

que sean fructíferas y comprensivas al mismo tiempo. Tampoco es posible enunciar precisamente las condiciones que una buena hipótesis debe satisfacer. Cualquier hipótesis capaz de ordenar los hechos es en esa medida satisfactoria. Aquellos lógicos que han intentado precisar los requisitos de una buena hipótesis, o bien han sido llevados a condicionar de tal modo esas condiciones que han privado de precisión a su enunciación, o bien han sido refutados por la historia del desarrollo científico. Así Jevons, que encuentra "poca dificultad en señalar qué condición debe satisfacer una hipótesis a fin de ser aceptada, como probable y válida", establece como tal condición: "La concordancia con los hechos es la única y suficiente prueba de una hipótesis verdadera" <sup>20</sup> Esto, de por sí, no es suficientemente claro. Él lo resuelve en "tres condiciones constituyentes", que repiten la mayor parte de los textos de lógica. Estas condiciones son: (1) Que la hipótesis sea susceptible de desarrollo deductivo hasta producir consecuencias que puedan probarse mediante el recurso a la experiencia; (2) Que no esté en conflicto con las "leyes de la naturaleza o de la mente" ya establecidas, (3) Que las consecuencias deducidas concuerden con los hechos. En relación con estas condiciones, debe subrayarse que la primera es, incuestionablemente, esencial a una buena hipótesis. A ninguna suposición se le puede dar el rango de hipótesis a menos que sea susceptible de desarrollo deductivo. La forma lógica de una hipótesis es *Si H, entonces  $f_1, f_2, \dots, f_n$* , donde *H* representa el orden anticipado formulado en la hipótesis, y  $f_1, f_2, \dots, f_n$  los hechos que el supuesto orden requeriría. Estos hechos deben ser *observables*, aunque no todos habrán sido observados. Esta condición, sin embargo, no es tanto la enunciación de una condición de una buena hipótesis, cuanto una enunciación de lo que significa "hipótesis" tal como se la usa en el método científico.

La segunda condición tiene una apariencia ilusoria de precisión. En su examen de esta condición, Jevons pone condiciones que parecen reducirla a la advertencia precautoria: "No hagáis conjeturas infundadas." Siempre que haya una ley de la naturaleza bien establecida relativa a cierta región de hechos, sería necio sostener una hipótesis directamente contraria a tal ley, *a menos que cierta región de otros hechos requiera tal hipótesis*. La aparición de hipótesis incompatibles muestra que una determinada región de hechos no ha sido todavía suficientemente organizada. Indudablemente, la propia naturaleza está libre de contradicciones. Pero afirmar que una hipótesis no puede ser una buena hipótesis si es contraria a alguna otra hipótesis, es confundir la hipótesis con el hecho, malinterpretando así la función de la hipótesis en el desarrollo científico. Este punto puede ilustrarse mediante una referencia al desarrollo de las teorías de la luz. Dos teorías rivales, conocidas como la teoría corpuscular de Newton y la teoría ondulatoria de Huyghens, han luchado durante largo tiempo

<sup>20</sup> JEVONS, *Principles of science*, pp 510 ss

por la supremacía, primero dominando una y después la otra. Durante los últimos veinte o treinta años se han descubierto hechos que apoyan a ambas teorías. Hablando en 1911, Sir William Bragg señalaba que "en todos los problemas ópticos relativos a la distribución general de la energía a partir de una fuente de radiación, la teoría ondulatoria constituye claramente una explicación cabal", pero cuando nos interesan "los movimientos de los electrones que causan ondas y a la vez son causados por éstas", estamos obligados a recurrir a la hipótesis corpuscular. Por lo tanto, concluye Bragg "Por el momento tenemos que trabajar sobre la base de ambas teorías. Los lunes, miércoles y viernes usamos la teoría ondulatoria; los martes, jueves y sábados pensamos en corrientes de cuantos de energía o corpúsculos. Esta es, después de todo, una actitud muy justa. No podemos enunciar la verdad completa, pues sólo tenemos enunciaciones parciales, cada una de las cuales cubre una porción del campo. Cuando deseamos trabajar en una porción u otra del campo, debemos usar el mapa adecuado. Algún día juntaremos todos los mapas."<sup>21</sup> En su *Alocución presidencial a la British Association* (1928), Sir William Bragg repitió este ejemplo, acompañándolo del siguiente comentario:

"Nos enfrentamos aquí a un extraño problema. Sabemos que debe haber una reconciliación de nuestros experimentos contradictorios; son seguramente nuestras concepciones de la verdad las que son culpables, aunque cada concepción parece válida y probada. Debe de haber una verdad mayor que cualquiera de nuestras descripciones de ella. Este es un caso real en que la mente humana se enfrenta a sus propios defectos. ¿Qué podemos hacer? ¿Qué hacemos? Como físicos, utilizamos una u otra de las dos hipótesis según la gama de experiencias que deseamos considerar. Sabemos que no podemos estar viendo clara y cabalmente en ninguno de los dos casos, pero nos contentamos perfectamente con trabajar y aguardar la comprensión completa."<sup>22</sup>

La segunda condición de Jevons debe interpretarse, pues, como meramente precautoria. De lo contrario, es probable que conduzca a una concepción errónea de la función práctica de la hipótesis. El conflicto entre diferentes hipótesis es un incentivo para el desarrollo ulterior a fin de poder superar el conflicto. Debe admitirse que dos teorías incompatibles no pueden ser ambas *verdaderas*, pero dos hipótesis incompatibles pueden ser ambas *útiles*. Su función consiste en guiar a la observación sugiriendo experimentos fructíferos. Tampoco es el caso que una u otra de tales hipótesis deba ser rechazada *en bloc*. Para citar nuevamente a Bragg: "Las teorías de una época son

<sup>21</sup> Robert Boyle Lecture, "Electrons and Ether waves", p. 11.

<sup>22</sup> *Craftsmanship and Science*, pp. 27-28. Cf., también WHITEHEAD, *Science and the modern world*, p. 257; y véase EDDINGTON, *Nature of the physical world*, capítulo IX.

súplantadas por las teorías de una época sucesiva, y éstas a su vez ceden ante algo más parecido a las primeras. Pero no se trata de una serie ociosa de cambios, de caprichos antojadizos; es un crecimiento. Lo viejo nunca se hace inválido, y lo nuevo respeta a lo viejo porque ése es el caso." Las condiciones de una hipótesis satisfactoria son las condiciones del método científico. No pueden ser aisladas y tabuladas para conveniencia del estudiante elemental del método lógico. La tercera condición de Jevons puede ser aceptada, sujetándola únicamente a la misma exigencia. Las consecuencias que se deducen deben ser probadas mediante el recurso a los hechos observados. En la medida en que haya un conflicto, la hipótesis debe ser modificada o sostenida *provisionalmente*. Jevons indudablemente exagera la posición cuando asevera: "Un solo conflicto absoluto entre los hechos y la hipótesis es fatal para ésta, *falsa in uno, falsa in omnibus*". Cuando se descubre que una consecuencia deducida es verdadera, la hipótesis queda verificada en ese grado. Si un experimento cuidadoso muestra que una consecuencia deducida es falsa, entonces se desprende lógicamente de ello que la hipótesis tal cual está formulada no puede ser verdadera. Pero no se desprende que sea enteramente errónea. Algunas veces el propio experimento negativo ofrece una sugestión en lo que se refiere a qué clase de modificación se necesita.

Dos hipótesis contrarias pueden, pues, explicar igualmente bien todos los hechos conocidos. Sin embargo, si se presenta una coyuntura en la que sea posible deducir una consecuencia de una hipótesis que sea inconsecuente con la otra, entonces se presenta una oportunidad para lo que se conoce como un experimento crucial. La teoría de la luz ofrece una vez más un ejemplo bien conocido. Si bien tanto la teoría ondulatoria como la corpuscular explicaban bastante bien los fenómenos ópticos, se mostró que las dos teorías divergían en relación con la velocidad de la luz en medios diferentes. Según la teoría ondulatoria, la luz debería tener una velocidad mayor *in vacuo* que en los medios materiales, según la teoría corpuscular, lo contrario sería lo cierto. El experimento crucial consistía en determinar la velocidad de la luz en medios diferentes. El experimento no se efectuó hasta 1850, cuando Foucault, al determinar la velocidad tanto en el aire como en el agua, demostró que la velocidad de la luz es inversamente proporcional al índice refractivo del medio. Así, el experimento favoreció decisivamente a la teoría ondulatoria. Pero, como hemos visto, sería exagerado decir que la otra teoría quedó definitivamente refutada. Un experimento crucial es *crucial* sólo en relación con un hecho particular. Dice Jevons: "Un experimento crucial no debe simplemente confirmar una teoría, sino que debe negar otra; debe decidir a una mente que se encuentre en equilibrio, como dice Bacon, entre dos concepciones igualmente plausibles."<sup>28</sup> Esta confirmación, sin embargo, nunca es más que parcial;

<sup>28</sup> *Op cit*, p 519. La referencia es a BACON, *Novum organum*, libro II, aforismo 36. El término "experimentum crucis" se debe a Bacon. Dice éste:

el resultado del experimento proporciona una razón adicional para creer la hipótesis favorable. Ningún experimento ni ninguna serie de experimentos pueden ser suficientes para establecer una hipótesis fuera de toda duda. La prueba final sólo puede hallarse en la comprensibilidad del sistema en el cual encaja una hipótesis dada. Más adelante nos ocuparemos del problema de la verificación de las hipótesis y la justificación del método hipotético. Baste señalar aquí que la verificación no equivale a la prueba. Suponer lo contrario es cometer la falacia de la consecuente.

Debe observarse, además, que las hipótesis no se utilizan para un solo propósito. Hay diferentes clases de hipótesis, y la naturaleza de la hipótesis varía con su función. Podemos distinguir tres clases principales: *explicativa*, *descriptiva* y *anológica*. Estas, a su vez, pueden ser subdivididas. La clase más simple de hipótesis cae dentro de la primera clase. Estas hipótesis se proponen *explicar*, es decir, dar cuenta de acontecimientos de cierto hecho por medio de la interpolación de hechos que podrían haber sido observados bajo condiciones adecuadas. Tal es la hipótesis del robo para explicar la desaparición de una taza de plata. Los hechos interpolados son tales que un observador correctamente colocado podría haberlos observado. Los hechos supuestos son del mismo tipo que los hechos que constituyen los datos del problema. Esta homogeneidad de hipótesis y datos es, sin duda, responsable en parte de la fuerza de nuestra creencia, en algunos casos, de que *ninguna otra* explicación podría dar tan buena razón de los hechos. La "reconstrucción" de un crimen en un juzgado es un ejemplo de esta clase de hipótesis. La sugestión de que una persona obró movida por tales o cuales motivos tampoco es fundamentalmente diferente, aunque los motivos no son observables. En tales casos se piensa que las ocurrencias supuestas harían inteligible aquello que se observa, puesto que tales ocurrencias supuestas no se encuentran fuera del marco de nuestra experiencia real, aun cuando, debido a la naturaleza del caso, sigan siendo inverificables. Hay otro tipo de hipótesis explicativa en que los elementos interpolados son relaciones no-observables entre los acontecimientos que han de ser conectados. La hipótesis newtoniana de la atracción constituye un ejemplo bien conocido.

La función de una hipótesis descriptiva consiste en simbolizar la

"Cuando se halla empeñado en la búsqueda de cualquier naturaleza, el entendimiento llega a un equilibrio, por decirlo así, o permanece indeciso en cuanto a cuál de dos o más naturalezas debe atribuirse la causa de la naturaleza en cuestión, en virtud de la frecuente y ordinaria concurrencia de muchas naturalezas; entonces estos Casos Cruciales [*instantios crucis*, o sea, casos del letrado indicativo] muestran que la unión de una de estas naturalezas con la naturaleza en cuestión es segura e indisoluble, y de la otra variada y separable; y así se resuelve el problema, y la primera es admitida como la causa; en tanto que la segunda es rechazada." Cf también HUME, *Enquiry concerning morals*, § 178.

conexión ordenada de los hechos. Parece probable que Ptolomeo ofreciera su teoría como una hipótesis de este tipo, cuyo propósito habría sido el de proporcionar una representación geométrica de los movimientos de los cuerpos celestes. La hipótesis del éter como un fluido sin fricción y como un sólido completamente elástico, debe considerarse como una hipótesis descriptiva. Esta hipótesis tuvo un valor indudable para guiar la observación y para sugerir experimentos. La teoría del átomo planetario de Rutherford-Bohr parece ser también una hipótesis descriptiva. El valor heurístico de una hipótesis descriptiva puede ser grande a pesar de que contenga elementos incompatibles, como en el caso de la hipótesis del éter luminífero. La característica esencial de las hipótesis descriptivas consiste en que éstas no son propuestas como generalizaciones a partir de la experiencia, no son anticipaciones de leyes naturales que aguardan confirmación. Antes al contrario, son descripciones que cumplen la función de modelos que permiten al científico comprender el modo de conexión entre los hechos que él trata de explicar. Tales hipótesis deben considerarse esencialmente provisionales y temporales. La teoría eléctrica de la materia constituye un buen ejemplo de este tipo de hipótesis. Las investigaciones de Faraday en el campo del electromagnetismo fueron guiadas por la hipótesis de las "líneas de fuerza" a través de las cuales se trasmite la acción.<sup>24</sup> Clerk Maxwell, al desarrollar esta teoría, dice "No la propongo como un modo de conexión existente en la naturaleza. Es, sin embargo, un modo de conexión mecánicamente concebible y fácilmente investigado, de modo que me aventuro a decir que cualquiera que entienda el carácter provisional y temporal de esta hipótesis, se verá más bien ayudado que obstaculizado por ella en su búsqueda de la interpretación correcta de los fenómenos."<sup>25</sup>

<sup>1</sup> La hipótesis descriptiva puede desarrollarse en una hipótesis *análoga*. Por una hipótesis análoga significamos una hipótesis de que, lo que es verdadero acerca de un conjunto de fenómenos, puede ser verdadero acerca de otro conjunto, debido a que los dos conjuntos tienen en común ciertas propiedades formales. Por ejemplo, Maxwell reconoció una analogía entre ciertos problemas en la teoría de la atracción gravitacional y ciertos problemas en la electrostática.

<sup>24</sup> Véase *Experimental researches*

<sup>25</sup> *Collected scientific papers*, I, p. 486. Cf. también J. J. THOMSON, quien, al introducir su concepción del "Tubo de Faraday" como una alternativa al "desplazamiento" de Maxwell, dice: "Ciertamente, los servicios que la vieja teoría del fluido ha prestado a la electricidad al suministrar un lenguaje en el que los hechos de la ciencia pueden expresarse clara y brevemente, apenas podrían sobreestimarse. Una teoría descriptiva de esta clase hace algo más que servir como vehículo para la expresión clara de resultados bien conocidos; a menudo presta importantes servicios al sugerir la posibilidad de la existencia de nuevos fenómenos" (*Recent researches in electricity and magnetism*, p. 1)

Así, la fórmula gravitacional es la ley de la inversa del cuadrado, la fórmula para la atracción eléctrica es también la ley de la inversa del cuadrado, aunque la naturaleza de la atracción es diferente. Hay entre estos dos conjuntos de fenómenos lo que podría llamarse una identidad estructural. Al desarrollar esta hipótesis analógica —o estructural, como podría llamársele—, Maxwell fue llevado a formular su teoría electromagnética de la luz. El propio Maxwell planteó el problema de “hasta dónde debemos considerar una coincidencia en la expresión matemática de dos conjuntos de fenómenos como una indicación de que tales fenómenos son de la misma clase”<sup>26</sup> Fue, sin embargo, como resultado de su trabajo sobre la base de las hipótesis sugeridas por tales analogías matemáticas, como Maxwell logró alcanzar sus notables resultados en la electrostática, el magnetismo y la electricidad corriente.<sup>27</sup> Parece ser el caso que la actitud de Maxwell ante su hipótesis descriptiva original sufrió un cambio que determinó que él no la considerara ya meramente descriptiva. Lo que es importante que observemos es que su trabajo fue guiado y controlado totalmente por hipótesis sostenidas más o menos tentativamente frente a los hechos. La historia de la teoría atómica de la materia ofrece también muchos excelentes ejemplos de la manera en que diferentes clases de hipótesis han contribuido al desarrollo de la ciencia.<sup>28</sup>

A menos que se comprenda el papel que desempeña la hipótesis, es imposible comprender la estructura del método científico.<sup>1</sup> El gran químico alemán Ostwald sostuvo que las hipótesis eran un estorbo para la ciencia.<sup>29</sup> Esta concepción, empero, es insostenible. Ostwald parece haber pensado en la hipótesis esencialmente como en un cuadro, modelo o imagen (*Bild*) que contiene elementos no

<sup>26</sup> *Op cit*, I, p 188

<sup>27</sup> *Cf también op cit*, I, p 157 “No hay en las matemáticas aplicadas ninguna fórmula más consecuente con la naturaleza que la fórmula de las atracciones, ni ninguna teoría mejor establecida en las mentes de los hombres que la de la acción mutua de los cuerpos a una distancia. Las leyes de la conducción del calor en medios uniformes aparecen, a primera vista, entre las más diferentes, en sus relaciones físicas, de aquellas relativas a las atracciones. Las cantidades que entran en ellas son la *temperatura*, el *flujo del calor*, la *conductividad*. La palabra *fuerza* es extraña al asunto. Con todo, encontramos que las leyes matemáticas del movimiento uniforme del calor en medios homogéneos son idénticas en su forma a las leyes de las atracciones que varían inversamente como el cuadrado de la distancia. Sólo tenemos que sustituir *fuerza de calor* por *centro de atracción*, *flujo de calor* por *efecto acelerador de la atracción* en cualquier punto, y *temperatura* por *potencial*, y la solución de un problema de atracciones se transforma en la solución de un problema de calor.”

<sup>28</sup> Véase MEYERSON, *Identity and reality*, capítulo II

<sup>29</sup> Dice OSTWALD: “Ich habe mich bemüht, ein Buch zu schreiben, in welchem keine Hypothese aufgestellt oder benutzt worden ist” (Véase *Vorlesungen über Naturphilosophie*, p 212)

dados en las observaciones originales, sino importados por el científico, y que por lo tanto no concuerdan necesariamente con lo dado. Ahora resulta claro que una hipótesis descriptiva bien puede contener tales elementos, como en el caso del éter luminífero, y ello no obstante ser de gran valor como una guía para el experimento. Tales hipótesis son psicológicamente valiosas en el arte del descubrimiento. La forma precisa que toman las hipótesis variará de un científico individual a otro. Algunos científicos no se dan por satisfechos a menos que, como Lord Kelvin, puedan idear un "modelo mecánico completo"; otros se contentan con una forma más vaga, tal como la hipótesis del "desplazamiento" de Maxwell, otros, por su parte, formulan hipótesis de índole más abstracta. Estas diferencias están relacionadas con el arte del descubrimiento, en el método científico perfeccionado, la hipótesis permanece como la "anticipación de la naturaleza" que condiciona el proceso de la indagación experimental.

### § 5 La concepción newtoniana del método científico <sup>80</sup>

En un artículo escrito en febrero de 1929 y publicado en el *Times* de Londres, Albert Einstein afirmaba: "Los avances en el conocimiento científico deben producir el resultado de que un aumento en la sencillez formal sólo pueda obtenerse al precio de una mayor distancia o brecha entre las hipótesis fundamentales de la teoría, por una parte, y los hechos directamente observados, por la otra. La teoría está obligada a pasar más y más del método inductivo al deductivo, aun cuando la exigencia más importante que ha de hacerse a toda teoría científica siempre será la de que se ajuste a los hechos." La afirmación de Einstein concuerda con la práctica de Galileo y con su concepción del método científico. Ya hemos visto que Galileo estaba dispuesto a cometer "la violación de los sentidos por la razón", puesto que estaba convencido de que sólo por medio del razonamiento matemático podían descubrirse las leyes de la naturaleza <sup>81</sup>. Sería natural suponer que Newton tuvo una confianza similar en la razón y en lo adecuado de las matemáticas. Éste, sin embargo, no fue el caso. Newton, con todo y lo gran matemático que era, insistió en la necesidad de recurrir al hecho sensorial en cada etapa; no se contentó con confiar en sus deducciones matemáticas sin sentir la necesidad de la confirmación experimental. No debe haber ninguna brecha entre la hipótesis y la observación, no debe suponerse nada que no sea *directamente* derivado de los fenómenos, ni debe aceptarse ninguna hipótesis sin someterla a prueba. Así, por ejemplo, Newton protestó contra la pretensión de Robert Hooke en el sentido de que había descubierto la ley de la inversa del cuadrado,

<sup>80</sup> El estudiante debe omitir este párrafo en una primera lectura.

<sup>81</sup> Véase más adelante, capítulo xviii, § 2.

puesto que tal pretensión no estaba respaldada por ningún intento de prueba detallada, sino que seguía siendo una mera conjetura. Más aún, Newton cuando menos *parece* anheloso de negar que la hipótesis tenga algún papel esencial que desempeñar en la investigación científica. Como ha señalado Whewell "Newton parece haberle tenido horror al término *hipótesis*, horror que probablemente se derivaba de su familiaridad con las suposiciones generales, temerarias e ilícitas, de Descartes" <sup>82</sup> Sus escritos están llenos de ataques contra el empleo de la hipótesis, y repudió airadamente la sugestión de que él hubiese hecho uso de ellas. Su célebre *dictum*: "*Hypotheses non fingo*" quizá ha sido citado demasiado frecuentemente fuera de su contexto y en cierta medida ha sido mal interpretado. Vale la pena el intento de reunir los comentarios dispersos de Newton acerca de la naturaleza del método científico, a fin de descubrir en qué sentido le interesaba excluir las hipótesis de la investigación científica. Newton hace la siguiente afirmación definida acerca del método científico:

"Pues el método mejor y más seguro de filosofar <sup>83</sup> parece consistir en investigar primero, diligentemente, las propiedades de las cosas y establecerlas por medio de experimentos, y posteriormente buscar hipótesis para explicarlas. Pues las hipótesis deben formularse tan sólo para explicar las propiedades de las cosas y no para intentar predeterminarlas, excepto en la medida en que puedan constituir una ayuda para el experimento" <sup>84</sup>

En este pasaje, Newton parece admitir que las hipótesis pueden constituir "una ayuda para el experimento" y que, *después* que las propiedades hayan sido experimentalmente determinadas, podría ser posible formular hipótesis explicativas. Sus concepciones en relación con este asunto parecen haber sufrido cierto cambio. Newton se hizo más y más renuente a la admisión de cualquier hipótesis explicativa, de cualquier cosa que fuese más allá de lo directamente observable. Trató de distinguir estrictamente entre las hipótesis y las leyes experimentales directamente derivadas de los fenómenos y sus ceptibles de verificación exacta. En el transcurso de sus controversias con otros hombres de ciencia, parece haber sido llevado finalmente a negar que las hipótesis pudieran ser útiles como "una ayuda para el experimento", lo cual, como acabamos de ver, estaba dispuesto a admitir anteriormente. Sólo cedió en lo tocante a hipótesis muy

<sup>82</sup> *Philosophy of discovery*, capítulo xviii

<sup>83</sup> Debe recordarse que, para Newton y sus contemporáneos, "filosofía natural" significa lo que ahora llamamos "ciencia física", de suerte que "el método de filosofar" significa "método científico"

<sup>84</sup> Carta a Oldenburg (Véase *Isaac Newtoni Opera quae exstant omnia*, ed Horsley, 1782, iv, p 314. Todas las citas, excepto aquellas de otro modo especificadas, han sido tomadas de esta edición, que en adelante será llamada *N Op*. He traducido las citas que aparecen en latín.)

generales acerca del orden de la naturaleza. Este punto puede hacerse más claro mediante una consideración de las cuatro "Reglas del razonamiento en la filosofía" que Newton antepuso al libro III de los *Principia*.<sup>85</sup> Es preciso transcribirlas en su totalidad.

*Regla I* "No hemos de admitir otras causas de las cosas naturales que no sean sino las verdaderas y suficientes para explicar sus apariencias.

*Regla II* "Por lo tanto, a los mismos efectos naturales debemos asignar, hasta donde sea posible, las mismas causas.

*Regla III* "Las cualidades de los cuerpos que no admiten ni intensidad ni remisión de grados y que se encuentra pertenecen a todos los cuerpos dentro del alcance de nuestros experimentos, deben considerarse como las cualidades universales de todos los cuerpos, cualesquiera que sean.

*Regla IV* "En la filosofía experimental hemos de considerar las proposiciones obtenidas por inducción general a partir de los fenómenos, como exacta o muy aproximadamente verdaderas, a despecho de cualquier hipótesis contraria que pueda imaginarse, hasta el momento en que ocurran otros fenómenos por medio de los cuales pueden hacerse más exactas o sujetas a excepciones."

Ha habido considerables discusiones acerca de la interpretación correcta de estas reglas, especialmente en lo tocante al significado que debe atribuirse a la expresión "causa verdadera" que aparece en la regla I. No es necesario, para nuestros fines, entrar en esta controversia. Es más importante tomar nota de la explicación que el propio Newton añadió a esta regla. Dice él "A este fin, los filósofos dicen que la Naturaleza no hace nada en vano, y más es en vano mientras menos sirve, pues la Naturaleza se complace con la sencillez y no afecta la pompa de las causas superfluas." Este *addendum* muestra que Newton estaba estableciendo aquí el principio de la sencillez, en la forma en que fue aceptado por Kepler y Galileo.<sup>86</sup> En la regla II, Newton afirma que allí donde los efectos son los mismos, las causas deben ser las mismas. Las reglas II y III juntas aseveran que la naturaleza debe considerarse uniforme. No es fácil determinar si Newton deseaba sostener que estas reglas eran *meramente* principios metodológicos, o si habría estado dispuesto a admitir que eran afirmaciones muy generales acerca del verdadero curso de la naturaleza. La probabilidad de que la primera interpretación sea correcta es sugerida tanto por la regla IV, en que se subraya

<sup>85</sup> *The mathematical principles of Natural Philosophy*, traducción inglesa de A. Motte, volumen III, pp. 160-162. Hemos hecho todas las referencias a los *Principia* sirviéndonos de la traducción de Motte, edición en tres volúmenes, 1803.

<sup>86</sup> Véase p. 379 del presente libro.

la naturaleza tentativa y provisional de las "proposiciones obtenidas por inducción general", cuanto por la siguiente afirmación en la *Óptica*: "El que ello sea así [a saber, que el teorema de la proporción uniforme de los senos es aplicable a todos los rayos de luz] es muy razonable, puesto que la Naturaleza es siempre proporcional a sí misma, *pero es deseable una prueba experimental*"<sup>87</sup> Al final de la *Óptica*, Newton hace una importante afirmación adicional referente a su concepción del método científico Dice Newton:

"Al igual que en las matemáticas, también en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por medio del método del análisis debe preceder siempre al método de la composición Este análisis consiste en hacer experimentos y observaciones, y en extraer de tales experimentos y observaciones, mediante la inducción, conclusiones generales, no admitiendo objeciones contra las conclusiones que no sean aquellas derivadas de los experimentos u otras verdades ciertas Pues las hipótesis no deben ser consideradas en la filosofía experimental Y, aunque la argumentación a partir de experimentos y observaciones por medio de la inducción no sea demostración alguna de conclusiones generales, es empero la mejor manera de argumentar que admite la naturaleza de las cosas, y puede considerársela la más poderosa en cuanto que la inducción es más general Y si en los fenómenos no aparece ninguna excepción, la conclusión puede pronunciarse de manera general Pero si en algún momento posterior ocurriere cualquier excepción en virtud de la experimentación, entonces debe empezar a pronunciarse, con las excepciones que ocurran Por esta vía de análisis podemos proceder de los compuestos a los ingredientes; y de los movimientos a las fuerzas que los producen; y, en general, de los efectos a sus causas; y de las causas particulares a las más generales, hasta que el argumento termine en las más generales Este es el método del análisis Y la síntesis consiste en suponer las causas descubiertas y establecidas como principios, y en explicar por medio de ellas los fenómenos que proceden de ellas, y en probar las explicaciones"<sup>88</sup>

Newton procede a afirmar que mediante la utilización de este método fue como descubrió y probó las propiedades de la luz examinadas en los dos primeros libros de la *Óptica* Parece claro, entonces, que Newton concebía que el método científico era analizable en tres etapas esenciales: (1) la determinación por medio del experimento de aquellas propiedades de los fenómenos que varían cuantitativamente, (2) el razonamiento matemático por medio del cual estas variaciones pueden enunciarse con precisión en una forma susceptible de mayor elaboración; (3) experimentos exactos por medio de los cuales el razonamiento matemático puede ser verificado y extendido a otros casos, de acuerdo con los principios metodoló-

<sup>87</sup> Cursivas de L. S. Stebbing

<sup>88</sup> *N. Op.*, iv, pp. 263-264

gicos enunciados en las cuatro reglas Newton insistía continuamente en la necesidad de esta verificación experimental. Los experimentos iniciales tienen por objeto simplificar los fenómenos de suerte que el modo de variación de sus propiedades pueda ser aprehendido. Fue de esta manera, por ejemplo, como el propio Newton determinó el concepto de la refrangibilidad en la óptica. La regla iv muestra muy claramente la importancia que Newton atribuía a los experimentos iniciales y a los verificativos. El *addendum* a esta regla es muy significativo. Dice así: "Debemos seguir esta regla: que el argumento de la inducción no puede evadirse por medio de la hipótesis."

Así, pues, parece haber considerable evidencia en favor de la concepción de que Newton rechazó el uso de la hipótesis y de que él mismo no siguió lo que hemos llamado el método hipotético. Hay, sin embargo, cierto peligro de malinterpretar esta evidencia y de entender mal la conclusión que ella autoriza. Para examinar adecuadamente este asunto, debemos considerar el famoso pasaje en el "Escolio general" al final de los *Principia*, que dice lo siguiente:

"Hasta aquí hemos explicado los fenómenos de los ciclos y de nuestro mar por medio de la fuerza de la gravedad, pero no hemos atribuido aún la causa de esta fuerza. Tenemos por cierto que ésta debe proceder de una causa que penetra hasta los centros mismos del sol y los planetas sin sufrir la mínima disminución de su fuerza, que no opera de acuerdo con la cantidad de las superficies de las partículas sobre las cuales obra (como lo hacían las causas mecánicas), sino de acuerdo con la cantidad de materia sólida que ellas contienen, y propaga su virtud por todos lados a inmensas distancias, disminuyendo siempre en la proporción duplicada de las distancias. Pero hasta aquí no he podido descubrir, a partir de los fenómenos, la causa de esas propiedades de gravedad, y no formulo hipótesis alguna (*hypotheses non fingo*), pues todo lo que no sea deducido de los fenómenos debe llamarse hipótesis, y las hipótesis, sean metafísicas o físicas, sean de cualidades ocultas o mecánicas, no tienen lugar en la filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones particulares se infieren de los fenómenos, y posteriormente se hacen generales por medio de la inducción. Así fue como se descubrieron la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza impulsiva de los cuerpos, y las leyes del movimiento y la gravitación. Y para nosotros basta con que la gravedad en realidad exista, y obre de acuerdo con las leyes que hemos explicado, y sirva abundantemente para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar." <sup>39</sup>

Partiendo de la consideración de este solo pasaje no debemos, ciertamente, interpretar la afirmación "*hypotheses non fingo*" en la

<sup>39</sup> Volumen II, pp 313-314

forma en que con frecuencia ha sido interpretada Newton claramente está hablando aquí de la *causa* de las propiedades de la gravedad, y es en relación con la causa de la gravedad que él afirma no formular ninguna hipótesis. Él rechaza dos clases de hipótesis, a saber, (i) las hipótesis metafísicas que entrañan cualidades ocultas, y (ii) las hipótesis físicas que entrañan cualidades mecánicas. Estas son rechazadas en razón de que no pueden ser inferidas a partir de los fenómenos.<sup>40</sup> No concierne a la "filosofía experimental" introducir causas inobservables, por el contrario, lo que le concierne es inferir proposiciones particulares a partir de los fenómenos, y generalizar tales proposiciones por medio de la inducción de acuerdo con las reglas I y II. Todo lo que no sea "deducido de los fenómenos" es una hipótesis y el físico no la puede sostener. La palabra "deducido" requiere aquí cierta explicación. Puesto que el propósito de los experimentos iniciales es el de determinar aquellas propiedades que varían cuantitativamente, de modo que estas variaciones puedan expresarse matemáticamente, es posible retroceder de la formulación matemática al modo de comportamiento de las propiedades. El elemento de inducción se hace presente cuando la conclusión es generalizada. Newton no usa "deducción" en el sentido preciso de "prueba". Una vez más insiste en la base empírica de la ciencia. Sin embargo, no hay nada en este pasaje que sugiera que las hipótesis son inadmisibles, siempre que no se ofrezcan como demostraciones, ni que la investigación experimental

<sup>40</sup> Cf. el importante pasaje de la *Óptica* en que Newton dice que no considera los principios del movimiento (masa, gravedad, etcétera) como cualidades ocultas, sino como "leyes generales de la Naturaleza, mediante las cuales las propias cosas se forman: su aparición ante nosotros por medio de los fenómenos, aunque sus causas no estén aún descubiertas. Pues éstas son cualidades manifiestas, y sólo sus causas son ocultas. Y los aristotélicos dieron el nombre de cualidades ocultas, no a las cualidades manifiestas, sino a aquellas cualidades que suponían escondidas en los cuerpos y que suponían eran las causas desconocidas de los efectos manifiestos: tales como serían las causas de la gravedad, y de las atracciones magnéticas y eléctricas, y de las fermentaciones, si supusiéramos que estas fuerzas, o acciones, se derivaran de cualidades desconocidas para nosotros y no susceptibles de ser descubiertas y puestas de manifiesto. Tales cualidades ocultas detienen el mejoramiento de la filosofía natural y, por ello, en los últimos años han sido rechazadas. Decimos que toda especie de cosas está dotada de una cualidad oculta específica, por medio de la cual la especie actúa y produce efectos manifiestos, es no decimos nada; pero derivar dos o tres principios generales del movimiento a partir de los fenómenos, y decimos después cómo las propiedades y acciones de todas las cosas corpóreas se desprenden de estos principios manifiestos, sería un gran paso de avance en la filosofía, aunque las causas de estos principios no estuviesen todavía descubiertas; y, por lo tanto, no tengo inconveniente en proponer los principios del movimiento antes mencionados, siendo de extensión muy general, y dejar que sus causas sean descubiertas" (*N Op.*, iv, p. 261)

no pueda ser auxiliada por tales hipótesis. El párrafo concluyente de este *escolio* sugiere ciertamente que Newton no era renuente a considerar una hipótesis relativa al modo de producción de la gravedad, a saber, la existencia de "un espíritu sutilísimo" a cuya actividad se deben la gravedad, la cohesión y los fenómenos de la electricidad y la luz. Pero declara que "éstas son cosas que no pueden explicarse en pocas palabras, y tampoco contamos con la suficiencia de experimentos que se requiere para una determinación y demostración exacta de las leyes por medio de las cuales opera este espíritu eléctrico y elástico". Esta afirmación pone de manifiesto la distinción que establece Newton entre las leyes experimentales, susceptibles de demostración, y las hipótesis que no podemos establecer por falta de conocimientos.

Finalmente, podemos preguntarnos si el propio Newton parece haberse guiado por hipótesis. Debido a su oposición a la noción de la hipótesis, Newton se cuidó de distinguir entre sus especulaciones no verificadas y las proposiciones que había demostrado. De tal suerte en la *Óptica* formuló como "Preguntas" lo que indudablemente eran hipótesis guadoras, excluyéndolas del cuerpo principal de la obra. No cabe duda de que Newton realizó sus experimentos con la definida confianza de que tales y cuales resultados se producirían. Cuando esto sucedía así, quedaba abierto el camino para la inferencia de "proposiciones particulares" a partir de los fenómenos. Una hipótesis que no produjera el resultado definitivamente esperado, sería inútil para la ciencia. Una hipótesis que postulara causas fuera del alcance de la observación humana, debía permanecer sin verificación. En consecuencia, Newton excluía las primeras como meras conjeturas y las segundas como especulaciones metafísicas. En este sentido, y sólo en este sentido, Newton rechazaba las hipótesis.