

DATOS, FENOMENOS Y CONSTRUCTOS TEORICOS - UN ENFOQUE REPRESENTACIONAL[†]

(Data, Phenomena and Theoretical Constructs - A Representational Account)

Andoni IBARRA*
Thomas MORMANN**

* Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Apartado 1249, 20080 Donostia-San Sebastián. E-mail: ylpibuna@sc.ehu.es

** Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Universität München, Ludwigstr. 31, D-80539 München, Alemania.

BIBLID [0495-4548 (1998) 13: 31; p. 61-87]

RESUMEN: En la estructura de una teoría se han distinguido tradicionalmente dos niveles conceptual y metodológicamente distintos: el nivel empírico y el teórico. Sostenemos que este enfoque del doble nivel es incompleto y que conduce además a distorsiones, tanto en la comprensión filosófica de las teorías como en la de su uso en la praxis científica. En este artículo se diseña un nuevo enfoque, según el cual las teorías se conciben como estructuras representacionales tripartitas, que comprenden tres niveles conceptual y metodológicamente distintos: el nivel de los datos, el de los fenómenos y el de los constructos teóricos. Se exploran las relaciones estructurales básicas entre los tres niveles y se muestran algunas aplicaciones relativas a los problemas de la idealización.

Descriptores: datos, fenómenos, constructo teórico, constructo simbólico, representación, idealización, aplicación preservadora de estructura.

ABSTRACT: *Traditionally two different conceptual and methodological levels are distinguished within a theory: the empirical and the theoretical level. We argue that this two-level account is incomplete, leading to distortions of the philosophical understanding of theories and their usage in scientific praxis. We sketch a new account according to which theories are conceptualized as three-tiered representational structures comprising three conceptually and methodologically different levels, to wit, the levels of data, phenomena and the level of theoretical constructs. Basic structural relations between these different levels are studied, some applications concerning problems of idealization are given.*

Keywords: *data, phenomena, theoretical construct, symbolic construct, representation, idealization, structure preserving map.*

SUMARIO

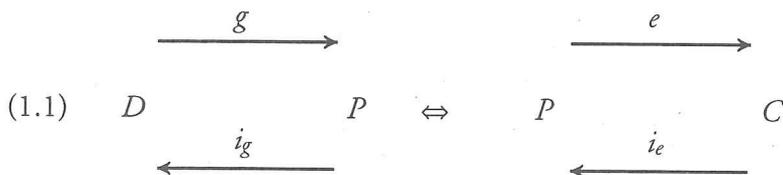
1. La dicotomía estándar
2. El camino de los datos a la teoría
3. Apoyos filosóficos: Weber y Cassirer
 - 3.1. Los tipos ideales de Weber
 - 3.2. La constitución fenoménica en Cassirer
4. El carácter representacional de las teorías

THEORIA - Segunda Época
Vol. 13/1, 1998, 61-87

- 5. La relación entre los fenómenos y los constructos teóricos
 - 6. La relación entre los datos y los fenómenos
 - 7. La jerarquía de los fenómenos
 - 8. Consideraciones finales
- Bibliografía

1. *La dicotomía estándar*

Una cuestión central de la filosofía de la ciencia, incluso la más central podría llegar a decirse¹, es la formulada concisamente por Duhem: "¿Cuál es la estructura de las teorías científicas?" (Duhem 1906). La historia de la filosofía de la ciencia de nuestro siglo se articula en cierto modo en torno a las diversas respuestas ofrecidas para la cuestión. Esta pluralidad, sin embargo, se ha sustentado en la asunción de algunas ideas básicas compartidas. Una de ellas, especialmente relevante para nuestro propósito en este artículo, es la identificación de dos niveles, conceptual y metodológicamente distintos, en la estructura de una teoría: el nivel empírico y el teórico. Esta dicotomía no es idiosincrática del enfoque de las teorías sostenido por los empiristas lógicos del Círculo de Viena; constituye también, por ejemplo, uno de los pilares de la concepción de las teorías ofrecida por Nagel en su influyente *La estructura de la ciencia* (Nagel 1961). Y está aún presente, en general, en las versiones postpositivistas o postempiristas de la denominada concepción semanticista de las teorías. Nuestro objetivo en este artículo es mostrar que ese enfoque de doble nivel de las teorías empíricas es incompleto e induce distorsiones en el intento de aquilatar una comprensión filosófica adecuada de la estructura de las teorías, y de su uso en la praxis científica y técnica. Nuestra motivación presente es tratar de ofrecer un diseño (formalmente modesto) de la semántica de las teorías empíricas, en la que las teorías se conceptualizan como estructuras representacionales tripartitas, que comprenden tres niveles conceptual y metodológicamente distintos: el nivel de los *datos*, el de los *fenómenos* y el de los constructos *teóricos* o *simbólicos*. De manera algo más precisa, proponemos la siguiente estructura de tres niveles para una teoría empírica *T*:



Este artículo se dedica a elucidar el significado de este diagrama. Por el momento, es suficiente con enunciar de manera aún algo tosca la interpretación de los términos contenidos en él.

Comencemos con los dominios. D , P y C se interpretan como los dominios de, respectivamente, los datos, los fenómenos y los constructos teóricos. Las relaciones entre estos tres componentes pueden interpretarse del siguiente modo: los constructos teóricos *explican* los fenómenos mediante su inmersión en un marco teórico, los constructos teóricos no explican datos, al menos no lo hacen directamente. Los fenómenos no explican nada, en concreto no explican datos. Los datos desempeñan el papel de prueba para las afirmaciones acerca de los fenómenos; los fenómenos dan forma, ahorman, los datos. Este ahormamiento de los datos es, en cierto sentido, independiente de los datos. Es decir, los datos pueden ser ahormados de distintas maneras, de ahí que los fenómenos sean, también en cierto sentido, independientes de los datos. Los datos aportan pruebas para los fenómenos. La progresión semántica de los datos a los fenómenos implica un cúmulo de intrincados y complejos procesos de reconstrucción y deformación. Las teorías pueden ser concebidas como representaciones explicativas de los fenómenos.

Como más adelante se indicará, D , P y C son estructuras concebidas en sentido matemático (cfr. Mundy 1986). En concreto, las relaciones entre tales estructuras pueden conceptualizarse como aplicaciones teórico-conjuntistas o, al menos, como aplicaciones *inducidas* de algún modo por aplicaciones teórico-conjuntistas apropiadas. De manera más precisa, podemos caracterizar las relaciones siguientes:

(1.2) *Relaciones entre Datos, Fenómenos y Constructos teóricos*

(1) $g: D \longrightarrow P$ es una aplicación de datos a fenómenos, que puede interpretarse como la inmersión de una estructura incompleta de datos en un fenómeno más rico en su estructura, más *ahormado*.

(2) $i_g: P \longrightarrow D$ puede considerarse como una especie de inverso de g . Sirve para mejorar o "amañar" datos recalcitrantes. Así, por ejemplo, podemos utilizar i_g para interpretar algunos datos como afloramientos alejados del núcleo que, de otro modo, deberíamos descartar.

(3) $e: P \longrightarrow C$ es una aplicación del dominio de los fenómenos al de los conceptos teóricos, que puede interpretarse como una representación teórica o una compleción explicativa. Por ejemplo, si P es el dominio de

fenómenos cinemáticos tales como órbitas o trayectorias de partículas, e ofrece una explicación dinámica para ellas.

(4) $i_e: C \longrightarrow P$ es un inverso de la aplicación teórica e . Podemos utilizarlo para retrotraer conceptos teóricos significativos al dominio de los fenómenos, pudiendo distinguirse de este modo los fenómenos que se ajustan a las teorías de otros que no lo hacen.

(5) Finalmente y como más adelante se precisará con mayor detalle, $P \Leftrightarrow P$ indica que el dominio de fenómenos se concibe como un dominio jerárquicamente estructurado, en el que podemos movernos de un lugar a otro en diversas direcciones. De manera más precisa, el dominio de fenómenos perteneciente a una teoría está sujeto a la posibilidad de diferentes tipos de deformaciones y alteraciones, que expresan diferentes niveles de idealización.

La conceptualización de una teoría empírica T viene dada, por tanto, por una terna $T=(D,P,C)$, a cuyos componentes se asocia el significado indicado, y en la que las diversas aplicaciones g, i_g, e y i_e entre los dominios se interpretan en los sentidos también precisados. Así pues, en este esquema de caracterización de la estructura de la teoría T se pueden identificar tres partes, dos de las cuales tienen una estructura formal semejante:

$$(1.3) \quad \begin{array}{ccc} \xrightarrow{g} & & \xrightarrow{e} \\ D & P, & P & C, & P \Leftrightarrow P \\ \xleftarrow{i_g} & & \xleftarrow{i_e} \end{array}$$

O, con mayor brevedad, (D,P) , (P,C) y (P,P) . Aunque las dos primeras partes dispongan, ciertamente, de una estructura formal semejante, las semánticas que se asocian a cada una de ellas son diferentes: mientras que (P,C) concierne a la semántica de la explicación y la predicción, es decir, (P,C) es una parte de la teoría $T=(D,P,C)$, la estructura (D,P) concierne a las relaciones de ahormamiento e interpretación de los datos en los fenómenos y viceversa.

Este trabajo se articula como sigue: en la sección 2, y a fin de hacer plausible nuestra propuesta de caracterización estructural tripartita de las teorías empíricas, establecemos la necesidad de un tercer ámbito, P , de mediación entre el dominio de datos D y el de constructos teóricos C .

Como ilustración de esa necesidad, consideraremos con detalle un ejemplo típico que muestra el largo camino existente entre el dominio de los datos y la teoría. El ejemplo muestra que no sólo ha de ser objeto de atención el inicio y el final del camino, sino también paisaje recorrido en la andadura. En la sección 3 se apuntalan las ideas anteriores relativas a la distinción entre datos y fenómenos, ofreciendo para ello algunos apoyos filosóficos identificados en las penetrantes observaciones de Weber y Casirer sobre el papel de la idealización, esto es, de la generación de fenómenos, en la ciencia moderna. En las secciones siguientes, procuramos ofrecer algunos instrumentos formales para una descripción detallada de los diversos componentes de las teorías. En la sección 4 consideramos la estructura general de aplicaciones en el enfoque (D,P,C) , es decir, mostramos por qué son importantes las relaciones de abajo-a-arriba y de arriba-a-abajo de los datos a los conceptos teóricos y de los conceptos teóricos a los datos. Nos apoyamos para ello en el enfoque de las teorías propuesto por el físico y filósofo Henry Margenau hace ya seis decenios. En la sección 5 estudiamos con más detenimiento las relaciones entre los fenómenos y los constructos teóricos. Correlativamente, en la sección 6 se exploran las relaciones entre los datos y los fenómenos. En la sección 7 se analizan distintos tipos de idealización, esto es, se focaliza el análisis en la estructura (P,P) del tránsito interno de los fenómenos. Finalmente, la sección 8 se dedica a fijar algunas conclusiones generales concernientes a la semántica de las teorías empíricas en nuestro enfoque (D,P,C) .

2. El camino de los datos a la teoría

Nuestra apelación al reconocimiento de la existencia de un ámbito autónomo de fenómenos, se sostiene en la imposibilidad de sobrepasar el hiato que separa a las teorías de los datos, sin el recurso a algún tipo de instancia mediadora. En la vida real de las teorías y los datos efectivamente existentes, el camino entre los respectivos ámbitos es más largo y sinuoso que el que muchos filósofos de la ciencia estarían dispuestos a reconocer. La razón del 'atajo' que los filósofos toman se debe probablemente al hecho de que sus análisis se focalizan con frecuencia sobre ejemplos artificiales y elementales de la ciencia.

Para constatar la inexistencia de una relación directa entre los datos y la teoría, resulta interesante considerar uno de los casos más renombrados de prueba empírica de una teoría, el de la desviación de la luz de las estrellas en la teoría general de la relatividad (cfr. Laymon 1982). Según la habi-

tual interpretación filosófica, la teoría de Einstein predecía la desviación experimentada por la mencionada luz cerca del sol, a causa de la curvatura del espacio originada por la masa de ese astro. De manera que, si pudiera obtenerse una medición de la desviación de los rayos de luz, ello constituiría una confirmación potente de la teoría general. Algunos filósofos, como Popper, por ejemplo, llegarían a afirmar incluso que la prueba de la desviación luminosa constituía un experimento crucial negativo para la teoría general, en el sentido de que si no podía obtenerse una medición de la flexión de luz predicha, podríamos afirmar entonces la existencia de una refutación concluyente de la teoría. Hasta aquí, brevemente, un bosquejo de la interpretación filosófica al uso.

La situación real sin embargo es bastante más compleja. En efecto, para aplicar las ecuaciones einsteinianas de campo, debemos especificar la distribución de la energía-masa del sistema en cuestión, es decir, del sistema solar. Pero aun así, aunque tomáramos en consideración únicamente las medidas newtonianas del sol y de la tierra, las ecuaciones de campo no podrían ser analizadas, porque en esa descripción realista su solución es desconocida y probablemente imposible de calcular. De ahí que se requiera una descripción idealizada, más sencilla: la 'solución' de Schwarzschild estipula así una única masa, un sol no-giratorio y perfectamente simétrico. Las ecuaciones de campo y la idealización de Schwarzschild ofrecen conjuntamente una solución para la métrica. Ahora bien, para poder derivar una predicción observable, la descripción relativista del sistema debe transformarse 'de alguna manera' en una descripción clásica, basada en la asunción de la estructura euclídea para el espacio. Por otro lado, la flexión de los rayos de luz en la cercanía del sol es observable únicamente en una situación de eclipse total, dado que es solamente en tal situación cuando es posible determinar posiciones de estrellas habitualmente invisibles para nosotros. Esas estrellas, por tanto, vuelven a ser invisibles tras el eclipse, y no tornan a ser observables hasta transcurridos varios meses. Todo ello determina la existencia de leves distorsiones en las condiciones observacionales que requieren ser corregidas. Por ejemplo, las diferencias debidas al paralaje y al movimiento de la tierra se calculan recurriendo a la geometría euclídea. De manera semejante se consideran también otras distorsiones de escala, generadas por pequeños cambios inmensurables en el sistema óptico y derivadas de los meses transcurridos entre los distintos momentos de observabilidad de las estrellas. En una última fase, los datos brutos se someten a procesamiento estadístico, a fin de determinar la existencia de errores relativos y su robustez.

Esquematisando el proceso descrito del recorrido desde los datos a la teoría, en el caso de la aplicación considerada de la teoría de la relatividad general, podemos identificar una estratificación de estructuras del siguiente tipo:

1. Ecuaciones einsteinianas de campo
2. Asunciones idealizadoras de la solución de Schwarzschild
3. Métrica y ecuación orbital
4. Transformación euclídea de cuál hubiera sido la trayectoria si el sol no hubiera estado presente
5. Comparación euclídea de las trayectorias en el eclipse y durante la noche
6. Medida de corrección en las comparaciones de ajuste
7. Datos procesados que cumplen determinadas cláusulas *ceteris paribus*
8. Datos brutos

Esta estratificación de estructuras no es idiosincrática de la aplicación teórica que ha sido objeto de nuestra atención. Lejos de ello, la complejidad de la relación entre los datos y la teoría, que tal estratificación subsume, es típica de las teorías empíricas. Habitualmente, los filósofos de la ciencia tienden a reducir esta compleja estratificación de estructuras a una sencilla estructura de doble nivel, en la que únicamente aparecen distinguidos los 'datos' y la 'teoría'. Por supuesto, esos filósofos no conciben la relación entre ambos niveles de manera demasiado ingenua: prácticamente ninguno sostendría la existencia de una conexión directa entre los datos y la teoría. Aun así, en la práctica (filosófica) habitual se hace economía de los niveles intermedios. Ello induce una imagen distorsionada de la ciencia real que conviene enmendar. El presente artículo pretende contribuir en esa dirección regeneradora.

Nuestro punto de partida afirma la existencia en la actividad científica de un ámbito intermedio entre el dominio de los datos y el de la teoría, un ámbito independiente irreductible a los otros dos dominios mencionados. Siguiendo a Bogen y Woodward (Bogen/Woodward 1988, 1992, Woodward 1989), denominamos a ese ámbito intermedio, *dominio de los fenómenos*. En el caso de la teoría general de la relatividad, tal como la describe Laymon por ejemplo, el dominio de fenómenos comprende cuatro niveles. Pero, generalizando, el ámbito intermedio puede constar de más o menos niveles, en función del caso considerado y del grado de refi-

namiento del análisis descriptivo. Así pues, en general, en la estructura de una teoría empírica se pueden identificar, cuanto menos, tres componentes:

- (1) el nivel de los datos, *D*
- (2) el nivel de los fenómenos, *P*
- (3) el nivel de los conceptos teóricos, *C*.

Un enfoque semántico no reductivo para las teorías empíricas ha de partir, por lo tanto, de la consideración de los tres dominios -datos, fenómenos y constructos teóricos- y de sus diversas interrelaciones. El dominio de los fenómenos ha sido objeto de menor atención, relativamente al prestado a los dominios de datos y de conceptos teóricos. Para reestablecer el equilibrio, parece proporcionado por tanto dedicar en lo que sigue una mayor atención al ámbito de los fenómenos y a una noción esencialmente vinculada a ellos, la idealización.

3. *Apoyos filosóficos: Weber y Cassirer*

Nuestro esbozo de estudio de caso aporta alguna prueba plausible para sostener la afirmación general de que el camino entre los datos y la explicación teórica es normalmente más largo, que el que la filosofía tradicional de la ciencia está dispuesta a admitir. En esta sección, y desde una perspectiva más filosófica, vamos a vindicar la relevancia del ámbito de los fenómenos, junto a la de los amplia y generalmente reconocidos dominios de los datos y los constructos teóricos. No resulta sorprendente que esa perspectiva no se adecúe al punto de vista empirista dominante en la filosofía de ciencia. Es bien conocida la propensión de los empiristas lógicos y otros empiristas posteriores a minimizar, *qua* empiristas, el papel de la idealización de la ciencia: la idealización evoca siempre el recuerdo de la repudiada metafísica idealista. Para los empiristas lógicos, la ciencia empírica era una *ciencia de hechos* ('Tatsachen-Wissenschaft'), vinculada de manera más o menos directa a 'lo dado'. Así pues, resulta poco menos que obligado mudar de reducto filosófico, si se quiere intentar capturar algo de la significación relativa a la función indispensable que los fenómenos, en tanto que objetos idealizados de la ciencia, desempeñan en el proceso de construcción de ésta. En algunas corrientes orientadas hacia el idealismo y, en particular, en la corriente neokantiana, pueden encontrarse algunos apoyos filosóficos en esa dirección.

Por otro lado, además, las ciencias naturales han generado la imagen de su relación directa con el mundo real. Sin embargo, en las áreas de cono-

cimiento de la sociología y otras ciencias de humanidades, los científicos han tomado más fácilmente conciencia del carácter idealizador del conocimiento procurado, porque obviamente nada hay en 'el mundo real' que corresponda directamente a sus objetos. Está fuera de duda, por ejemplo, que conceptos sociológicos como 'el carácter calvinista', 'la ciudad medieval' o 'el primer capitalismo del norte de Italia', no tienen aplicaciones directas en la realidad. Son, más bien, *tipos ideales* o fenómenos ahormados ('Gestalt') que se utilizan para organizar la realidad histórica y social.

Por los motivos indicados, y como introducción filosófica al estudio de la idealización y los fenómenos (idealizados), retomaremos brevemente algunos de los ingredientes esenciales de los enfoques de Weber y Cassirer concernientes a la idealización. Como se tratará de mostrar, ambos enfoques contienen importantes aspectos para la construcción, aún por acometer, de una semántica de los fenómenos ideales, ingrediente esencial de una semántica integral de las teorías científicas.

3.1. Los tipos ideales de Weber

Weber introdujo la noción de *tipo ideal* en su artículo 'Die 'Objektivität' sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis' (Weber 1904). Sin embargo, la cuestión inherente a los tipos ideales está analizada ya en muchos lugares de la obra anterior de Weber. Esa cuestión, que podríamos cualificar como un 'problema conceptual', se plantea de este modo: cómo es posible que 'conceptos precisos y bien definidos' puedan aplicarse a la inestable realidad histórica y social (cfr. Weber 1904, p. 175). En el enfoque de Weber, los tipos ideales están determinados funcionalmente. Son los presupuestos de toda investigación científica y sistemática y, a diferencia de las formas kantianas de la intuición, los tipos ideales han de ser contruidos en el proceso mismo de la investigación científica:

El concepto típico ideal adiestra la facultad de operar en la investigación: no es una 'hipótesis', pero muestra cuál es la dirección para la formación de hipótesis. No es una descripción de la realidad, pero ofrece los medios de expresión para esa descripción ... Es elaborado mediante la incrustación ('Seigerung') parcial de una o varias perspectivas y la combinación de una amalgama de difusas y discretas apariencias, más o menos e incluso a veces no existentes efectivamente, que ensamblan a las diversas perspectivas parciales en una representación conceptual ('Gedankenbild') unitaria. Dada su pureza conceptual, esa representación no se encuentra empíricamente en ningún lugar de la realidad; es una utopía. En el trabajo histórico surge entonces la tarea de determinar, para cada caso particular, cuán

alejada o próxima de esa representación ideal se halla la realidad ... (Weber 1904, p. 190s).

Así pues, los tipos ideales no son meras formas categoriales de la intuición, que surgen como 'ideas' originales del sujeto cognoscente; tampoco son, como afirmaba Hempel en su crítica a Weber, meras hipótesis. Son algo así como fenómenos en el sentido que venimos utilizando, que se constituyen en una suerte de proceso dialéctico: en particular, la descripción de Weber de los tipos ideales mediante el doble proceso de exageración ('Übertreibung') y pérdida ('Vernachlässigung') evoca la concepción de Nowak de la actividad idealizadora científica (cfr. Nowak 1980).

Aunque Weber reserva al concepto de tipo ideal para las ciencias históricas y sociales, creemos que esa noción puede extenderse también a las ciencias naturales, para mostrar que los científicos de la naturaleza utilizan también conceptos típicos ideales, es decir, dependen estrechamente de fenómenos. Para un penetrante estudio de caso de aplicación de tipos ideales weberianos a la ciencia natural, véase (Ramsey 1994).

3.2. *La constitución fenoménica en Cassirer*

Uno de los enfoques más lúcidos del papel de la idealización en la construcción de la ciencia empírica es el delineado por Cassirer en *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* (Cassirer 1910). El prototipo de ciencia idealizadora, según Cassirer, es la ciencia de Galileo. En concreto, y para nuestro propósito, Cassirer considera que la investigación del movimiento desarrollada por Galileo introduce de manera ejemplar la distinción entre los datos y los fenómenos. La interpretación de Cassirer sigue las líneas siguientes.

La cuestión determinante de la nueva ciencia moderna es la conceptualización del movimiento como objeto de la teoría: ¿cómo puede reconocerse el movimiento como un objeto para la ciencia? Es en este momento constitutivo en el que se fija, según Cassirer, un nuevo ideal de conocimiento: no es en el dominio de los datos de la experiencia del movimiento, donde han de buscarse las invariantes teóricas que determinen al movimiento en el marco del conocimiento, sino en el dominio de los fenómenos idealmente construidos. La dinámica galileana es una búsqueda de las regularidades generales, con carácter de auténtica universalidad. El movimiento no es ya un simple fenómeno cambiante y fluctuante, sino una forma ideal que pertenece al mismo dominio categorial que, por ejemplo, el número o el espacio geométrico. El fenómeno del movimiento, objeto

de la dinámica, es constituido mediante una construcción de tipo geométrico que singulariza los rasgos estables de los datos físicos. Así, en el caso de la caída libre de los cuerpos (datos), el movimiento uniformemente acelerado (fenómeno) se describe a través de la invariancia de la aceleración -o del incremento de variación de la velocidad-. En el caso de la trayectoria de los proyectiles (datos), el movimiento parabólico (fenómeno) se constituye conjuntamente a partir de la combinación de dos movimientos, el uniformemente acelerado de caída vertical -la invariancia de la aceleración- y el movimiento rectilíneo uniforme ideal -invariancia de la velocidad-. El fenómeno del movimiento, en tanto que objeto de potencial explicación para la física, es en ambos casos el resultado de la constitución teórica de elementos invariantes idealmente construidos. Sólo así puede constituirse el movimiento como objeto matemático al que puede asignarse una constancia numérica, y con él, los principios en los que se funda una teoría deductiva del movimiento. Pero entonces, es claro que esos principios, el de inercia, por ejemplo, no explican hechos físicos, sino fenómenos. El principio de inercia desatiende la naturaleza singular y específica de los objetos en movimiento:

Para Galileo está fuera de toda duda que el principio, en el sentido en que él lo considera, no expresa la consideración de una clase particular de movimientos que disponen de una realidad empírica ... El concepto de movimiento lineal y uniforme se halla investido de una significación abstracta meramente fonológica, no hace de ninguna manera referencia a cuerpos materiales y remite únicamente a esquemas formales, como los que ofrecen la geometría y la aritmética (Cassirer 1919, p. 232).

No existen datos reales correspondientes a objetos que se desplazan en línea recta con velocidad constante. Ello no es motivo para imputar un cargo de arbitrariedad a las estipulaciones de la ciencia; justamente, al contrario, esa inexistencia determina la condición de su propia validez: "Las ecuaciones de Galileo son verdaderas porque, estrictamente hablando, no se aplican jamás: remiten a casos ideales [fenómenos], no a casos inmediatamente dados, empíricamente reales" (Cassirer 1936, p. 103). Las leyes galileanas no enuncian hechos reales, ni siquiera hechos físicamente posibles. Enuncian una generalidad y universalidad que la mera experiencia de los datos no puede realizar. En esa condición radica, según Cassirer, el valor paradigmático de la ciencia moderna.

Las indicaciones de Weber y Cassirer ofrecen un buen apoyo para afirmar que una parte esencial de la semántica de las teorías científicas modernas es la concerniente a la semántica de su discurso idealizadorio,

esto es, del discurso que opera con fenómenos (más o menos idealizados). En nuestro enfoque (D, P, C) de las teorías, la idealización, esto es, el dominio de fenómenos, ocupa un lugar central: los fenómenos constituyen el punto cardinal en torno al cual se organizan los demás componentes del proceso de cognición teórica (datos e hipótesis teóricas). No debe resultar, pues, extraño que esa relevancia de la idealización para la ciencia haya atraído el interés de filósofos y científicos, como Cassirer y Weber, situados fuera de la rúbrica del empirismo. La idealización -y sus productos derivados, como los fenómenos y las formas (*gestalts*)- son difícilmente capturables desde la perspectiva empirista dominante. Sin embargo, y como procuramos mostrar en lo que sigue, ello no impide un análisis claro y preciso de la idealización, los fenómenos y otras nociones afines.

4. *El carácter representacional de las teorías*

En las secciones precedentes hemos analizado con algún detenimiento, pero de manera informal, las intrincadas relaciones entre los datos, los fenómenos y los constructos teóricos. En lo que sigue vamos a tratar de introducir algunos lineamientos generales de la hechura formal del enfoque (D, P, C) de las teorías empíricas. Hay que señalar de entrada que, aun cuando hayamos suprimido hasta ahora la referencia a las diversas aplicaciones y relaciones g, e, i_g y i_e , son éstas las que realizan realmente el 'trabajo' científico. Es decir, sin esas aplicaciones no es posible hablar de datos, fenómenos o constructos teóricos *como* tales datos, fenómenos o constructos teóricos. Vamos a comenzar por ello a estudiar genéricamente la estructura de aplicaciones que relaciona a los componentes D, P y C entre sí.

Nuestra propuesta consiste básicamente en una formalización del esquema expuesto por el filósofo y científico Henry Margenau en la década de los treinta (Margenau 1935). La perspectiva de Margenau tiene la virtud de ser una descripción científicamente bien informada de cómo los científicos conceptualizan las teorías, permaneciendo simultáneamente libre de las interferencias introducidas por las filosofías de la ciencia contemporáneas. Como hemos presentado el enfoque de Margenau más detenidamente en otro lugar, podemos ser más breves aquí (cfr. Ibarra/Mormann 1997). En la tarea de la conceptualización física Margenau distingue básicamente dos niveles, a saber, el nivel que denomina de los datos o 'habita' y el de los constructos simbólicos. Como se verá a continuación, sin embargo, el nivel de los datos de Margenau corresponde a nuestro

dominio de fenómenos. Ello induce un elemento de complejidad en el esquema original de Margenau. En nuestro enfoque ese esquema tiene en efecto la estructura de aplicaciones:

$$(4.1) \quad \begin{array}{ccc} & \xrightarrow{e \cdot g} & \\ D & & C \\ & \xleftarrow{i_g \cdot i_e} & \end{array}$$

donde $e \cdot g$ y $i_g \cdot i_e$ son las combinaciones de, respectivamente, e y g y de i_g y i_e . Sin embargo, tomaremos como punto de partida de nuestro análisis acerca de la naturaleza representacional de las teorías el esquema más sencillo ofrecido por Margenau.

En ese esquema de doble nivel de Margenau puede identificarse ya una característica estructural esencial del enfoque tripartito (D, P, C) : la naturaleza 'dialéctica' de la estructura, que faculta el movimiento atrás-y-adelante entre los distintos componentes de la teoría, es decir, podemos movernos de los datos a los constructos teóricos y de éstos a aquéllos. Más aún, podemos realizar 'bucles', comenzando por ejemplo en el dominio de datos D , yendo al área de los constructos teóricos C y retornando de nuevo a D . De hecho, este bucle o, como Margenau lo denomina, *vaivén* ('swing'), es un ingrediente esencial para la cognición del conocimiento científico como un todo. Vamos a introducir esta estructura de bucle dialéctico, considerando el ejemplo paradigmático de Margenau:

... observamos un cuerpo que cae o muchos cuerpos que caen, tomamos entonces el cuerpo típico bajo custodia mental y lo equipamos con las propiedades abstractas expresadas en la ley de la gravitación. Ya no es el cuerpo originalmente percibido, porque le hemos añadido propiedades que, ni son inmediatamente evidentes, ni empíricamente necesarias. Si existe alguna duda de que esas propiedades son arbitrarias en algún sentido, sólo necesitamos recordar que existe una teoría física alternativa, igual o incluso más exitosa -la de la relatividad general-, que adscribe a los cuerpos típicos la capacidad de influir en la métrica del espacio, es decir, con propiedades completamente diferentes a las expresadas en la ley de la gravitación de Newton (Margenau 1935, p. 57).

Según Margenau, esta estructura de dos niveles es general, impregna todos los ámbitos de la física. La tarea principal de los constructos simbólicos es ofrecer recursos para la explicación física, entendida ésta en un sentido amplio. El aspecto relevante a reseñar aquí es que, aun cuando en

la física el ámbito de los constructos simbólicos no está tan rígidamente determinado como el de los datos, no por ello es completamente arbitrario. Existen requisitos generales para la determinación de los constructos simbólicos admisibles. La condición estructural general para la admisibilidad de los constructos es que "exista una correspondencia permanente y extensiva entre los constructos y los datos" (Margenau 1935, p. 64). Combinando los tres componentes identificados por Margenau, esto es, los datos, los constructos simbólicos y la correspondencia entre ambos dominios, proponemos el siguiente formato general para la caracterización de las teorías empíricas:

(4.1) *Definición (Margenau)*. Sea D un dominio de datos y C el dominio de constructos simbólicos. Una teoría empírica es una representación $f: D \longrightarrow C$. La aplicación f ofrece una representación del dominio D por el dominio C de constructos simbólicos.

Si conceptualizamos la representación f como la combinación $e \bullet g$, la concepción de Margenau puede ser fácilmente subsumida en el enfoque (D, P, C) . El requerimiento de Margenau de la existencia de una correspondencia permanente y extensiva entre los constructos y los datos, puede expresarse de manera más precisa mediante la exigencia de que la aplicación de representación f de D a C no pueda ser cualquier aplicación, sino que ha de respetar la estructura de D y C . Consiguientemente, debemos equipar a f con algunas constricciones relativas a la condición de preservación de estructuras. Más adelante, en esta misma sección, volveremos sobre los detalles de esa condición. Ahora vamos a tratar de conceptualizar de manera más precisa los datos y constructos simbólicos.

(4.1) ofrece una imagen aún demasiado cruda de la estructura de las teorías empíricas, pero nos permite fijar ya algunas posiciones en relación al estudio y discusión acerca de la naturaleza específica de los dos componentes de la representación teórica $f: D \longrightarrow C$ y su interrelación. Así, por ejemplo, el enfoque popular asociaría D con lo observable y C con lo no observable. Otros han considerado D como lo empírico y C como lo teórico. Podrían aducirse otras perspectivas pero, en conclusión, puede constatarse la inexistencia de un consenso que pretenda alcanzar un mínimo umbral de precisión en torno a la caracterización de los dos niveles. Posiblemente tampoco cabe esperar una *única y correcta* elucidación para los dos niveles. Sea como fuere, no es necesario ofrecer aquí, para los propósi-

tos de este artículo, una posición precisa. Es suficiente con apuntar para los dominios D y C algunos rasgos distintivos de su naturaleza:

(i) La distinción de Margenau entre los datos y los constructos simbólicos no es una distinción absoluta, es decir, en un determinado contexto las entidades funcionan como datos y en otro como constructos simbólicos. Los datos, en particular, no pueden asimilarse a lo "inmediatamente dado", atribuido por la interpretación tradicional a algunos positivistas lógicos.

(ii) Un cometido importante de la reconstrucción filosófica de las teorías empíricas tiene que ver con la elucidación precisa de la estructura y función de la correspondencia entre los datos y los constructos simbólicos. Como ya indicara Margenau, los constructos simbólicos generan un *excedente conceptual*, que puede ser utilizado para determinar, explicar y predecir aspectos previamente inaccesibles para nosotros mediante el concurso único de los datos. Así, por ejemplo, determinados datos cinéticos, parcialmente conocidos, son encajados en el marco de constructos simbólicos tales como fuerzas, hamiltonianos o lagrangianos, para poder obtener así nuevas informaciones no accesibles sin su concurso.

Desde una perspectiva funcional, la representación de datos por constructos simbólicos desempeña una doble función, *explicativa y exploratoria*. Operativamente ambas funciones coinciden en la tarea característicamente representacional: el encaje de los datos en un marco teórico coherentemente explicativo². De hecho, la correspondencia entre los datos y los constructos simbólicos constituye la base de la explicación teórica física. Consideremos, por ejemplo, el ejemplo cinemático anteriormente mencionado: podemos explicar causalmente el sistema cinético recurriendo a constructos teóricos como fuerzas. La explicación teórica física, por tanto, puede reconstruirse del siguiente modo: comienza en el dominio de los datos, pasa a continuación al campo de la construcción simbólica y retorna nuevamente a los datos. Generalizando, el conjunto de la actividad científica, sitúese ésta donde se quiera, en la explicación, la predicción o la exploración conceptual, puede caracterizarse como un movimiento de oscilación entre el área de los datos y el de las construcciones simbólicas. Es el movimiento que puede identificarse con el *vaivén* ('swing') de Margenau³.

Podemos entonces completar ahora de manera más cabal nuestra caracterización de las teorías empíricas realizada en (4.1):

(4.2) *Definición. (versión refinada de Margenau).* Sea D un dominio de datos y C un dominio de constructos simbólicos. Una teoría empírica es una entidad determinada por un dominio de datos D y otro de constructos simbólicos C , y equipada con una aplicación $f: D \longrightarrow C$ y una interpretación simbólica $s: C \longrightarrow D$.

Podemos incorporar la versión refinada (4.2) de la concepción de Margenau de las teorías al enfoque (D, P, T) , interpretando s como la combinación $i_e \bullet i_g$. La interpretación simbólica s puede interpretarse como un operador que, en un sentido bastante literal, retrotrae las estructuras significativas del dominio conceptual C al dominio de datos D , proporcionando así nuevas interpretaciones empíricas para los conceptos teóricos de la teoría.

La representación $f: D \longrightarrow C$ es una aplicación preservadora de estructuras, concebida en su sentido matemático (cfr. Mundy 1986, Suppes 1989, Swoyer 1991). Es decir, consideramos a D y C como sistemas relacionales en el sentido de la teoría estándar de modelos, esto es, como conjuntos equipados con conjuntos de relaciones definidos sobre D y C respectivamente. Habitualmente, la representación f es un homomorfismo respecto de, al menos, algunas de las relaciones definidas en D y C (cfr. Mundy 1986, p. 394)⁴. Por ejemplo, si D es un dominio de objetos empíricos dotados de una cierta longitud y C es el dominio de los números reales, tal que $f: D \longrightarrow C$ es una escala de medida de algún tipo, f es una aplicación que conserva la estructura con respecto a la relación 'más pequeño que', es decir, $d \leq d' \implies f(d) \leq f(d')$, para todo $d, d' \in D$.

La interpretación simbólica $s: C \longrightarrow D$, por su parte, es una noción más elusiva. Se la puede concebir como un instrumento para retrotraer estructuras significativas de C a D via f . Considérese de nuevo el ejemplo de la teoría representacional de la medida:

(4.3) *Ejemplo.* C está equipado con la identidad $'=_{c}'$ y $f: D \longrightarrow C$ es una escala de medida. La identidad numérica $'=_{c}'$ puede retrotraerse via f al dominio D generando la relación de equivalencia \approx

$$d \approx d' := f(d) =_{c} f(d').$$

De este modo, la aplicación f genera una D -interpretación de una estructura C , esto es, de una estructura originariamente definida para C .

El formato representacional de Margenau ofrece una vía de acceso natural para la identificación de los elementos de la estructura de las teorías empíricas singularizados en el enfoque (D, P, C) . En las siguientes secciones

vamos a analizar las relaciones específicas de cada una de las partes constitutivas de esa estructura. Nos detendremos en particular en el estudio de la relación entre los datos y los fenómenos, y en la interna a la del propio ámbito fenoménico. Pero antes, consideraremos con mayor brevedad la relación entre los fenómenos y los constructos teóricos.

5. La relación entre los fenómenos y los constructos teóricos

El análisis de esta parte del camino representacional que conduce de los datos a la teoría es objeto de estudio sistemático en distintos enfoques de las teorías. Así, por ejemplo, en el diseño de van Fraassen, la clase de los fenómenos, identificada como subestructura empírica de una teoría, está contenida de manera apropiada, no trivial, en la clase de los modelos de la teoría. En los términos representacionales de la sección anterior, la estructura teórica de la teoría puede obtenerse por el enriquecimiento de la estructura fenoménica, insertando en ella constructos teóricos; de manera más precisa, puede obtenerse mediante extensiones teóricas de las *apariencias*. Si M_p es una clase de sistemas reales u 'observables', la clase de los modelos M_c de la teoría puede obtenerse por una aplicación de extensión $e: M_p \longrightarrow M_c$ que conserva su estructura.

Sin embargo, este diseño de van Fraassen de la relación entre los sistemas de fenómenos y los teóricos como una simple relación de inclusión, parece requerir de un mayor refinamiento teórico. Porque, ¿cómo se establece operativamente la aplicación del dominio teórico a un dominio de fenómenos? En primer lugar, porque sus fenómenos son representables por los constructos teóricos de la teoría. Sólo entonces pueden ser los fenómenos explicados -o no- de acuerdo con el comportamiento específico singularizado por las leyes de la teoría. Pueden no serlo porque, por ejemplo, puede tratarse de un dominio de fenómenos relativistas y la teoría en cuestión es la mecánica clásica de partículas. Pero considérese el caso más interesante, cuando podemos representar los fenómenos en el marco conceptual identificado por los constructos simbólicos de la teoría. ¿Cuál es en ese caso la relación entre ambos dominios?

La identificación de los fenómenos ha de ser posible sin el recurso de los constructos teóricos. En caso contrario, la identificación se realizaría presuponiendo la aplicabilidad de la propia teoría, pues ésta impone ciertas restricciones en la determinación de los constructos. El enfoque semántico estructuralista de las teorías distingue dos componentes en la estructura conceptual de una teoría T , esto es, de la estructura asociada, en

la terminología estructuralista, a la clase de los modelos potenciales de T . Tomando como base cualquiera de los criterios de teoriedad relativa presentes en ese enfoque, un functor de restricción faculta la obtención de modelos parciales a partir de modelos potenciales, eliminando de éstos los constructos teóricos relativos a T . De este modo se identifica estructuralmente la subestructura empírica asociada al dominio de fenómenos que T pretende explicar. Ese dominio de fenómenos, pragmáticamente fijado, es el denominado dominio de aplicaciones de T -denotado I_T . En este caso, la relación entre los fenómenos y los constructos teóricos es más compleja que en el diseño de van Fraassen. Puede enunciársela afirmando que el dominio de aplicaciones fenoménicas I_T de la teoría está contenido en la clase de los modelos parciales resultantes de la aplicación de un functor de restricción sobre los modelos fijados por los constructos teóricos de T .

6. *La relación entre los datos y los fenómenos*

Los fenómenos, a pesar de las reminiscencias epistemológicas del término *phainomenon*, no son apariencias sensibles *simpliciter*. Se construyen a partir de los datos, a través de operaciones diversas de redescrición y realización conducidas por el conocimiento teórico. En la instancia final, los datos son observables; pero la observación en sí misma, por ejemplo, la traza de un magnetómetro, ofrece una utilidad restringida para la obtención de información científicamente relevante. La observación ha de ser convenientemente estructurada por mecanismos y procedimientos aceptados como adecuados por los científicos. Estos métodos de reestructuración de los datos se fijan en los 'tickets' o tarjetas de inferencia. Las *tarjetas de inferencia* definen básicamente el conjunto de procedimientos, descripciones y operaciones que un científico (o un grupo de científicos) utiliza(n) para extraer información útil a partir de los datos. Obviamente, los procesos de reestructuración de los datos, que las tarjetas singularizan, involucran de manera esencial análisis teóricos. La dificultad surge cuando se interpreta el proceso de construcción de los fenómenos como el de la construcción de una miniteoría asociada a la teoría principal, una suerte de apófisis de ésta. La disparidad más notable entre ambas teorías es que el fenómeno, a diferencia de la teoría, no ofrece ningún rendimiento explicativo, no contiene ningún mecanismo causal; tan sólo enuncia un hecho de la naturaleza y, en cuanto tal, puede referirse a un objeto o a un acontecimiento. Ahora bien, aunque los fenómenos no sean entidades explicativas, en la construcción de

ellos a partir de los datos, pueden intervenir explicaciones, causas, teorías, instrumentos y, en general, métodos, que tienen como objeto la eliminación de 'señales de ruido' que puedan interferir en la construcción de los fenómenos.

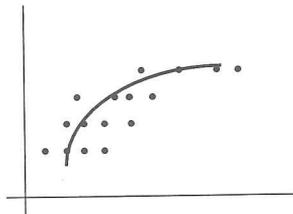
Un segundo rasgo característico de los fenómenos científicos es su generalidad. Un fenómeno representa una propiedad general, permanente o recurrente, del mundo; no una particularidad localizada. Con otros términos, un fenómeno ofrece soporte a un concepto general (científico) que puede cubrir diversas instancias. Por el contrario, una característica común a muchos datos científicos es que las distorsiones e interferencias locales, así como su historia individual, ofrecen apoyo a resultados que no es posible emparejar con la pureza del fenómeno con el que se relacionan. Muchos de los datos obtenidos expresan a sus respectivos fenómenos sólo parcialmente; en las situaciones más habituales, en los datos interfieren resultados semejantes a las 'afloraciones' alejadas de sus macizos geológicos principales, esto es, parámetros que causan irregularidades.

Parece, pues, plausible sostener la separación entre datos y fenómenos. Si los datos no fueran distintos, del modo que sea, de los fenómenos, resultaría difícil dar cuenta de algunos hechos: por ejemplo, del hecho que algunos datos "representan" un fenómeno y otros no. Ahora bien, que algunos hechos "representen" un fenómeno no equivale a identificarlos con él; la distinción resulta esencial: es crucial observar la disparidad esencial existente entre la afirmación de que un cuerpo cae hacia el centro de la tierra y la afirmación de que los cuerpos caen hacia el centro de la tierra. Por lo mismo, es incorrecto singularizar la propiedad distintiva del fenómeno en una marca de cuantificador universal implícito. La generalidad del fenómeno científico no deriva de su aplicabilidad universal a los casos de objetos o acontecimientos 'semejantes', sino de su naturaleza idealizadora abstracta, que faculta su aplicabilidad en dominios dispares y heterogéneos de objetos y acontecimientos. Este es el rasgo esencial enfatizado por Weber en su noción de los tipos ideales.

Resumiendo, los fenómenos son condiciones relativamente estables y generales del mundo, los objetos potenciales sometidos a la teoría general para su explicación o predicción (Kaiser 1995, p. 195). En lo que queda de esta sección vamos a ilustrar la relación entre datos y fenómenos mediante un ejemplo bien conocido, el denominado *problema de ajuste de la curva*.

A pesar de su carácter aparentemente especial y elemental, este problema puede ser considerado como un problema que muestra de manera prototípica los rasgos más relevantes de la relación entre los datos y los

fenómenos, esto es, generalización, procesamiento matemático, etc. El problema del ajuste de la curva consiste en extrapolar la mejor curva a partir de un conjunto finito de puntos (datos). La curva es el fenómeno que la teoría debe explicar.



Considérese, por ejemplo, como modelo de la curva a explicar la órbita de un planeta. En este sencillo caso se puede distinguir ya de manera esencial entre el fenómeno y los datos subyacentes.

En efecto, a primera vista puede parecer que la mejor curva es la más próxima a los puntos (datos) -la distancia se mide por la suma de los cuadrados (SDC) de las diferencias entre los puntos dados y los puntos predichos por la curva-. Pero esta propuesta falla por dos motivos: (1) en primer lugar, porque admite demasiadas soluciones, y (2) porque genera soluciones incorrectas. Considerémoslos por turno.

El primer problema es que, en efecto, el criterio SDC produce una vinculación entre los infinitos mejores candidatos: si intentamos ajustar n puntos dados, existen infinitas ecuaciones de grado $n+1$ que realizan perfectamente la función, es decir, para las que $SDC = 0$. De hecho, dado un conjunto n de puntos dados y una predicción cualquiera para un n -más-primero punto, existen infinitas curvas que transcurren de manera precisa a través de los n puntos y cumplen el requisito de predicción para el n -más-primero punto. En consecuencia, la satisfacción del criterio SDC es compatible con cualquier proyección de datos en el futuro.

El segundo problema es que, a pesar de la gran amplitud de soluciones permitida, el criterio SDC no faculta precisamente las elecciones que los científicos tienden a tomar. Por ejemplo, si se adoptara el criterio SDC, deberíamos rechazar casi siempre una relación lineal porque, excepto en circunstancias muy especiales, siempre existen ecuaciones de grado más

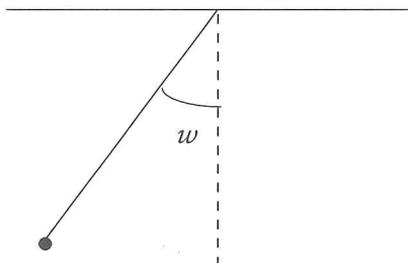
elevado que se ajustan mejor a los datos que el ajuste alcanzado por cualquier línea recta.

Así pues, podemos decir que el enfoque SDC falla porque se basa en una conceptualización demasiado simplificadora de la relación existente entre los datos y los fenómenos. Con otras palabras, la construcción, a partir de un conjunto de datos, de un fenómeno potencialmente explicable, es una tarea altamente compleja y sujeta a análisis y discusión -problemas de simplicidad y ajuste-, independientemente de las consideraciones propiamente teóricas de cada caso.

7. La jerarquía de los fenómenos

Como ya se ha indicado en nuestra consideración de la prueba de la desviación de la luz de la teoría general de la relatividad, el dominio intermedio de los fenómenos está jerárquicamente estructurado. Esto rige con validez general, aunque la estratificación jerárquica resulte variada según los casos: el número de estratos depende de las teorías y del grado de refinamiento del análisis. Pero, a pesar de esta variedad, podemos atribuir a todas las teorías ciertos rasgos generales de la jerarquización de los fenómenos.

Con objeto de analizar en detalle la estructura jerárquica (P,P) de los fenómenos, vamos a considerar un ejemplo más manejable que el anteriormente abordado de la teoría de la relatividad: el ejemplo del péndulo simple (cfr. Laymon 1987, Ibarra/Mormann 1994).



La descripción de (algunas de) las idealizaciones operadas en el estudio científico del movimiento de ese péndulo son las siguientes:

(a) Podemos considerar, de manera realista, la lenteja del péndulo como un objeto físicamente extenso, o bien, aplicando una deformación contrafáctica, estudiarla como una masa-punto. (b) Por otro lado, podemos concebir el seno del ángulo w de desplazamiento como exactamente $\text{sen}(w)$, o bien, realizando una exigua deformación contrafáctica, operar con él simplemente como w . (c) Finalmente, de manera realista podemos estipular para el medio efectos hidrostáticos sobre el péndulo, o bien, aplicando la deformación idealizadora, concebirlo como si fuera el vacío.

Atribuimos esas idealizaciones del sistema del 'péndulo simple' S a los operadores de deformación b, w y m que aplican los datos de D_s de S a diferentes formas fenoménicas o fenómenos P_s de S del modo:

$$b: D_s \text{ (lenteja extensa)} \Longrightarrow P_s \text{ (lenteja como masa-punto)}$$

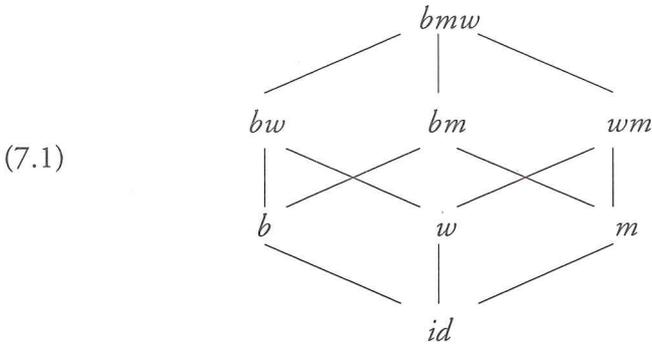
$$w: D_s \text{ (sen } (w)) \Longrightarrow P_s \text{ (} w)$$

$$m: D_s \text{ (medio hidrostático)} \Longrightarrow P_s \text{ (vacío)}$$

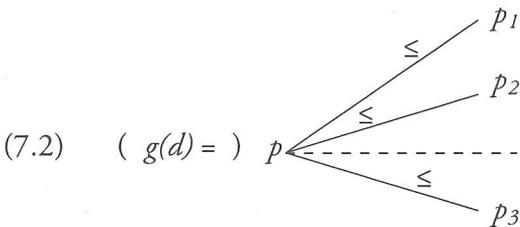
Los operadores b, w y m pueden combinarse entre sí. Por ejemplo la combinación $bw(D_s)$ se interpretaría: primeramente, los datos D_s de S se conceptualizan como un fenómeno en el que el seno del ángulo w de desplazamiento es tratado como w , y a continuación, se somete el fenómeno $P_s(w)$ a la deformación contrafáctica de operar con la lenteja del péndulo como una masa-punto. Denotamos la forma gestáltica resultante como $P_s(bw)$. Las combinaciones de los operadores cumplen las condiciones:

- (1) $bb = b, ww = w, mm = m$ (idempotencia)
- (2) $bw = wb, bm = mb, mw = wm$ (conmutatividad)
- (3) $(bw)m = b(wm)$ (asociatividad)

Si añadimos a los operadores b, w y m el operador trivial de deformación id que no cambia absolutamente nada, podemos equipar al conjunto (b, w, m, id) con una estructura de (semi)retículo completo (cfr. Laymon 1987, 204), que puede representarse mediante el diagrama



No es obvio que la estructura jerárquica de los fenómenos pueda describirse *siempre* de manera reticular. Puede ocurrir, por ejemplo, que se considere un fenómeno P como el punto de partida para una idealización P' , pero que no se pueda conceptualizar la transición de P a P' como la aplicación de un operador d que aplica P a P' , esto es, como $d(P) = P'$, de forma tal que d pueda ser aplicado a cualquier P^* para generar $d(P^*)$. Además, tampoco existe a priori razón alguna para pensar que exista una única idealización de orden más elevado. Puede ocurrir que distintos procedimientos idealizatorios concluyan en el nivel idealizatorio más elevado en diversos fenómenos *distintos*. Por ello, es prudente conjeturar que la estructura jerárquica en un conjunto de fenómenos idealizados (P, P) es un orden parcial (P, \leq) . De manera más explícita: si p, p' son elementos de P , interpretamos $p \leq p'$ como "el fenómeno p' es una idealización del fenómeno p " o, lo que es equivalente, " p' es un fenómeno más idealizado que p ". No cabe esperar que, comenzando en el fenómeno p (o el dato d con $g(d) = p$) exista un único fenómeno p' con el nivel más alto de idealización y tal que $p \leq p'$. La situación más plausible es que exista para p una pluralidad de distintas idealizaciones finales p_1, \dots, p_n :



Esta pluralidad de idealizaciones posibles remarca la relativa independencia epistémica y ontológica del dominio P de fenómenos⁵. Consiguientemente, el problema de precisar si una teoría da cuenta de determinados datos es, hasta cierto punto, una cuestión de interpretación relativa a la elección de una idealización apropiada, esto es, relativa a la elección del fenómeno que se entiende corresponde apropiadamente al dato. El grado de libertad del que se dispone muestra que la aplicación de la teoría no es una cuestión que pueda resolverse de manera automática cuasi-algorítmica. La aplicación de la teoría requiere de un sujeto intérprete que interprete razonablemente los datos y sus relaciones con los fenómenos interpretantes. Es por ello que la introducción de la distinción entre los niveles de los datos y los fenómenos en la concepción (D,P,C) de las teorías no responde a la necesidad de operar un mero refinamiento cosmético en la semántica de esas entidades, sino que vindica conspicuamente el papel activo del sujeto intérprete en nuestra comprensión de la ciencia.

8. Consideraciones finales

En este artículo hemos considerado los distintos caminos que conducen de los datos a los constructos teóricos, a través de los fenómenos, y el regreso nuevamente a los datos. Hemos observado con cierto detalle que todos ellos atraviesan el territorio fenoménico y que para ello se disponen de rutas diferentes. El terreno de los fenómenos es variado e incurriríamos en una nueva falacia reductiva si pretendiéramos formular una única teoría unificadora y omnicomprehensiva de los fenómenos científicos.

En las ciencias empíricas pueden distinguirse al menos dos estrategias distintas -aunque relacionadas- de construcción de fenómenos científicos, según los distintos medios en los que se opera la construcción. Un primer dispositivo importante en la generación de fenómenos para el conocimiento empírico es el de los artefactos materiales de la maquinaria experimental. Como ya indicara Bachelard, el fenómeno científico no se exhibe ante el ojo inocente del científico; los fenómenos se generan forzando la naturaleza, interviniendo en ella. Por supuesto, la constatación de este hecho no ha de inducir ahora una sobrevaluación de la relevancia del aparato técnico en la producción de conocimiento, aunque tradicionalmente la filosofía de la ciencia la haya infravalorado.

Pero existe, además, otro medio de generación de fenómenos. Supongamos, por mor de la argumentación, que todo el instrumental técnico ha funcionado correctamente. Los resultados obtenidos de las máquinas son

aún datos. Datos que han de interpretarse a la luz de formas gestálticas de fenómenos idealizadores que guíen la interpretación. Tradicionalmente, esta tarea se realizaba mediante operaciones de papel y lápiz; hoy, se incorpora el ordenador al lápiz y al papel. Es decir, hay que operar con los datos, condensarlos, 'estilizarlos', etc. No podemos esperar que los datos designen unívocamente al fenómeno que representan. Los datos contienen ambigüedad y ruido, que necesita ser interpretado por un interpretante. Como indicaba Weber, interpretar los datos y relacionarlos con un tipo ideal no es formular una hipótesis, es apuntar las direcciones para la realización de hipótesis (Weber 1904).

En este artículo hemos explotado algunas de las lúcidas ideas de Weber y Cassirer acerca de los tipos ideales y la idealización fenoménica. En modo alguno constituyen 'puntos finales' en esas cuestiones. Más bien han de ser consideradas como puntos de partida para una idea comprensiva de la semántica de la ciencia empírica, que trascienda esas consideraciones informales en un teoría formal de la constitución de los fenómenos científicos. En esa constitución se utilizan técnicas e instrumentos diversos, comprende aspectos de la actividad científica heterogéneos y altamente matematizados: idealización, aproximación, procesamiento estadístico, etc. Una teoría como la mencionada ha de estar estrechamente vinculada a la teoría matemática de estructuras; ha de ser esencialmente estructural. Las diversas tareas de construcción y deformación de datos para constituir fenómenos y, en general, las genuinas actividades científicas de operar y procesar datos y fenómenos, ofrecen un buen apoyo adicional para concluir la inadecuación de una caracterización enunciativista de las teorías científicas. La diversidad de los aspectos mencionados genera una compleja semántica de las teorías empíricas, que requiere para su estudio de una teoría de la semántica estructural basada en la teoría matemática de estructuras. El enfoque (D, P, C) puede considerarse como una contribución hacia tal teoría comprensiva de la semántica de las teorías empíricas.

Notas

† Este artículo es un resultado parcial de la investigación desarrollada en el marco de los proyectos UPV003.230-HA12/96, financiado a través de la UPV/EHU, y PI 95/83 y EX96/22, financiados a través de la Consejería de Investigación del Gobierno Vasco.

¹ Algunas corrientes actuales de la filosofía de la ciencia cuestionan, ciertamente, la centralidad de la "cuestión de la teoría", argumentando que el problema más relevante para la filosofía de la ciencia de nuestros días es ofrecer una interpretación adecuada de la práctica de la investigación científica, en particular de la práctica experimental. Sin duda esa es una cuestión que merece una atención mayor de la que habitualmente se

le ha concedido en el análisis filosófico de la ciencia, y su inserción en la agenda de problemas objeto de estudio ha de contribuir a una comprensión más cabal del propio hecho de la ciencia. Sin embargo, existe aún un buen número de problemas vinculados a la "cuestión de la teoría" que requieren de mayor claridad y elucidación. Ello justifica la importancia de proseguir su análisis en el presente caso. Además, la tarea planteada puede contribuir, sin duda, a arrojar luz sobre cuestiones concernientes a la práctica y la aplicación de la ciencia.

- 2 Esta función explicativa de la práctica heurística ha sido recordada por diversos autores. Cfr. por ejemplo (Leyton 1992, cap. 4), para quien "la representación es explicación" (p. 153).
- 3 En las palabras del propio Margenau: "The full course of physical explanation ... begins in the range of perceptible awareness, swings over into what we shall now term the field of *symbolic construction*, and returns to perceptible awareness, or, as we have said, nature ... The essential feature of a physical explanation is evidently the transition from nature to the realm of constructs, and the reverse" (Margenau 1935, p. 59).
- 4 No vamos a proceder aquí a fijar estrictamente los requisitos exigibles para D , C y f . Se ha desarrollado, en todo caso, una teoría que determina de manera precisa lo que ha de entenderse como aplicación preservadora de estructura entre sistemas relacionales (cfr. Mundy 1986, Suppes 1989, Swoyer 1991).
- 5 Nuestro enfoque de la idealización en este artículo es una generalización del introducido en (Ibarra/Mormann 1994). Allí, procedíamos a caracterizar la idealización (de diversos géneros) en el marco estructuralista, mediante un conjunto de operadores de deformación contrafáctica definidos en la clase de los modelos potenciales de una teoría, es decir, las idealizaciones resultaban de la aplicación de operadores del tipo $d: M_p \longrightarrow M_p$. Habitualmente, la idealización $d(x)$ de un modelo potencial x es de un tipo teórico conjuntista distinto al de x . Más aún, los diferentes operadores de deformación contrafáctica generan distintos tipos de idealizaciones; es decir, si x es un modelo potencial y d_1, \dots, d_n son operadores de deformación contrafáctica, las idealizaciones $d_1(x), \dots, d_n(x)$ son de tipos distintos. Por tanto, si se quisiera dar cuenta del papel de la idealización en el enfoque estructuralista, se debería admitir diferentes tipos lógicos de modelos potenciales M_p . En la concepción (D, P, C) no se estipula, por el contrario, ninguna restricción sobre los tipos lógicos de los elementos de \hat{P} .

BIBLIOGRAFIA

- Bachelard, G.: 1928, *Essai sur la connaissance approchée*, París, Vrin, 1987.
- Bogen, J., Woodward, J.: 1988, 'Saving the Phenomena', *The Philosophical Review* 97, 303-352.
- Bogen, J., Woodward, J.: 1992, 'Observations, Theories and the Evolution of the Human Spirit', *Philosophy of Science* 59, 590-611.
- Cassirer, E.: 1910, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Über die Grundlagen der Erkenntniskritik*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1980.
- Cassirer, E.: 1936, *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik*, Göteborgs Högskolas Arsskrift XLII, Göteborg.
- Duhem, P.: 1906, *La théorie physique, son objet-sa structure*, París, Vrin, 1989.
- Ibarra, A., Mormann, T.: 1994, 'Counterfactual Deformation and Idealization in a Structuralist Framework', in M. Kuokkanen (ed.), *Idealization VII. Structuralism, Idealization and Approximation*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities 42, Amsterdam/Atlanta, Rodopi, 81-94.

- Ibarra, A., Mormann, T.: 1997, *Representaciones en la ciencia. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, Barcelona, Ediciones del Bronce.
- Kaiser, M.: 1995, 'The Independence of Scientific Phenomena', in W.E. Herfeld, W. Krajewski, Y. Niiniluoto, R. Wójcicki (eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities 44, 179-200.
- Laymon, R.: 1982, 'Scientific Realism and the Hierarchical Counterfactual Path from Data to Theory', in *PSA 1982*, vol. 1, East Lansing, MI, Philosophy of Science Association, 107-121.
- Laymon, R.: 1987, 'Using Scott Domains to Explicate the Notions of Approximate and Idealized Data', *Philosophy of Science* 54, 194-221.
- Leyton, M.: 1992, *Symmetry, Causality, Mind*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Margenau, H.: 1935, 'Methodology of Modern Physics' (dos partes), *Philosophy of Science* 2, 48-72; 164-178.
- Mundy, B.: 1986, 'On the General Theory of Meaningful Representation', *Synthese* 67, 391-437.
- Nagel, E.: 1961, *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*, Buenos Aires, Paidós, 1978.
- Nowak, L.: 1980, *The Structure of Idealization: Towards a Systematic Interpretation of the Marxian Idea of Science*, Dordrecht, Reidel.
- Ramsey, J.L.: 1994, 'Ideal Reaction Types and the Reaction of Real Alloys', in *PSA 1994*, vol. 1, East Lansing, MI, Philosophy of Science Association, 149-159.
- Suppes, P.: 1962, 'Modelos de datos', in *Estudios de Filosofía y Metodología de la Ciencia*, Madrid, Alianza, 1988, 147-159.
- Suppes, P.: 1989, 'Representation Theory and the Analysis of Structure', *Philosophia Naturalis* 25, 254-268.
- Swoyer, C.: 1991, 'Structural Representation and Surrogate Reasoning', *Synthese* 87, 449-508.
- Weber, M.: 1904, 'Die 'Objektivität' sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis', in Max Weber, *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*, 3ª de., Tübingen, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), 146-214.
- Woodward, J.: 1989, 'Data and Phenomena', *Synthese* 79, 393-472.

Andoni Ibarra es profesor de filosofía de la ciencia en el Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Universidad del País Vasco. *Thomas Mormann* es profesor de filosofía de la ciencia en el Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie de la Universidad de Munich.

Sus áreas comunes de interés son la semántica y pragmática de las teorías científicas, la filosofía de la matemática y la historia de la filosofía de la ciencia de los siglos XVII y XX.

Autores de *Representaciones en la ciencia. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática* (Barcelona, 1997), han editado conjuntamente *The Space of Mathematics* (Berlín, 1992, junto con J. Echeverría), *El programa de Carnap* (Barcelona, 1996, junto con R. Cirera) y *Representations of Scientific Rationality* (Amsterdam/Atlanta, 1997).