

XX LA NATURALEZA DE LAS TEORIAS CIENTIFICAS

"No me cabe duda alguna de que nuestra finalidad última debe ser la de describir lo sensorial en términos de lo sensorial"
—J H POYNTING

§ 1 *La explicación en el nivel del pensamiento del sentido común*

LA EXIGENCIA de una explicación para una situación o un hecho es una exigencia de que la situación o el hecho se haga inteligible. El método científico es el medio por el cual se logra la inteligibilidad, de modo que a lo largo de nuestro examen del método nos hemos interesado en las condiciones comprendidas en la explicación. Pero, hasta ahora, hemos considerado esas condiciones sólo desde el punto de vista del *descubrimiento* del tipo de orden apropiado a lo que se observa. Ahora tenemos que considerar el uso de estos descubrimientos para *explicar* los hechos. Explicar es ofrecer una respuesta a una pregunta definida. La satisfactoriedad de la respuesta dependerá en parte del conocimiento que posee el interrogador. Al buscar una explicación, éste trata de descubrir una conexión entre lo que ha de ser explicado y algo que ya entiende. Lo que nos es familiar se considera generalmente entendido, de modo que, en su forma más simple, la respuesta a la pregunta consiste en señalar una conexión entre el hecho que debe ser explicado y algo que nos es familiar. Cuando, por ejemplo, el hombre ordinario le pide a un experto que explique algún hecho, el experto probablemente replicará estableciendo una analogía entre algún conjunto de hechos que nos es familiar y los hechos que deben ser explicados. Tales explicaciones por analogía son muy corrientes en las exposiciones populares de la ciencia. Por ejemplo, el profesor Andrade explica la manera en que se analiza la luz con el espectroscopio por medio de la siguiente analogía: "La manera de analizar una luz, como se le llama, consiste en usar un instrumento que separa los diferentes colores y coloca a cada uno en lugar diferente. Para obtener una ilustración aproximada de lo que esto significa, supóngase que los boletos para las diferentes secciones de un teatro se imprimen en diferentes colores. Fuera del teatro tenemos una multitud que transita, correspondiente al rayo de luz mezclada, pero dentro del teatro los diversos colores son separados y sabemos,

por los lugares en que se sientan las personas, de qué color eran sus boletos. Un instrumento que separa la luz se llama un espectroscopio, o, si es adecuado para el registro fotográfico, un espectrógrafo. La luz que entra es dilatada en una banda, en la que cada longitud de onda tiene su propia posición, y hasta un enfermo de daltonismo podría decir qué colores están presentes en la luz según los lugares en que la luz aparezca”¹ La utilidad de tales explicaciones depende claramente de la exactitud de la analogía. Si ésta produce asociaciones erróneas, será engañosa. Muchas explicaciones populares del principio de relatividad adolecen de tales defectos.²

Las analogías ilustrativas le han sido sumamente útiles al propio experto al permitirle aprehender un conjunto de hechos como constituyentes de un sistema que él puede entender. Por ejemplo, la teoría de la estructura atómica de la materia hace inteligibles tales hechos como la contracción y expansión de los gases y los sólidos. Así, dice el profesor Poynting: “No me cabe duda alguna de que primero se imaginó que la hipótesis atómica escapaba a la necesidad de considerar la expansión y contracción de la materia sólida y líquida como hechos simples, inexplicables y últimos. Si la materia fuese continua, así tendrían que ser considerados. Pero imagínese que la materia consiste en átomos separados, que la contracción es tan sólo un acercamiento de los miembros del grupo y la expansión es tan sólo una separación. Las hemos explicado asemejándolas a lo que observamos todos los días en una multitud de seres humanos o en una bandada de pájaros” La explicación consiste, aquí, en asemejar los movimientos de los átomos a los movimientos de la gente en una multitud, en que las personas pueden apretarse más o menos entre sí. El movimiento dentro de una multitud, *siéndonos familiar*, es inteligible.³ El descubrimiento de la semejanza es el comienzo de la explicación. El hecho ininteligible es el hecho aislado, irreductible y último. Buscamos conexiones. Por lo tanto, la mera afirmación de que tal o cual es siempre el caso, puede aceptarse como una explicación.⁴ Por ejemplo, un nuevo elector

¹ *The atom*, p. 56 (Benn's Sixpenny Library)

² Por ejemplo, B. RUSSELL, *The A B C of Relativity*: “Todo el mundo sabe que, al estar en una escalera eléctrica, subimos más rápidamente si caminamos hacia arriba que si permanecemos inmóviles. Pero si la escalera se moviera a la velocidad de la luz (lo cual no sucede ni siquiera en Nueva York), llegaríamos a su término exactamente en el mismo momento, independientemente de que camináramos hacia arriba o permaneciéramos inmóviles” (p. 36). Este ejemplo es engañoso, puesto que un objeto material como una escalera eléctrica no podría moverse a la velocidad de la luz. El ejemplo suscita asociaciones engañosas.

³ La utilización de modelos por parte del científico es una extensión de tal explicación por analogía. Es un paso hacia la descripción formal abstracta. Cf. pp. 357 y 453 del presente libro.

⁴ El doctor Venn caracteriza tal respuesta como “ese escándalo para la naciente ciencia de la crianza de niños”, pero, añade, “aun esta afirmación constituye una ayuda. La respuesta no se limita a repetir el fenómeno ob

joven puede preguntar por qué cierto político ha dedicado la mayor parte de sus discursos electorales a denigrar a sus adversarios. Puede darse por satisfecho con la respuesta de que los políticos siempre se comportan de esa manera. En la medida en que esta respuesta parezca satisfactoria, ello se debe a que relaciona el hecho dado con el hecho general de las características que los políticos poseen. El hecho deja de ser aislado y, como tal, ininteligible, ahora se le reconoce como un caso de una conexión uniforme. Si el elector prosiguiera sus indagaciones preguntando *por qué* los políticos se comportan así, se le daría respuesta si se señalara que el efecto de tal comportamiento es la disminución de la confianza del oyente en los adversarios del orador y, en consecuencia, en la obtención de votos para éste. Tal explicación toma la forma de una referencia a un propósito. Si el interrogante entiende la naturaleza de este propósito y está familiarizado con las características mentales del electorado, la explicación será completa. Estamos tan familiarizados con la acción guiada por propósitos, que una explicación en términos de propósitos siempre es aceptable, en tanto que la apelación al valor implícito en el propósito se reconoce como algo final. A esto se debe que la concepción medieval del orden teleológico tuviese tal poder explicativo que tendía a frenar la indagación ulterior.⁵ Desde este punto de vista, la explicación da respuesta a la pregunta *por qué* y encuentra su terminación natural en la afirmación de propósito. Allí donde no buscamos un propósito, la explicación toma la forma de exhibición de conexiones y termina en la más amplia coordinación de hechos posible en la etapa dada de conocimiento.

Podemos decir, entonces, que la ocurrencia de X queda explicada cuando se muestra que siempre que A ocurre, X ocurre, y que A ha ocurrido. Tal explicación consiste en mostrar que X es un caso de una conexión uniforme. La *uniformidad* de la conexión es lo importante. Si el lino, al ser sumergido en aceite, algunas veces se volviera semitransparente y algunas veces permaneciera opaco, no podríamos explicar la apariencia transparente haciendo referencia a la inmersión en aceite. Puesto que el sentido común está familiarizado con la noción de uniformidades causales, y puesto que el pensamiento del sentido común se mueve principalmente en el nivel de la determinación causal, la explicación que tome esta forma será aceptable. Para explicar la propia uniformidad causal, buscamos una uniformidad más amplia de la cual la uniformidad dada sea un caso. Así, la elevación del agua en una bomba queda explicada al mostrarse que es un caso de las leyes de la presión atmosférica. Lo menos general queda así explicado al ser deducido de lo más general. Mientras más amplia —es decir, mientras más comprensiva— sea la generalización, mayor será su poder explicativo. Desde el punto de vista de la explica

servado; en cierta medida generaliza lo que, para el niño, parece nuevo a la experiencia" (*Empirical Logic*, p. 499)

⁵ Cf. capítulo XIII del presente libro

ción, se acostumbra distinguir las uniformidades, o leyes, en tres clases (i) leyes últimas, (ii) leyes derivativas, o sea, leyes que son casos de leyes más generales, de las cuales pueden ser deducidas, (iii) leyes empíricas, o sea, uniformidades de las que no se ha de mostrado que son casos de leyes más generales. Tales leyes empíricas siguieron siendo hechos generales sin interrelación.

§ 2 *La finalidad de la ciencia*

Antes de que podamos decidir si una teoría científica es explicativa, debemos hacer el intento de determinar la finalidad de la ciencia. Si la explicación es el objetivo que el científico se propone alcanzar, ¿qué forma toma esta explicación? Si el científico no busca la explicación, ¿cuál es su finalidad? Así como el sentido común no tiene sino una vaga idea acerca de lo que es la ciencia, del mismo modo concibe erróneamente la finalidad del científico. Para el hombre ordinario, que es esencialmente práctico, la importancia de la ciencia puede resumirse en el aforismo de Bacon: "Conocimiento es poder". De consiguiente, se considera a menudo que el propósito de la ciencia consiste en obtener dominio sobre las fuerzas de la naturaleza. De aquí que los millonarios frecuentemente concedan becas para la investigación científica. Pero, como lo sabe todo estudiante de ciencia, el dominio práctico sobre la naturaleza es un producto secundario de la indagación científica. La finalidad del científico consiste simplemente en entender, él trata de hacer inteligibles los datos sensoriales que constituyen su dato primordial. De consiguiente, si por "explicación" se da a entender el logro de tal entendimiento, entonces toda teoría científica es explicativa. Los científicos, sin embargo, son afectos a afirmar que la ciencia no *explica*, sino que *describe*. Son propensos a elucidar esta afirmación diciendo que la explicación da respuesta a la pregunta *por qué*, y la ciencia a la pregunta *cómo*. Esto es suponer que la explicación toma necesariamente la forma de exhibir propósitos. Si así fuese, la ciencia ciertamente no podría explicar. Pero la explicación que consiste en atribuir propósitos y una teoría científica bien construida tienen en común que satisfacen al interrogador.⁶ Una explicación que atribuye un propósito es intelectualmente satisfactoria tan sólo en la medida en que hay referencia a un valor que se considera último. En este caso, no se pueden hacer más preguntas. En el caso de la explicación que toma la forma causal, no existe límite determinado. Siempre es posible hacer otra pregunta *de la misma clase* acerca de la respuesta explicativa. En consecuencia, a medida que la ciencia se desarrolla, la forma de la pregunta cambia.

⁶ Es quizá este elemento común de la satisfacción intelectual lo que explica el uso frecuente de expresiones como "este fenómeno es explicado por tal o cual cosa" incluso por parte de aquellos científicos que repudian con mayor vehemencia la sugestión de que la ciencia explica.

La explicación causal está limitada a las primeras etapas de una ciencia, es satisfactoria sólo en el nivel del conocimiento del sentido común organizado. Hay, entonces, una buena razón para distinguir entre la explicación del sentido común, ya sea de propósito o causal, y la explicación que ofrece una teoría científica. La segunda toma la forma de la descripción constructiva.⁷

Aquellos científicos que han insistido con mayor vehemencia en que la ciencia sólo describe, han estado interesados principalmente en las ciencias químicas y físicas. Esta concepción descriptiva de la ciencia parece haberse originado en una reacción contra la concepción de que la ciencia nos proporciona conocimientos sobre una realidad más última que la que se da en nuestra experiencia sensorial del mundo externo. No tiene caso proseguir con esta cuestión. Los científicos se asemejan al hombre ordinario al usar las palabras "realidad" y "real" de una manera tan vaga y oscura que las despojan de toda significación. A nosotros sólo nos interesa la relación de esta concepción descriptiva con el procedimiento del científico al construir teorías. Se recordará que Galileo elogió a aquellos hombres cuya viveza de juicio les permitía preferir los dictados de su razón a la evidencia de sus sentidos, mientras que al mismo tiempo condenaba a los profesores aristotélicos que se rehusaban a someter a prueba sus descubrimientos (de Galileo) usando sus ojos para ello. Hay aquí una aparente contradicción cuya consideración es sugestiva. La contradicción es sólo aparente, puesto que la insistencia de Galileo en la razón respondía a los intereses de una construcción matemática que conducía de regreso a los hechos sensoriales. La confianza de Galileo en sus deducciones matemáticas era, sin embargo, tan grande que lo inclinaba a considerar que la confirmación experimental era necesaria sólo para convencer a los objetantes estúpidos. La química se ha desarrollado rápidamente como una ciencia a consecuencia de su utilización de entidades imperceptibles. Existe, pues, la curiosa situación de que las ciencias experimentales avanzan rápidamente como resultado de la construcción de entidades hipotéticas e imperceptibles cuyas relaciones entre sí permiten al científico conectar los hechos sensoriales. Así, pues, el dato primordial debe hacerse inteligible por medio de deducciones matemáticas concernientes a entidades que no son observadas. Este procedimiento ha sido, sin duda alguna, de enorme valor para el avance de la ciencia. Ha tenido, sin embargo, el inconveniente de que sugiere una oposición entre la "realidad científica" —el mundo de los imperceptibles— y la "realidad sensorial" —el mundo que se da a nuestra experiencia sensorial. De consiguiente, algunos científicos como Mach, Ostwald y Karl Pearson han insistido en que el único mundo real es el mundo sensorial, y que las

⁷ Estoy consciente de que puede parecer contradictorio hablar de una descripción *constructiva*, pero no sé cómo distinguir de otra manera entre la concepción que me parece correcta y la concepción de que la ciencia "tan sólo describe".

teorías científicas son tan sólo descripciones del mundo sensorial. La sugestión de esta concepción se le atribuye con frecuencia al gran físico alemán Kirchhoff, de quien Karl Pearson toma la famosa definición de la mecánica: "La mecánica es la ciencia del movimiento, definimos como su objeto la *descripción* completa, en la forma *más simple* que sea posible, de tales movimientos como los que ocurren en la naturaleza"⁸ De acuerdo con cualquier significado ordinario de la palabra "descripción", la definición de la mecánica de Kirchhoff sería absurda. Una descripción *completa* de los movimientos naturales es imposible, y si no fuera imposible sería inútil, pues la finalidad de la ciencia, como hemos insistido, es la de hacer los datos primordiales inteligibles por medio de la exhibición de su modo de conexión. Sin abstracción esto sería imposible, pero una descripción completa no permitiría la abstracción. Mach admite la necesidad de la abstracción, pero funda esta necesidad en otra necesidad: la de economizar pensamiento. Él insiste en que la finalidad de la ciencia es "reemplazar, o *ahorrar*, experiencias por medio de la reproducción y prefiguración de hechos en el pensamiento. La memoria es más fácil de manejar que la experiencia, y con frecuencia responde al mismo propósito. Esta función económica de la ciencia, que llena toda su vida, es aparente a primera vista." Mach llega a la conclusión de que "en la reproducción de los hechos en el pensamiento, nunca reproducimos los hechos de manera total, sino sólo aquel aspecto de ellos que es importante para nosotros, moviéndonos a esto, directa o indirectamente, un interés práctico. Nuestras reproducciones son invariablemente abstracciones. He aquí también una tendencia económica"⁹ Ciertamente, una descripción completa podría ser cualquier cosa, pero no económica. De consiguiente, Mach se vio llevado a poner énfasis no en lo completo, sino en lo económico. Admitió sin reparos que "no hay un solo resultado de la ciencia que, como cuestión de principios, no se hubiera podido obtener sin seguir método alguno. Pero, en realidad, dentro del breve término de una vida humana y con los limitados poderes de la memoria del hombre, cualquier cantidad de conocimiento digno de tal nombre es inalcanzable excepto por medio de la *mayor* economía mental. La ciencia misma, por lo tanto, puede considerarse como un problema mínimo, consistente en la presentación de los hechos con el *menor* gasto posible de pensamiento"¹⁰

Esta concepción de la finalidad de la ciencia pasa por alto lo más importante. Las teorías científicas no son artificios para economizar memoria, ni la función primordial de la abstracción es la de economizar pensamiento. La finalidad de estas teorías es el entendimiento, la función de la abstracción es la de revelar caracteres generales. El científico busca la forma, la economía de pensamiento resultante del descubrimiento de la forma es un producto secundario de la activi

⁸ *The grammar of science*, p. 115

⁹ *The science of mechanics* (traducción al inglés), pp. 481-482

¹⁰ *Ibid.*, p. 490

dad del científico La actitud de Mach parece apoyarse en una concepción errónea fundamental Los descripcionistas parecen deseosos de sostener que, independientemente de que una teoría científica pueda ser otra cosa, cuando menos no es una explicación Pero su concepción de la explicación es algo burda Karl Pearson parece suponer que *explicar* es siempre contestar a la pregunta *por qué*, y que el rechazo de la concepción de una ley científica como un *mandato* equivale a concebirla como una *descripción* Así, dice “la ley científica es una descripción, no una prescripción”¹¹ Ciertamente no es una prescripción Nadie en nuestros días considera las leyes científicas como mandatos El que hayan de ser consideradas como descripciones depende del significado que se le dé a “descripción” Los científicos de que hemos estado hablando parecen desear, principalmente, oponer la descripción a la explicación, habiendo concebido primero erróneamente la naturaleza de la explicación No vale la pena disputar acerca de una palabra Pero hay un sentido de “descriptivo” —y sucede que es el sentido más usual— en el que *algunas* teorías científicas son descriptivas Empero, un examen de esas teorías revela que ellas no logran satisfacer el ideal del científico Una teoría satisfactoria no es *meramente* descriptiva, es también constructiva A la consideración de tales teorías dedicaremos el siguiente párrafo

§ 3 *Descripciones constructivas*

Al decir que la finalidad del científico es ofrecer una descripción *constructiva*, queremos distinguir entre una teoría *meramente* descriptiva y una teoría que sea algo más que una descripción Un ejemplo puede hacer más clara esta distinción Para este fin consideraremos las teorías de Ptolomeo y Copérnico, mencionadas en el capítulo xvi, con referencia al desarrollo subsecuente de la teoría astronómica Señalamos que la teoría copernicana es preferible a la ptolemeica tanto en razón de su mayor sencillez como de su susceptibilidad de desarrollo más fructífero Se recordará que la teoría ptolemeica ofrecía una descripción matemática de los movimientos planetarios en la cual podían hacerse encajar los cuerpos celestiales de nuevo descubrimiento, siempre y cuando se introdujeran nuevos epiciclos Sería posible, sobre la base de este sistema, calcular las posiciones relativas del sol, la luna y los planetas en fechas futuras, y predecir así eclipses más o menos exactamente Pero este esquema descriptivo sólo podía producir lo que previamente se había puesto en él Por ejemplo, sería impotente para predecir los movimientos de cualesquiera cometas errantes que pudieran aparecer De tal suerte, la posibilidad de su desarrollo era sumamente limitada La teoría heliocéntrica copernicana no sólo permitía el desarrollo deductivo, sino que conectaba todos los diversos movimientos cíclicos completados en un solo año median

¹¹ *The grammar of science*, p 87

te la demostración de que dependen de un solo acontecimiento: el movimiento de la Tierra. Así, pues, la teoría copernicana, a diferencia de la ptolemeica, es constructiva, hace inteligibles estos movimientos al exhibir que están interrelacionados. Sobre la base de la teoría copernicana, Kepler llegó a su descubrimiento de las tres leyes del movimiento planetario, ahora llamadas leyes de Kepler. Éste comparó las posiciones observadas de Marte (según las registró el gran observador astronómico Tycho Brahe) con sus posiciones pronosticadas en los almanaques copernicanos. Encontró una discrepancia que no podía ser explicada según el esquema recibido. Por lo tanto, puso en tela de juicio el supuesto, común a Ptolomeo y Copérnico, de que las órbitas planetarias eran circulares. Es bien sabido que, habiendo tratado diecinueve curvas posibles, Kepler descubrió que todas las posiciones observadas podían hacerse encajar en una elipse, que es no sólo la curva más simple posible, sino que también sugiere descubrimientos adicionales. Es importante observar que ésta es una descripción constructiva. Es *descriptiva*, pues depende de la observación exacta y es verificada por ésta en cada etapa, es *constructiva*, puesto que hace inteligibles estos movimientos.

Carecemos de espacio aquí para seguir los descubrimientos de Kepler. Basta señalar que la primera ley de Kepler condujo a éste al descubrimiento de la segunda. Kepler, sin embargo, no pudo advertir que la tercera ley está conectada con las otras dos. La consideró como una relación numérica independiente. La gran importancia de las leyes de Kepler consiste en que ellas hicieron posible el descubrimiento de la ley de la gravitación de Newton.¹² Desde el punto de vista

¹² Este desarrollo puede resumirse brevemente aquí. Las leyes de Kepler son: (1) La órbita de un planeta alrededor del sol es una elipse con el sol en un foco. (2) La línea recta que une al planeta con el sol cubre áreas iguales en tiempos iguales, es decir, que los movimientos planetarios guardan conformidad con la ley de las áreas. (3) El cuadrado del tiempo requerido por cualquier planeta para describir su órbita es proporcional al cubo del eje mayor de la elipse descrita. La segunda ley sugiere que hay una fuerza dirigida en todo momento a lo largo de la línea que une el sol y el planeta. Esta fuerza debe de estar dirigida hacia el sol, puesto que la órbita es una curva cerrada. Newton, considerando la primera y la tercera leyes juntas, pudo determinar la ley numérica precisa de la atracción del sol. Puesto que el movimiento elíptico está referido al sol, no era irrazonable suponer que entre la luna y la Tierra existía una atracción similar. De una manera parecida Newton pudo mostrar que el peso de una pelota de cricket, por ejemplo, se debe a la atracción de la Tierra. Además mostró que toda partícula de materia en la Tierra atrae a toda partícula de materia en la pelota. Así, el fenómeno del peso se explica con base en el supuesto de que toda partícula de materia atrae a toda otra partícula de materia. Por lo tanto, Newton llegó a formular su ley de la atracción universal de la siguiente manera: "Toda partícula de materia atrae a toda otra partícula con una fuerza que varía directamente como el producto de sus masas e inversamente como el cuadrado de la distancia que las separa." No es necesario para nuestros fines,

del cual nos interesan estos descubrimientos, la importancia de la ley newtoniana de la inversa del cuadrado puede resumirse en la afirmación de que logró formular una sola regla que explicara completamente los movimientos planetarios. De esta ley pueden deducirse las leyes de Kepler. Además, pudo demostrarse que las elipses no son las únicas órbitas posibles, pueden ser, bajo otras circunstancias, parábolas o hipérbolas. Así, pues, los movimientos de los cometas pueden colocarse dentro del mismo esquema descriptivo. Este esquema es, en realidad, una síntesis constructiva. Todos los hechos incluidos en la descripción matemática de Ptolomeo, en el esquema heliocéntrico de Copérnico y en las tres leyes de Kepler fueron encajados en el sistema newtoniano. Pero no sólo fueron encajados, pudieron ser deducidos de él, y, teóricamente, pudieron haber sido deducidos *antes* de haber sido observados.

No es difícil advertir que la teoría de Newton es una descripción constructiva. Aquí sólo es posible enumerar algunos de los hechos que están conectados en el sistema newtoniano en una forma tal que hace su conexión *inteligible*. De acuerdo con él, la órbita de un cometa puede ser deducida, dado que conozcamos una posición instantánea del cometa y su velocidad relativa al sol. Se demuestra que la precesión de los equinoccios es una consecuencia de la forma radialmente asimétrica de la Tierra y de la ley de la inversa del cuadrado. Hechos aparentemente desconectados e independientes tales como el fenómeno de las mareas, los movimientos planetarios, la precesión de los equinoccios, el fenómeno del peso, los movimientos de los ciclones, quedan revelados como consecuencias de la ley de la atracción universal. Tal poder deductivo es la señal de una descripción constructiva. Importa poco que usemos o no la palabra "explicativa" para tal teoría. Lo que importa es que, mediante su comprensividad, por su fecundidad para conducir a nuevos descubrimientos, para sugerir nuevos experimentos y para conectar lo anteriormente inconexo, esta teoría alcanza la finalidad de la ciencia al hacer *inteligible* la multiplicidad del hecho sensible. Acerca de tal teoría puede decirse que *explica* los hechos sensoriales que constituyen sus datos, puesto que ella no sólo se basa en ellos sino que conduce deductivamente de regreso a ellos. Además, como hemos visto, conduce a otros hechos sensoriales que no eran conocidos y por lo tanto no formaban parte de los datos originales.

La señal de una descripción constructiva es su sencillez y su consecuente falta de supuestos no verificados. Todos los hechos deben ser deducibles de ella. Una sola discrepancia entre la teoría y un hecho sensorial es capaz de conducir a su rechazo. Este punto es digno de consideración. Podemos ilustrarlo mediante un ejemplo sencillo. Se recordará que se observó una irregularidad en la órbita de Urano conforme ésta fue calculada de acuerdo con la teoría de Newton. Esta irregu-

ni disponemos del espacio suficiente para referirnos a las leyes del movimiento de Newton, mostrar su conexión con su teoría.

laridad constituía un hecho discrepante que requería explicación. Había dos maneras de evitar la discrepancia. La primera consistía en rechazar la teoría (o sea, la ley de Newton) con la cual discrepaba el hecho. La segunda consistía en introducir una hipótesis *ad hoc* que explicara la irregularidad de tal manera que eliminara la discrepancia. La teoría newtoniana estaba tan bien confirmada y había conducido a triunfos tan grandes, que por entonces era inconcebible abandonarla. Es bien sabido que la segunda alternativa fue adoptada. Pero —y éste es el punto que nos interesa ahora— la hipótesis de que estas perturbaciones eran debidas a otro planeta, era una hipótesis *ad hoc*. Una hipótesis *ad hoc* es una hipótesis que se introduce a fin de explicar un solo hecho que no encaja en el resto de la teoría. No es sugerida por el desarrollo de la teoría misma. Si podemos recurrir a una hipótesis *ad hoc* cada vez que hay una discrepancia entre la teoría y el hecho, entonces podemos explicarlo todo y no podemos pronosticar nada. Una hipótesis *ad hoc* necesariamente explica el hecho discrepante dado, puesto que ha sido introducida con ese único propósito. Pero su poder explicativo es limitado, por lo general se reduce al solo hecho que hizo necesario recurrir a ella. En el caso de la hipótesis de Neptuno esta objeción no fue válida, puesto que Neptuno fue observado subsiguientemente. Así se confirmó la hipótesis y se mostró que el hecho discrepante estaba de acuerdo con la teoría de Newton. Esta confirmación constituye otro ejemplo notable de la constructividad de esta teoría. Puede señalarse que Le Verrier posteriormente sugirió otra hipótesis *ad hoc*, a saber, que las irregularidades en la órbita de Mercurio se debían a un planeta interior, al que se adelantó a llamar Vulcano. Pero las observaciones cuidadosas no han logrado revelar tal planeta, de modo que la hipótesis está desprestigiada.¹³

La otra alternativa antes mencionada para tratar un hecho que discrepa con una teoría, consistía en rechazar los supuestos fundamentales en que se basaba la teoría. Éste fue el camino que siguió Einstein para explicar el resultado negativo del experimento de Michelson y Morley para precisar la velocidad de la Tierra relativa al éter.¹⁴ A pesar del enorme interés que la teoría de la relatividad de Einstein encierra para los estudiantes del método científico, no podemos seguir aquí su desarrollo. Todo lo que podemos hacer es llamar la atención hacia dos puntos de gran significación metodológica. Tenemos, primero, el hecho de que la discrepancia era sumamente pequeña, con todo, entrañaba o bien una multiplicación de hipótesis *ad hoc*, o bien una alteración radical de supuestos fundamentales. El que un experimento sumamente delicado necesite tal resultado es

¹³ Las irregularidades en la órbita de Mercurio han sido explicadas ahora por la hipótesis de Einstein.

¹⁴ El resultado negativo mostró experimentalmente que el movimiento de la Tierra no tiene influencia alguna sobre la propagación de la luz sobre la superficie de la Tierra. (Véase MAX BORN, *Einstein's theory of relativity*, capítulo \ (14)

posible únicamente en una etapa avanzada de una teoría científica, es decir, sólo cuando la teoría es al mismo tiempo una coordinación comprensiva de los hechos y es en sí misma una guía para nuevas indagaciones experimentales, en otras palabras, sólo allí donde tal teoría científica es una descripción constructiva. El segundo punto de significación metodológica consiste en que la segunda de las dos alternativas fue la preferible. Pese al éxito y al inmenso prestigio de la descripción constructiva de Newton, ésta tenía que ser rechazada bajo la presión de los hechos experimentales *a menos* que fuera salvada por la suposición de hipótesis *ad hoc*. Una consideración del procedimiento de Einstein ilustra las condiciones bajo las que pueden ser admisibles hipótesis *ad hoc* en una descripción constructiva. Esto puede ponerse de manifiesto mediante una comparación con la *hipótesis de Neptuno*. Cuando, como en este caso, la hipótesis *ad hoc* es verificable y sugiere una explicación de la discrepancia que es de una clase que ya no es familiar, entonces la hipótesis no es objetable. No está en conflicto con la finalidad de la ciencia. Sin embargo, cuando es esencialmente inverificable porque sugiere lo que trasciende a la observación o apela a efectos que se neutralizan entre sí (como era el caso de la contracción *Lorentz-Fitzgerald*), entonces no es admisible excepto como un *pis aller*. Una multiplicación de hipótesis *ad hoc* es contraria a la finalidad de la ciencia, que busca la mayor coordinación posible de hechos. Toda hipótesis *ad hoc* adicional señala un colapso de la coordinación. Supóngase, por ejemplo, una teoría X de la cual discrepa un hecho dado *f*. Podemos suponer que hay alguna influencia A (misteriosa o no) que explica a *f*, como en el caso de la *hipótesis de Neptuno*. Pero, en una investigación subsiguiente, A debe tomarse en cuenta. X combinada con A conducirá deductivamente a *f*, puesto que A fue invocada con este propósito, pero la combinación XA puede producir otros resultados diferentes de aquellos que produciría X sola. Estos resultados pueden discrepar de XA, aunque no habrían discrepado de X sola o de una modificación de X distinta de su combinación con A. Entonces será necesario introducir otra hipótesis *ad hoc*, B. Este procedimiento puede continuar indefinidamente. La teoría, combinada con estas hipótesis *ad hoc*, habrá dejado de ser una descripción constructiva. No permitirá ya la prefiguración de los hechos y no será, por lo tanto, una guía para la investigación experimental. Ahora bien, si los supuestos iniciales sobre los que se basaba X pueden ser modificados de tal manera que las discrepancias desaparezcan sin la postulación de hipótesis *ad hoc*, esta modificación estará de acuerdo con la finalidad de la ciencia. Tal modificación puede ser leve, o puede ser tan grande que constituya un rechazo total de X, como fue el caso con la teoría del flogisto.

Es claro que mientras mayor sea el grado de coordinación alcanzado por una teoría, más susceptible es ésta de ser destruida por una pequeña discrepancia. Una descripción constructiva posee un alto grado de

coordinación, es coherente respecto de una gama coherente de hechos. Se desprende de ello que una descripción constructiva es más frágil que una descripción obtenida a duras penas por medio de hipótesis *ad hoc*, sin embargo, a pesar de su fragilidad, es más satisfactoria para el científico que aspira a lograr una teoría comprensiva capaz de anticipar la experimentación y pronosticar lo que se observará. Una teoría *meramente* descriptiva no tiene necesidad de rechazar hipótesis *ad hoc*, una teoría que sea una descripción *constructiva* debe rechazarlas.