravitacional universal, Newton enumera seis “Fenómenos” que son resultados observacionales —por ejemplo, el Fenómeno 3, que las órbitas de los cinco planetas primarios rodean el Sol— o conjuntos de datos astronómicos observados —tal como el Fenómeno 4 que da los datos que apoyan la tercera ley de Kepler para los cinco planetas. Pero veremos que Newton tenía en mente un concepto de fenómeno mucho más amplio.

Pasemos a las múltiples invocaciones de Newton de “filosofía experimental” para descubrir qué daba a entender por tal término. El primer uso del término “filosofía experimental” por parte de Newton que he encontrado, aunque no publicado, está en un borrador del párrafo en la Cuestión 23 para la traducción latina de la *Óptica* de 1706 en el que discute el método de análisis y síntesis. (Esta cuestión se renumeró como la 31 en la segunda edición inglesa de la *Óptica*). En esta cuestión, la más extensa, Newton decide exponer su filosofía corpuscular y defender su concepción de la filosofía natural:

El oficio de la Filosofía Experimental es sólo descubrir por la experiencia y la observación <no cómo fueron creadas las cosas sino> cuál es la constitución actual de la naturaleza. Esta investigación debe proceder primero por el Análisis, al argumentar de los efectos a las causas y de las composiciones a los ingredientes. Y cuando hayamos encontrado <los principios> [las causas y los ingredientes] de las cosas podemos proceder por <Síntesis> [composición] de aquellos Principios para explicar las cosas. Di ejemplos de este método en los dos primeros libros procediendo primero por resolución y luego por composición.⁶

6 Newton, Isaac. Cambridge University Library, MsAdd3970, f. 243r; dado que todos los manuscritos aquí citados están en esta colección, únicamente citaré en adelante el número del manuscrito. Los paréntesis

Newton continúa explicando que el tercer libro sobre la difracción estaba incompleto y que sólo había empezado el análisis y dejaba el desarrollo ulterior de tal tema a otros, declaración que sería incluida en todas las versiones siguientes de este pasaje. La primera oración, con su rechazo a las cosmogonías como la de los *Principios de la Filosofía* de Descartes, muestra que Newton compuso este párrafo con Descartes a la vista. Aunque ahora escogiera enfatizar el aspecto empírico de la ciencia con su filosofía experimental, es revelador de los fundamentos matemáticos de mucho de su pensamiento que eligiera explicar el método de la filosofía experimental por medio de conceptos tomados de las matemáticas, el método de análisis y síntesis o, como también se conocía, de resolución y composición. La adopción newtoniana de la terminología de las matemáticas griegas también reflejaba su creciente admiración por las cosas antiguas, como parte de la tradición de la *prisca sapientia* con la que muy sólidamente se hallaba comprometido. A partir de la década de 1690, Newton estaba muy interesado por la sabiduría antigua e incluso había preparado el borrador de un esolio a los *Principia* mostrando cómo los antiguos habían llegado a una teoría del inverso-cuadrado de la gravitación.⁷

En los *Principia*, los métodos de análisis y síntesis se invocan en vez de la “deducción de los fenómenos”, y en vez de emplear el término “fenómenos” utiliza aquí “experiencia y observación” que es menos vago y más apropiado para la ciencia experimental de la óptica. En versiones posteriores adoptaría “experimento” que es todavía más apropiado. Newton se enfrentaba al problema de describir brevemente su método en los *Principia* y en la *Óptica* en menos de cien palabras, e incluso con afirmaciones suficientemente generales, tenía dificultad para contener su método en los *Principia* y en la *Óptica* en una sola afirmación. En la práctica, los métodos de los *Principia* y la *Óptica* diferían enormemente, y Newton tenía que basarse en descripciones muy generales para reunir los dos. Posteriormente intentaría alinear las afirmaciones metodológicas en ambas obras. Otra diferencia, más significativa entre ellas es que en los *Principia* Newton habla

angulares indican las adiciones de Newton y los corchetes sus eliminaciones a menos que se indique otra cosa. Newton también empleaba los corchetes en sus borradores para indicar las frases que consideraba suprimir, y el primer conjunto son suyos. No indicaré los cambios en los manuscritos que no sean significativos para el argumento de este texto.

- 7 Véase McGuire, J. E. y Rattansi, P. M. “Newton and the ‘Pipes of Pan’”, en: *Notes and Records of the Royal Society of London*, 21, 1966, pp. 108-43; Casini, Paolo. “Newton: The Classical Scholia”, *History of Science*, 22, 1984, pp. 1-58; y Schüller, Volkmar. “Newton’s Scholia from David Gregory’s Estate on the Propositions IV through IX, Book III of His *Principia*”, en: Lefèvre, Wolfgang (ed.). *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century*. Boston Studies in the Philosophy of Science, 220, Dordrecht, Kluwer, 2001, pp. 213-265.

sobre la inducción como una parte esencial de su método mientras que en la *Óptica* ésta no se menciona en absoluto.

Newton decidió caracterizar primero su método empleando los términos “análisis y síntesis” (o resolución y composición) en 1703 ó 1704 para un prefacio planeado de la primera edición de la *Óptica* (al que regresaremos luego), antes de que estos términos se involucraran en la disputa de la prioridad con Leibniz. En este tiempo había dos significados del término “análisis”: un método de descubrimiento utilizado en matemáticas, lógica, y filosofía natural; y los métodos simbólico y algebraico de las matemáticas. Los dos significados están relacionados, pues el antiguo análisis matemático como un método de descubrimiento se llegó a asociar con la nueva álgebra y los métodos matemáticos. Newton llegó a rechazar este último, el método analítico moderno, y favoreció el geométrico.⁸ El análisis moderno estaba íntimamente involucrado en la disputa con Leibniz, porque los leibnizianos acusaban a Newton de no haber escrito los *Principia* de forma analítica sino más bien sintética, porque no disponía del cálculo analítico antes que Leibniz. Newton tuvo que dedicarse a una serie de estrategias defensivas para tratar satisfactoriamente con el problema del uso (o falta de uso) del análisis en los *Principia*, mientras afirmaba que había descubierto el cálculo muchos años antes.

Más tarde explicó su posición sobre esto en su reseña del *Commercium epistolicum* y luego en otros documentos no publicados,

Con la ayuda del nuevo Análisis el Sr. Newton descubrió la mayoría de las Proposiciones en sus *Principia Philosophiæ*: pero debido a que los Antiguos, para hacer estas cosas ciertas, no admitían nada en la Geometría antes de que se demostrara

8 Los métodos de análisis y síntesis se han estudiado mucho en los últimos treinta años. Uno de los asuntos principales es comprender qué entendían los antiguos matemáticos por los términos y otro es el de determinar la “dirección” del análisis, es decir, si va de lo más conocido a lo menos o viceversa. Algunos trabajos notables sobre Newton y el análisis y la síntesis, incluyendo su uso matemático, son: Guerlac, Henry. “Newton and the Method of Analysis” en: Wiener, Philip (ed.) *Dictionary of the History of Ideas*, 4 vols. New York, 1973, 3, pp. 378-391; Hintikka, Jaakko y Remes, Unto. *The Method of Analysis: Its Geometrical Origin and Its General Significance*. Dordrecht, Kluwer, 1974; Whiteside, D. T., en: Newton, Isaac. *The Mathematical Papers of Isaac Newton*. D. T. Whiteside (ed.), 8 vols. Cambridge, Cambridge University Press, 1967-1981, 7, pp. 185-199; 8, pp. 442-459; Cohen, I. Bernard. *The Newtonian Revolution. With Illustrations of the Transformation of Scientific Ideas*. Cambridge, Cambridge University Press, 1980, pp. 12-15, y p. 293, n.16; Guicciardini, Niccolò. “Analysis and Synthesis in Newton’s Mathematical Work”, en: Cohen, I. Bernard y Smith, George E. (eds.). *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge, Cambridge University Press, 2002, pp. 308-328; y aunque trata poco de Newton, Otte, Michael y Panza, Marco (eds). “Analysis and Synthesis in Mathematics: History and Philosophy”, en: *Boston Studies in the Philosophy of Science* 196. Dordrecht, Kluwer, 1997.

sintéticamente, demostró las Proposiciones sintéticamente, que el sistema de los cielos podría basarse en buena Geometría. Y esto ahora dificulta para los hombres poco hábiles ver el Análisis por el que aquellas proposiciones fueron descubiertas.⁹

Con el término “nuevo análisis”, Newton se está refiriendo al cálculo, pero en la segunda oración se mueve a su otro significado, al considerar el análisis como un método de descubrimiento. Sospecho fuertemente que Newton no introdujo el término “método de análisis” en los *Principia* para evitar posibles confusiones con su significado técnico, matemático, el cual por esta época se había convertido en una palabra delicada implicada en la controversia con Leibniz. Este factor ayuda a explicar por qué Newton no escogió exponer su nueva manera de hacer ciencia en el Escolio General empleando el método de análisis y síntesis que había adoptado para este propósito alrededor de una década antes y que ya había publicado en la traducción latina de la *Óptica*. Un segundo factor, como argumentaré más adelante, es que Newton no intentó definir completamente su método en el Escolio General hasta poco antes de ir a la imprenta. La “filosofía experimental”, “deducción de los fenómenos” e “inducción” se añadieron a último minuto específicamente para oponerse a Leibniz que, sentía Newton, lo había provocado.

Al regresar a los borradores de Newton para la Cuestión 23, vemos que revisaba y expandía este pasaje. La primera oración es la misma excepto por la supresión de “sólo”. Luego continuaba explicando los métodos de análisis y síntesis:

El oficio de la Filosofía Experimental es [sólo] descubrir por la experiencia y la observación no cómo fueron creadas las cosas sino cuál es la constitución actual de la Naturaleza. Esta investigación debe proceder primero por Análisis al argüir <de las cosas más conocidas a las cosas menos conocidas y particularmente> de los efectos a las causas y de las composiciones a sus ingredientes. Y cuando hayamos encontrado [los principios] <descubierto y establecido cualesquiera nuevas causas o ingredientes de las cosas> podemos proceder por Síntesis de aquellos <ingredientes y causas como> Principios para explicar sus efectos y composiciones. Di un ejemplo de este método en el primer libro de esta Óptica, investigando primero por Análisis las diferencias originales de los rayos con respecto a la refrangibilidad, reflexibilidad y color y luego a partir de estos (as) <diferencias consideradas como> principios,

9 [Newton], “An Account of the Book Entitled *Commercium epistolicum*,” en: *Philosophical Transactions* 29, no. 342, enero 1714/15, pp. 173-224, cita p. 206; está convenientemente reimpresso como apéndice en Hall, A. Rupert. *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge, Cambridge University Press, 1980. D. T. Whiteside ha observado en una nota a este pasaje que ha encontrado “poco para sostener” la verdad de la afirmación de Newton: “por el contrario, nos parece que, excepto por un número inicial de proposiciones en su segundo libro, los *Principia* se ‘inventaban’ en su mayor parte en la forma geométrica más alta en que se ‘componían’ para la imprenta”. Newton, Isaac. *The Mathematical Papers*. *Op. cit.*, 8, p. 599.

componiendo explicaciones a partir de los colores hechos con prismas, de los colores del arco iris y de aquellos de los cuerpos naturales. La mayor parte del libro segundo fue escrita algunos años antes que el primero y de este modo no está en un método tan bueno. No obstante, procede por Análisis para descubrir los ajustes de fácil reflexión y la fácil transmisión de los rayos y a partir de ellos se compone fácilmente la explicación de los colores de <burbujas y otras> láminas delgadas transparentes y aquellos de las plumas y los tintes.¹⁰

Después de admitir la incompletud del tercer libro, explica que siguiendo este método nuestro conocimiento de Dios y la filosofía moral se expandiría.¹¹

Las adiciones más significativas son los ejemplos de análisis y síntesis en los Libros I y II de la *Óptica* con la admisión de que el Libro II “no está en un método tan bueno”, un raro despliegue de candor y aceptación de imperfección por parte de Newton, de modo que no es tan sorprendente que rechazara esta concesión en sus últimos borradores y nunca la publicara. Puesto que Newton no expone la naturaleza precisa de los problemas metodológicos del Libro II, puedo ofrecer solamente lo que espero sean conjeturas bien fundadas así como sus limitaciones. Sus cuatro partes tratan con los colores de láminas delgadas (Partes I y II), los colores de los cuerpos naturales y la periodicidad de la luz o sus ajustes (Parte III) y los colores de láminas gruesas (Parte IV). Para entender su falta de un “buen método” es crucial comprender la historia de su composición.

Las primeras tres partes hasta la Proposición VIII de la Parte III son una ligera revisión de un texto sobre los colores de láminas delgadas y cuerpos naturales que Newton envió a la Royal Society en 1675, donde fue leído a los miembros pero no publicado. Hace una década demostré que Newton había completado la *Óptica* en algún momento cerca del otoño de 1691, y que por febrero de 1692 la había revisado y la había organizado en la forma que conocemos. Mientras trabajaba en una revisión de la parte sobre los colores de las láminas gruesas (entonces en un libro separado junto con la difracción), Newton concibió su teoría de ajustes de fácil reflexión y transmisión en la periodicidad de la luz y la agregó a las proposiciones anteriores

10 Ms Add, 3970, f. 242v.

11 Puesto que este borrador sobre la relación de la filosofía natural y el conocimiento de Dios difieren significativamente de la versión publicada lo incluyo aquí: “Y siguiendo este método hasta que lleguemos a un conocimiento tan claro y completo de la causa primera como podemos esperar a partir de los fenómenos, la Filosofía Natural se perfeccionará y se encontrará un buen fundamento para ensanchar los límites de la Filosofía Moral. <Pues si claramente vemos por la luz de la Naturaleza que hay un Dios, veremos claramente por la misma luz de la Naturaleza que él ha de ser reconocido, temido y adorado>” (*Ibid*).

sobre los colores de los cuerpos en la Parte III. También removi6 los colores de las láminas gruesas del Libro III y las convirti6 en la Parte IV del Libro II.¹²

Newton, muy apropiadamente, cita la teorí a de los ajustes como parte del análisis, pero nunca volvi6 a revisar las primeras tres partes que ya habían sido completadas para incorporar su recién formulada teorí a de los ajustes. S6lo en la cuarta parte, que de todas maneras estaba revisando, ańadi6 su teorí a de los ajustes. La primera parte consiste en veinticuatro “observaciones” cuyo eje es una descripci6n de los colores de las láminas delgadas producidos por el aire en el espacio entre dos lentes (los anillos de Newton). Contiene algunas observaciones fundamentales, tales como que los colores en los anillos de Newton se repiten de acuerdo a integrales m6ltiples del espesor del espacio de aire, pero no hay ninguna proposici6n, como las hay en el primer libro de la *Óptica* o de los *Principia*. La segunda parte consiste en “Anotaciones sobre las Observaciones precedentes”, en que explica los diversos fenómenos por medio de conclusiones extraídas de las observaciones (la síntesis). En una serie de proposiciones en la Parte III, Newton demuestra que los colores de los cuerpos naturales se producen por los corp6sculos microsc6picos de aquellos cuerpos exactamente en la misma forma que en las delgadas láminas macrosc6picas de aire. La demostraci6n es un argumento deductivo con evidencia experimental y observacional, y al llegar a la causa de los colores de los cuerpos es un análisis. No obstante en su dependencia de la causa de los colores en las láminas delgadas es una síntesis. Newton mismo tenía problemas para decidir si los colores de los cuerpos naturales son un análisis o una síntesis. En este borrador nos dice que los colores de los cuerpos (“tintes”) son una parte de la síntesis (composici6n). Si uno considera que aquí la redacci6n es ambigua, un borrador anterior era perfectamente claro: “En el segundo Libro procedí por Análisis averiguando los ajustes de fácil Reflexi6n y fácil transmisi6n de los rayos de luz y luego a partir de este Principio compuse una explicaci6n posterior de los colores de los cuerpos naturales [y de la constituci6n de aquellos cuerpos requisito para hacerlos]”.¹³ Sin embargo, en el siguiente borrador hizo los colores de los cuerpos naturales parte del análisis, que es como se expone en la edici6n publicada: “En los primeros dos Libros de esta *Óptica* procedí por análisis para descubrir y probar... las propiedades de los cuerpos tanto opacos como cristalinos de los que dependen sus reflexiones y colores”.¹⁴

12 Shapiro, Alan. *Fits, Passions, and Paroxysms: Physics, Method, and Chemistry and Newton's Theory of Colored Bodies and Fits of Easy Reflection*. Cambridge, Cambridge University Press, 1993, cap. 4.1.

13 Ms Add, 3970, f. 244r.

14 *Ibid.*, f. 86r.

La dificultad de Newton al intentar ajustar su teoría de los cuerpos coloreados a su esquema metodológico de análisis y síntesis muestra el problema de las afirmaciones metodológicas generales: éstas pueden no ajustarse a todos los casos. También ofrece una advertencia a los historiadores que trabajan retrospectivamente con tales afirmaciones metodológicas en un intento por interpretar el trabajo científico de Newton.

Unos pocos años antes de que escribiera esta nueva cuestión para la traducción latina de la *Óptica*, Newton estaba ya tan suficientemente interesando en el método y las hipótesis que planeó hacer una afirmación sobre ellos en un prefacio para la primera edición. Newton estaba claramente preocupado por la física hipotética y comienza criticando la multiplicidad de hipótesis sin fin. Los ejemplos que da en el párrafo inicial, por ejemplo, los efluvios magnéticos y la luz y el color, muestran que tenía en mente a Descartes y a los cartesianos. Newton responde,

Y no hay otra forma de hacer alguna cosa con certeza sino trazando conclusiones de los experimentos y de los fenómenos hasta que se llegue a Principios generales y luego de estos Principios se da una explicación de la Naturaleza. Lo que es cierto en Filosofía se debe a este método y nada puede hacerse sin él.¹⁵

En otro borrador del prefacio en este mismo manuscrito, Newton introduce primero una explicación de los métodos de análisis y síntesis como los fundamentos de la filosofía natural. Un aspecto interesante de esta explicación es que muestra que Newton reconocía que la física o filosofía natural es, en efecto, más compleja y difícil que las matemáticas, pues había abandonado su punto de vista anterior de una relación simple entre las dos.

Así como los matemáticos tienen dos métodos de hacer las cosas que llaman Composición y Resolución y en todas las dificultades recurren a su método de resolución antes de que compongan, de la misma manera al explicar los Fenómenos de la naturaleza se han de usar métodos semejantes y el que espera éxito debe resolver antes de que componga. Pues las explicaciones de los Fenómenos son problemas mucho más duros que los de las Matemáticas. El método de Resolución consiste en ensayar experimentos y considerar todos los fenómenos <de la naturaleza> que se relacionan con el sujeto a la mano <y extraer conclusiones a partir de ellos> y examinar la verdad de estas conclusiones por nuevos experimentos y extraer nuevas conclusiones (si se puede) a partir de estos experimentos y proceder alternativamente de los experimentos a las conclusiones y de las conclusiones a los experimentos hasta que se llegue a las propiedades generales de las cosas, [y por los experimentos y los fenómenos haber establecido la verdad de estas propiedades]. Luego, asumiendo estas propiedades como Principios de Filosofía, pueden explicarse por ellas las causas de tales fenómenos como se sigue de ellos: lo que es el método de composición. Pero si se

15 *Ibid.*, f. 479r. J. E. McGuire descubrió e identificó este manuscrito: “Newton’s ‘Principles of Philosophy’. An Intended Preface for the 1704 *Opticks* and a Related Draft Fragment”, en: *British Journal for the History of Science*, 5, 1970, pp. 178-189.

fingen hipótesis sin derivar las propiedades de las cosas de los fenómenos y se piensa explicar por ellas toda la naturaleza puede hacerse un sistema plausible de Filosofía para hacerse un nombre, pero ese sistema será poco mejor que una Novela.¹⁶

Es muy claro que la introducción de los métodos de análisis y síntesis (que todavía llama resolución y composición), estaba en estrecha relación con la defensa por parte de Newton de su aproximación a la ciencia y dirigida contra los filósofos hipotéticos. En ese entonces, alrededor de 1704, Descartes era su mayor interés, pero para la década siguiente sería Leibniz.¹⁷

La descripción que aquí se da del análisis —“proceder alternativamente de los experimentos a las conclusiones” y “considerando todos los fenómenos de la naturaleza que se relacionan con el sujeto a la mano”— es la más detallada que Newton proporciona de él y la que describe de manera más apropiada su método tal como se aplicó en la óptica, especialmente en la teoría del color. Aunque Newton no menciona la inducción en su trabajo óptico hasta la segunda edición inglesa de la *Óptica* en 1717, también es éste probablemente el procedimiento que tenía en mente para postular principios “generales por inducción” en una ciencia experimental y a los que se referiría posteriormente como “el consentimiento de los fenómenos”.

Pero regresemos aún de nuevo a la Cuestión 23 y a la “filosofía experimental”. En la versión que efectivamente publicó en la traducción latina de 1706, Newton eliminó la frase “filosofía experimental” y la sustituyó por la más tradicional “filosofía natural”, mostrando que la filosofía experimental era simplemente la variedad de Newton de filosofía natural. Por qué decidió no introducir su “filosofía experimental” en esta época no es claro para mí:

Como en matemáticas, también en filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis debe siempre preceder el método de composición. Este Análisis consiste en [argumentar] <hacer experimentos y observaciones y argumentar por ellos> de las composiciones a los ingredientes y de los movimientos a las fuerzas que los producen y en general de [los fenómenos] <efectos> a sus causas y de las causas particulares a las más generales hasta que el argumento termine en el más general: La síntesis consiste en asumir las causas descubiertas y establecidas como principios; y por ellos explicar los fenómenos procediendo de ellos y probando

16 *Ibid.*, f. 480v; los corchetes son de Newton.

17 De hecho, Newton había introducido el concepto de los métodos de análisis y síntesis en su prefacio a la primera edición de los *Principia*, aunque sin usar estos términos. En una famosa oración programática sobre la búsqueda de fuerzas como fundamento de la filosofía natural, escribía que “toda dificultad de la filosofía parece ser descubrir las fuerzas de la naturaleza a partir de los fenómenos de los movimientos y luego demostrar los demás fenómenos a partir de estas fuerzas”; Newton, Isaac. *Principia. Op. cit.*, p. 382.

las explicaciones. En los dos primeros Libros de esta Óptica procedí por análisis para descubrir y probar las diferencias originales de los rayos de luz con respecto a la refrangibilidad, reflexibilidad, y el color y sus ajustes alternativos de fácil reflexión y fácil transmisión y las propiedades de los cuerpos tanto opacos como cristalinos de los que dependen sus reflexiones y colores: y habiendo probado estos descubrimientos pueden asumirse como Principios en el método de Composición para explicar los Fenómenos que surgen de ellos: di un ejemplo de tal método al final del Libro primero.¹⁸

Podemos notar algunos cambios menores con respecto a la versión precedente. El Libro II se ve ahora como una ejemplificación del método de análisis y síntesis sin restricción y Newton está intentado incluir los *Principia* al introducir “argumentando... de los movimientos a las fuerzas que los producen” como un ejemplo de composición o síntesis.¹⁹

Sólo en la segunda edición inglesa de 1717 (esto es, en la edición con la que estamos más familiarizados) Newton restablece el término “filosofía experimental” e introduce el método de inducción:

Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, <y en extraer conclusiones generales a partir de ellos por inducción, y en no admitir objeciones contra las conclusiones, a menos en la medida en que sean tomadas de los experimentos o de otras verdades ciertas. Pues las hipótesis no deben considerarse en filosofía experimental. Y aunque argumentar a partir de los experimentos y las observaciones por inducción no sea una demostración de las conclusiones generales es, no obstante, la mejor manera de argumentar que admite la naturaleza de las cosas y ha de considerarse más fuerte en cuanto la inducción sea más general. Y si no ocurre excepción a partir de los fenómenos, la conclusión puede proclamarse en general. Pero si en algún momento posterior ocurre alguna excepción de los experimentos, deben comenzar a pronunciarse con tales excepciones en cuanto ocurran>.²⁰

En un borrador para los *Principia* de más o menos la misma época, Newton esclarece que por una “inducción más general” quiere decir un mayor número de

18 Ms Add, 3970, f. 286r. Esta es la versión inglesa de Newton de este párrafo que sirvió como la base para la traducción latina de Clarke, que difiere un poco del texto de Newton; Newton, Isaac. *Optice: sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus Lucis. Latine reddidit Samuel Clarke, A.M. Reverendo admodum Patri ac Dno Joanni Moore Episcopo Nowicensi a Sacris Domesticis. Accendunt Tractatus duo ejusdem Authoris de Speciebus & Magnitudine Figurarum Curvilinearum, Latine scripti*. Londini, Impensis Sam. Smith & Benj. Walford, Regiae Societatis Typograph. Ad Insignia Principis in Coemetrio D. Pauli., 1706, pp. 347-348.

19 Ésta es una alusión a su afirmación en el Prefacio a los *Principia*; véase nota 17, *supra*.

20 Newton, Isaac. *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light*. Based on the Fourth Edition London, 1730. New York, Dover, 1952., p. 404. El pasaje en paréntesis angulares fue añadido en la edición inglesa. El resto de este párrafo permaneció en gran medida sin cambio a partir de la edición latina.

de experimentos o fenómenos.²¹ El reconocimiento por parte de Newton de las limitaciones de las investigaciones empíricas y de la inducción es una admisión significativa. Ya no está insinuando siquiera el carácter infalible de su método como lo había hecho unos cuarenta años antes. Esta afirmación es casi la misma que la cuarta regla para filosofar que añadió a la tercera edición de los *Principia* en 1726.²²

Con esta adición a la Cuestión 31, Newton ha logrado, al menos verbalmente, reunir las dos descripciones de su método, análisis y síntesis en la *Óptica* y deducción de los fenómenos e inducción en los *Principia*. Ambos, sin duda, enfatizan que el punto de partida de la filosofía experimental son los fenómenos, pero difieren por lo demás en la manera como se aproximan a la descripción del método. En el Escolio General es más epistemológica, al enfatizar la fuente del conocimiento y su generalización por inducción. La descripción en la *Óptica* es más metodológica al explicar cómo proceder en la ciencia, a saber, por análisis para descubrir los elementos o causas y luego por síntesis explicar las causas de otros fenómenos. Sin duda, los ejemplos que Newton tiene en mente eran la deducción de las fuerzas a partir de los movimientos en mecánica y la descomposición de la luz en los colores espectrales.

Un borrador anterior de este párrafo para la segunda edición inglesa de la *Óptica* arroja más luz sobre el concepto de fenómeno de Newton, un componente esencial de su filosofía experimental. Inmediatamente después de declarar “Pues las hipótesis no han de considerarse en filosofía experimental” añadió:

Ni hemos de considerar aquí principios metafísicos a menos en la medida en que estén basados en la experiencia. Pues toda metafísica que no se base en la experiencia es hipotética: y en la medida en que las proposiciones metafísicas estén basadas en la experiencia son parte de la filosofía experimental. Incluso la célebre proposición *ego cogito ergo sum* nos es conocida por la experiencia. Sabemos que pensamos por una sensación interna de nuestros pensamientos. Y, por tanto, a partir de tal proposición no

21 En un borrador del Prefacio para los *Principia*, que Whiteside data entre 1716-1718, Newton escribió que para “un argumento por inducción... mientras más numerosos sean los experimentos o fenómenos de los que se deduce más fuerte se prueba que es”; Newton, Isaac. *The Mathematical Papers*. *Óp. cit.*, 8, p. 452, n. 34.

22 La regla 4 postula: “En filosofía experimental, las proposiciones obtenidas por inducción a partir de los fenómenos han de considerarse verdaderas exacta o muy aproximadamente, a pesar de las hipótesis, hasta que aparezcan otros fenómenos que las hagan más exactas o expuestas a excepciones. Esta regla debe seguirse de modo que los argumentos basados en la inducción no sean anulados por las hipótesis” (Newton, Isaac. *Principia*. *Óp. cit.*, p. 796). La única diferencia posible entre estas dos afirmaciones es que aquí Newton sostiene que las conclusiones son “verdaderas exacta o muy aproximadamente” mientras que en la *Óptica* que “pueden proclamarse en general”, es decir, depende de si “exacta o muy aproximadamente” difiere significativamente de “en general”.

podemos concluir que nada más es verdadero que lo que deducimos de la experiencia. E incluso todos los argumentos para probar una deidad que no sean tomados de los fenómenos son poco mejores que sueños.²³

Newton está declarando indudablemente que la metafísica que se basa en la experiencia o en los fenómenos es una parte de la filosofía experimental. Justifica esta inclusión por su definición de experiencia que incluye todas las sensaciones, incluyendo las sensaciones internas. De ahí que el célebre “pienso, luego existo” de Descartes pertenezca a la filosofía experimental. Las pruebas de la existencia de Dios pueden pertenecer a la filosofía experimental de la misma manera. Después de todo, Newton había declarado antes públicamente en el Escolio General que “tratar a Dios a partir de los fenómenos es ciertamente una parte de la filosofía experimental”.²⁴ Anteriormente, en lo que supongo que es un intento en un borrador para las cuestiones añadidas a la edición latina, amplía este punto: “Vemos los efectos de una Deidad en la creación y de ahí obtenemos la causa[,] y por tanto la prueba [de] una deidad y lo que son sus propiedades pertenece a la filosofía experimental”.²⁵ La metafísica y disertar sobre Dios pertenecen a la filosofía experimental siempre que se basen en los fenómenos, de lo contrario son hipotéticas y no tienen lugar en ella.

En la época que Newton estaba preparando la segunda edición inglesa de la *Óptica*, estaba trabajando también en una tercera edición de los *Principia* y había hecho borradores de la cuarta regla así como nuevas definiciones y un prefacio. La mayoría de estos pasajes, así como otros documentos a los que volveremos en un momento, estaban dirigidos directamente a Leibniz y los leibnizianos, pues la disputa original por la prioridad sobre la invención del cálculo había crecido después de 1710 a una guerra a gran escala sobre la filosofía natural.²⁶ Cuando Newton afirmó en el Escolio General en 1713 que “las hipótesis no han de considerarse en la filosofía experimental” intentaba eliminar todas las objeciones contra su teoría de la gravedad que no estuvieran basadas en los experimentos y la observación o los fenómenos, como las de Leibniz.

23 Ms Add, 3970, f. 621v. La oración final remplace “Las pruebas metafísicas de una deidad no fundamentadas en los fenómenos son sueños”.

24 Newton, Isaac. *Principia. Óp. cit.*, p. 943. En la tercera edición cambió “filosofía experimental” por “filosofía natural”.

25 Ms Add, 3970, f. 619v; los corchetes son míos.

26 Para una explicación completa de la disputa entre Newton y Leibniz, véase Hall, A. Rupert. *Philosophers at War. Óp. cit.*, especialmente el capítulo 8, “El debate filosófico”.

Aproximadamente en la misma época que Newton había escrito este borrador para la Cuestión 31 y había anunciado que las sensaciones internas son fenómenos, preparó en borrador una serie de definiciones de este término crucial para su prevista nueva edición de los *Principia*. J. E. McGuire publicó estos manuscritos en 1966 y los dató en 1716 como parte de una campaña por parte de Newton contra Leibniz. McGuire estaba interesado principalmente en el concepto newtoniano de cuerpo, pero en el mismo conjunto de borradores Newton también intentó definir su concepto de fenómeno. En el siguiente borrador hace explícito lo que está sólo implícito en su borrador para la Cuestión 31:

Definición I

Llamo fenómeno a lo que puede percibirse, bien sea cosas externas que se conocen por los cinco sentidos o cosas internas que contemplamos en nuestra mente al pensar. Como que el fuego es caliente y el agua es húmeda, el oro es pesado, y el sol luminoso, yo soy y yo pienso. Todas estas son cosas sensibles y pueden llamarse fenómenos en un sentido amplio; pero aquellas cosas son <propriadamente llamadas> fenómenos, las que pueden verse, pero entiendo la palabra en un sentido más amplio.²⁷

Claramente Newton es consciente de que su concepto de fenómeno no es el propio, el ordinario y que lo ha ampliado. Para mí no es claro por qué estaba contemplando introducir un concepto tan amplio de fenómeno durante este periodo de dos o tres años. Aparentemente, recapacitó al respecto, pues no aparece en las cuestiones revisadas de la edición de 1717 de la *Óptica* o en la tercera edición de los *Principia* en 1726. Haberlo publicado sólo habría generado más controversia, de la que ya había bastante.

En otro borrador Newton presenta una serie de ejemplos de lo que consideraba eran fenómenos imaginarios o hipotéticos, algo que nunca identificó públicamente:

Definición II

[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.²⁸

27 McGuire, J. E. "Body and Void and Newton's *De mundi systemate*: Some New Sources", en: *Archive for History of Exact Sciences*, 3, 1966, pp. 206-248, cita de las pp. 238-239; Ms Add, 1965, f. 422v. He editado las traducciones de McGuire pues pone todos los cambios —tanto añadidos como supresiones— en cursivas.

28 McGuire, J. E. "Body and Void". *Óp. cit.*, pp. 220-221; Ms Add, 3965, f. 422r. El corchete inicial es de Newton.

Estas hipótesis imaginarias difieren claramente de la clase de hipótesis a las que Newton se dedicaba en las cuestiones de la *Óptica*, tales como los corpúsculos de luz, las fuerzas de corto rango y los átomos, de las que tenía cierta evidencia experimental pero insuficiente para hacerlas principios demostrados.

Contra Leibniz

Pasemos ahora a Leibniz como blanco inmediato de Newton en la afirmación metodológica del Escolio General y la razón de Newton para añadirla. Leibniz criticó pública, pero sutilmente, las ideas de Newton sobre la atracción en sus *Ensayos de Teodicea* (1710), pero no es claro cuándo Newton los haya visto.²⁹ Lo que con seguridad llamó su atención fue una carta que Leibniz escribió a Nicolas Hartsoeker en febrero de 1711 criticando sus teorías físicas. Esta carta, junto con la respuesta de Hartsoeker, se había publicado en el Continente, pero cuando Newton vio la traducción publicada en las *Memorias de Literatura* en el número del 5 de mayo de 1712 lo irritó. Preparó en respuesta una carta al editor pero no la envió. Newton pudo haber escrito su carta al editor algún tiempo después del 5 de mayo de 1712, pero sostengo que es poco probable que se diera cuenta de la “carta muy extraordinaria” de Leibniz hasta poco después del 18 de marzo de 1713, cuando Cotes llamó su atención sobre ella.³⁰ Esto sucede justo diez días antes de que Newton enviara a Cotes sus cambios finales para el Escolio General el 28 de marzo de 1713. Estos cambios (que se indican en paréntesis angulares en la cita de la nota 2) incluyen la adición de la frase con el término “filosofía experimental” y las dos oraciones siguientes que definen tal filosofía y dan ejemplos de lo que se ha encontrado por tal método. Los editores de la *Correspondencia* de Newton han anotado que sus borradores anticipan sus comentarios metodológicos en el Escolio General.³¹ De hecho, creo que son paralelos al Escolio General porque éste ya había sido escrito y enviado a Cotes el 2 de marzo; y que fue la carta de Leibniz a Hartsoeker la que

29 Newton conocía la *Teodicea* por la época en que escribió su reseña del *Commercium epistolicum* en 1715, porque lo menciona en un borrador, Ms Add, 3968, f. 25r.

30 Cotes escribió a Newton que en su prefacio planeado para los *Principia* intentaba responder varias críticas de la carta, “Como que abandona las causas mecánicas, está construida sobre milagros y apela a las cualidades ocultas. Que no puede pensar que sea innecesario responder a tales objeciones, tendría a bien consultar un diario semanal llamado *Memorias de Literatura*... En su decimotercero número... publicado el 5 de mayo de 1712 encontrará una carta muy extraordinaria del Sr. Leibniz al Sr. Hartsoeker que confirmará lo que le he dicho”; Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 5, pp. 392-393.

31 *Ibid.*, p. 302, n. 8. Deberíamos recordar que en la misma época Newton también añadió la afirmación según la cual disertar sobre Dios pertenece a la filosofía experimental; véase nota 2, *supra*.

movió a Newton a resucitar el término “filosofía experimental”, que había utilizado tentativamente en la traducción latina de la *Óptica* antes que decidir permanecer con el más tradicional “filosofía natural”. Como veremos, las anotaciones de Leibniz son también responsables de la sección sobre filosofía natural con que concluye la reseña de Newton del *Commercium epistolicum* en 1715.

En su carta a Hartsoeker, Leibniz no mencionaba a Newton por su nombre, pero acusaba que el concepto de gravedad de acción a distancia requería un milagro continuo a diferencia de la explicación mecánica, racional por medio del éter. Concedía que en cierto modo cada cosa es un milagro, pero distinguía entre milagros racionales, como cuando “un planeta se mantiene en su orbe por la materia, que constantemente lo dirige hacia el sol” y los milagros sobrenaturales, “o más bien entre una explicación razonable y una ficción inventada para sostener una opinión mal fundada. Tal es el método de aquellos que dicen... que todos los cuerpos se atraen mutuamente por una ley de la naturaleza, que Dios hizo al comienzo de las cosas”. Leibniz entonces identificaba el concepto newtoniano de gravedad, que es “realizado sin ningún mecanismo, por una simple *cualidad primitiva*, o por una ley de Dios” como una “cualidad oculta poco razonable, y tan oculta, que es imposible que alguna vez pueda ser clara...”³²

Leibniz luego pasó a una cualidad universal o primaria, la dureza: “Si alguien... pretende que la dureza provenga de alguna otra causa que la mecánica, y si recurre a una dureza primitiva, como hacen los defensores de los átomos, recurre a una cualidad que es tan oculta que nunca puede hacerse clara...”³³ Esto también era un ataque contra Newton por medio del recurso de responder a Hartsoeker, quien como atomista sostenía que la dureza era una propiedad original de los átomos. Leibniz se refería sin duda al pasaje de la Cuestión 23 en que Newton sugería que “tras considerar todas estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado al comienzo la materia en forma de partículas sólidas, másicas, duras, impenetrables y móviles, de tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas”.³⁴ Aunque Newton sólo está ofreciendo como una conjetura probable que Dios creara los átomos con estas propiedades, en su tercera regla para filosofar en la segunda edición de los *Principia* (que Leibniz vio sólo después de

32 Leibniz, Gottfried Wilhelm. “Philosophical Letters Written by M. Leibniz and M. Hartsoeker”, *Memoirs of Literature* 2, n.º 18, 5 de mayo de 1712, pp. 137-43, cita p. 139.

33 *Ibid.*

34 Newton, Isaac. *Opticks. Óp. cit.*, p. 400. Aunque la segunda edición inglesa que cito aquí difiere en un número de lugares de la edición latina que Leibniz vio, no afectan la crítica e interpretación de Leibniz.

su carta a Hartsoeker) establece estas propiedades como propiedades universales de toda materia. Para Newton, el único asunto de conjetura era si Dios creó las partículas, no si existían.

En el borrador de respuesta, Newton sostuvo, tanto como había hecho en el Escolio General, que la existencia de la gravedad “se ha probado por demostraciones matemáticas basadas en los experimentos y los fenómenos de la naturaleza: y el Sr. Leibniz mismo no puede negar que se han probado”. Pero las anotaciones posteriores de Newton muestran realmente qué era lo que le molestaba “porque no explican la gravedad por medio de una hipótesis mecánica, los acusa de hacer una cosa sobrenatural, un milagro y una ficción inventada para sostener una opinión mal fundada”.³⁵ Newton también respondió a la exigencia de Leibniz según la cual la dureza requiere una causa mecánica, expandiéndola para incluir todas las cualidades universales,

así entonces la gravedad y la dureza no deben pasar por cualidades ocultas poco razonables, a menos que se puedan explicar mecánicamente. Y por qué no puede decirse lo mismo de la vis inertiae y de la extensión, la duración y la movilidad de los cuerpos, y con todo ningún hombre intentó alguna vez explicar estas cualidades mecánicamente, o tomarlas por milagros o cosas sobrenaturales o ficciones o cualidades ocultas. Estas son las cualidades manifestas, naturales, reales, razonables de todos los cuerpos que tienen lugar en ellos por la voluntad de Dios desde el comienzo de la creación y perfectamente incapaces de ser explicadas mecánicamente, y así puede ser la dureza de las partículas primitivas de los cuerpos.³⁶

Examinaré después el argumento de Newton en favor de la existencia de las cualidades universales, pero debemos notar que ha intentado mover el asunto a cualidades menos problemáticas como la inercia y la extensión, y después más bien argumenta tentativamente que la dureza también “puede ser” una cualidad universal. Una razón por la que Newton pudo no haber enviado esta carta es la afirmación, sin matización de su naturaleza conjetural, de que Dios creó las propiedades universales.

El borrador de la carta de Newton al editor no contiene el término “filosofía experimental”. La acusación de Leibniz de que su concepto de gravedad era “una ficción inventada para sostener una opinión mal fundada” debe haber herido profundamente a Newton, pues si tenía un principio metodológico desde su primera publicación cuarenta años antes hasta la última, éste era la exclusión de las hipótesis de la filosofía natural. Si estoy en lo correcto al afirmar que Newton hizo el borrador de su carta después de que el Escolio General fue inicialmente enviado a Cotes,

35 Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 5, p. 299.

36 *Ibid.*, p. 300.

entonces esto fácilmente explicaría sus últimas adiciones al Escolio General pocos días después. La “filosofía experimental” le permitía invertir la posición con Leibniz y responder que lejos de proponer sus ficciones era Leibniz quien invocaba una filosofía hipotética. El 28 de marzo Newton instruyó a Cotes para hacer la siguiente adición (en paréntesis angulares) al Escolio General:

Y las hipótesis, bien sean metafísicas o físicas, o basadas en cualidades ocultas o mecánicas <no tienen lugar en la filosofía experimental. En esta filosofía, las proposiciones se deducen de los fenómenos y se hacen generales por inducción. La impenetrabilidad, la movilidad, y el ímpetu de los cuerpos, y las leyes del movimiento y la ley de gravedad se han encontrado por este método.>³⁷

La adición excluye las hipótesis, como las de Leibniz, de la filosofía natural o “experimental”, mientras que en la versión anterior simplemente declaraba que no las seguía. La introducción de las cualidades universales en la oración final responde también a la acusación de Leibniz en su carta a Hartsoeker.

El *Commercium epistolicum* fue el reporte dado por la Royal Society en 1712 para arbitrar la disputa de la prioridad del cálculo entre Newton y Leibniz. Como si no fuera suficiente para Newton como Presidente de la Royal Society haber designado el comité y luego haber escrito anónimamente el reporte, también lo reseñó anónimamente en las *Philosophical Transactions* en enero de 1715. La mayor parte de esta extensa reseña está dedicada a las matemáticas, pero en la conclusión Newton vuelve a muchos de los asuntos de filosofía natural que lo separan de Leibniz. Newton empuña su “filosofía experimental” en un contexto estrictamente polémico para contrastar la filosofía hipotética de Leibniz con su propia filosofía experimental,

La filosofía a la que se ha dedicado el Sr. Newton en sus *Principios* y *Óptica* es experimental; y no es el oficio de la filosofía experimental enseñar las causas de las cosas más allá de lo que pueden probarse por experimentos. No hemos de llenar esta filosofía con opiniones que no puedan probarse por medio de los fenómenos. En esta filosofía las hipótesis no tienen lugar, a menos como conjeturas o cuestiones propuestas para ser examinadas por experimentos.³⁸

Durante una página y media continúa citando los numerosos pasajes en que admite que no conocía la causa de la gravedad. Exasperado lamenta: “Y después de todo esto, uno se sorprende de que el Sr. Newton deba ser desacreditado por no explicar las causas de la gravedad y de otras atracciones por medio de

37 Newton, Isaac. *Principia*. *Óp. cit.*, p. 943; véase también la nota 2, *supra*.

38 [Newton], Isaac. “An Account of the Book Entitled *Commercium epistolicum*”, en: *Philosophical Transactions* 29, n.º 342 (enero 1714/15), p. 222.

hipótesis; como si fuera un crimen contentarse con certezas y dejar a un lado las incertidumbres”.³⁹ En conclusión, contrasta aún más sus filosofías y continúa utilizando la resucitada “filosofía experimental” como un poderoso recurso para ridiculizar a Leibniz:

Debe concederse que estos dos caballeros difieren mucho en filosofía. El uno procede sobre la evidencia que surge de los experimentos y los fenómenos, y se detiene donde se carece de tal evidencia; el otro se arma con hipótesis y las propone, no para ser examinadas con experimentos, sino para creerlas sin examen. El uno, por carecer de experimentos para decidir la cuestión, no afirma si la causa de la gravedad es mecánica o no mecánica; el otro afirma que es un milagro perpetuo si no es mecánica. El uno (por medio de la investigación) atribuye al poder del Creador que las partículas mínimas de materia son duras: el otro atribuye la dureza de la materia a movimientos conspirantes y la llama un milagro perpetuo si la causa de esta dureza es otra que mecánica.... Y ¿debe la filosofía experimental desmentirse como *milagrosa* y *absurda*, porque no afirma nada más que lo que puede probarse por experimentos, y no podemos, con todo, probar por medio de los experimentos que todos los fenómenos en la naturaleza pueden resolverse por meras causas mecánicas? Ciertamente estas cosas merecen considerarse mejor.⁴⁰

Muchos borradores de la reseña de Newton sobreviven. En éstos desahoga su ira contra Leibniz, y no me puedo resistir a incluir un pasaje en que hace alarde de su destreza experimental para ridiculizar aún más a Leibniz:

“Y ¿debe la filosofía experimental volverse incierta, llenándola de <opiniones> [hipótesis] no probadas aún por experimento alguno? El Sr. Leibniz nunca encontró ni un solo experimento en toda su vida para probar cosa alguna; el Sr. Newton ha descubierto y probado, por tan grande multitud de nuevos experimentos, muchas cosas sobre la luz y los colores y ha establecido una nueva teoría de ellos que nunca ha de debilitarse”.⁴¹

Éste es el único pasaje que he encontrado en el que Newton apele a experimentos reales cuando invoca su “filosofía experimental”.

El rechazo por parte de Newton de las exigencias de Leibniz de las explicaciones mecánicas de la gravedad y la dureza muestra que Newton ha variado el significado de la filosofía experimental con respecto al que había adquirido en la Restauración. De acuerdo con Charles Webster, los términos “filosofía mecánica” y “filosofía experimental” eran sinónimos, como en los escritos de Boyle y Hooke.⁴²

39 *Ibid.*, p. 223.

40 *Ibid.*, p. 224.

41 Ms Add, 3968, f. 586v.

42 Webster, Charles. “Henry Power’s Experimental Philosophy”, *Ambix*, 14, 1967, pp. 150-178, esp. n. 66.

Por ejemplo, en el prefacio a su *Micrographia*, Hooke habla de la “filosofía real, mecánica, experimental”.⁴³ La filosofía experimental —como declara su nombre— se asociaba siempre con el experimento y la observación. No había duda de que, a causa de su asociación con el empirismo, el experimento y la observación, Newton escogió el término filosofía experimental.

Pocos años antes de que Newton usara por primera vez [el término] “filosofía experimental”, William Whiston, quien había asumido las responsabilidades de Newton como profesor lucasiano en la Universidad de Cambridge cuando Newton partió a Londres, había usado el término defendiendo la Teoría sagrada de la Tierra de Thomas Burnet así como su propia *Nueva teoría de la Tierra* contra las críticas de John Keill. “No estamos ahora en un vórtice cartesiano”, escribía Whiston, “en que la fantasía y el artificio pueden introducir y esconder al antojo cualquier efecto: sino que estamos en la Filosofía Experimental y Mecánica, que es una cosa inflexible, y no está del todo sujeta a nuestras inclinaciones”.⁴⁴ Whiston aún iguala las filosofías experimental y mecánica, pero ahora emplea ambos como términos anti-hipotéticos, lo que representa un nuevo giro de estos viejos términos. Aunque Newton poseía este folleto, no podemos asumir que Whiston influenciara a Newton en la elección de este término, o viceversa, dado que no hay evidencia sobre el asunto.⁴⁵

El significado de la filosofía mecánica era más complejo y variado que el de “filosofía experimental”. Contenía un número diferente e interrelacionado de elementos, incluyendo los siguientes: el mundo y sus componentes se comportan como una máquina; o, de manera más fuerte, el mundo puede describirse únicamente por las leyes matemáticas de la mecánica; toda causalidad se da por acción de contacto, de modo que se destierran los agentes espirituales e inmateriales; la materia se compone de corpúsculos indivisibles; y pueden formularse hipótesis sobre las propiedades y movimientos de estos corpúsculos invisibles para explicar efectos visibles.⁴⁶ Diferentes filósofos naturales adoptaban combinaciones variadas de estos

43 Hooke, Robert. *Micrographia: Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquiries Thereupon*. Londres, 1665; reimpresión facsimile: Bruselas, 1966, p. a[3].

44 Whiston, William. *A Vindication of the New Theory of the Earth from the Exceptions of Mr. Keill and Others*. Londres, 1698, p. 22; ésta fue reeditada en 1700 como *A Second Defence of the New Theory of the Earth from the Exceptions of Mr. John Keill*, y contiene el pasaje idéntico. El trabajo de Whiston es una respuesta al de Keill intitulado *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth. Together with Some Remarks on Mr. Whiston's New Theory of the Earth*. Oxford, 1698.

45 Harrison, John. *The Library of Isaac Newton*. Cambridge, CUP, 1978, n.º 1692.

46 Sobre la relación de Newton con la filosofía mecánica véase Gabbey, Alan. “Newton, Active Powers, and the Mechanical Philosophy”, *The Cambridge Companion to Newton*, pp. 329-357.

elementos, pero Descartes, tal vez el filósofo mecánico arquetípico, los adoptó todos. En el continente, bajo la influencia de Descartes, había una amplia aceptación de la exigencia de explicaciones mecánicas por medio de corpúsculos y acción por contacto. Puesto que estas explicaciones involucraban movimientos invisibles de corpúsculos invisibles, necesariamente involucraban explicaciones hipotéticas. La exigencia de matematización de la naturaleza no estaba tan difundida, pero podemos notar que los dos neo-cartesianos más eminentes en el continente, Huygens y Leibniz, estaban profundamente comprometidos con ella tanto como Newton. En Inglaterra había una resistencia a aceptar que todo fenómeno podía explicarse únicamente por materia en movimiento y acción por contacto, y se consideraban diversos principios activos.⁴⁷ La matematización tampoco se consideraba ampliamente como un aspecto esencial de la filosofía mecánica. Aunque la filosofía mecánica se formuló a comienzos del siglo XVII, Boyle introdujo el término en 1661. A pesar de las diferencias entre cartesianos y atomistas, comparados con los aristotélicos, Boyle explicaba “ambas partes coinciden en deducir todos los fenómenos de la naturaleza de la materia y el movimiento local”, de modo que podían considerarse “una filosofía. La cual, porque explica las cosas por corpúsculos o cuerpos diminutos, puede llamarse (no desacertadamente) corpuscular... algunas veces también la califico como la hipótesis o filosofía mecánica”.⁴⁸ Boyle era quizá el exponente inglés líder de la filosofía mecánica y tenía reservas acerca de la mecanización y matematización extrema. En sus años de formación, Newton estudió a fondo todas las obras disponibles de Descartes y Boyle.

Desde el comienzo de su carrera, Newton actuó en el marco de la filosofía mecánica, pero nunca se adhirió estrictamente a todos sus elementos, excepto por la naturaleza corpuscular de la materia y el ideal de matematización.⁴⁹ Dentro de lo que puedo determinar, Newton no parece haber utilizado el término “filosofía mecánica” en el siglo XVII (y en últimas tal vez nunca), sino más bien términos más restringidos como “hipótesis mecánicas” o “causas mecánicas”.⁵⁰ Su uso del término

47 Henry, John. “Occult Qualities and the Experimental Philosophy: Active Principles in Pre-Newtonian Matter Theory”, en: *History of Science*, 24, 1986, pp. 335-81.

48 Boyle, Robert. “Some Specimens of an Attempt to Make Chymical Experiments Useful to Illustrate the Notions of the Corpuscular Philosophy”, en: Hunter, Michael y Davis, Edward B. (eds.). *The Works of Robert Boyle*, 14 vols, London/Brookfield, Vt., 1999, p. 87.

49 Véase, por ejemplo, McGuire, J. E. y Tamny, Martin. *Certain Philosophical Questions: Newton's Trinity Notebook*. Cambridge, Cambridge University Press, 1983, pp. 323-324; Shapiro, Allan. *Fits, Passions, and Parosysms*. *Óp. cit.*, pp. 73-77; y Gabbey, Alan, “Newton, Active Powers, and the Mechanical Philosophy”. *Óp. cit.*

50 Sobre las “hipótesis mecánicas” véase la carta de Newton a Oldenburg para Hooke, Junio 11 de 1672, Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 1, p. 174; y su carta a Huygens del 3 de abril de 1673,

“mecánica” en vez de “filosofía mecánica” refleja su falta de compromiso con tal filosofía, así como su rechazo a los sistemas especulativos de pensamiento científico. Newton no era un filósofo sistemático y cuando anunció su nueva “filosofía experimental” la definió metodológicamente y no como una filosofía natural. Con seguridad, después de los *Principia* y la introducción del concepto de fuerza, el cual Newton esperaba que fuera el nuevo fundamento de la filosofía natural, se había alejado de la filosofía mecánica. Los significados de “mecánica” (*mechanics*) y “mecánica” (*mechanical*) cambiarían en consecuencia. Una explicación mecánica de la gravedad había sido el santo grial de la filosofía mecánica y dedicados filósofos mecánicos —incluyendo a Newton mismo— intentaron explicarla por acción por contacto de partículas etéreas. Después, los *Principia*, como explicó Newton a Leibniz, la descartaron en gran medida.

Cuando a comienzos del siglo XVIII Newton buscaba un nombre para defender y definir su filosofía natural, especialmente la de los *Principia*, naturalmente se habría sentido atraído por “filosofía experimental” debido a su asociación con un enfoque empírico de la ciencia. Pero la “filosofía experimental” de Newton ya no era equivalente a la filosofía mecánica, como había sido cuarenta años antes. Newton rechazaba las explicaciones hipotéticas de la filosofía mecánica y el requerimiento de acción por contacto. Su uso de la “filosofía experimental” en contra de la exigencia de Leibniz de una explicación mecánica de la gravedad muestra precisamente cuánto había cambiado el término.

Que la “filosofía experimental” podía servir como un arma poderosa en contra de los mecanicistas leibnizianos y cartesianos se vuelve más evidente a partir del prefacio de Cotes a la segunda edición de los *Principia*, en que presentaba y defendía la filosofía natural newtoniana. Newton no jugó otro papel directo en la composición del prefacio que el de proveer algunas directrices a Cotes, pero éste conocía el pensamiento de Newton y había estudiado cuidadosamente sus afirmaciones metodológicas en las cuestiones y en el Escolio General. Comienza el prefacio dividiendo los filósofos naturales en tres grupos. Primero están aquellos, en particular los aristotélicos, que dotan las cosas con cualidades ocultas. El segundo

p. 264. En el borrador de su respuesta a Hooke, Newton se refería a las “causas mecánicas” de las propiedades, Ms. Add, 3970, f. 433v. Sobre las “explicaciones mecánicas” y “mecanismo” véase la cuestión 28, *Opticks*, 369; y sobre las “ciencias mecánicas” (*mechanicarum scientiarum*) véase “De Gravitatione”, en: Newton, Isaac. *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton. A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge*, A. Rupert Hall y Marie Boas Hall (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, 1962, pp. 99-131.

grupo son los filósofos mecánicos, quienes se oponen a los primeros, pero Cotes nos dice que han desviado los “sueños” especulativos imaginando partículas y fluidos invisibles y se habían quedado en una “novela”.

Resta entonces el tercer grupo, a saber, aquellos que profesan la filosofía experimental. Aunque sostienen también que las causas de todas las cosas se han de derivar de los principios más simples posibles [i.e., la filosofía mecánica], no asumen como principio nada que aún no haya sido comprobado completamente a partir de los fenómenos. No fabrican hipótesis, ni tampoco las admiten en la ciencia natural de otro modo que como cuestiones cuya verdad puede discutirse. Por tanto proceden por un método doble, analítico y sintético... Esta es la incomparablemente mejor manera de filosofar que nuestro más célebre autor pensó justamente que sería acogida en preferencia a todas las demás. Pensó que esta sola sería digna de cultivarse y enriquecerse por la dedicación de su tiempo.⁵¹

De este modo, Cotes presenta a Newton con su “filosofía experimental” como reformador y superador de la filosofía mecánica.

Un recurso retórico tal como la “filosofía experimental” estaba tan dirigido a la amplia audiencia de lectores con el fin de persuadirlos de lo justa que era la causa de Newton como a Leibniz mismo. Pero ¿cuál fue la respuesta de Leibniz a la “filosofía experimental”? En 1671 Leibniz se había identificado con los “filósofos experimentales” (*philosophis experimentalibus*) y no estaba dispuesto a abandonar más adelante tal identificación a Newton.⁵² En noviembre de 1715, después de la perorata de Newton en la reseña del *Commercium epistolicum*, Leibniz añadió un *postscriptum* dirigido a Newton a una carta para Antonio Conti, quien servía como intermediario. Declaraba su aprobación a deducir las cosas de los fenómenos sin invocar hipótesis, pero insistía aún en que las hipótesis tenían un papel por jugar en la filosofía natural:

Cuando los *datos* son insuficientes, se permite (como se hace algunas veces cuando se descifra) imaginar hipótesis, y si estas son satisfactorias, pueden mantenerse

51 Newton, Isaac. *Principia*. *Óp. cit.*, pp. 385-386.

52 Leibniz, Gottfried Wilhelm. “Summa hypotheseos physicae novæ”, *Sämtliche Schriften und Briefe*. Berlin, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1966, Ser. 6, 2, p. 340. Leibniz incluía a los mecánicos, químicos y médicos (*mechanicos, chemicos, medicos*) entre los filósofos experimentales. Veinticinco años después Paolo Boccone se refería a los “botánicos y estudiantes de filosofía experimental (*filosofia sperimentale*)”, *Museo di piante rare della Sicilia, Malta, Corsica, Italia, Piemonte e Germania, Venecia*, 1697, p. 4; véase también p. 4. La inclusión, por parte de Boccone, de los botánicos con los filósofos experimentales y el amplio grupo de Leibniz sugieren que el término “filosofía experimental” tenía un significado más incluyente en el Continente que en Inglaterra. Un estudio del término “filosofía experimental” en Inglaterra y en el Continente veinticinco años antes y después de 1700 podría resultar valioso.

provisionalmente hasta que nuevos experimentos nos suministren *nuevos datos*, que Bacon llama *experimentos cruciales*, para escoger entre las hipótesis... Estoy fuertemente a favor de la filosofía experimental, pero el Sr. Newton se aleja muchísimo de ella cuando afirma que toda la materia es pesada (o que cada parte de materia atrae cada otra parte), lo que no se ha probado ciertamente por medio de experimentos...⁵³

Newton escribió, borrador tras borrador, su respuesta a Leibniz y no concedería ninguna justificación para admitir las hipótesis en la filosofía natural. Será suficiente citar solo uno de los borradores de esta respuesta, pues las opiniones de Newton son inalterables en este punto:

Él elogia la filosofía experimental, pero añade que cuando se carece de experimentos, se permite imaginar hipótesis y esperar hasta que nuevos experimentos determinen cuál de ellas es verdadera y sobre esta explicación piensa que su filosofía puede justificarse. Pero debería considerar que las hipótesis no son más que imaginaciones, conjeturas y sospechas y no deben proponerse como verdades u opiniones ni admitidas en la filosofía hasta que se verifiquen y establezcan por medio de experimentos. Pero si consideras su filosofía encontrarás que en general consiste en hipótesis que no pueden establecerse por experimentos: tales como son que Dios es una intelligentia supramundana...⁵⁴

La respuesta que Newton realmente envió a Conti el 26 de febrero de 1715 era sorprendentemente limitada a la luz de los borradores: “Él prefiere las hipótesis a los argumentos de inducción tomados de los experimentos, me acusa de opiniones que no son mías, y en vez de proponer cuestiones para examinarlas por experimentos antes de ser admitidas en la filosofía, propone hipótesis para ser admitidas y creídas antes de ser examinadas”.⁵⁵ Leibniz respondió brevemente a la acusación, y Newton ni siquiera trató este punto en su respuesta final a Leibniz, la cual sólo se dedicaba a las matemáticas. El debate posterior sobre el papel de las hipótesis se juzgó aparentemente infructuoso.⁵⁶

53 Newton, Isaac. *The Correspondence. Óp. cit.*, 6, p. 252; las frases en cursivas están en latín, mientras el cuerpo de la carta está en francés.

54 Koyré, Alexandre y Cohen, I. Bernard. “Newton & the Leibniz-Clarke Correspondence with Notes on Newton, Conti, & Des Maizeaux”, en: *Archives internationales d'histoire des sciences*, 15, 1962, pp. 63-126, cita en la p. 114; algunos otros borradores interesantes pueden encontrarse en las p. 73 y pp. 109-110.

55 Newton, Isaac. *The Correspondence. Óp. cit.*, 6, pp. 285-286.

56 Leibniz a Conti, 29 de marzo de 1716, *ibid.*, p. 307. Newton decidió no responder a Leibniz por medio de Conti (a causa del “insolente” comportamiento de Leibniz), pero alrededor de mayo de 1716 compuso algunas “Observaciones sobre la epístola precedente” que circuló privadamente y luego encargó que se publicara después de la muerte de Leibniz en noviembre de 1716; *ibid.*, p. 349, n. 1.

El significado de “filosofía experimental”

Estamos ahora en posición de clarificar lo que Newton quería decir por medio de su afirmación enigmática en el Escolio General, según la cual “en esta filosofía experimental las proposiciones se deducen de los fenómenos y se hacen generales por inducción”. Hay una extensa literatura, por parte de filósofos, comenzando con Pierre Duhem a comienzos del siglo pasado, sobre la metodología de Newton en los *Principia* y su formulación en el Escolio General. Los filósofos han sido en gran medida críticos de la lógica del método de Newton, pero recientemente el apoyo a la “deducción de los fenómenos” ha sido creciente. Mi propósito no es entrar en este debate, sino más bien comprender lo que realmente Newton dio a entender por “deducción” e “inducción”.⁵⁷

Puesto que Newton definió su “filosofía experimental” y elaboró su significado en una serie de documentos de este período, muchos de los cuales he presentado ya, una manera útil de proceder para clarificar su significado es comparar las diferentes afirmaciones mientras se tienen en mente sus diferentes contextos. Será de ayuda si planteo mi conclusión al comienzo, a saber, creo que Newton estaba usando las palabras “deducción” e “inducción” en su significado general y no en ningún sentido filosófico, técnico, aunque ciertamente estaba familiarizado con estos significados. Como estudiante universitario había estudiado lógica y, a partir de sus lecturas contemporáneas, tenía conocimiento de los diversos significados de “inducción”, tales como la inducción baconiana y matemática. El *Oxford English Dictionary* da como significado de “deducir”: “derivar o tomar como conclusión a partir de algo ya conocido o asumido; derivar por medio de un proceso de razonamiento o inferencia; inferir”; y de “inducción”: “La presentación, aducción o enumeración de un número de hechos separados, particulares, etc., esp., para el propósito de proveer una afirmación general”.⁵⁸

57 En filosofía contemporánea “deducción de los fenómenos” se conoce también como “inducción eliminativa” e “inducción demostrativa”. Aunque John Worrall considera el problema filosófico desde el punto de vista de la óptica más que desde la mecánica, provee un útil resumen del problema y la literatura desde los trabajos “clásicos” de Duhem, Popper y Lakatos hasta las consideraciones recientes de John Dorling y John Norton; “The Scope, Limits and Distinctiveness of the Method of ‘Deduction from Phenomena’: Some Lessons from Newton’s ‘Demonstrations’ in *Optics*”, en: *British Journal for the Philosophy of Science*, 51, 2000, pp. 45-80. Sobre el uso por parte de Newton de la inducción en los *Principia* véase Davies, E. B. “The Newtonian Myth”, en: *Studies in History and Philosophy of Science*, 34, 2000, pp. 763-780.

58 *Oxford English Dictionary Online*, segunda edición, 1989.

En un borrador de su carta a Cotes del 28 de marzo de 1713, en la cual Newton incluía sus cambios finales para el Escolio General, comentaba sobre el esbozo del prefacio de Cotes:

Me gusta su plan de añadir algo más particularmente sobre la manera de filosofar que empleé en los *Principia* y que difiere del método de otros, por ejemplo al deducir las cosas matemáticamente de principios derivados de los fenómenos por inducción. Estos principios son las 3 leyes del movimiento. Y estas leyes, al ser deducidas de los fenómenos por inducción y respaldadas por la razón y las tres reglas generales para filosofar se distinguen de las hipótesis y se consideran como axiomas. Sobre estas tres están fundadas todas las proposiciones de los Libros I y II. Y estas proposiciones se aplican en el Libro III a los movimientos de los cuerpos celestes.⁵⁹

Aquí Newton describe de manera más completa la estructura de los Libros I y II tal como los concibe y explica en mayor detalle que las proposiciones (“cosas”) se deducen matemáticamente de principios que a su vez se derivan de los fenómenos por inducción. Incluso especifica los principios como las Leyes del Movimiento y añade también que tuvo que aplicar razonamiento posterior. No hay duda sobre deducir las proposiciones directamente de los fenómenos. Newton da una explicación similar en el borrador de su carta al editor de las *Memorias de Literatura* que, como he argumentado, fue compuesto probablemente un poco antes que el Escolio General. Después de describir brevemente las propiedades de la gravedad que ha derivado, afirma que “estas cosas han sido probadas por demostraciones matemáticas fundadas sobre los experimentos y los fenómenos de la naturaleza”.⁶⁰ Ahora emplea “fundadas sobre” en vez de “deducidas de”.

Posteriormente en el borrador a Cotes del 28 de marzo Newton clarificó aún más su posición con respecto a lo quiere decir por inducción: “La filosofía experimental sólo argumenta a partir de los fenómenos, toma conclusiones generales del consentimiento de los fenómenos, y considera la conclusión como general cuando el consentimiento es general sin excepción, aunque la generalidad no puede demostrarse a priori”.⁶¹ Hemos de notar que ahora “argumenta” a partir de los fenómenos. Y en vez de apelar a la inducción, explica más específicamente que es por “el consentimiento de los fenómenos” que las conclusiones se hacen generales. Por esto presumiblemente quiere decir que entre más fenómenos coincidan con la conclusión (propiedad, principio, proposición, etc.), o puedan explicarse por ella, más general será. Newton expresó una idea similar unos diez años antes en el

59 Newton, Isaac. *The Correspondence*. Óp. cit., 5, p. 398.

60 *Ibid.*, p. 299.

61 *Ibid.*, p. 399.

borrador de un prefacio para la *Óptica* cuando expuso por primera vez sus métodos de análisis (resolución) y síntesis. Explicó que,

El método de resolución consiste en intentar experimentos y en considerar todos los fenómenos de la naturaleza que se relacionan con el sujeto a la mano y extraer conclusiones a partir de ellos y en examinar la verdad de aquellas conclusiones por medio de nuevos experimentos y extraer nuevas conclusiones (si se puede) a partir de aquellos experimentos y en proceder alternativamente de los experimentos a las conclusiones y de las conclusiones a los experimentos hasta que se llegue a las propiedades generales de las cosas...⁶²

Aquí se nos dice que se deben considerar “todos los fenómenos de la naturaleza que se relacionan con el sujeto a la mano” y que hemos de proceder “alternativamente de los experimentos a las conclusiones”. Mientras esto describe adecuadamente sus investigaciones ópticas, también se aplica a los *Principia*. Vemos de nuevo que Newton, cuando dice “fenómenos”, tiene algo más en mente que simplemente experimentos u observaciones astronómicas, sino más bien frecuencias ordinarias de la naturaleza y las artes, tales como planetas que se mueven en sus órbitas, las ruedas, y los colores cambiantes del follaje.⁶³ Los experimentos y las observaciones pueden ser “fenómenos”, pero la categoría no se limita a ellos.

Después de definir en el Escolio General la filosofía experimental, en la que “las proposiciones se deducen de los fenómenos y se hacen generales por inducción”, Newton da algunos ejemplos, “la impenetrabilidad, la movilidad, y el ímpetu de los cuerpos y las leyes del movimiento y la ley de la gravedad se han encontrado por este método”.⁶⁴ Esta lista es tan heterogénea que es evidente que Newton había estado empleando “inducción” y “deducción de los fenómenos” en una forma general. Es también evidente que “proposición” no sólo significa una afirmación en una teoría formal, sino que abarca propiedades o cualidades de los cuerpos, principios y una sofisticada teoría matemática. Las leyes de la gravedad se demuestran en el Libro III a partir de un conjunto de datos astronómicos precisos sobre los movimientos de los planetas y los satélites, y a partir de las proposiciones matemáticas del Libro I establece las propiedades del movimiento orbital. El argumento de Newton es tan complejo que los filósofos de la ciencia contemporáneos no pueden estar de acuerdo acerca del método que Newton empleó para deducir la gravedad universal.

62 Este pasaje se citó completamente en la nota 16, *supra*.

63 Para la rueda y las órbitas planetarias véase el pasaje citado en la nota 65, *infra*; y el ejemplo de los cambios de colores en el follaje está tomado de la teoría newtoniana de los cuerpos coloreados, *Opticks*, Libro II, Parte III, Prop. 7, *Óp. cit.*, p. 256.

64 Newton da ejemplos similares a Cotes el 31 de marzo de 1713, unos pocos días después de enviarle las adiciones finales al Escolio General; Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 5, p. 400.

Sea el que sea, es muy diferente de la “inducción” por medio de la cual deduce las Leyes del Movimiento. Por ejemplo, establece la primera ley, la ley de inercia —“Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme, a menos en tanto sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado”— por medio del siguiente argumento:

Los proyectiles perseveran en sus movimientos, a no ser en la medida en que son retardados por la resistencia del aire y son empujados hacia abajo por la fuerza de la gravedad. Una rueda, cuyas partes en cohesión se retraen continuamente de los movimientos rectilíneos, no cesa de dar vueltas sino en la medida en que el aire la frena. Los cuerpos mayores de los cometas y de los planetas conservan por más tiempo sus movimientos, tanto progresivos como circulares, que tienen lugar en los espacios menos resistentes.⁶⁵

Realmente Newton no está presentando evidencia sino ejemplos o fenómenos que esta ley podría explicar. Ciertamente, nadie antes de la década de 1630 vio ninguno de estos fenómenos como manifestaciones de la ley de inercia, y mucho después de esta fecha aún no era evidente cómo se aplicaba tal ley al movimiento de los planetas. En el Escolio a las Leyes del Movimiento Newton declara: “Los principios que he expuesto son aceptados por los matemáticos y confirmados por medio de experimentos de diversas clases”, y a continuación presenta varios experimentos y argumentos para soportar las Leyes. De este modo, la confirmación juega un papel en las “deducciones” de Newton. En los Corolarios a las Leyes del Movimiento presenta aún más argumentos y experimentos. El método adoptado es bastante acorde con sus descripciones en el borrador a la carta para Cotes de que las Leyes “se dedujeron de los fenómenos por inducción y están respaldadas por la razón y las tres reglas generales para filosofar” y también con “el consentimiento de los fenómenos”.⁶⁶

Para establecer las cualidades universales de los cuerpos, Newton invoca su tercera regla para filosofar: “Las cualidades de los cuerpos que no puedan aumentar ni disminuir y que pertenezcan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos han de tomarse como cualidades de todos los cuerpos universalmente”. Con esta regla, Newton está intentando justificar la aplicación de lo que se ha llamado “transdicción” o “transducción”, un método por el que las leyes y propiedades observables de los cuerpos macroscópicos se extienden a las partes microscópicas, imperceptibles de los cuerpos. La justificación de esta regla por parte de Newton es que “las cualidades de los cuerpos sólo pueden conocerse por

65 Newton, Isaac. *Principia*. *Óp. cit.*, p. 416.

66 *Ibid.*, p. 424. La carta a Cotes se cita en las notas 59 y 61, *supra*.

medio de los experimentos; y por tanto las cualidades que cuadran universalmente con los experimentos han de considerarse como cualidades universales”.⁶⁷ Un claro ejemplo de esto es el argumento de Newton en favor de la extensión, la cual, debido a que se encuentra en todos los cuerpos sensibles, se le atribuye a todos los cuerpos universalmente. Argumentos similares se aplican a otras cualidades, incluyendo la impenetrabilidad, la movilidad y el ímpetu que Newton cita en el Escolio General como ejemplos de la Filosofía Experimental.⁶⁸ Newton apela al sentido de experiencias más básicas para justificar la existencia de estas cualidades universales. Después de examinar los tres ejemplos que Newton dio de su método, es difícil ver en acción un único método de inducción o deducción. Es igualmente difícil comprender cómo podría esperarse que Newton diera una explicación comprensiva del método empleado en todos sus trabajos en 30 ó 40 palabras. Lo que tienen en común estos ejemplos, tal como dice Newton, es que todos se basan de una u otra forma en los fenómenos. Por encima de todo, ninguna de ellas apelaba a causas imaginarias o hipótesis, asunto que Newton condenaba. De este modo, por la frase “deducción de los fenómenos” Newton sólo dio a entender que establecía la idea de que sus conclusiones se fundaban en los fenómenos o se argumentaban a partir de ellos.

Al intentar comprender lo que Newton quería decir por “deducción de los fenómenos” e “inducción” he apelado a varios borradores y documentos no publicados, y es razonable preguntar si éstos iluminan las palabras que escogió publicar. En este caso, creo que la respuesta es ciertamente un sí, pues ninguno de ellos contradice o entra en conflicto con sus ideas publicadas, sino que más bien parecen expresar las mismas ideas en palabras diferentes y de este modo sirven para iluminarlas.

67 Newton, Isaac. *Principia*. *Óp. cit.*, L. III, p. 795. Sobre la transducción o transdición véase el trabajo pionero de Maurice Mandelbaum, *Philosophy, Science and Sense Perception: Historical and Critical Studies*. Baltimore, John Hopkins University Press, 1964, cap. 2; y también McGuire, J. E. “Atoms, and the ‘Analogy of Nature’: Newton’s Third Rule of Philosophizing”, en: *Studies in History and Philosophy of Science*, 1, 1970, pp. 3-58; McMullin, Ernan. *Newton on Matter and Activity*. Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1976; y Shapiro, A. *Fits, Passions, and Paroxysms*. *Óp. cit.*, cap. 1.3.

68 Los argumentos newtonianos para la dureza y la impenetrabilidad no son, como nos ha advertido McMullin, extensiones no problemáticas de la argumentación a partir de la experiencia universal; *Newton on Matter and Activity*, pp. 22-26. La dureza, por ejemplo, no se deduce a partir de que todos los cuerpos son duros, puesto que Newton reconoce que no todos los cuerpos son duros. Más bien, Newton infiere que los corpúsculos que componen los cuerpos deben ser duros, pues de otra forma la dureza de los cuerpos que componen no podría explicarse, de acuerdo con Newton.

La “filosofía experimental” de Newton, puede concluirse con seguridad, se introdujo para contrarrestar las objeciones a su teoría de la gravedad y a su forma de hacer ciencia y para diferenciarla de lo que Newton consideraba que era “filosofía hipotética”. Si primero consideró adoptarla para contrarrestar a los cartesianos, cuando finalmente la publicó en 1713 estaba dirigida claramente más contra Leibniz y los leibnizianos, con quienes estaba entonces en guerra. No obstante, no tenía que escoger la frase “filosofía experimental” que se había rehusado utilizar durante el siglo XVII. ¿Por qué usó esa frase? Creo que la adoptó principalmente porque ya estaba acuñada y a la mano, y su fuerza empírica contrastaba bien con las filosofías hipotéticas o especulativas. Por otra parte, después de una larga y productiva carrera, Newton, estoy seguro, reconoció que el programa que apoyaba en su juventud de establecer una ciencia más cierta fundada sobre las matemáticas era poco realista y que el experimento, o más bien los fenómenos, debían servir tanto como fundamento de cualquier nueva ciencia como factor limitante fundamental.

Al comienzo de su carrera, las afirmaciones por parte de Newton sobre el método enfatizaban la naturaleza matemática de su ciencia y asignaban al experimento un papel subsidiario. En este periodo tendió a interesarse por la certeza de su ciencia. Por ejemplo, en sus *Lecturas Ópticas* de 1670, anunció su nueva teoría experimental del color con la declaración de que:

la generación de los colores incluye tanta geometría, y la comprensión de los colores está apoyada en tanta evidencia, que por su bien puedo entonces intentar extender un poco los límites de las matemáticas, así como la astronomía, la geografía, la navegación, la óptica, y la mecánica se consideran verdaderamente ciencias matemáticas incluso aunque traten con cosas físicas... De este modo, aunque los colores pueden pertenecer a la física, su ciencia debe considerarse, no obstante, matemática, en la medida en que se tratan por medio del razonamiento matemático.⁶⁹

Mientras en el encabezamiento de este pasaje Newton reconoce que “estas proposiciones no han de tratarse hipotética y probablemente, sino por medio de experimentos o demostrativamente”, en el pasaje mismo sólo habla acerca de matemáticas y no de experimentos, excepto por una vaga referencia a la “evidencia”.

Cuando Newton publicó por primera vez una breve explicación de su teoría del color y la refracción en las *Philosophical Transactions* en 1672, de nuevo asoció su nueva teoría con las matemáticas e hizo fuertes afirmaciones sobre su certeza:

Un naturalista apenas esperaría ver que la ciencia de aquellos [i.e., los colores] se volviera matemática, y con todo me atrevo a afirmar que hay tanta certeza en ella como en cualquier otra parte de la óptica. Pues lo que diré sobre ellos no es una hipótesis

69 Newton, Isaac. *The Optical Papers of Isaac Newton*, Shapiro, Alan E. (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, 1984, 1, p. 439.

sino la más rígida consecuencia, no conjeturada meramente infiriéndola de este modo porque no puede ser de otro o porque satisface todos los fenómenos (el tópico universal de los filósofos), sino probada por medio de experimentos directamente concluyentes y sin ninguna sospecha de duda.⁷⁰

Una característica notable de esta afirmación, además de su extrema confianza en sus resultados, es que Newton parece ver los experimentos como esencialmente transparentes, que producen su resultado sin ninguna interpretación, “directamente concluyentes y sin ninguna sospecha de duda”.⁷¹ Deberíamos notar también que el rechazo de las hipótesis por parte de Newton, tal vez su principio metodológico más continuo, aparecía ya en su primera publicación.

Pocos meses después, en un borrador de un texto sobre los anillos de Newton, hizo la afirmación más fuerte en favor de la certeza de su teoría —“infaliblemente verdadera y genuina”— y continuó enfatizando su naturaleza matemática. Después de presentar una explicación física de la aparición de los anillos de Newton cuando se observaban a través de un prisma, afirmó,

Para la confirmación de todo esto no sólo necesito afirmar sino que es demostrable matemáticamente a partir de mis primeros principios. Pero aún añadiré que los que se complazcan en tomar la molestia pueden asegurarse, por medio del testimonio de sus sentidos, de que estas explicaciones no son hipotéticas sino infaliblemente verdaderas y genuinas.⁷²

En esta época la confirmación se da para Newton por medio de una demostración matemática y en segundo lugar —sólo si se piensa que vale la pena la molestia— por medio de los experimentos. Claramente creía que una aproximación matemática deductiva conduciría a gran certeza y que el experimento podría proveer el requisito de ciertos fundamentos para tal ciencia, pero hasta el siglo XVIII no le asignó al experimento un lugar primordial en su metodología.

70 Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 1, 96-97; Oldenburg suprimió este pasaje en el texto publicado en las *Philosophical Transactions*.

71 Seis meses después, el 6 de julio de 1672, Newton reiteró esta afirmación en palabras un poco diferentes en una carta a Oldenburg; Newton, Isaac. *The Correspondence*. *Óp. cit.*, 1, p. 209.

72 “Observations” Ms Add, 3970, f. 525r; véase también f. 510v para la versión sin cambio de 1675, que fue leída en la Royal Society y subsecuentemente publicada Thomas Birch, ed, *The History of the Royal Society of London, for Improving of Natural Knowledge, from Its First Rise*, 4 vols., Londres, 1756-1757; reimp. facs: Brussels, 1968, 3, p. 293; y reimpresión en Newton, Isaac *Newton’s Papers and Letters on Natural Philosophy and Related Document*. Cohen, I. Bernard (ed.). Cambridge, Mass., Cambridge University Press, 1958, p. 223. En la *Opticks*. *Óp. cit.*, Lib. II, Pt. II, p. 240, Newton cambió este pasaje por la afirmación inobjetable de que “ahora, como todas estas cosas se siguen de las propiedades de la luz por una manera matemática de razonar, entonces la verdad de ellas puede manifestarse por medio de los experimentos”.

A pesar de la conversión tardía de Newton a la filosofía experimental, no tengo duda de que permaneció comprometido con la eficacia y necesidad de las matemáticas en la filosofía natural. En 1687 tituló su libro *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* para distinguirlo de los *Principios de la Filosofía* de Descartes. Cuando estaba preparando las ediciones siguientes en 1713 y 1725, nunca consideró renombrar la obra como *Principios de Filosofía Experimental* o *Principios Matemáticos de la Filosofía Experimental*.

Bibliografía

- Birch, Thomas (ed.). *The History of the Royal Society of London, for Improving of Natural Knowledge, from Its First Rise*, 4 vols. Londres, 1756-1757.
- Boyle, Robert. "Some Specimens of an Attempt to Make Chymical Experiments Useful to Illustrate the Notions of the Corpuscular Philosophy," en: Hunter, Michael y Davis, Edward B. (eds.). *The Works of Robert Boyle*, 14 vols, London/Brookfield, Vt., 1999.
- Casini, Paolo. "Newton: The Classical Scholia", en: *History of Science*, 22, 1984, pp. 1-58.
- Cohen, I Bernard. *Introduction to Newton's Principia*. Cambridge, Mass., Cambridge University Press, 1971.
- . *The Newtonian Revolution. With Illustrations of the Transformation of Scientific Ideas*. Cambridge, Cambridge University Press, 1980.
- Davies, E. B. "The Newtonian Myth", en: *Studies in History and Philosophy of Science*, 34, 2000, pp. 763-780.
- Gabbey, Alan. "Newton, Active Powers, and the Mechanical Philosophy", en: *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 329-357.
- Guerlac, Henry. "Newton and the Method of Analysis", en: *Dictionary of the History of Ideas*, ed. Philip Wiener, 4 vols. New York, 1973, 3, pp. 378-391
- Guicciardini, Niccolò. "Analysis and Synthesis in Newton's Mathematical Work", en: Cohen, I. Bernard and Smith, George E. (eds.). *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002, pp. 308-328.
- Hall, A. Rupert. *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

- Harrison, John. *The Library of Isaac Newton*. Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
- Henry, John. "Occult Qualities and the Experimental Philosophy: Active Principles in Pre-Newtonian Matter Theory", en: *History of Science*, 24, 1986, pp. 335-81.
- Hintikka, Jaakko y Remes. Unto, *The Method of Analysis: Its Geometrical Origin and Its General Significance*. Dordrecht, Kluwer, 1974
- Hooke, Robert. *Micrographia: Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquiries Thereupon*. Londres, 1665; reimpresión facsímil: Bruselas, 1966.
- Koyré, Alexandre y Cohen. I. Bernard. "Newton & the Leibniz-Clarke Correspondence with Notes on Newton, Conti, & Des Maizeaux," en: *Archives internationales d'histoire des sciences*, 15, 1962, pp. 63-126.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm. "Summa hypotheseos physicæ novæ", *Sämtliche Schriften und Briefe*. Berlin, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1966, Ser. 6, 2, p. 340.
- McGuire, J. E. "Atoms, and the 'Analogy of Nature': Newton's Third Rule of Philosophizing", en: *Studies in History and Philosophy of Science*, 1, 1970, pp. 3-58.
- _____. "Body and Void and Newton's De mundi systemate: Some New Sources", en: *Archive for History of Exact Sciences*, 3, 1966, pp. 206-248.
- _____. "Newton's 'Principles of Philosophy'. An Intended Preface for the 1704 Opticks and a Related Draft Fragment", en: *British Journal for the History of Science*, 5, 1970, pp. 178-189.
- McGuire, J. E. y Rattansi, P. M., "Newton and the 'Pipes of Pan'," en: *Notes and Records of the Royal Society of London* 21 (1966), pp. 108-43 (versión en español en este volumen).
- McGuire, J. E. y Tamny, Martin. *Certain Philosophical Questions: Newton's Trinity Notebook*. Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- McMullin, Ernan. *Newton on Matter and Activity*. Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1976.
- Newton, Isaac. "An Account of the Book Entitled *Commercium epistolicum*," en: *Philosophical Transactions* 29, no. 342 (enero 1714/15), pp. 173-224.

- _____. “Una serie de preguntas propuestas por el Sr. Isaac Newton ... y aquí recomendadas para la industria de los amantes de la Filosofía Experimental, tal como fueron generosamente impartidas al editor en una carta del mencionado Sr. Newton del 8 de julio de 1672”, en: *Philosophical Transactions*, 7, n°. 85 (julio de 1672), [5]004-5007.
- _____. *Optice: sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus Lucis. Latine reddidit Samuel Clarke, A.M. Reverendo admodum Patri ac Dno Joanni Moore Episcopo Nowicensi a Sacris Domesticis. Accendunt Tractatus duo ejusdem Authoris de Speciebus & Magnitudine Figurarum Curvilinearum, Latine scripti.* Londini, Impensis Sam. Smith & Benj. Walford, Regiae Societatis Typograph. Ad Insignia Principis in Coemetrio D. Pauli., 1706.
- _____. *Opticks: Or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light.* Based on the Fourth Edition London, 1730. New York, Dover, 1952.
- _____. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, 2 vols, the third edition whit variant readings, edited by Alexandre Koyré & I. Bernard Cohen. Cambridge Mass, Harvard University Press, 1972.
- _____. *The Correspondence of Isaac Newton*, H. W. Turnbull, J. F. Scott, A. Rupert Hall, and Laura Tilling (eds.), 7 vols.. Cambridge, Cambridge University Press, 1959-77.
- _____. *The Mathematical Papers of Isaac Newton*. D. T. Whiteside (ed.), 8 vols. Cambridge, Cambridge University Press, 1967-1981.
- _____. *The Optical Papers of Isaac Newton*, Alan E. Shapiro (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- _____. *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy.* tr. I. Bernard Cohen & Anne Whitman, con la asistencia de Julia Budenz. Berkeley, University of California Press, 1999.
- _____. *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton. A Selection from the Portsmouth Collection in the University Library, Cambridge*, A. Rupert Hall y Marie Boas Hall (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, 1962.
- Norton, John. “The Scope, Limits and Distinctiveness of the Method of ‘Deduction from Phenomena’: Some Lessons from Newton’s ‘Demonstrations’ in Optics”, en: *British Journal for the Philosophy of Science*, 51, 2000, pp. 45-80.

- Otte, Michael y Panza, Marco (eds). *Analysis and Synthesis in Mathematics: History and Philosophy*, Boston Studies in the Philosophy of Science 196. Dordrecht, Kluwer, 1997.
- Schüller, Volkmar. “Newton’s Scholia from David Gregory’s Estate on the Propositions IV through IX, Book III of His *Principia*”, en: Lefèvre, Wolfgang (ed.). *Between Leibniz, Newton, and Kant: Philosophy and Science in the Eighteenth Century*. Boston Studies in the Philosophy of Science, 220, Dordrecht, Kluwer, 2001, pp. 213-65.
- Shapiro, Alan. *Fits, Passions, and Paroxysms: Physics, Method, and Chemistry and Newton’s Theory of Colored Bodies and Fits of Easy Reflection*. Cambridge, Cambridge University Press, 1993.
- Webster, Charles. “Henry Power’s Experimental Philosophy”, en: *Ambix*, 14, 1967, pp. 150-178.
- Whiston, William. *A Vindication of the New Theory of the Earth from the Exceptions of Mr. Keill and Others*. Londres, 1698.