

**Desarrollos actuales
de la metateoría estructuralista:
problemas y discusiones**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

Rector

Julio M. Villar

Vicerrector de Gestión y Planeamiento

Mario Greco

Vicerrector de Asuntos Académicos

Alejandro Villar

Vicerrector de Investigaciones

Julián Echave

Vicerrector de Posgrado

Daniel Gómez

Vicerrector de Relaciones Institucionales

Ernesto López

Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones

José A. Díez
Pablo Lorenzano
(editores)

*Alfonso Ávila del Palacio, Mario Casanueva,
José A. Díez, José L. Falguera, Adolfo García
de la Sienna, Andoni Ibarra, César Lorenzano,
Pablo Lorenzano, C. Ulises Moulines, Luis M.
Peris-Viñé, Jesús P. Zamora Bonilla*



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



Coordinación General
de Investigación y Posgrado



Universidad
Nacional
de Quilmes
Ediciones

Colección Filosofía y Ciencia
Dirigida por Pablo Lorenzano

Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones, de
José A. Díez y Pablo Lorenzano (editores)

Bernal, Provincia de Buenos Aires, abril de 2002

© Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 180 - Bernal - (B1876BXD) Pcia. de Buenos Aires
(5411) 4365-7100
<http://www.unq.edu.ar>
editorial@unq.edu.ar

ISBN: 987-9173-72-4

Diseño y armado de interior: Rafael Centeno
Diseño de tapa: Lionel Orellano

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina

ÍNDICE

Autores	7
Prólogo	11
La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX	13
<i>José A. Díez y Pablo Lorenzano</i>	
Ontosemántica de los términos científicos	79
<i>José L. Falguera</i>	
¿Dónde se agazapa la pragmática en la representación estructural de las teorías?	99
<i>C. Ulises Moulines</i>	
Estructuralismo y representación científica	117
<i>Andoni Ibarra</i>	
Dinámica de redes teóricas. Un enfoque metodológico	145
<i>Jesús P. Zamora Bonilla</i>	
La red teórica de las métricas combinatorias no cerradas	165
<i>José A. Díez</i>	
Teoría de juegos finitos	197
<i>Adolfo García de la Sierra</i>	

Una reconstrucción estructural de la bioquímica	209
<i>César Lorenzano</i>	
La red teórica de la hibridación mendeliana	231
<i>Mario Casanueva</i>	
La teoría del gen y la red teórica de la genética	263
<i>Pablo Lorenzano</i>	
¿Podemos ver realmente la teoría keynesiana como un juego?	305
<i>Alfonso Ávila del Palacio</i>	
Relaciones interteóricas en la lingüística actual	333
<i>Luis M. Peris-Viñé</i>	

PRÓLOGO

Este libro –que da inicio a la colección “Filosofía y Ciencia” de la Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes–, recoge la casi totalidad de trabajos presentados al *I Encuentro Internacional “Perspectivas actuales de la metateoría estructuralista”*, que, con la finalidad de reunir a un pequeño grupo de distinguidos filósofos hispanoparlantes interesados en discutir los problemas epistemológicos y metodológicos de la ciencia desde la perspectiva de la concepción estructuralista, se realizó en Zacatecas, México, del 16 al 20 de febrero de 1998. Dicho encuentro –cuyo comité organizador estaba conformado por José Antonio Díez (de la Universidad Rovira i Virgili, España), Pablo Lorenzano (de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina), Humberto Luebbert (de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México) y Adolfo García de la Sierna (en ese entonces del Centro de Investigación y Docencia Económicas y en la actualidad de la Universidad Veracruzana, México) en la presidencia– fue el primero de ribetes internacionales realizado en lengua castellana dedicado exclusivamente a la metateoría estructuralista.

Los artículos que componen el libro pueden clasificarse en dos grandes grupos, que se corresponden con las dos partes o aspectos del programa estructuralista. Por un lado, aquellos que abordan problemas generales de filosofía de la ciencia desde la perspectiva estructuralista y, por otro, aquellos que utilizan dicha concepción para analizar teorías científicas particulares. Dentro del primer grupo se encuentran las colaboraciones que se ocupan del análisis ontológico y semántico de los términos científicos (José L. Falguera), de los aspectos pragmáticos de las

teorías científicas (C. Ulises Moulines), de la representación en la ciencia (Andoni Ibarra) y de la dinámica de teorías (Jesús P. Zamora Bonilla). Al segundo grupo pertenecen los aportes que realizan un análisis de las métricas combinatorias no cerradas (José A. Díez), la teoría de juegos finitos (Adolfo García de la Sienna), la bioquímica (César Lorenzano), la teoría de la hibridación mendeliana (Mario Casanueva), la teoría del gen (Pablo Lorenzano), la teoría keynesiana (Alfonso Ávila del Palacio) y la teoría lingüística (Luis Miguel Pérez-Viñé).

El único trabajo incluido en este libro y no presentado previamente en el encuentro de Zacatecas es el texto introductorio “La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX”, escrito por los editores. En ella se presenta, y ubica en el desarrollo histórico de la filosofía de la ciencia, a la concepción estructuralista de las teorías. De este modo, el libro resulta en términos generales “autocontenido”: no presupone por parte del lector conocimiento especial previo alguno, más allá de cierta familiaridad con las nociones básicas de, fundamentalmente, la lógica elemental y la teoría de conjuntos; en particular, no presupone un conocimiento previo de la concepción estructuralista de las teorías ni de otros enfoques similares de la ciencia, ya que éste se puede obtener directamente de la lectura de dicho texto.

Varias personas e instituciones merecen especial agradecimiento por haber contribuido a la preparación y publicación de este volumen. En primer término, quisiéramos agradecer a Mónica Aguilar, Claudio Puglia, Rafael Centeno y Carlos Borro, de la Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, por la dedicación puesta en la confección del texto definitivo. Asimismo, quisiéramos agradecer el apoyo brindado para su edición por el Vicerrectorado de Investigación de la Universitat Rovira i Virgili y la Diputación de Tarragona; la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Zacatecas, a través de su responsable el Dr. Miguel Ochoa; el Vicerrector de Gestión y Planeamiento, Lic. Mario Greco, y el Rector de la Universidad Nacional de Quilmes, Ing. Julio M. Villar.

Los editores

Tarragona/Quilmes, marzo de 2002

LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURALISTA EN EL CONTEXTO DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA DEL SIGLO XX

*José A. Díez
Pablo Lorenzano*

1. Introducción

La *teorización filosófica sobre la ciencia* (entendida esta última como *actividad* o *proceso* o como *resultado* o *producto*) o, sencillamente, *filosofía de la ciencia* surge como disciplina con especificidad propia, profesionalizándose, en el período de entreguerras, aun cuando la primer cátedra de Filosofía e Historia de la Ciencia data de 1895, fecha en que el físico, filósofo e historiador de la física Ernst Mach es nombrado catedrático de “Filosofía, en especial Historia y Teoría de las Ciencias Inductivas” en la Universidad de Viena. Esta profesionalización se da a partir de la conformación en los años veinte de lo que desde 1929 pasaría a denominarse oficialmente *Círculo de Viena*, y se consolida tras la llegada a los Estados Unidos de los principales filósofos de la ciencia centroeuropeos. En su desarrollo desde entonces, ha pasado por tres etapas principales: (1) un período clásico, que abarca desde fines de los años veinte hasta finales de los años sesenta (Carnap, Reichenbach, Popper, Hempel, Nagel, etc.); (2) un período historicista, iniciado en los sesenta y dominante durante los setenta y principios de los ochenta (Hanson, Toulmin, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Laudan, etc.); y (3) un período contemporáneo, que se inicia a comienzos de los setenta y se extiende hasta nuestros días (Kitcher, Hacking, Ackermann, Hull, Thagard, Churchland, Boyd, Suppes, van Fraassen, Giere, Suppe, Sneed, Stegmüller, Moulines, Balzer, etc.). En cada uno de estos períodos prevalece una determinada concepción de la naturaleza y estructura de las teorías científicas, respec-

tivamente: (1) concepción heredada, las teorías como sistemas axiomáticos empíricamente interpretados; (2) concepción historicista, las teorías como proyectos de investigación; (3) concepción semántica, las teorías como entidades modelo-teóricas. Las dos primeras concepciones son familiares a filósofos y científicos desde hace algún tiempo. Desarrollada durante los ochenta y plenamente asentada en la década siguiente, la concepción semántica se puede contemplar ya con suficiente perspectiva histórica. La finalidad de este trabajo es presentar las distintas concepciones mencionadas y realizar una primera revisión y evaluación globales de la última concepción, de su origen y evolución, de las principales versiones y de sus contribuciones más destacadas, deteniéndonos en la variante de la concepción semántica conocida con el nombre de *concepción estructuralista de las teorías*, que constituye el objeto e instrumento de nuestra investigación.

2. Período clásico. La concepción heredada

A partir de 1924, Moritz Schlick, el sucesor de Mach en la cátedra de “Filosofía de las Ciencias Inductivas” de la Universidad de Viena, organizó un círculo de discusión que se reunía regularmente los jueves por la tarde, primero en una vivienda privada y luego en la casa que se encontraba detrás del Instituto de Matemáticas, para discutir temas pertenecientes a la filosofía de la ciencia, mediante la presentación de ponencias y su posterior discusión o el análisis conjunto de textos (ya fueran libros o artículos) que versaran sobre tales temas. A las reuniones del entonces llamado “círculo de Schlick” no sólo asistían algunos alumnos de este último (como Herbert Feigl y Friederich Waismann) sino también matemáticos, físicos, abogados, historiadores, ingenieros, economistas (dentro de los que se encontraban Otto Neurath, Rudolf Carnap, Hans Hahn, Philipp Frank, Karl Menger, Kurt Gödel, Maria Hahn-Neurath, Felix Kaufmann, Victor Kraft, Gustav Bergmann, Richard von Mises, Kurt Reidemeister y Edgar Zilsel), algunos de los cuales (Neurath, Hahn, von Mises, Hahn-Neurath y Frank) ya se habían encontrado regularmente con la misma finalidad desde 1907 hasta 1914, en lo después que se denominaría “primer Círculo de Viena” o “Círculo de Viena primitivo”. En sus concepciones podemos encontrar las siguientes in-

fluencias principales: el *positivismo crítico alemán* de fines del siglo XIX (Ernst Mach, Hermann von Helmholtz y Richard Avenarius), el *convencionalismo francés* (Henri Poincaré y Pierre Duhem), la *epistemología italiana* (Giuseppe Peano y Federico Enriques), la *nueva lógica* –llamada “lógica matemática”, “formal”, “clásica” o “logística”– (Gottlob Frege, Bertrand Russell) y el por ella fecundado *análisis lógico del lenguaje* (Gottlob Frege, Bertrand Russell y Ludwig Wittgenstein). La existencia del grupo en torno de Schlick se hace pública a partir de 1929, con la aparición del manifiesto “La concepción científica del mundo. El Círculo de Viena” (“Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis”), de donde además tomaría el nombre con el cual ingresaría a la historia de la filosofía en general y a la de la filosofía de la ciencia en particular: *Círculo de Viena*. Este escrito programático, firmado por Carnap, Neurath y Hahn, como miembros de la “Asociación Ernst Mach”, que había sido fundada un poco antes (en 1928) a iniciativa de la *Unión de librepensadores de Austria* conjuntamente con miembros de otros círculos cercanos, con la intención de “difundir los conocimientos de las ciencias exactas”, es presentado en el “Primer Encuentro Internacional sobre la Teoría del Conocimiento de las Ciencias Exactas”, realizado en Praga. A partir de allí las actividades públicas, en el ámbito nacional e internacional, de los miembros del Círculo de Viena se vieron multiplicadas en diversas direcciones, aunque con especial énfasis en dos aspectos: la organización de encuentros y congresos y la publicación y difusión de trabajos sobre filosofía de la ciencia. En relación con el segundo de estos aspectos habría que destacar la publicación de la primer revista especializada en filosofía de la ciencia, *Erkenntnis (Conocimiento)*, editada conjuntamente con la *Sociedad de filosofía empírica* de Berlín, bajo la dirección conjunta de Rudolf Carnap y Hans Reichenbach, y en cuya primera época, entre los años 1930-1940, se publicaran 8 volúmenes, y del ambicioso proyecto de una *Enciclopedia Internacional de la Ciencia Unificada*, editada por O. Neurath, R. Carnap y Ch. Morris, entre los años 1938-1962, reunidas en dos volúmenes, bajo el nombre común de *Fundamentos de la unidad de la ciencia*. En su labor continuadora de la gran tradición de la Ilustración francesa y opositora a las corrientes irracionales y retrógradas del siglo XX, así como en sus intentos de desarrollar una filosofía de la ciencia lo más precisa posible, mediante la aplicación al análisis de la ciencia de la “nueva lógica”, el Círculo de Vie-

na no se encontraba solo, sino que mantenía relaciones con individuos y grupos afines, algunos de ellos artísticos, de Viena, Praga, Alemania, Polonia, los países escandinavos, Italia, Francia, Inglaterra, Estados Unidos y aun China. Entre sus interlocutores se contaron, entre otros, Johann von Neumann, Werner Heisenberg, Karl Popper, Ludwig Wittgenstein, Joseff Popper-Lynkeus, Albert Einstein, Heinrich Gomperz, Paul Oppenheim, Ludwig von Bertalanffy, Egon Brunswik, Karl Bühler, Wilhelm Reich, Paul Lazarsfeld, Hans Kelsen, Paul Hertz, Else Frenkel-Brunswik, Max Adler, Hans Reichenbach, Carl Gustav Hempel, Walter Dubislav, Kurt Grelling, Robert Musil, el grupo Bauhaus, Kazimierz Ajdukiewicz, Alfred Tarski, Tadeusz Kotarbinski, Jan Lukasiwicz, Stanislaw Lesniewski, Ludwik Fleck, Jørgen Jørgensen, Niels Bohr, Eino Kaila, Arne Næss, Ludovico Geymonat, Abel Rey, Louis Rougier, Alfred J. Ayer, Frank Ramsey, Bertrand Russell, L. Susan Stebbing, Joseph H. Woodger, Willard V. Quine, Charles Morris y Tscha Hung. Luego del ascenso del nazismo en Alemania y de la anexión (“*Anschluss*”) de Austria por parte de ésta, algunos de los miembros y simpatizantes del Círculo de Viena empezaron a tener dificultades laborales, ya sea por sus posiciones filosóficas, políticas o por su origen judío, o a ser directamente perseguidos y sus obras prohibidas y aun quemadas. En 1936 Moritz Schlick es asesinado en las escaleras de la Universidad de Viena por un antiguo estudiante, con problemas psicológicos, al mismo tiempo que influenciado por la prédica nazi; el asesino es liberado prematuramente por los nazis, viviendo a partir de 1945 como ciudadano austríaco libre. Con el asesinato de Schlick el Círculo de Viena fue finalmente destruido como grupo, aun cuando continuaría existiendo en los papeles y sin la presencia de antaño hasta 1938. Sus integrantes y muchos de aquellos con los que se encontraban relacionados se ven forzados a exiliarse, para continuar viviendo y, eventualmente, trabajando en el desarrollo de la filosofía de la ciencia. El movimiento filosófico iniciado por el Círculo de Viena que, a pesar de la multiplicidad de aspectos, las diferencias y la variedad de matices, recibió primero el nombre unitario de *positivismo lógico* o *neopositivismo* y a partir de comienzos de los años treinta el de *neoempirismo* o *empirismo lógico*, fue continuado en otro contexto político y social, fundamentalmente en los Estados Unidos, por los emigrados europeos, dando lugar a lo que entre 1940 y 1960 constituiría la filosofía de la ciencia hegemónica en los paí-

ses anglosajones. Aun cuando se suele considerar este período como un todo homogéneo, en él la filosofía de la ciencia estuvo marcada no por una sola concepción, sino por un conjunto de problemas abordados, posiciones y postulados que tenían un aire común. El *positivismo* o *empirismo lógico* y sus simpatizantes (dentro de los que se cuentan a Rudolf Carnap, posiblemente el más notorio filósofo de la ciencia del Círculo de Viena y junto a Karl Popper el filósofo de la ciencia más importante e influyente de este período, aunque también a H. Reichenbach, C.G. Hempel, P. Frank, H. Feigl, R. Braithwaite, E. Nagel, N. Goodman y tantos otros), el *racionalismo crítico* de K. Popper, el *realismo científico* de W. Sellars, M. Bunge u otros, y los *estudios a medio camino entre la lógica pura y la epistemología* (como los de A. Tarski, K. Ajdukiewicz, R. Montague o J. Hintikka) poseían un “aire de familia”. Dicho aire podría denominarse “clásico”, en el sentido de que, si bien muchas de sus tesis y métodos son hoy considerados como “superados” por una gran parte de filósofos de la ciencia contemporáneos, éstos constituyen punto de referencia obligado para los desarrollos ulteriores, siendo imposible imaginar la filosofía de la ciencia actual sin tomar en cuenta los aportes realizados en dicho período. Algunos de los temas abordados durante este período fueron la demarcación entre ciencia y no-ciencia, la naturaleza de los conceptos científicos, la estructura de las teorías científicas, la relación entre teoría y experiencia, la metodología de la contrastación de hipótesis y su posterior evaluación, y la naturaleza de la explicación y predicción científicas. En casi cada uno de estos temas se suscitaron sonadas polémicas y discusiones: se propusieron distintos criterios de *demarcación entre la ciencia y la no-ciencia* (entendida esta última a su vez como *pseudociencia* por algunos, en especial Popper, y como *metafísica* por otros, particularmente Carnap); casi todos, pero no todos, aceptaban la distinción entre conceptos observacionales y conceptos teóricos, aunque divergían profundamente en la opinión acerca del papel que los últimos jugaban en la ciencia, según mantuvieran posiciones realistas, operacionalistas o nominalistas; aunque el *método hipotético-deductivo* era aceptado casi universalmente como el *método según el cual son contrastadas* (o sometidas a examen) *las hipótesis*, no había acuerdo respecto del modo de evaluar las contrastaciones exitosas de las hipótesis, ya fuera siguiendo el *confirmacionismo* de Carnap o el *corroboracionismo* de Popper; aun cuando se aceptaba la *elucidación de los conceptos de expli-*

cación y predicción científicas realizada por Hempel, dicha elucidación todavía dejaba margen para diferencias de detalle o aun para que fuera cuestionada en su universalidad.

En cuanto a la estructura de las teorías científicas, cuya elucidación constituyó uno de los problemas centrales de dicho período, podría decirse que si bien todos consideraban a las *teorías* como *conjuntos de enunciados organizados* deductiva o *axiomáticamente*, no todos concordaban en el modo específico en que esto debía ser comprendido y precisado. Esta concepción, que en su forma carnapiana más madura (cf., especialmente Carnap, 1956), fruto de diferentes análisis, críticas y sucesivos intentos encaminados a superarlas,¹ es conocida con el nombre de *concepción heredada* de las teorías científicas –también llamada *clásica, estándar, recibida, ortodoxa, tradicional o enunciativa*– concebía las teorías empíricas como cálculos axiomáticos parcialmente interpretados. De acuerdo con ella, las teorías científicas particulares pueden presentarse bajo la forma de un *sistema interpretado* que consta de: a) un cálculo específico (sistema axiomático), y b) un sistema de reglas semánticas para su interpretación. Para hacerlo, debemos comenzar por establecer en el metalenguaje un sistema denominado “cálculo”, que se caracteriza sólo en términos sintácticos, mediante las reglas de formación y de transformación. La lógica de primer orden (que incluye tanto la lógica de enunciados o proposicional como la de predicados, cuantificadores o funcional) es el más importante de los cálculos, ya que se pretende utilizar como presupuesto en la construcción de todos los demás, sirviéndoles como base. De este modo los *sistemas axiomáticos* constan de dos partes: el *cálculo básico lógico* y un *cálculo específico* que se le añade. El cálculo básico consiste –como dijimos– en el cálculo de enunciados y una parte, más chica o más grande, del cálculo funcional. Debido a que el cálculo básico es fundamentalmente el mismo para todos los diferentes cálculos específicos, se acostumbra no mencionarlo en absoluto y describir sólo la parte específica del cálculo. Ésta no contiene usualmente reglas de inferencia, sino sólo los enunciados primitivos adicionales, llamados *axiomas*. Tal parte específica es la que generalmente se denomina *sistema axiomático*. En el caso de una teoría particular, las leyes de di-

¹ Ver, entre otros, Stegmüller (1970) y Suppe (1974a).

cha teoría (aquellas leyes que no se deducen de otras) son los *axiomas*, los enunciados básicos primitivos de la teoría. De estos axiomas se deducen como teoremas el resto de las afirmaciones teóricas. Sin embargo, ningún sistema axiomático (cálculo específico) se bastaría por sí solo, debido a que sin la ayuda del cálculo básico lógico sería imposible probar ningún teorema del sistema o llevar a cabo una deducción cualquiera. En cuanto a sus términos, un sistema axiomático contiene por un lado constantes lógicas (pertenecientes al cálculo básico) y por el otro constantes específicas o axiomáticas (propias del cálculo específico). Los términos de este último tipo, e.e. no lógico-matemáticos (o descriptivos), con los que se formulan los axiomas son los *términos teóricos* primitivos. A veces se pueden introducir términos teóricos adicionales mediante definiciones, con cuya ayuda se abrevian algunos teoremas; pero los términos definidos son *eliminables*, son meras abreviaturas notacionales.

Este modo de axiomatizar las teorías empíricas –como *sistemas axiomáticos de tipo Frege-Hilbert* o, como también se los llama, *sistemas axiomáticos hilbertianos formales* (Stegmüller, 1973)– constituye el *enfoque de Carnap* o *enfoque formal* (Stegmüller, 1979) y está ligado históricamente a dos posiciones en fundamentos de las matemáticas: el *logicismo* y el *formalismo*. La tesis del logicismo (sugerida por Leibniz y desarrollada en detalle por Frege, Russell y Whitehead) consiste en afirmar que la aritmética, y a partir de ella la totalidad de las matemáticas, es reducible a la lógica, esto es, que los enunciados aritméticos pueden derivarse de los axiomas puramente lógicos. El formalismo, fundado por Hilbert, propone construir las matemáticas clásicas haciendo total abstracción del significado, como sistemas de símbolos y de objetos carentes de significado construido a partir de símbolos igualmente desprovistos de interpretación, esto es, como sistemas puramente sintácticos o formales; y en segundo lugar, investiga las propiedades de tales sistemas, haciéndolos objeto de un estudio matemático denominado *metamatemático* o *teoría de la demostración*. Con el logicismo se relaciona en la medida en que, como cálculo básico, presupuesto en la construcción de todos los demás, asume sólo el aparato de la lógica elemental, mientras que con el formalismo lo hace a través del establecimiento de sistemas axiomáticos formales, susceptibles de recibir un tratamiento en el cual podamos enfrentarnos a cuestiones tales como las de consistencia, completud o independencia de los axiomas.

Al adoptarse el enfoque formal en el problema de ofrecer los fundamentos axiomáticos de las teorías científicas, para develar así su *estructura interna*, la cuestión de la *interpretación* surge de una manera directa y natural, puesto que en la formalización se abstrae el contenido de los términos que conforman el sistema. A fin de resolver esa cuestión se necesita dar *reglas semánticas*, en primer término para los signos, constantes o términos lógicos (que establecen para cada uno de ellos las condiciones de verdad de los enunciados contruidos con su ayuda) y posteriormente para los signos, constantes o términos específicos, propios del sistema axiomático, y que –como vimos– son conocidos con el nombre de *términos teóricos*. Este segundo paso es necesario si la teoría es empírica y no meramente matemático-formal, pues debe haber una conexión de los términos teóricos, introducidos por el cálculo axiomático, con la experiencia o con situaciones empíricas. Esta conexión se realiza mediante ciertos enunciados que vinculan algunos, pero no necesariamente todos, los términos teóricos, p.e., “temperatura”, con otro tipo de términos descriptivos, a saber: aquellos que reciben una interpretación empírica completa mediante reglas semánticas de designación, e.e. con los términos denominados *observacionales*, p.e., “ascender” o “líquido”. Estos enunciados que, además de los axiomas, forman también parte de la teoría son las denominadas *reglas de correspondencia*, p.e., “al aumentar la temperatura asciende la columna de líquido”. Mediante las reglas de correspondencia se le proporciona una interpretación empírica (observacional), si bien parcial e indirecta, y así contenido empírico, a los términos del formalismo axiomático abstracto.

A fines de los años cincuenta, no obstante, ya comienzan a plantearse una serie de críticas a la filosofía de la ciencia de este período, que muestran sus propias limitaciones, debidas fundamentalmente a: la aplicación casi exclusiva de un *formalismo lógico excesivamente rígido y limitado* (la lógica de predicados de primer orden); la concentración en la *filosofía general* de la ciencia en desmedro de las filosofías especiales –e.e. en el análisis de los *aspectos comunes* de la ciencia, haciendo abstracción de las especificidades y particularidades de las diferentes disciplinas, y de esta manera proponiendo análisis de supuesta validez universal, pero con escasos ejemplos de tratamiento de casos científicos particulares (aun cuando esos “aspectos comunes” a todas las ciencias fueran propuestos fundamentalmente a partir de la reflexión sobre la física)–; la casi total

circunscripción de los análisis a los *aspectos sincrónicos* de la ciencia –e.e. de los aspectos de la ciencia considerados en un momento histórico determinado–, con insuficiente o nula consideración de los diacrónicos –e.e. del análisis de los aspectos de la ciencia dentro de cierto intervalo temporal, que contemple el devenir histórico–; la aceptación de la distinción entre aquello que, a partir de la propuesta terminológica de Reichenbach de 1938, se denomina *contexto de descubrimiento* (relacionado con el modo en que a un científico se le ocurren los distintos conceptos, hipótesis, leyes o teorías, dadas ciertas condiciones o circunstancias, que pueden ser de muy diverso tipo: individuales, psicológicas, sociales, políticas, económicas, etc.) y el llamado *contexto de justificación* (relacionado con el modo en que, una vez que a un científico se le ocurre algo –sea un concepto, una hipótesis, una ley o una teoría–, e independientemente de cómo se le ocurrió, se determina la justificación, validez, legitimidad o fiabilidad de dicho descubrimiento), y la consiguiente restricción de la filosofía de la ciencia al análisis del *contexto de justificación*, haciendo caso omiso o dejando para otras disciplinas metacientíficas (la psicología de la ciencia, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia, especialmente) el análisis del contexto de descubrimiento.

3. Período histórico. La concepción historicista

Las críticas a la concepción heredada provenían fundamentalmente de personas interesadas en la historia de la ciencia, que empezaron a ser conocidas bajo el nombre de *nuevos filósofos* de la ciencia; se suele decir que constituyen una verdadera revolución contra la filosofía de la ciencia del período clásico, al extremo no sólo de acusarla de demasiado simplista, sino de insinuar hacer filosofía de la “ciencia-ficción” y no de la ciencia real tal como la practican o practicaron los científicos. Sin embargo, si se toma en cuenta la multiplicidad y variedad de posiciones sostenidas por los positivistas o empiristas lógicos y demás filósofos de la ciencia clásicos, tanto antes como después de la Segunda Guerra Mundial, mayor aún que todo lo que fuera luego codificado y presentado reiteradamente en inúmeros textos introductorios como *la* filosofía de la ciencia del período clásico, sería mejor caracterizar los cambios ocurridos en la filosofía de la ciencia durante los años sesenta como de *recuperación* o

profundización de problemas tratados y de soluciones previamente avanzadas más que de auténtica *revolución*.

Dentro de estos nuevos filósofos, entre los que se encuentran N.R. Hanson, I. Lakatos, P. Feyerabend, S. Toulmin y L. Laudan, se destaca la figura de T. S. Kuhn.² La aparición en 1962 de la primera edición de su obra *La estructura de las revoluciones científicas* –la más emblemática, además de popular, de este período– marca la irrupción de los nuevos filósofos en el panorama epistemológico internacional, amplificando su impacto a través del Coloquio Internacional de Filosofía de la Ciencia, realizado en Londres en 1965, y de la publicación del cuarto volumen de sus Actas, en 1970, bajo el nombre de *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (Lakatos & Musgrave, 1970).

Pocos percibieron en su momento que la obra de Kuhn ocultaba, detrás del ruido fragoroso de las rupturas con las concepciones que lo precedieron, ciertas continuidades que permiten rescatar para él mismo una de las nociones que le son más caras, y quizás la que más lo caracterice: la idea de largas permanencias en el tiempo de sólidos marcos conceptuales que evolucionan, se enriquecen, decaen y finalmente son reemplazados. En efecto, su libro, que desde el título propone dar cuenta de los cambios revolucionarios, ofrece en su mayor extensión un cuidadoso análisis de aquellos períodos en los que los científicos trabajan sobre bases no cuestionadas. El impacto que provocó en su momento se explicaría porque realiza una síntesis de las preocupaciones y los logros teóricos de diversas corrientes de pensamiento con una sólida trayectoria histórica. La idea es simple. Si su propuesta hubiera consistido en una novedad completa o absoluta, hubiera sido ininteligible, al menos al comienzo, antes de que se aprendiera su lenguaje específico, radicalmente nuevo, como se aprende una lengua nueva. No fue este el caso. Si bien parte de sus planteos podían ser considerados novedosos u heterodoxos en el contexto particular en que fueron discutidos, y que llevó a algunas situaciones de “comunicación (sólo) parcial”, conmovió y logró adhesiones casi inmediatas –y rechazos– de filósofos e historiadores de la ciencia de nota.

Conocemos por el propio Kuhn las grandes influencias en su pensamiento: la de los *historiadores* Alexander Koyré, Émile Meyerson, Hélène

² Ver, entre otros, Hoyningen-Huene (1989), Lorenzano & Lorenzano (1996) y Pérez Ransanz (1999).

ne Metzger, Anneliese Maier, Arthur O. Lovejoy, James B. Conant; la *psicología* de la Gestalt y la obra de Jean Piaget; la *filosofía de la ciencia* de Ludwik Fleck; la *teoría del lenguaje* de Benjamin L. Whorf; las obras de Ludwig Wittgenstein y Willard Van Orman Quine, entre otros. Todos ellos dejaron en mayor o menor medida su impronta en Thomas S. Kuhn, quien las asume y las incorpora –transformándolas– en esa concepción original que visualiza a la ciencia como nacimiento, desarrollo, crisis y reemplazo de paradigmas.

En cuanto a sus relaciones con la filosofía de la ciencia del período clásico, Kuhn –que esperaba encontrar sus mejores aliados entre los popperianos– se dedica a mostrar (Kuhn, 1970) cómo su pensamiento continúa el de Karl Popper de una manera que le es propia. El violento rechazo que experimentara le enseñó que, aunque tuvieran coincidencias, la comunidad popperiana y el propio Popper no le perdonarían los aspectos pragmáticos (psicológicos y sociológicos) de su propuesta.

La situación es igualmente paradójica con respecto al positivismo o empirismo lógico, que se supone fue el adversario derrotado por su obra. Pocos advirtieron –o lo creyeron un error– que *La estructura de las revoluciones científicas* fue editada como monografía en la primera parte introductoria de la *Enciclopedia de la Ciencia Unificada*, su más ambicioso proyecto. Sin embargo, por fuera de los estereotipos que la transformaron en el “hombre de paja” que todos usan para denostarla, esta corriente de la filosofía de la ciencia presenta un amplia gama de facetas y orientaciones, tal como lo muestra la comparación de los trabajos de, por ejemplo, Otto Neurath, Edgar Zilsel y Rudolf Carnap, y que justifican la recomendación entusiasta del libro de Kuhn que éste escribe en una nota de puño y letra al reverso de la carta oficial de aceptación que dirige a Charles Morris.³

El hecho de que la “Posdata” escrita por Kuhn a *La estructura de las revoluciones científicas* en 1969 fuera lo último editado en la colección anteriormente mencionada constituía el cierre perfecto de una época,

³ Carnap considera que las ideas de Kuhn “serán muy estimulantes para todos aquellos que estén interesados en la naturaleza de las teorías científicas y especialmente en las causas y formas de sus cambios” y que desarrolla aspectos de la historia y la filosofía de la ciencia con los que concuerda, aunque no haya tenido ocasión de profundizarlos, e incluso ilumina aspectos de su propia concepción (cf. las cartas de Carnap a Morris y a Kuhn en Reisch, 1991).

no porque Kuhn acabara para siempre con esa tendencia, sino porque con él encontrarían cauce inquietudes que se iniciaran en Viena a principios de siglo.

No obstante lo cual, habría que señalar que la incidencia de estos *nuevos filósofos* fue decisiva en el resurgimiento de dichas inquietudes. La consideración de la perspectiva histórica o historicista que en general les caracteriza marca definitivamente el desarrollo de la reflexión metacientífica posterior. Su influencia se hizo sentir en la puesta en primer plano de cuestiones tales como la importancia de los estudios históricos y de los determinantes sociales, la puesta en duda de la distinción tajante entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación, el problema de la carga teórica de las observaciones y el problema de la inconmensurabilidad entre teorías, las nociones de progreso y racionalidad científicos, la discusión acerca de la relevancia y alcance de los análisis formales y el problema del relativismo.

Sin embargo, a la mayoría de sus tesis y estudios diacrónicos subyace, sin que impliquen en sentido estricto, una nueva concepción acerca de la naturaleza y estructura sincrónica de las teorías científicas, que se supone más apegada a la práctica científica tal como la historia nos las presenta. Los principales rasgos de esta nueva noción de teoría son los siguientes:⁴

- (1) Las teorías científicas son entidades sumamente complejas y dúctiles, susceptibles de evolucionar en el tiempo sin perder su identidad.
- (2) Las teorías científicas no son enunciados o secuencias de enunciados y en un sentido propio no pueden calificarse de verdaderas o falsas, aunque con ellas sí se realizan afirmaciones empíricas verdaderas o falsas.
- (3) Las teorías científicas tienen, al menos, un componente formal, teórico o conceptual (las leyes o hipótesis) y otro empírico o aplicativo (los sistemas a los que se pretende aplicar).
- (4) Cierta parte de cada uno de los componentes de las teorías científicas se considera intocable por decisión metodológica (núcleo). Las teorías tienen pues partes “esenciales” y partes “accidentales”; en ello radica su ductilidad. El aparato formal se articula en niveles progre-

⁴ Lo que sigue es apenas una enumeración de los principales rasgos; para una revisión detenida de las fuentes de estas contribuciones, cf., p.e., Díez (1989) y Laudan *et al.* (1986).

sivamente cada vez más específicos o restrictivos, que da cuenta de situaciones empíricas también específicas. A veces se denomina “teoría”, en un sentido más restrictivo, a estos desarrollos concretos del formalismo (p.e., la teoría de los osciladores armónicos).

- (5) Las teorías científicas tienen diversos niveles de empiricidad. Parte de la teoría conceptualiza los hechos y parte los explica, y se contrasta con lo así conceptualizado.
- (6) La parte específica, “accidental” del formalismo, es la que recibe el peso de la contrastación. Ante una contrastación negativa, el núcleo siempre se puede salvaguardar modificando los elementos no nucleares.
- (7) Las teorías científicas llevan asociadas normas, valores, o simplemente indicaciones, metodológicas y evaluativas, algunas de ellas fuertemente dependientes del contexto.

Esta nueva noción, a la que los nuevos filósofos se refieren con variada terminología (*paradigma* en Kuhn, *programa de investigación* en Lakatos, *tradición de investigación* en Laudan), sin embargo, es imprecisa, en ocasiones de modo tan extremo que termina por desdibujar casi en su totalidad lo que parecen intuiciones correctas. El principal motivo de los positivistas o empiristas lógicos para desarrollar una filosofía formal de la ciencia era justamente evitar un discurso metacientífico vago e impreciso. Y gran parte de las polémicas que surgieron tras la aparición en el panorama de los nuevos filósofos fueron generadas por la imprecisión y equívocidad de algunas de sus nociones centrales.

La mayoría de los filósofos de la ciencia sensibles a la perspectiva historicista concluyeron que la complejidad y riqueza de los elementos involucrados en la ciencia escapa a cualquier intento de formalización. Se consideraba no sólo que las formalizaciones como las realizadas en la concepción heredada eran totalmente inadecuadas para expresar estas entidades en toda su complejidad, sino que no parecía razonable esperar que ningún otro procedimiento de análisis formal capturara los elementos mínimos de esta nueva caracterización. Esta es la moraleja antiformalista que se extendió en muchos ambientes metacientíficos tras la *revuelta historicista*. Como consecuencia, bajo el ala de estos filósofos se desarrolla toda una rama de los *estudios de la ciencia* (con importantes, aunque puntuales, antecedentes antes de los años sesenta), que se centra en el estudio de los determinantes sociales de la ciencia apoyándose en

una considerable investigación empírica. Esta línea de investigación desemboca en el asentamiento durante los años ochenta de la sociología de la ciencia como disciplina.

4. Período contemporáneo. La concepción semántica

Esta no fue, sin embargo, la reacción de toda la comunidad metacientífica. Parte de ella, conformada por filósofos, sostuvo —en consonancia con el trabajo emprendido por los sociólogos de la ciencia— que la investigación de la ciencia debía ser llevada a cabo utilizando métodos, o basándose en resultados, pertenecientes a las ciencias naturales (P. Kitcher, R. Giere, P. Thagard, P. Churchland y P.M. Churchland, entre otros). A estas propuestas de análisis, englobadas bajo el rótulo —debido a Quine— de “epistemologías naturalizadas”, pertenecen tanto los enfoques psicólogos o cognitivistas como algunos de los evolucionistas a los que aludiremos más adelante. Otra parte de la comunidad metacientífica ha abogado por una filosofía de la ciencia que tome más en cuenta los factores que conducen a la formulación de teorías (uso de instrumentos, experimentos, etc.) y no tanto las teorías mismas (I. Hacking, R.J. Ackermann, etc.). Otros, desconfiando de los intentos por desarrollar una filosofía general de la ciencia, encontraron refugio o bien en el análisis de las disciplinas individuales o bien en el tratamiento de problemas filosóficos particulares. Dentro de la primera de las estrategias mencionadas, cabría mencionar que, mientras que la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica continuaron atrayendo la atención filosófica, el mayor crecimiento fue experimentado por las filosofías especiales de la biología, de la psicología y, en menor medida, de las ciencias sociales. Tan importante fue el desarrollo alcanzado por la filosofía de la biología, que podría decirse que esta disciplina comenzó a desbancar a la física en lo que respecta a ocupar el lugar central dentro de la reflexión filosófica, haciéndole recuperar a algunos filósofos la esperanza de desarrollar una filosofía general de la ciencia, tomando a la biología como modelo o patrón. Es así que nos encontramos con una serie de propuestas de análisis del desarrollo del conocimiento en general y/o del conocimiento científico en particular (que encuentran sus primeras formulaciones en las obras de K. Lorenz, D. Campbell, K. Popper y S. Toulmin y las más

recientes en las de D. Hull, por ejemplo), conocidas con el nombre de “epistemologías evolucionistas”, que toman como base para su análisis (algún tratamiento específico de) la evolución biológica. En cuanto a la segunda de las estrategias referidas, habría que señalar que una de las cuestiones que sin duda han sido más discutidas en este período dentro de la filosofía de la ciencia es la del realismo científico (partiendo de sus progenitores de los años sesenta W. Sellars, G. Maxwell y J.J.C. Smart y sus defensores más recientes como R. Boyd o I. Hacking, hasta sus más acérrimos detractores como B. van Fraassen), en conexión con la problemática semántica más general del realismo (del tipo discutido por W.V. Quine, D. Davidson, S. Kripke o H. Putnam).

Dentro de este período quisiéramos referirnos por último a otra corriente contemporánea en filosofía de la ciencia que muestra, tras el repliegue de los primeros efectos antiformalistas, que al menos parte de los nuevos elementos señalados durante el período historicista son susceptibles de un razonable análisis y reconstrucción formales. Asimiladas las contribuciones incuestionables de los historicistas y expurgados sus principales excesos, se recupera durante los años setenta la confianza en la viabilidad de los análisis formales o semiformales de la ciencia, al menos en algunos de sus ámbitos, entre ellos el relativo a la naturaleza de las teorías, que continuarían siendo las unidades básicas de esto que llamamos ciencia, ya que los experimentos y las operacionalizaciones instrumentales en la ciencia, por ejemplo, sólo tendrían sentido en cuanto forman parte de un contexto teórico.

En ese sentido, comenzando con el trabajo desarrollado por J.C.C. McKinsey, E. Beth y J. von Neumann en el período que va de los años treinta a los años cincuenta, a mediados de los setenta y en los ochenta, se extiende y acaba imponiéndose en general una nueva caracterización de la ciencia que se ha denominado *concepción semántica o modelo-teórico*. En realidad no se trata de una única concepción sino de una *familia* de ellas que comparten algunos elementos generales. A esta familia pertenecen los respectivos seguidores de los autores arriba aludidos, P. Suppes, B. van Fraassen y F. Suppe, además de R.N. Giere, en los Estados Unidos; M.L. Dalla Chiara y G. Toraldo di Francia, en Italia; M. Przelecki y R. Wójcicki, en Polonia; G. Ludwig, en Alemania; N.C.A. Da Costa, en Brasil; y la concepción estructuralista de las teorías, iniciada en los Estados Unidos por un estudiante de Suppes, J. Sneed, y desarrollada en Europa, princi-

palmente en Alemania, por aquel que reintrodujera la filosofía analítica en general y la filosofía de la ciencia en particular en los países de habla alemana y demás países de Europa Central luego de la Segunda Guerra Mundial, W. Stegmüller, y sus discípulos C.U. Moulines y W. Balzer.

Todos los miembros de esta familia comparten el “espíritu formalista” del período clásico aunque no la letra: la *virtud clásica de la claridad y precisión conceptuales* es un principio regulativo para ellos; sin embargo, consideran que la mejor manera de aproximarse a ese ideal consiste en *utilizar todos los instrumentos lógico-matemáticos que puedan contribuir* a alcanzar ese objetivo. No se limitan, entonces, al uso de la lógica de predicados de primer orden —el instrumento favorito durante el período clásico— sino que hacen un creciente uso de conceptos, métodos y resultados lógicos y matemáticos, en especial de la teoría de conjuntos y de modelos, aunque también, por ejemplo, de la topología, entre otras.

Esto se ve de modo muy claro en el *tratamiento* que la concepción semántica hace *de las teorías* científicas. Para ella, y a diferencia de lo sostenido por la concepción heredada y en consonancia con la crítica realizada por los nuevos filósofos, las teorías no se identifican metateóricamente con conjuntos de enunciados. El slogan del enfoque semántico es el siguiente: presentar una teoría no es presentar una clase de axiomas, presentar una teoría es presentar una clase de modelos. Un modelo, en su acepción informal mínima, es un sistema o estructura que pretende representar, de manera más o menos aproximada, un “trozo de la realidad”, constituido por entidades de diverso tipo, que *realiza* una serie de afirmaciones, en el sentido de que en dicho sistema “pasa lo que las afirmaciones dicen” o, más precisamente, las afirmaciones son verdaderas en dicho sistema. Por ejemplo, si tomamos los principios monárquicos más generales, entonces España, Holanda, Bélgica, Suecia, etc., en tanto que sistemas o “partes de la realidad”, son modelos de dichos principios, mientras que Francia e Italia no lo son; si añadiéramos algunos principios monárquicos adicionales, quizás España y Holanda seguirían siendo modelos de ellos, pero quizás Bélgica y Suecia ya no; y si añadimos todavía más, a lo mejor sólo España es modelo de ellos. O más propiamente para nuestro tema, si tomamos la segunda ley de Newton, hay varios sistemas o “trozos de realidad” en los que es verdadera (por ejemplo, un cuerpo cayendo en la superficie terrestre, un planeta girando en torno al sol, un péndulo, etc.). Esta idea intuitiva se puede preci-

sar de diversos modos, siendo el más usual el correspondiente a la teoría de modelos: el sistema se expresa formalmente mediante una secuencia de conjuntos (de la forma $\langle D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n \rangle$), los primeros de los cuales (las D_i), llamados “conjuntos base”, contienen los individuos del sistema, los “objetos” de los que habla la teoría, su “ontología”, mientras que los restantes (las R_j) son relaciones, o funciones, entre dichos individuos, e.e. construidas a partir de los conjuntos base ($R_i \subseteq D_{j_1} \times \dots \times D_{j_k}$). Puesto que la noción de modelo es una noción fundamentalmente semántica (algo es modelo de una afirmación si la afirmación es *verdadera* de ello), y que su análisis más habitual lo efectúa la teoría de modelos, se denomina *concepción semántica*, o *modelo-teórica*, a este nuevo enfoque que enfatiza la importancia de los modelos en el análisis de la ciencia; contrariamente, la concepción clásica es calificada de *sintáctica* por su caracterización de las teorías como conjuntos de enunciados y por su énfasis general en los aspectos lingüístico-sintácticos. El slogan mencionado expresa por tanto el carácter distintivo frente a la concepción sintáctica clásica. Pero apreciar en su justa medida cuál es ese carácter distintivo no es fácil. Para ello comenzaremos revisando un aspecto de la concepción sintáctica que es claramente insatisfactorio. El enfoque semántico es en parte un intento de mejorar la concepción heredada en ese punto.

Para apreciar el elemento insatisfactorio más notorio de la concepción sintáctico-axiomática, es imprescindible tomársela en serio, esto es, tomarse en serio la *identificación* de una teoría con una serie de enunciados: los axiomas (ahora no distinguimos entre axiomas y reglas de correspondencia, pues esa distinción no afecta a la cuestión que aquí se trata). Según esta concepción, una teoría *es* una clase de axiomas, lo cual implica que *toda* diferencia en axiomas supone una diferencia *de* teorías. Puesto que dos axiomatizaciones diferentes son dos diferentes clases de enunciados, tenemos dos teorías diferentes.⁵ Esta es una consecuencia insatisfactoria, pues podemos tener dos axiomatizaciones diferentes de, intuitivamente, “la misma teoría”; parece razonable que pueda haber axiomatizaciones diferentes de una misma teoría. Si eso es así, una teoría no puede *ser* un conjunto de axiomas, no se representa metateóricamente de forma satisfactoria *identificándola* con un conjunto tal.

⁵ La crítica a la concepción heredada persiste, aun en el caso de que ésta sea caracterizada mediante proposiciones en vez de serlo mediante enunciados.

Se dirá que eso es ser demasiado rigurosos, poco caritativos con la concepción heredada. Después de todo, ya se reconocía que si dos axiomatizaciones diferentes coinciden en el conjunto de sus teoremas, se trata *en cierto sentido*, no de dos teorías diferentes equivalentes, sino de dos axiomatizaciones equivalentes de la misma teoría. El problema es que la caracterización de las teorías que hace esa concepción no es el mejor modo de expresar ese “cierto sentido”, no puede expresarlo satisfactoriamente. Quizás se piense que sí, pues en muchas presentaciones de la concepción clásica se dice que una teoría es el conjunto de afirmaciones primitivas *más todas sus consecuencias*. Pero, si se mantiene un papel esencial para los axiomas, eso no resuelve el problema. Incluso si incluimos la referencia explícita a las consecuencias, dos conjuntos diferentes de axiomas-junto-con-sus-consecuencias siguen siendo entidades diferentes aunque las consecuencias sean las mismas, pues simplemente los conjuntos de axiomas son diferentes. La única posibilidad es prescindir totalmente, en la individualización de las teorías, de la referencia a los axiomas, identificando la teoría simplemente con el conjunto de las consecuencias. Sin embargo, así planteada esta opción se compadece mal con el “axiomatismo” que inspiraba a la concepción heredada. En parte, la concepción semántica consiste en expresar el núcleo de esta idea *de un modo adecuado*, un modo que no hace desempeñar a los enunciados un papel esencial en la identidad de las teorías. Nótese que el problema con la concepción heredada no es que quiera sostener una idea inadecuada, no es que *pretenda* que dos teorías con el mismo vocabulario que “digan lo mismo”, e.e. con las mismas consecuencias, sean diferentes; el problema es que en su versión sintáctico-axiomática expresa inadecuadamente una intuición correcta, a saber, que en tales casos se trata de una única teoría.

El modo en que la concepción semántica va a expresar las intuiciones contenidas ya en la concepción heredada surge de tomarse en serio el hecho de que dos axiomatizaciones diferentes pueden serlo de la misma teoría. ¿Por qué lo son de la misma teoría? Porque el conjunto total de las cosas que dicen de cierta “parcela del mundo” es el mismo, porque la manera en que dicha parcela se comporta según ambas es la misma. Lo que importa de una teoría, lo que la identifica, es lo que dice sobre el comportamiento de determinada parcela de la realidad, no cómo lo dice. Lo esencial es que caracteriza ciertos “trozos de la realidad”

como comportándose de cierto modo. Esto es, que determina ciertos modelos. Si dos axiomatizaciones lo son de lo mismo, lo son porque ambas determinan la misma clase de modelos o realizaciones. Lo importante es pues qué modelos determina una teoría, no los recursos lingüísticos que emplea para ello. De ahí el slogan de la concepción semántica: presentar una teoría es presentar una clase de modelos, no de axiomas.

Se dirá que no es necesario recurrir a los modelos, que apelando sólo al conjunto total de las consecuencias de los axiomas tenemos una vía “sintáctica” equivalente. Pero usar esta versión nos mantiene en el plano sintáctico sólo aparentemente; esta es la razón por la que hemos indicado que esta opción se compadece mal con el espíritu sintacticista propio de la concepción heredada. La clave es que apelar a las consecuencias es apelar implícitamente a los modelos, la noción de consecuencia introduce subrepticamente la de modelo: un enunciado es consecuencia de otros si todos los modelos de éstos son modelos de aquél. Por tanto, si queremos expresar la idea de que mediante axiomas diferentes podemos capturar la misma teoría, debemos hacer necesariamente referencia, explícita o implícitamente, a los modelos. Si es así, lo mejor y más clarificador es hacerlo desde el comienzo: una teoría se caracteriza por determinar una clase de modelos, y su identidad está vinculada a tal clase.

Es importante comprender que esta opción no supone, ni pretende, prescindir de los enunciados o, en general, de las formulaciones lingüísticas; no pretende que los recursos lingüísticos son superfluos para la caracterización metateórica de las teorías. Por supuesto que para determinar o definir una clase de modelos hace falta un lenguaje. Los modelos, en la medida en que en el análisis metateórico se determinen explícita y precisamente, se determinan dando una serie de axiomas, principios o leyes, esto es, mediante enunciados. Nadie pretende negar tal cosa. Lo único que se pretende es que los conceptos relativos a modelos son más provechosos para el análisis filosófico de las teorías científicas, de su naturaleza y funcionamiento, que los relativos a enunciados; que la naturaleza, función y estructura de las teorías se comprende mejor cuando su caracterización, análisis o reconstrucción metateórica se centra en los modelos que determina, no en un particular conjunto de axiomas o recursos lingüísticos mediante los que lo hace. Efectivamente, la determinación de los modelos se realiza mediante una

serie de axiomas, pero la identidad de la teoría no depende de esas formulaciones lingüísticas específicas. Si se quiere, la formulaciones lingüísticas son esenciales en el sentido (trivial) de ser el medio necesario para la determinación de los modelos (¿cómo va a ser de otro modo?), pero en el sentido verdaderamente importante no lo son, pues nada en la identidad de una teoría depende de que la formulación lingüística sea una u otra. Resumiendo: “De acuerdo con la concepción semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede ser descrita de varios modos, mediante enunciados diferentes en lenguajes diferentes, y ninguna formulación lingüística tiene ningún estatuto privilegiado. Específicamente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en ningún sentido no trivial” (van Fraassen, 1989, p. 188).

El enfoque semántico, que enfatiza la referencia explícita a los modelos, más que a los enunciados, puede parecer una mera revisión del enfoque sintáctico propio de la concepción heredada. Es efectivamente una revisión, pues pretende expresar más adecuadamente una idea ya contenida en la concepción anterior, aunque insatisfactoriamente expresada. Pero no es una mera revisión, si con ello se quiere sugerir que se trata de una revisión sin importancia. En cuanto conceptualización más satisfactoria de una idea esencialmente correcta, pero insatisfactoriamente conceptualizada con anterioridad, ejemplifica el tipo de progreso al que se puede aspirar en filosofía. Esta reconceptualización genera inmediatamente otras subsidiarias vinculadas a la idea central, lo que permite reorientar algunos problemas que más dificultades habían planteado a la concepción heredada. Uno de ellos será el relativo a la vinculación de los conceptos teóricos con la experiencia. La concepción heredada sostiene que ese vínculo se establece a través de *enunciados*, las reglas de correspondencia, que conectan términos teóricos con términos que, pretendidamente, refieren a entidades directamente observables. Esta cuestión había suscitado todo tipo de problemas y el propio Hempel acaba rechazando la idea de que el vehículo de conexión empírica es lingüístico (Hempel, 1973). En la perspectiva sintacticista clásica pocas alternativas quedan. Veremos que la referencia a los modelos, característica de la concepción semántica, va a permitir dar una nueva orientación a esta cuestión.

Hasta aquí la motivación y justificación del cambio de estrategia que caracteriza a las concepciones semánticas. En cuanto al desarrollo de es-

ta estrategia, cada miembro de la familia lo hace de un modo específico, no sólo técnicamente, sino que también difieren en cuestiones filosóficas fundamentales. No comparten pues una serie de tesis filosóficas sustantivas, sino un modo y un marco en el que plantear los problemas filosóficos. Lo mismo ocurría en el seno de la concepción heredada, donde el acuerdo general sobre el enfoque axiomático era compatible con diferencias radicales en temas filosóficos sustantivos, como el del realismo, la explicación o la causalidad. Sin embargo, a pesar de sus diferencias, las diversas caracterizaciones de la noción de teoría que se hacen dentro de la familia semántica tienen algunos elementos comunes:

- (1) Una teoría se caracteriza en primer lugar, como hemos visto, por determinar un conjunto de modelos; presentar-identificar una teoría es presentar-identificar la familia de sus modelos característicos. La determinación de los modelos se realiza mediante una serie de principios o leyes. Las leyes se deben entender, por tanto, como definiendo una clase de modelos: “ x es un modelo de la teoría... $\text{sys}_{def_}(\dots)$ ”, donde $_$ expresa las leyes en cuestión. Que esto sea una definición, que las leyes definan los modelos, no significa, por supuesto, que una teoría sea una definición, o que sea verdadera por definición, o cosas parecidas. Que las leyes definan una serie de modelos significa sólo que las leyes determinan qué entidades son las que se comportan de acuerdo con la teoría; por ejemplo, cierta entidad, cierto “trozo del mundo”, es “por definición” un sistema (modelo) mecánico si y sólo si cumple tales y cuales principios.
- (2) Una teoría no sólo determina, a través de sus leyes, una clase de modelos. Si sólo hiciera eso, poco tendríamos. Ya sabemos, p.e., qué es en abstracto un sistema mecánico. ¿Qué hacemos sólo con ello? Nada, ya que definimos los sistemas mecánicos para algo más, quizás, p.e., para explicar el comportamiento del par de objetos Tierra-Luna. Una teoría determina una clase de modelos para algo: para dar cuenta de ciertos datos, fenómenos o experiencias correspondientes a determinado ámbito de la realidad. Parte de la identificación de la teoría consiste entonces en la identificación de esos fenómenos empíricos de los que pretende dar cuenta.
- (3) Una vez identificados los modelos teóricos abstractos y los fenómenos empíricos de los que se pretende dar cuenta, tenemos lo esencial de la teoría. Lo que hace la teoría es definir los modelos con la pre-

tensión de que representan adecuadamente los fenómenos, esto es, con la pretensión de que los sistemas que constituyen los fenómenos de los que queremos dar cuenta están entre los modelos de la teoría; en términos tradicionales, que tales fenómenos concretos satisfacen las leyes de la teoría, que se comportan como las leyes dicen. Esta pretensión se hace explícita mediante un acto lingüístico o proposicional, mediante una *afirmación*, la afirmación o aserción “empírica” de la teoría. La aserción empírica afirma que entre los sistemas empíricos de los que queremos dar cuenta y los modelos determinados por las leyes se da cierta relación. Esta relación puede ser de diversos tipos, más fuertes o más débiles, según las versiones. Puede ser de identidad, e.e. que los sistemas empíricos sean literalmente algunos de los modelos; o de aproximación, e.e. que los sistemas empíricos se aproximen (en un sentido que hay que precisar) a los modelos; o de subsunción, e.e. que los sistemas empíricos sean subsumibles (en un sentido que también hay que precisar) bajo los modelos. Pero más allá de los detalles, importantes como veremos, lo esencial es que la aserción empírica expresa la pretensión de que nuestra teoría representa adecuadamente la “realidad”, esto es, que nuestros modelos se “aplican bien” a los sistemas a explicar. Así es como la teoría dice cómo es “el mundo”, esos “trozos del mundo” de los que quiere dar cuenta en su ámbito de aplicación específico. Dice que “el mundo” es de cierto modo, al afirmar que ciertos sistemas empíricos específicos son (o se aproximan a, o se subsumen bajo) modelos de los que ella ha definido; “el mundo”, los sistemas empíricos, se comporta de “ese” modo.

Es importante enfatizar el hecho de que esta aserción simplemente hace explícita una pretensión ya contenida implícitamente en el par “⟨modelos definidos, fenómenos⟩”. Es importante para no confundirse en cuestiones importantes, como la contrastación. Algunos representantes de la concepción semántica tienden a identificar las teorías con la aserción empírica, o a incluir la aserción en la identidad de la teoría. Pero, como se verá, hay buenos motivos para no identificar una teoría con su aserción empírica. Hacer eso oscurece la naturaleza estructuralmente compleja de las teorías, complejidad que es preciso que se refleje claramente en la noción de teoría, para dar cuenta de algunos hechos fundamenta-

les, entre otros los enfatizados por los historicistas. Es más adecuado identificar las teorías con esos pares de conjuntos de modelos (en realidad, como veremos, con secuencias un poco más complejas de conjuntos de modelos). Si las identificamos así es obvio entonces que, en un sentido estricto, las teorías no son entidades susceptibles de ser verdaderas o falsas, pues un par (una secuencia) no es una entidad a la que quepa atribuir con sentido los predicados *verdadero* y *falso*. Es cierto pues que, si las identificamos de ese modo, estrictamente las teorías no son verdaderas ni falsas. Pero nada filosóficamente sustantivo se deriva sólo de ello. Las teorías, esos pares, llevan biunívocamente asociadas entidades que sí son susceptibles de ser verdaderas o falsas, a saber, sus aserciones empíricas. Por tanto, aunque no cabe atribuir primariamente valores veritativos a las teorías, sí cabe atribuírselos *derivativamente*: una teoría es “derivativamente verdadera” si y sólo si su aserción empírica es verdadera. Y este sentido derivativo es suficientemente importante desde el punto de vista filosófico.

Insistir en que las teorías deben ser, o incluir esencialmente, aserciones, puesto que *decimos* que son verdaderas o falsas, no es un argumento suficiente, si hay buenas razones para no identificarlas de ese modo. Pero del hecho de que no se identifiquen con entidades proposicionales no se pueden extraer conclusiones apresuradas sobre problemas filosóficos sustantivos relativos a la “verdad” de las teorías. Por ejemplo, si hay cierto sentido interesante en el que las teorías no son falsables, no es porque no sean entidades a las que no cabe atribuir los predicados verdadero o falso. No cabe atribuírselo primariamente, pero sí derivativamente, y con ello es suficiente para el sentido importante de falsar: si la aserción empírica es falsa, la teoría queda “falsada” en el sentido de que no todo puede permanecer igual. Si no son falsables será, quizás, porque entendemos entonces por teoría sólo la parte esencial, el núcleo lakatosiano que siempre se puede mantener indemne a costa de suficientes reformas en la parte accidental, el cinturón protector de hipótesis específicas.

Una última advertencia antes de ver algunas de las versiones de la familia semántica. Al caracterizar los elementos generales compartidos de esta familia, hemos hecho constante y central referencia a los modelos. Debe quedar claro que cuando hemos hablado aquí de modelos nos referíamos a la noción informal. Las diversas versiones de la concepción semántica discrepan, entre otras cosas, en la naturaleza precisa de esas

entidades a las que denominan modelos y cuya determinación identifica a una teoría. Para Suppes y la concepción estructuralista se trata de modelos en el sentido de la teoría de modelos, para van Fraassen y Suppe son lo que ellos denominan *espacios de fase* o *de estado*, para Giere son modelos en cualquier sentido informal aceptable del término.

4.1. *La noción de teoría de Suppes*

Patrick Suppes plantea en pleno apogeo de la concepción heredada y de su enfoque sintáctico-axiomático, los años cincuenta, las principales objeciones que, como acabamos de ver, se le pueden hacer. Propone, además, un programa de axiomatización de teorías científicas alternativo al de la axiomatización clásica. Su propuesta, que tiene como punto de partida las enseñanzas de su tutor posdoctoral, J.C.C. McKinsey, y de A. Tarski sobre el método axiomático y las bondades de los análisis conjuntistas, es desarrollada por él mismo y algunos de sus colaboradores y discípulos de la Universidad de Stanford (McKinsey, Sugar & Suppes, 1953, y Suppes, 1957, 1967, 1970); en este desarrollo E.W. Adams tiene una posición especialmente destacada, al contribuir con una modificación esencial a la propuesta original de Suppes. Durante cierto tiempo, sin embargo, ese nuevo enfoque no recibe atención general y queda reducido a la llamada *escuela de Stanford* o *de la Costa Oeste*. Es a finales de los sesenta y principalmente durante los setenta, una vez superados los momentos más radicales de la revuelta historicista de los sesenta, cuando la propuesta modelo-teórica iniciada por Suppes se extiende entre la comunidad metacientífica y es aceptada en sus aspectos más generales.

El nuevo procedimiento de axiomatización consiste en la introducción de lo que Suppes llama un *predicado conjuntista*: “axiomatizar una teoría es definir un predicado conjuntista” (Suppes, 1970, p. 2-25), es decir, axiomatizar una teoría es definir un predicado (o concepto, de “segundo orden”) en términos de, o en el lenguaje de, la teoría de conjuntos. En esencia, un predicado tal es una manera específica de definir una clase de modelos. En este caso, tal manera se caracteriza básicamente por entender los modelos en el sentido técnico de la teoría de modelos, como sistemas o estructuras constituidas por una serie

de dominios básicos y relaciones y funciones sobre ellos. El recurso formal que se utiliza para definir la clase de modelos es el lenguaje semi-formal de la teoría intuitiva de conjuntos, completado con todos los recursos matemáticos necesarios propios de la teoría que se está axiomatizando, p.e. para la mecánica clásica se usan en la axiomatización conceptos del análisis. Suppes sostiene, en contra de la concepción heredada, “que los métodos básicos apropiados para los estudios axiomáticos en las ciencias empíricas no son metamatemáticos (...) sino conjuntistas” (Suppes, 1954, p. 244). La axiomatización de teorías mediante la introducción o definición de un predicado conjuntista es una práctica matemática habitual, que se condice con la llamada “nueva matemática” o “matemática moderna” asociada con el programa de fundamentación de las matemáticas del grupo Bourbaki. A través de su obra, Suppes y sus colaboradores se propusieron mostrar que mediante los métodos conjuntistas podía alcanzarse en la axiomatización de teorías empíricas el mismo nivel de rigor formal y claridad conceptual que es estándar en el trabajo matemático.

En esta propuesta hay que distinguir dos contribuciones, ambas importantes pero diferentes. Una es la propuesta de caracterizar una teoría definiendo una clase de modelos. Otra es la precisión de la noción de modelo en términos de secuencias de entidades conjuntistas de cierto tipo y la estrategia vinculada de determinar los modelos mediante el lenguaje conjuntista adecuadamente enriquecido. La primera es más general que la segunda: se puede concordar con Suppes en el enfoque modelo-teórico general, pero discrepar en el desarrollo específico del mismo; de hecho, eso es lo que hacen algunos miembros de la familia semántica. Eso no quiere decir que la segunda contribución no sea importante. Para Suppes, y para los que le siguen también en esto, la técnica conjuntista es mucho más dúctil y manejable que la clásica, permitiendo reconstruir efectivamente teorías interesantes de la ciencia real. En la perspectiva clásica, el recurso formal para la axiomatización es exclusivamente la lógica de primer orden, por lo que si observamos estrictamente tal construcción, la axiomatización de una teoría física matemática contiene como parte la axiomatización de toda la matemática que presupone, algo que dista mucho de estar realizado, incluso de ser prácticamente realizable. Por ello, los ejemplos de axiomatizaciones que se manejan casi siempre en la concepción heredada son de naturaleza al-

tamente esquemática, muy simples y poco interesantes, que no se corresponden con teorías científicas usadas realmente por los científicos.

Un predicado conjuntista es un predicado del tipo “ x es un sistema... $\text{sys}_{\text{def}} _ (.x.)$ ” donde $_$ (las “condiciones de definición” del predicado conjuntista o “axiomas”) especifica:

- (1) Las entidades que componen x , que es una estructura o secuencia de conjuntos y de relaciones y funciones definidos sobre ellos.
- (2) (i) Los tipos lógicos de las entidades componentes de x , esto es, si se trata de dominios de objetos, de relaciones o de funciones; (ii) su constitución relativa, esto es, los dominios y contradominios de las relaciones y funciones; (iii) sus propiedades matemáticas, esto es, si ciertos conjuntos son finitos, o infinitos numerables, o si cierta función es continua, etc. Los axiomas mediante los que se hacen estas caracterizaciones son meras tipificaciones, son por tanto axiomas *sui generis*, o como diremos después, *axiomas improprios*. No imponen constricciones efectivas a las estructuras, simplemente nos dicen de qué tipo de entidades están constituidas, qué propiedades matemáticas tienen y cuáles son las relaciones lógicas de constitución entre ellas.
- (3) Condiciones restrictivas no puramente constitutivas o lógicas. Se trata de los *axiomas en sentido propio*, que tienen un efecto constrictivo. A las estructuras que satisfacen las condiciones definicionales de (2) se les impone ahora como condiciones adicionales las leyes, en sentido tradicional, de la teoría. Son efectivamente restrictivas porque las cumplirán sólo algunas de las estructuras especificadas en (2), otras no. Muchas veces tendrán la forma de relaciones entre varias de las entidades; por ejemplo, si en la estructura hay dos operaciones, uno de estos axiomas propios puede exigir que una sea distributiva respecto de la otra. Pero a veces pueden afectar a un sólo componente; por ejemplo, se puede exigir que cierta operación sea asociativa.

Para fijar las ideas, reproducimos como ejemplo la definición del predicado “ x es un sistema de mecánica de partículas” (cf. McKinsey, Sugar & Suppes, 1953, Suppes, 1957, cap. 12 §5, parcialmente modificado en Adams, 1959; la presente es una versión mixta, con algunas simplificaciones notacionales que suponen algunas deficiencias técnicas, sobre todo en (8), pero es suficiente para los actuales fines ilustrativos).

Definición: x es un *sistema de mecánica (newtoniana) de partículas* $_{\text{sys}}^{\text{def}}$ existen P, T, s, m, f tales que:

- (1) $x = \langle P, T, s, m, f \rangle$
- (2) P es un conjunto finito no vacío.
- (3) T es un intervalo de números reales.
- (4) s es una función de $P \times T$ en el conjunto de vectores tridimensionales (tríos ordenados) de números reales, dos veces diferenciable sobre T .
- (5) m es una función de P en el conjunto de números reales tal que, para todo $p \in P$: $m(p) > 0$.
- (6) f es una función de $P \times T \times \mathbb{N}$ en el conjunto de vectores tridimensionales (tríos ordenados) de números reales (\mathbb{N} es el conjunto auxiliar de números naturales, que marca con un índice la f para cada p y t ; podríamos escribir " $f_i(p, t)$ " en lugar de " $f(p, t, i)$ ").
- (7) Para todo $p \in P$ y $t \in T$: $m(p) \cdot d^2/dt^2(s(p, t)) = \sum_{i \in \mathbb{N}} f(p, t, i)$
- (8) Para todo $p \in P, q \in P$ y $t \in T$:
 - (i) $f(p, t, i(q)) = -f(q, t, j(p))$
 - (ii) $s(p, t) f(p, t, i(q)) = -s(q, t) f(q, t, j(p))$.
 (Aclaración notacional. Indicamos mediante " $i(q)$ " que la f que tiene como uno de sus argumentos dicho índice "se debe a q "; entonces " $f(p, t, i(q))$ " denota el valor de f sobre p en t "debido a q ". " f " denota el producto vectorial.)

(1) presenta (el número de) los constituyentes de las estructuras. (2)-(6) son los axiomas improprios, meras tipificaciones lógico-matemáticas de las entidades que constituyen la estructura. La idea es que P es un conjunto de partículas, p.e. en una estructura x determinada ese conjunto contiene sólo a la Tierra y la Luna; en otra al Sol y los planetas; en otra a la Tierra y un péndulo; en otra a la Tierra y dos objetos en una polea; etc. T es un conjunto de instantes temporales. s es la función posición, que asigna a cada partícula del sistema un determinado vector-posición en cada instante; es dos veces diferenciable respecto del tiempo, su primera derivada es la velocidad y su segunda derivada es la aceleración. m es la función masa, que asigna a cada partícula un número real positivo, su masa (que es independiente del tiempo). f es la función fuerza, que asigna a cada partícula en cada instante una serie de vectores-fuerza, las fuerzas actuantes sobre la partícula en ese instante; en

vez de tener varias funciones, tenemos una única función que tiene como argumentos, además de partículas e instantes, ciertos índices que distinguen los diferentes vectores-fuerza actuantes sobre p en t ; así, $f(p, t, i) = \langle x_1, x_2, x_3 \rangle$ y $f(p, t, j) = \langle y_1, y_2, y_3 \rangle$ ($i \neq j$) son los valores de dos fuerzas diferentes actuantes sobre la partícula p en el instante t . (7) y (8) son los axiomas propios: expresan las leyes propiamente dichas de esta teoría. (7) expresa el segundo principio de Newton: la suma (vectorial) de las fuerzas actuantes sobre una partícula en un instante es igual a la variación de la cantidad de movimiento, o como se suele decir, al producto de la masa de la partícula por su vector-aceleración en ese instante. (8) expresa (con ciertas deficiencias técnicas) el principio de acción y reacción: las fuerzas que se ejercen mutuamente dos partículas son de igual módulo y dirección y de sentidos contrarios.

Este es un ejemplo típico de la axiomatización suppesiana de una teoría mediante la definición de un predicado conjuntista. Debe quedar claro que lo que se hace es, como habíamos anunciado, definir cierta clase de modelos. Las estructuras que satisfacen (1)-(8) son, “por definición”, sistemas mecánicos newtonianos. Presentar la mecánica newtoniana es presentar (definir) esa clase de modelos. Debe quedar claro también que esos modelos están sometidos a, son caracterizados a través de, algunas condiciones efectivamente restrictivas. Las condiciones (1)-(6), meras tipificaciones, determinan simplemente el tipo lógico-matemático de las entidades que constituyen los sistemas. Las entidades de ese tipo lógico, que satisfacen (1)-(6), son, por decirlo así, candidatos a ser modelos de la teoría; esto es, entidades de las que tiene sentido plantearse si se comportan del modo que dice la teoría, si cumplen las leyes propiamente dichas. Si una estructura no tiene una función que asigne a los elementos del dominio números reales, no tiene sentido preguntarse si cumple o no el segundo principio de Newton, pues tal principio involucra funciones de ese tipo. A las estructuras que satisfacen las tipificaciones Suppes las llama –siguiendo a Tarski– *realizaciones posibles* (Suppes, 1960, pp. 287-288). Lo que debe quedar claro es que lo esencial de una teoría no son (sólo) sus realizaciones posibles, sino (principalmente) sus *realizaciones efectivas* o *modelos* en sentido propio. La teoría no sólo contiene tipificaciones, sino que contiene condiciones adicionales que son restrictivas en el sentido de que algunas de las realizaciones posibles las cumplirán, pero otras no. No por tener el tipo de conjuntos y funciones que especifican (1)-(6) toda es-

estructura va a satisfacer (7)-(8); puede ser que tenga ese tipo de entidades, pero que sumando los vectores-fuerza para una partícula en un instante dado y multiplicando su masa por su aceleración, simplemente no dé el mismo resultado (como ejercicio, el lector puede construir un ejemplo de un sistema puramente numérico que cumpla con (1)-(6), pero no con (7)). Las realizaciones efectivas o modelos de una teoría son aquellas realizaciones posibles que además satisfacen los axiomas propios; el conjunto de modelos será por lo general un subconjunto propio del conjunto de realizaciones posibles.

4.2. Adams y las aplicaciones pretendidas

Hasta aquí lo esencial de la nueva caracterización que hace Suppes de las teorías científicas. Ahora veremos brevemente la importante modificación que introduce su discípulo E.W. Adams (1955, 1959). Esta modificación intenta subsanar lo que Adams considera una insuficiencia de la versión original. Esta insuficiencia tiene que ver con algo que hemos hecho al presentar el ejemplo de Suppes, y que él mismo hace, y que sin embargo no es claro que se pueda hacer desde sus presupuestos. Una vez presentado el predicado conjuntista, hemos indicado cuál era la *interpretación pretendida* de las entidades componentes de los modelos, esto es, partículas físicas, sus masas, posiciones espaciales, etc. La cuestión es, ¿quién dice eso?, ¿cómo dice eso la teoría? Puede ocurrir que el predicado sea satisfecho por entidades que ontológicamente no tengan nada que ver con esas entidades pretendidas. Por ejemplo, que los ángeles, junto con su “cantidad de espíritu”, sus “afinidades” o lo que sea, satisfagan esos axiomas. O, por poner un ejemplo menos absurdo, de hecho esos axiomas son satisfechos por estructuras puramente matemáticas, esto es, estructuras tales que el conjunto P está constituido por números. En otras palabras, entre los modelos efectivos, no meramente entre las realizaciones posibles, sino entre las realizaciones efectivas que cumplen con (7) y (8), además de con (1)-(6), hay seguro sistemas puramente matemáticos (y quizás “angélicos” u otros de parecida rareza), sistemas *de los que no pretende hablar la teoría*. Parece claro que es esencial a una teoría *empírica* el que pretenda aplicarse sólo a algunos de sus modelos, ya que no se pensaron los principios newtonianos para sistemas puramen-

te matemáticos (o angélicos). Pero si presentar una teoría consiste exclusivamente en presentar una clase de modelos definiendo un predicado conjuntista (con axiomas impropios y propios), no se ve cómo se puede recoger ese hecho.

La cuestión en juego es, como el lector habrá adivinado, la de la interpretación empírica. El predicado conjuntista que define los modelos es un mero formalismo matemático abstracto carente de interpretación empírica, o mejor dicho, compatible con interpretaciones muy diferentes, tanto empíricas como no empíricas; el conjunto de modelos que tal predicado determina incluye sistemas de la más variada constitución, tanto empíricos como matemáticos. Efectivamente, estamos de nuevo ante el viejo problema de la conexión del formalismo con la experiencia. Otro modo de presentar la objeción a Suppes es mostrar que su caracterización, sin elementos adicionales, no permite distinguir las teorías empíricas de las teorías matemáticas. Para Suppes eso no es un problema tan grave, pues piensa que en realidad la diferencia entre unas y otras no es siempre tan clara como se pretende, y que una ventaja de su enfoque es justamente que hace explícito ese hecho. Naturalmente, Suppes no pretende negar que a veces hay una diferencia. Reconoce que hay casos en que es así y ofrece una vía para dar cuenta de ella. Sin embargo, no piensa que esa diferencia, cuando se da, haya de reflejarse en la estructura aparente de la teoría. La diferencia radica en que, en las teorías empíricas (matematizadas), la determinación-medición de algunas de (o todas) sus magnitudes vincula dicha magnitud con situaciones empíricas cualitativas que fundamentan la medición; p.e., la función masa está ligada a procedimientos de comparación cualitativa mediante balanza de brazos. Esas situaciones empíricas cualitativas sobre las que descansa en última instancia la medición, son estudiadas por las llamadas *teorías de la medición fundamental*. La interpretación empírica de un teoría se expresa entonces a través de los vínculos que guardan sus magnitudes con las teorías de la medición fundamental. La interpretación empírica no se manifiesta “inmediatamente” en la caracterización-axiomatización de una teoría.

Adams plantea esencialmente la misma objeción, pero de un modo que no permite resolverla apelando a la medición fundamental. La objeción de Adams es que si caracterizamos las teorías, como hace Suppes, sólo mediante el conjunto de sus modelos o realizaciones efectivas, entonces no es posible hacer explícito el elemento “veritativo”, o “proposi-

cional”, de las teorías; esto es, no es posible hacer explícito el sentido en que las teorías son verdaderas o falsas, o si se prefiere, correctas o incorrectas. El conjunto de modelos caracteriza un modo en el que pueden ser las cosas, el modo en el que según la teoría son las cosas. Pero, ¿qué cosas? La teoría quiere decir “así son las cosas”. Pero, ¿de qué cosas dice ella que son *así*?: ¿planetas?, ¿péndulos?, ¿países?, ¿ángeles?, ¿simples números? El “así” está expresado por el conjunto de modelos. Pero si eso es todo lo que tenemos, nos falta algo que exprese “las cosas” de las que se pretende que son de ese modo. Sin eso no podemos expresar esa pretensión de la teoría. Como vimos, esta pretensión es esencial a las teorías, pues éstas son ideadas para dar cuenta de parcelas específicas de la “realidad”. Y esta pretensión contiene el elemento proposicional de las teorías, pues se expresa una afirmación susceptible de ser verdadera o falsa: verdadera si *esas* cosas son efectivamente *así* (si están entre los modelos), falsa si no lo son.

Adams propone “abordar el concepto de *verdad* o *corrección* (...) a través de la noción de *interpretación pretendida* [*intencional*] o *modelo pretendido* [*intencional*] de la teoría, (...) [que es] cualquier sistema del cual (...) se *exige* que se ajuste a los axiomas. Habrá en general un gran número de sistemas que satisfacen los axiomas de una teoría, pero para las teorías de la ciencia empírica normalmente sólo unos pocos de ellos serán aplicaciones o modelos pretendidos” (Adams, 1959, p. 258). El sistema formado por la Tierra y la Luna, por ejemplo, o el constituido por el Sol con los planetas, o un plano inclinado, o un proyectil sobre la Tierra, son modelos pretendidos de la mecánica newtoniana. La identificación o caracterización metateórica de una teoría debe incluir entonces, además del conjunto de modelos que satisfacen el predicado, un conjunto de aplicaciones de las que se pretende que se comportan como la teoría dice, que están entre los modelos. En palabras de Adams: “Si la verdad y la falsedad han de ser definidas, hemos visto que se deben tener en cuenta dos aspectos de una teoría: primero, el aspecto formal que corresponde al predicado conjuntista definido mediante los axiomas (...[o, mejor,] la extensión de dicho predicado, que es el conjunto de los sistemas que satisfacen los axiomas); y segundo, el aspecto aplicativo, que corresponde al conjunto de modelos pretendidos. Formalmente, una teoría T se caracterizará como un par ordenado de conjuntos $T = \langle C, I \rangle$, tal que C es el conjunto de todas las entidades que satisfacen los

axiomas e I es el conjunto de modelos pretendidos” (Adams, 1959, p. 259). Como se ve, una teoría no es una entidad de la que cabe predicar primariamente la verdad o la falsedad, pero en un sentido lato, derivativo, sí que es adecuado, y esencial, decir que puede ser verdadera o falsa: “La teoría es verdadera si y sólo si todos sus modelos pretendidos satisfacen sus axiomas, en caso contrario es falsa. Si $T = \langle C, I \rangle$, entonces T es verdadera si y sólo si I está incluido en C ” (Adams, 1959, p. 260). “ $I \subseteq C$ ” expresa pues, sucintamente, la aserción o hipótesis empírica vinculada a la teoría, de la cual ésta hereda su valor veritativo.

Esta es la modificación esencial con la que Adams contribuye al programa de Suppes. En la versión de Adams, esta modificación presenta sin embargo algunas dificultades. La más aparente es que no queda claro el modo en que se seleccionan las aplicaciones pretendidas y, sobre todo, el modo en que se contrasta la aserción empírica. Por supuesto que las aplicaciones no se “extraen” simplemente de entre los modelos del conjunto C , pues entonces la aserción sería tautológica. El modo en que se seleccionan es esencialmente pragmático y no se puede representar de manera completamente formal. Pero algo más de precisión formal es necesaria para dar cuenta del carácter de la aserción. Nótese que si en la determinación de las aplicaciones, en la medición de los valores de las magnitudes del sistema-aplicación que se quiere contrastar si se ajusta o no a las leyes de T , se usaran las leyes de T , estaríamos ante un expediente autojustificativo. Esto es, si en la determinación de los hechos o base empírica de contrastación, y aplicación, se usaran las leyes de la teoría, la aserción se “autojustificaría”. La caracterización de Adams no es lo suficientemente fina para abordar esta cuestión. Una de las motivaciones con las que surge el estructuralismo de Sneed es precisamente caracterizar de un modo más adecuado las aplicaciones pretendidas, de modo tal que permita elucidar el carácter no autojustificativo de la aserción empírica.

Antes de concluir con la escuela de Stanford, hay que señalar que el propio Suppes se plantea en cierto momento la cuestión de la aplicación empírica de las teorías empíricas, desde una perspectiva que guarda algo de semejanza con el espíritu de la propuesta de Adams. En Suppes (1962), éste defiende que lo que cuenta como datos para una teoría se presenta también en forma de modelos: los *modelos de datos*. La diferencia entre las teorías empíricas y matemáticas es que en las primeras, y no en las segundas, los modelos de datos son de distinto tipo lógico que los

modelos teóricos. Aunque no es totalmente explícito en este punto, parece que la diferencia de tipo lógico a que se refiere en el caso de teorías empíricas, consiste en que los modelos de datos son subestructuras de los modelos teóricos. A juzgar por el ejemplo que presenta, de este modo parece que se debe interpretar su afirmación de que “en la teoría [empírica] se usan nociones teóricas que no tienen un análogo directo observable en los datos experimentales” (Suppes, 1962, p. 253). En su ejemplo, la teoría del aprendizaje Estes-Suppes, los modelos de la teoría están constituidos por ciertas entidades, algunas consideradas observables y otras no; los modelos de datos están constituidos entonces por los constituyentes *observables* de los modelos teóricos, de modo que resultan ser subestructuras de aquellos. Los modelos de datos, además, son definidos por sus propias teorías, y es a través de su conexión con estas teorías de datos como adquiere contenido empírico la primera. De este modo, afirma: “Lo que he intentado argüir es que se establece una jerarquía completa de modelos entre los modelos de la teoría básica y la experiencia experimental completa. Más aún, para cada nivel de la jerarquía hay una teoría por derecho propio. A la teoría de cierto nivel le es dado su significado empírico al hacer conexiones formales con la teoría de un nivel más bajo” (Suppes, 1962, p. 260).

La propuesta de Suppes está sólo esbozada en este artículo, y no llegó a desarrollarla en trabajos posteriores. En esa versión es muy imprecisa, está poco articulada con el resto de su programa y contiene elementos problemáticos que no se tratan. Aunque puede encontrarse cierta semejanza de espíritu con las ideas de Adams, sus modelos de datos no se corresponden exactamente con las aplicaciones pretendidas de Adams. Éstos, contrariamente a aquéllas, son observacionales y plenamente determinables teóricamente (mediante otra teoría de bajo nivel); aquéllas, contrariamente a éstas, se determinan intencionalmente y tienen el mismo tipo lógico que los modelos teóricos. Veremos que el análisis satisfactorio de la base empírica incorpora elementos de ambos.

Tras la revisión de los trabajos fundacionales de Suppes y la contribución de Adams, veremos ahora brevemente los elementos específicos de los principales representantes actuales de este nuevo enfoque. Aunque la implantación general se realiza bajo la influencia de los trabajos de Suppes, no todos los miembros de la familia están directamente influidos por él o le siguen en los aspectos específicos de su propuesta. Se tra-

ta más bien de que a la estela de la propuesta específica de Suppes se desarrollan una serie de otras propuestas, que en muchos caso comparten con aquél sólo la orientación modelo-teórica. Comparten tan sólo una estrategia general y una preferencia por determinada forma, la modelo-teórica, de presentar y analizar los problemas, pero, como también advertimos, no comparten tesis filosóficas sustantivas.

4.3. *Van Fraassen: espacios de estado; base empírica y observabilidad*

Van Fraassen coincide con Suppes en que el modo filosóficamente más iluminador de caracterizar una teoría es definiendo una clase de modelos. Discrepa de él, sin embargo, en la naturaleza matemática de estas entidades. Frente a los modelos como estructuras conjuntistas de Suppes, van Fraassen opta por los modelos como “puntos” o “trayectorias” en un *espacio de estados*, idea cuya aplicación a las teorías físicas atribuye a E.W. Beth. Éste propone un análisis semántico de las mecánicas newtoniana y cuántica en términos de sistemas constituidos por estados gobernados por las ecuaciones mecánicas fundamentales (Beth, 1960). Van Fraassen desarrolla y generaliza esta idea a principios de los setenta (van Fraassen, 1970, 1972). Aunque los detalles son complicados, la idea es la siguiente (van Fraassen advierte sobre las limitaciones para el caso de teorías físicas relativistas, pero no nos detendremos en ello).

Un estado de un sistema está definido por los valores de ciertas magnitudes en un momento. Por ejemplo, un estado de un gas queda definido por los valores de la temperatura, el volumen y la presión; se puede identificar por tanto con una tríada ordenada $\langle t, v, p \rangle$ de números reales, donde cada componente es, respectivamente, el valor de la correspondiente magnitud. En mecánica, el estado de cada partícula en un instante lo determina su posición $q = (q_x, q_y, q_z)$ y su momento $p = (p_x, p_y, p_z)$; el estado se puede identificar con el séxtuplo ordenado $\langle q_x, q_y, q_z, p_x, p_y, p_z \rangle$. Los estados se identifican en general con puntos en un determinado sistema de coordenadas, de tantas dimensiones como componentes tengan los estados, tridimensional en el primer ejemplo, hexadimensional en el segundo. A cada tipo de sistema le corresponde entonces un *espacio de estados*, el conjunto de todas las posibles n -secuencias de valores (donde n es la dimensión del espacio); los estados po-

sibles de los sistemas de ese tipo son pues los puntos de ese espacio. Lo que hacen los postulados y leyes de una teoría es imponer constricciones sobre las relaciones entre estados, permitiendo ciertas transiciones o coexistencias entre estados y excluyendo otras. Las transiciones se identifican con determinadas trayectorias en dicho espacio, y las coexistencias con regiones específicas del mismo. Las leyes de una teoría permiten ciertas trayectorias y regiones y excluyen otras; así, de entre todas las trayectorias y regiones *lógicamente* posibles, la teoría determina sólo algunas de ellas, las *físicamente* posibles.

Como en Suppes, por tanto, la teoría define mediante las leyes una clase de modelos, pero ahora tales modelos son trayectorias o regiones permitidas en un espacio de estados de determinada dimensión. Esta diferencia en la caracterización de los modelos no tiene consecuencias filosóficas sustantivas. En concreto, la forma de antirrealismo que van Fraassen defiende, su llamado *empirismo constructivo*, no depende de las preferencias sobre la forma de los modelos. El empirismo constructivo es una tesis epistemológica acerca de qué creencias implica la aceptación de una teoría. En la defensa de esta tesis epistemológica, van Fraassen desarrolla toda una variedad de tesis, de orientación general también antirrealista, sobre muchas cuestiones filosóficas sustantivas, como la causalidad, la explicación, las leyes, la modalidad o la observabilidad (cf., especialmente van Fraassen, 1980, 1989). No es este el lugar de revisarlas, ni siquiera someramente. Para concluir nos limitaremos a presentar la idea de base empírica sobre la que sostiene parte de su argumento general.

“La parte ‘pura’ de la teoría define el tipo de sistemas a los cuales se aplica; las aserciones empíricas tendrán la forma de que cierto sistema empírico dado pertenece a tal clase” (van Fraassen, 1972, p. 311). En realidad la aserción no dice, como en Adams, exactamente que los sistemas empíricos pertenecen a dicha clase, que están entre los modelos, sino sólo que son “subsumibles”. La diferencia radica en que, en línea con las sugerencias que vimos en Suppes, los sistemas a los que se aplica la teoría son subestructuras de los modelos determinados por las leyes, las subestructuras consistentes en quedarnos con la parte observacional de los modelos: “ciertas partes de los modelos [son] identificados como *subestructuras empíricas*, y esos [son] los candidatos para la representación de los fenómenos observables con los cuales la ciencia se puede confrontar en la experiencia (...) la adecuación empírica consiste en la subsumi-

bilidad de esas partes en algún modelo único del mundo permitido por la teoría” (van Fraassen, 1989, pp. 227-228). Lo que hace la teoría es postular la existencia de ciertas entidades inobservables, “ocultas”, cuya (supuesta) interacción con las entidades observables produce (pretendidamente) los efectos observables, los fenómenos. Parte de lo que la teoría sostiene es que esas subestructuras empíricas son subsumibles bajo uno de sus modelos, esto es, que se comportan del modo en que lo harían si el mundo fuese uno de sus modelos, con sus entidades ocultas interactuando con las observables del modo específico indicado en las leyes. Ese es el contenido de la aserción empírica y si dicha aserción es verdadera, decimos que la teoría es *empíricamente adecuada* (que “salva los fenómenos”).

Van Fraassen insiste en que eso es sólo parte de lo que la teoría dice, porque quiere defender que la teoría dice también algo más, a saber: que el mundo contiene tales y cuales entidades además de las observables: “parece claro que podemos discutir dos cuestiones separadas: ¿qué dice la teoría sobre cómo es el mundo? y ¿qué dice la teoría sobre cómo son los fenómenos? Puesto que los fenómenos son sólo la parte observable del mundo, y es contingente que haya o no otras partes, se sigue que estas preguntas no son la misma” (van Fraassen, 1989, p. 191). Lo que quiere defender es que *la teoría misma*, y no sólo su aserción empírica, puede ser verdadera o falsa. Por eso insiste en que la teoría debe ser una entidad en cierto sentido proposicional, con valor veritativo y susceptible de ser o no creída. Hay un sentido débil en que la teoría puede ser verdadera o falsa, a saber: que su aserción es verdadera o falsa, que *la parte observacional del mundo* es como dice la teoría. Pero hay un sentido más fuerte en que la teoría puede ser verdadera o falsa, a saber: es verdadera si y sólo si *el mundo* es como dice la teoría, si es uno de sus modelos. En el primer sentido prefiere hablar, más que de verdad de la teoría, de *adecuación empírica*; sólo en el segundo sentido la teoría es propiamente verdadera. Este doble sentido se aplica también a las actitudes proposicionales que podemos tener hacia las teorías. Podemos creer sólo que la teoría es empíricamente adecuada, que su aserción empírica es verdadera; o podemos creer algo más, a saber: que la teoría misma es verdadera.

En estos términos puede ahora van Fraassen formular su antirrealismo sucintamente. El realismo no es una tesis ontológica sobre lo que hay, sino una tesis epistemológica sobre lo que estamos justificados en

creer que hay. Su posición antirrealista (*empirismo constructivo*) sostiene que al aceptar una teoría estamos justificados sólo en creer en su adecuación empírica, no en su verdad. Aceptar una teoría nos compromete sólo a creer que lo que afirma de la parte observable del mundo es verdad, no a creer que lo que *también* afirma acerca de inobservables es verdad. Ello se sigue en su opinión de: (a) la tesis empirista según la cual la justificación de toda creencia empírica debe descansar en los fenómenos, en la experiencia observable, y (b) el hecho lógico de que puede haber teorías *diferentes* (incompatibles) empíricamente equivalentes. De (b) se sigue que la creencia en una teoría u otra no está basada en la experiencia, y, por tanto, por (a), no será una creencia justificada. En general, pues, sólo estamos justificados en creer en la adecuación empírica, no en la verdad de una teoría (de *toda* ella). Aunque no podemos discutir ahora este argumento, debe notarse que para que concluya lo que pretende van Fraassen, descansa en la premisa implícita de que (c) la parte empírica de las teorías es siempre observacional, y el reto todavía pendiente es ofrecer una noción precisa y plausible de observabilidad que sustente (c).

4.4. *Suppe: sistemas relacionales; fenómenos, datos y teorías*

Suppe inicia su propio enfoque semántico en su tesis doctoral dedicada al significado y uso de los modelos en la ciencia (Suppe, 1967), influido por los trabajos de J. von Neumann y G. Birkhoff sobre fundamentación de la mecánica cuántica (Birkhoff & von Neumann, 1936, von Neumann, 1936) y por los de Suppes sobre modelos de datos (Suppes, 1962). En dos trabajos clásicos sobre la concepción heredada, prácticamente ignorada en su tesis, contrasta los aspectos centrales de dicho enfoque con la concepción axiomática clásica (Suppe, 1972, 1974a), y durante finales de los setenta y en los ochenta desarrolla su concepción aplicándola a los principales tópicos de la filosofía de la ciencia (Suppe, 1989).

Suppe sigue a Suppes en la aproximación modelo-teórica general pero, como van Fraassen, aunque en su caso siguiendo las enseñanzas de von Neumann y Birkhoff, prefiere caracterizar los modelos mediante estados en un espacio de estados, no al modo conjuntista de Suppes. El instrumental matemático es prácticamente coincidente con el de van

Fraassen y no abundaremos en él. Una teoría se analiza ahora como un *sistema relacional* (Suppe, 1989, p. 84), consistente en (a) un dominio que contiene todos los estados lógicamente posibles de los sistemas que trata la teoría (e.e. el espacio de estados entero) y (b) una serie de relaciones entre los estados, determinadas por los postulados o leyes de la teoría, que especifican las trayectorias y regiones físicamente posibles. El sistema relacional contiene lo que Suppe denomina *sistemas físicos causalmente posibles*, que son los que hacen de modelos teóricos. Una teoría, entonces, determina, a través de alguna de sus formulaciones, una clase de tales sistemas, una clase de modelos. Para su identidad no es esencial la particular formulación, sino la clase de modelos.

Mediante la determinación de los sistemas físicos causalmente posibles, la teoría pretende dar cuenta de cierto ámbito de la experiencia, lo que Suppe llama el *alcance pretendido* (“intended scope”). Este ámbito de aplicación está constituido por sistemas físicos que ejercen de *datos “duros”* (“hard data”) para la teoría. Pero los datos no son en ningún sentido relevante “observables”: “las teorías tienen como su principal objeto los informes de datos ‘duros’, no informes de observación directa. (...) la necesidad de una dicotomía observacional/teórico desaparece. La reemplaza la distinción entre datos ‘duros’ aporéticos sobre sistemas físicos y condiciones de entorno y los más problemáticos asertos teóricos acerca de ellos” (Suppe, 1989, pp. 69, 71). Los datos son *relativamente aporéticos* en dos sentidos: primero, en que son aporéticos en relación con una teoría, aquella para la que son datos; segundo, porque, incluso para la teoría en cuestión, no son *totalmente* aporéticos, en caso de contrastación negativa pueden ser problematizados, e.e. revisados. Ello es posible porque los sistemas físicos que presentan los datos son réplicas altamente abstractas e idealizadas de los fenómenos. En la réplica se seleccionan sólo los parámetros del sistema relevantes para la teoría y se abstraen los demás, y los que se seleccionan se idealizan. Por ejemplo, en la determinación del sistema-dato en un caso de caída libre en mecánica, se prescinde de parámetros como el color, etc., y otros relevantes, como la velocidad, se seleccionan en condiciones ideales, tales como ausencia de rozamiento, masa puntual, etc. (Suppe, 1989, p. 65). La determinación de los datos es pues un complejo proceso de constitución a partir de los fenómenos, que involucra un gran número de supuestos teóricos en la selección de los pará-

metros, su medición, la idealización, la determinación de las condiciones de entorno, etc. En ciertas circunstancias, puede ser más adecuado revisar este proceso que los postulados teóricos. Quizás se piense que esta caracterización de los datos, *obtenidos a partir de los fenómenos*, abre la puerta trasera a la distinción que se ha abandonado, pues aunque los datos no serían observables, los fenómenos “de los que se extraen” sí. La distinción volvería a ser fundamental, sólo que un peldaño más abajo. Pero no es así. Los fenómenos están constituidos por particulares que poseen ciertas propiedades y que están en ciertas relaciones, pero “estos particulares, sus propiedades y relaciones no necesitan ser observables” (Suppe, 1989, p. 93).

Así caracterizada, una teoría es *empíricamente verdadera* si los datos coinciden con los modelos de la teoría, si los sistemas físicos del alcance pretendido coinciden con los *sistemas físicos causalmente posibles* determinados por la teoría, e.e. si en los sistemas de datos los valores de los atributos son los determinados por la teoría (quizás con ciertas idealizaciones). En realidad, esa es una condición sólo necesaria, pues Suppe añade otra condición “antinominalista”, que aquí sólo podemos presentar imprecisamente y sin comentario: los parámetros de los sistemas de datos corresponden a clases naturales (*natural kinds*, cf. Suppe, 1989, p. 98). Suppe coincide con van Fraassen en que la aceptación de la teoría no supone aceptar su verdad, la verdad de *toda ella*. Pero no coincide con aquél en sus motivos. Esta diferencia es la que le permite defender, contra van Fraassen, lo que califica de *cuasi-realismo*. Las teorías, afirma, no dan descripciones literales de cómo funciona el mundo real, sólo pretenden describir como *funcionaría* el mundo si los parámetros seleccionados *fuesen* independientes de los desestimados: “Así las teorías proporcionan descripciones contrafácticas de como *sería* el mundo *si* los parámetros desestimados *no influyesen* en los fenómenos que la teoría pretende describir. Pero típicamente los parámetros desestimados influyen al menos a veces en los fenómenos, y por tanto las caracterizaciones ofrecidas por las teorías no son literalmente verdaderas, sino, en el mejor de los casos, contrafácticamente verdaderas, de los fenómenos dentro de sus alcances. Esta es la postura cuasi-realista de las teorías que he defendido” (Suppe, 1989, pp. 348-349).

4.5. *Giere: modelos e hipótesis teórica*

Giere desarrolla su propia versión de la concepción semántica en el marco de un programa metacientífico más amplio de análisis de los diversos elementos de la ciencia desde una perspectiva *cognitiva* (cf., especialmente Giere, 1988; también Giere, 1979, su libro de texto clásico sobre la argumentación científica, con una tercera edición muy revisada Giere, 1991, y aun una cuarta Giere, 1997). Desde esta perspectiva, propone considerar a las teorías como medios para definir modelos abstractos de los que se postula su aplicación a ciertos sistemas reales: “Mi sugerencia preferida, entonces, es que entendamos una teoría como compuesta de dos elementos: (1) una población de modelos, y (2) varias hipótesis conectando esos modelos con sistemas en el mundo real” (Giere, 1988, p. 85).

Los modelos ahora no se caracterizan como entidades conjuntistas, ni mediante espacios de estado, ni de ninguna otra forma específica. No se les atribuye una naturaleza matemática determinada. La noción de *modelo teórico* es aquí extremadamente amplia: son entidades abstractas definidas mediante ciertos recursos sígnicos, generalmente, pero no necesariamente, lingüísticos (p.e. se pueden usar grafos o croquis). A veces los modelos pueden ser “modelos a escala” físicamente construidos, como en el caso del modelo de doble hélice de Watson y Crick para el DNA. Pero en general no son así y, lo que es importante, en tanto que modelos teóricos no son (o no cuentan como) entidades físicas: “Un modelo teórico es parte de un mundo imaginado. No existe en ningún lugar excepto en las mentes de los científicos o como sujetos abstractos de las descripciones verbales que los científicos escriben” (Giere, 1991, p. 26). Por ejemplo, si antes de ir a una fiesta nos “imaginamos” quién viene con quién, estamos determinando, definiendo, una entidad abstracta que es un modelo de (algunos aspectos de) la fiesta. Otro ejemplo son los mapas. Un modelo es por tanto, como en estos ejemplos, una entidad abstracta y estructurada que representa otra cosa. Los postulados, leyes y ecuaciones que aparecen en los textos científicos *definen* estas entidades. La ecuación “ $md^2s/dt^2 = -kx$ ” define lo que *es* un oscilador armónico simple; la ecuación “ $md^2s/dt^2 = - (mg/l)x$ ” define un tipo de oscilador armónico simple, el péndulo sin fricción. Osciladores y péndulos son, por tanto, modelos definidos mediante esas ecuaciones, y en

tanto que tales son “entidades *socialmente* construidas (...) [que] no tienen realidad más allá que la atribuida a ellas por la comunidad de físicos” (Giere, 1988, p. 78).

Una vez definidos los modelos teóricos, la teoría formula ciertas *hipótesis teóricas*. Una hipótesis teórica es un enunciado o proposición que afirma cierto tipo de relación entre un modelo y un sistema real determinado (o una clase de sistemas tales). Giere enfatiza que, a diferencia de los modelos, las hipótesis teóricas sí son entidades lingüísticas (proposicionales), verdaderas o falsas. La relación que se afirma en la hipótesis teórica no es la de identidad, no se afirma que cierto sistema es el modelo; nótese que los sistemas son entidades físicas y los modelos no lo son, son entidades abstractas. La relación afirmada en la hipótesis es la de *similaridad*. Pero toda relación de similaridad debe ser cualificada para ser mínimamente precisa. Debe relativizarse a determinados *aspectos* y, en ellos, a cierto *grado*. La forma general de la hipótesis teórica es, pues, la siguiente: “El sistema real identificable tal-y-tal es similar al modelo designado en los aspectos y grados indicados” (Giere, 1988, p. 81). No todos los aspectos del sistema real se desean reflejar en el modelo. En el caso del modelo para nuestra fiesta, no nos interesa quizás el color de las ropas, o incluso la hora de llegada. Lo mismo ocurre en la ciencia, p.e. en la mecánica no nos interesa el color de los objetos, o incluso a veces tampoco la forma ni el tamaño. Así, las hipótesis contenidas en los textos científicos, formuladas en términos identificatorios, expresan en realidad afirmaciones de similaridad. Cuando los físicos dicen “la Tierra y la Luna constituyen un sistema gravitacional newtoniano de dos partículas”, lo que están afirmando es: “las posiciones y velocidades de la Tierra y la Luna en el sistema Tierra-Luna se aproximan mucho a las de un modelo newtoniano de dos partículas con fuerza central cuadrático-inversa”.

Giere desea enfatizar que, en su perspectiva, los enunciados contenidos en la formulación de la teoría no están en conexión directa con el mundo real, sino que se conectan indirectamente con el mundo a través de los modelos. Los enunciados definen los modelos, y los modelos están directamente conectados con el mundo físico a través de la relación de similaridad. Esta relación de similaridad-en-ciertos-aspectos-relevantes-y-hasta-cierto-grado es expresada por la hipótesis teórica, que sí es una entidad lingüística. La relación puede darse o no: si se da, la hipótesis es verdadera; si no, es falsa. Podría pensarse que la abstracción,

aproximación e idealización de la relación de similaridad se pueden reducir, hasta eventualmente eliminarse, mediante la definición de modelos más completos y precisos. Al aumentar los aspectos relevantes, disminuye la idealización y se afina la aproximación. Por ejemplo, se puede definir un modelo para el oscilador armónico que incluya la fricción; este modelo incluye un nuevo aspecto para la relación de similaridad, es por tanto menos idealizado y puede aumentarse el grado de similaridad o aproximación a los valores del sistema real. Pero eso sólo reduce o estrecha la similaridad, nunca es posible convertirla en correspondencia exacta, en correspondencia entre el sistema y el modelo en todos los aspectos y con una precisión completa.

Una consecuencia de este enfoque es, en opinión de Giere, que las teorías científicas son entidades que no están bien definidas. El motivo es que no está bien determinado, al menos no formalmente, cuáles son los modelos vinculados a una teoría específica, por ejemplo, qué cuenta propiamente como modelo newtoniano. En su opinión, todo lo que se puede decir es que los modelos de la mecánica comparten “un parecido de familia”. Este parecido es innegable, pero no consiste en nada estructuralmente identificable en los modelos. La única determinación posible es en términos sociológicos: “nada en la estructura de los modelos mismos puede determinar que el parecido es suficiente para pertenecer a la familia. Esta cuestión es, parece, un asunto a ser decidido exclusivamente por los juicios de los miembros de la comunidad científica en un momento. Eso no quiere decir que haya un parecido objetivo susceptible de ser juzgado correcta o incorrectamente. Lo que quiere decir es que el conjunto de los juicios de los científicos *determina* si el parecido es suficiente. Este es un aspecto en el que las teorías son no sólo construidas, sino además socialmente construidas” (Giere, 1988, p. 86).

Giere defiende sobre estas bases cierto tipo de “realismo”, que él denomina *realismo constructivista*, que tan sólo podemos enunciar aquí superficialmente. La ciencia tiene un aspecto esencialmente constructivo, la definición de los modelos, y modelos diferentes pueden ser representaciones alternativas de un mismo sistema físico. Hay modelos mejores que otros, pero eso no se puede especificar apelando exclusivamente al mundo. Nada en el mundo mismo fija los aspectos a representar, ni cuán buena es la representación. La especificación debe apelar necesariamente a intereses humanos, no sólo epistémicos o científicos, sino también

prácticos de diverso tipo. Eso supone una cierta dosis de relativismo, pero no es un relativismo radical: podemos circular por Nueva York, mejor o peor, con dos mapas de Nueva York diferentes, pero no con uno de San Francisco. Este relativismo es compatible en su opinión con cierto realismo, en el sentido de que los modelos representan “hechos del mundo”. Pero este es un sentido muy impreciso asumible por los antirrealistas. Precisarlos requiere al menos dos cosas. Primero, caracterizar más finamente los sistemas físicos “del mundo” de los que se predica su similitud con los modelos, y lo que dice Giere al respecto sobre los datos es muy poco (cf. Giere, 1991, pp. 29-30). Segundo, imponer constricciones claras a la similitud predicada que permitan, p.e., decir por qué cierto mapa no es un mapa de Nueva York; ¿acaso un mapa de San Francisco no es similar a Nueva York en *algunos* aspectos? Si las únicas constricciones posibles apelan esencialmente a intereses o prácticas humanas, entonces difícilmente se puede calificar esta posición de realista.

4.6. *La concepción estructuralista de las teorías*

La *concepción estructuralista de las teorías científicas* —también llamada *concepción estructural* o, simplemente, *estructuralismo*— es una de las principales escuelas actuales en filosofía de la ciencia y la que más atención ha dedicado al análisis y reconstrucción de teorías científicas particulares y la que mayores frutos ha dado en la clarificación de los problemas conceptuales y en la explicitación de los supuestos fundamentales de teorías científicas concretas. A pesar del nombre, este “estructuralismo” no debe ser confundido con el movimiento desarrollado fundamentalmente en lengua francesa bajo esa denominación. De hecho, el *estructuralismo metacientífico* no tiene relación histórica ni conceptual con las escuelas también llamadas “estructuralistas” pertenecientes a otras disciplinas, tales como la lingüística o la antropología, asociadas a los nombres de De Saussure o Lévi-Strauss; sólo comparte con ellas la idea de que tras las apariencias del correspondiente objeto de estudio, en este caso las teorías científicas, subyace una entidad estructurada, estructura que debe ser hecha explícita mediante el análisis. Pero, mientras que en el estructuralismo francés el término “estructura” permanece más bien vago —una estructura es una entidad en la que las “partes” se inte-

rrelacionan de algún modo para formar una “totalidad”—, en esta concepción metateórica el término “estructura” es usado en el sentido preciso de la lógica y teoría de conjuntos.⁶

La concepción estructuralista nace en Estados Unidos con la obra fundacional de un antiguo discípulo de P. Suppes, J. Sneed (1971), quien, investigando el modo de hacer afirmaciones *empíricas* con teorías científicas que incluyen en su formulación *términos teóricos*, profundiza la concepción de Suppes en la línea señalada por Adams, de forma tal de permitirle, además del análisis sincrónico de teorías particulares consideradas de modo aislado, el tratamiento de ciertas relaciones interteóricas generales (tales como la equivalencia y la reducción) y el de algunos aspectos diacrónicos señalados por Kuhn, precisándolos. El interés por esta obra (único exponente hasta entonces de lo que, a falta de otro nombre, se llamaría en esa época sencillamente “sneedismo”) de uno de los principales responsables de la recuperación en Alemania de la filosofía analítica en general y de la filosofía de la ciencia en particular y de su difusión en los medios filosóficos centroeuropeos, W. Stegmüller, fue decisivo para su suerte. Éste se inicia en los años cincuenta en la tradición del empirismo lógico, y más específicamente bajo la influencia de Carnap —influencia que, en cierto sentido, no cesa jamás de sentirse en su trabajo—, dándose como tarea en los años sesenta hacer accesible al público de habla alemana los *Problemas y resultados de la filosofía de la ciencia y la filosofía analítica*. Luego de escribir los dos primeros volúmenes de esa colección (Stegmüller, 1969, 1970), en donde se ocupa de los asuntos centrales abordados durante el período clásico —el concepto de explicación científica en el primer tomo, y la relación entre teoría y experiencia (más particularmente el problema de los términos teóricos) en el segundo— se ve conducido a reconocer las dificultades y limitaciones del tratamiento realizado —que podrían resumirse en: tener que recurrir a elementos pragmáticos en el análisis formal de la explicación científica—

⁶ Dicho lo anterior, sin embargo, creemos que no dejaría de poseer interés realizar una comparación pormenorizada entre las nociones de estructura (y modelo) utilizadas por el estructuralismo metacientífico y demás concepciones semánticas y la de estructura introducida por el suizo Jean Piaget (1968) —sobre el cual también habrían ejercido una fuerte influencia los trabajos del grupo Bourbaki— en su afán de caracterizar de un modo preciso el “estructuralismo”.

ca y las dificultades para concebir una interpretación adecuada del rol de los términos teóricos en las teorías científicas. Esta situación lo sumerge en una “crisis intelectual” (Stegmüller, 1973, p. XI), de la cual se recupera gracias a la obra de Sneed y a la relectura que, desde ella, hace ahora del trabajo de Kuhn. En el siguiente volumen de la colección, *Estructura y dinámica de teorías* (1973), Stegmüller expone, desarrolla y difunde las ideas de Sneed. Por su parte, éste trabajó durante dos semestres, entre los años 1974-1975, como profesor invitado en el Seminario de Filosofía de la Ciencia y Estadística de la Universidad de Munich, dirigido por Stegmüller. Fundamentalmente de la mano de este último (Stegmüller, 1979, 1986) y de la de sus discípulos C.U. Moulines (1975, 1982) y W. Balzer (1978, 1982, 1985), continúa desarrollándose y difundiendo durante los años setenta y ochenta, en especial en Centroeuropa, la concepción que Stegmüller denominara en 1973 “*concepción no-enunciativa* de las teorías” y desde 1979, a sugerencia de Y. Bar-Hillel, “*concepción estructuralista* de las teorías”. En esos años esta concepción amplía el aparato metateórico inicial y extiende su ámbito de aplicación hacia diversas disciplinas científicas. Los resultados principales de esta primera época se recogen a finales de los ochenta en la *summa* estructuralista de Balzer, Moulines & Sneed (1987). Una bibliografía muy completa de los trabajos en esta época, desde y sobre la concepción estructuralista, se encuentra en Diederich, Ibarra & Mormann (1989), bibliografía que es actualizada en Diederich, Ibarra & Mormann (1994). Además, se pueden encontrar en Balzer & Moulines (1996) los desarrollos epistemológicos y metodológicos generales más recientes, mientras que en Balzer, Moulines & Sneed (2000) se recogen algunas de las aplicaciones paradigmáticas del programa estructuralista al análisis de teorías empíricas particulares de la ciencia real. Aunque el principal núcleo de la escuela sigue encontrándose en Centroeuropa, en la actualidad la escuela también tiene fuerte presencia en los Países Nórdicos, en los Países Bajos, en el sur de Europa y en Hispanoamérica.

Si bien gran parte del aparato de análisis es original, en el surgimiento y desarrollo del estructuralismo han influido las escuelas metacientíficas anteriores a ella: la filosofía de la ciencia del período clásico, especialmente las de Carnap y Ramsey; la de los llamados en su día *nuevos filósofos* de la ciencia, o *historicistas*, principalmente Kuhn y en menor medida Lakatos; y la escuela modelo-teórica de Suppes. Del

período clásico, el estructuralismo hereda el “espíritu carnapiano” de precisión y claridad conceptuales —e.e. su confianza en los métodos e instrumentos formales como medio de análisis de una parte importante de la actividad científica así como también de los resultados o productos de dicha actividad, en particular de las teorías científicas—, aun cuando no la letra, pero además algunos resultados específicos importantes, como el “enunciado-Ramsey” de una teoría. De los historicistas asume que las teorías no son un conjunto de enunciados o axiomas, sino que son entidades estructuralmente complejas, susceptibles de evolución, con un *núcleo* central inmutable y un *entorno* complementario cambiante; también aceptan algunas ideas específicas importantes, como la contenida en la noción kuhniana de paradigma, según la cual para la identidad de las teorías son esenciales tanto las leyes (esquemas de ley o *generalizaciones simbólicas*) como las aplicaciones (o *ejemplares*), o como la idea de Lakatos de los dos niveles, teórico y “empírico”, de conceptualización. De la escuela de Suppes recoge la tesis semanticista básica de que es metateóricamente más adecuado e iluminador identificar las teorías mediante sus modelos que mediante sus afirmaciones o axiomas; así como la predilección, no compartida por todos los semanticistas, por la teoría de conjuntos como instrumental formal con el que desarrollar el análisis.

Gracias a la conjunción novedosa de estos elementos, y su ulterior desarrollo original, que por un lado utiliza el máximo de recursos lógico-matemáticos para analizar la estructura de la ciencia y por el otro no niega los aspectos que no se dejan formalizar completamente, pero que se sostiene que pueden ser tratados por un análisis conceptual riguroso, la concepción estructuralista nos enseña que además de los estudios *sincrónicos* en la filosofía de la ciencia, hay lugar para un enfoque *diacrónico* sistemático, superando así el estéril antagonismo entre las metateorías centradas en el análisis de la estructura de las teorías científicas y las de corte historicista, del tipo de las de Kuhn o Lakatos.

Por otro lado, la concepción estructuralista es, dentro de la familia de concepciones semánticas, la que ofrece un análisis más detallado de la estructura fina de las teorías, a través tanto del tratamiento de una mayor cantidad de elementos como de una mejora en el de los previamente identificados. Los principales elementos de este análisis son los siguientes:

- (a) Se rechaza la tradicional distinción *teórico/observacional* y se sustituye por otra *teórico/no teórico* relativizada a cada teoría.
- (b) En términos de esa nueva distinción se caracteriza la “base empírica” y el *dominio de aplicaciones pretendidas*. Los datos están cargados de teoría, pero no de la teoría para la que son datos.
- (c) Con esta nueva caracterización se da una formulación de la *aserción empírica* que claramente excluye la interpretación “autojustificativa” de la misma.
- (d) Se identifican como nuevos elementos en la determinación de los modelos, además de las tradicionales leyes, otros menos aparentes pero igualmente esenciales, las *condiciones de ligadura* (“constraints”).
- (e) Se identifican los *vínculos* entre los modelos de diversas teorías.
- (f) Se caracteriza la estructura sincrónica de una teoría como una *red* con diversos componentes, unos más esenciales y permanentes y otros más específicos y cambiantes. La *evolución* de una teoría consiste en la sucesión de tales redes.
- (g) Se analizan en términos modelo-teóricos las tradicionales relaciones interteóricas de *reducción y equivalencia*.

En lo que sigue, presentaremos de manera más detallada algunos de los elementos del análisis estructuralista. La presentación intentará eludir el alto grado de tecnicismo formal de esta escuela, cuyo rigor es, para los miembros de la escuela, uno de sus principales logros.

(1) *Elementos teóricos, redes teóricas y evoluciones teóricas.*

Una teoría tiene, como en la versión de Adams del programa de Suppes, una parte “formal” y otra “aplicativa”. Pero ambas partes se articulan a su vez, como en Kuhn y Lakatos, en diversos niveles de especificidad. Esta idea de los diversos niveles de especificidad se expresa mediante la noción de *red teórica*, que describe en toda su riqueza la estructura sincrónica de las teorías, su imagen “congelada” en un momento dado de su evolución. Las teorías, como entidades diacrónicas que se extienden en el tiempo, serán determinadas secuencias de redes teóricas. La noción estructuralista que recoge esta noción diacrónica es la de *evolución teórica*.

Las redes están formadas por diversos elementos estratificados según su especificidad. Cada uno de estos elementos tiene una parte formal y otra aplicativa. La parte formal global de la teoría-red queda expresada

por el conjunto de las partes formales de los elementos constituyentes; su parte aplicativa global por el conjunto de las partes aplicativas de sus constituyentes. A estos elementos constituyentes se les denomina *elementos teóricos*. La parte formal de los elementos teóricos se denomina *núcleo* y su parte aplicativa *dominio de aplicaciones pretendidas* (*propuestas o intencionales*).

(2) El núcleo K.

El *núcleo K* expresa la parte formal de la teoría, las tradicionales leyes. Como en la familia semántica en general, las leyes no se expresan en términos lingüísticos, sino modelo-teóricos, entendiendo los modelos, siguiendo aquí a Suppes, como estructuras conjuntistas definidas mediante la introducción de cierto predicado. El núcleo K contiene entonces una serie de modelos: las estructuras que satisfacen los axiomas del predicado. Sin embargo, a diferencia de Suppes y Adams, para el estructuralismo no es adecuado identificar el núcleo con un único conjunto de modelos. Es conveniente que la expresión modelo-teórica de la parte formal de la teoría recoja y haga explícitos diversos elementos distintivos, algunos implícitos en la caracterización de Suppes, otros nuevos. Para referirnos a ellos vamos a recurrir al ejemplo de Suppes de la mecánica de partículas presentado en la sección 4.1 (hay algunas diferencias técnicas y de matiz entre esa versión y la estándar en el estructuralismo, pero a los efectos actuales se pueden obviar).

(2.1) Modelos potenciales y modelos actuales.

Vimos en la sección 4.1 que algunos de los axiomas del predicado conjuntista, en ese caso los axiomas (1)-(6), son meras caracterizaciones o tipificaciones de los modelos. Esos axiomas “impropios”, *solos*, definen efectivamente entidades o modelos, pero sólo el tipo lógico-matemático de los mismos, por lo que toda estructura de ese tipo será modelo de ellos, *sin importar qué pase después de sustantivo o específico a sus constituyentes*. Los axiomas (7) y (8) no son así: imponen constricciones efectivas adicionales no meramente lógicas, expresan leyes en sentido propio de las teorías. Eso significa que de todas las estructuras que satisfacen (1)-(6), sólo algunas satisfacen además (7) y (8). Llamaremos *modelos potenciales* (de la teoría en cuestión), y denotaremos su conjunto mediante “ M_p ”, a las estructuras que satisfacen los axiomas impropios o

tipificaciones, y *modelos actuales* (de la teoría en cuestión), y denotaremos su conjunto mediante “ M ”, a las estructuras que satisfacen *además* los axiomas propios que expresan constricciones no meramente lógicas. Los modelos potenciales son *potenciales* porque *pueden* ser modelos efectivos de la teoría, porque son las entidades de las que tiene sentido preguntarse si satisfacen o no las leyes propiamente dichas. Aquellos modelos potenciales que satisfacen las leyes son los modelos actuales o efectivos, siendo inmediato pues que $M \subseteq M_p$.

Es conveniente expresar la diferencia entre modelos potenciales y actuales incluyendo en el núcleo *ambos* conjuntos de modelos. Primero, porque la diferencia expresa un hecho importante, a saber: la diferencia entre la parte meramente conceptualizadora de la teoría, M_p , y la parte efectivamente restrictiva, M . Pero, además, porque los modelos actuales no constituyen la única restricción efectiva de la teoría. Hay otros elementos de la teoría, menos aparentes, pero igualmente restrictivos, cuya expresión requiere también hacer referencia a los modelos potenciales. Uno de estos elementos restrictivos adicionales son las condiciones de ligadura.

(2.2) *Condiciones de ligadura* (“*constraints*”).

La idea que hay detrás de estas constricciones es que las leyes usuales no son las únicas que imponen condiciones adicionales efectivas a los modelos potenciales. Si consideramos modelos sueltos, sí, pero si tenemos en cuenta varios modelos a la vez, no. Por ejemplo, según la mecánica clásica no puede ser que una misma partícula p tenga una masa en un modelo x y otra masa diferente en otro modelo y ; tampoco permite que si un modelo x contiene un partícula p_1 (p.e. “conductor-más-coche”) que es la combinación de dos partículas p_2 (“conductor”) y p_3 (“coche”), haya modelos que asignen a p_2 y p_3 masas cuya suma no coincida con la asignada a p_1 en x . La primera condición expresa simplemente que la masa de una partícula es constante, y la segunda que la masa es aditiva, e.e. la masa de un compuesto es la suma de las masas de los componentes. Pero eso no hay manera de decirlo mediante axiomas “normales” que involucren modelos sueltos. La condición que define la condición de ligadura de identidad para la masa es: “para toda partícula p , y modelos potenciales x, y (que tengan a p en su dominio): $m_x(p) = m_y(p)$ ”. Esta condición no es satisfecha o insatisfecha por modelos po-

tenciales sueltos, sino por grupos de ellos. Por tanto, el efecto que tiene no es determinar un conjunto de modelos, sino un conjunto de conjuntos de modelos, denotado por “ $C_m^{(s, \Rightarrow)}$ ” (donde $C_m^{(s, \Rightarrow)} \subseteq \text{Pot}(M_p)$). De modo parecido, aunque un poco más complicado, opera la ligadura de la aditividad. Y podría haber otras. En general, cada condición de ligadura en una teoría determinará cierto subconjunto específico de $\text{Pot}(M_p)$. Sean C_1, \dots, C_n (donde $C_i \subseteq \text{Pot}(M_p)$) los conjuntos determinados por cada una de las ligaduras. Entonces, se puede expresar el efecto constrictivo conjunto de todas las ligaduras, la *condición de ligadura global* GC , mediante la intersección conjuntista de todas ellas, e.e. $GC = C_1 \cap \dots \cap C_n$. GC será un nuevo componente del núcleo K .

(2.3) T-teoricidad y modelos parciales.

Falta un último elemento para que el núcleo contenga todo lo que es relevante de “la parte formal” de la teoría (último provisionalmente, pues en el último apartado haremos referencia a otro). Este elemento tiene que ver con la cuestión de la teoricidad. El estructuralismo rechaza la distinción “teórico/observacional” por ambigua. Esta distinción esconde en realidad dos distinciones no coextensivas: “observacional/no observacional”, de un lado, y “no teórico/teórico”, de otro. Para el análisis de la estructura local de las teorías, la distinción relevante es la segunda. Ahora bien, esta distinción no es una distinción absoluta, sino que está relativizada a las teorías. Un término, o un concepto, o una entidad, no es teórico o no teórico sin más, sino *relativamente a una teoría dada*. Por eso no se debe hablar tanto de teoricidad cuanto de T-teoricidad, teoricidad relativamente a la teoría T. La idea es que un concepto es T-teórico si es un concepto *propio* de la teoría T, *introducido* por ella, y es T-no teórico si es un concepto previamente disponible a T. La cuestión es precisar esta intuición. La formulación precisa del criterio de T-teoricidad usa la noción técnica de *procedimiento de determinación*, que no podemos presentar aquí en detalle. Bastará de momento con la siguiente caracterización informal.

Los conceptos se aplican o no a las cosas, o si son cuantitativos, asignan valores a ciertas cosas. Determinar un concepto es determinar si se aplica o no a un objeto particular dado, o si es cuantitativo, determinar el valor de la magnitud para el objeto particular. Los modos para proceder a ello son los procedimientos de determinación de los conceptos.

Puedo determinar la distancia entre la Tierra y la Luna haciendo ciertos cálculos a partir del período de rotación y las masas correspondientes. Puedo determinarlo también mediante ciertos procedimientos óptico-geométricos. Puedo determinar la masa de un objeto mediante una balanza de brazos. También mediante una balanza de muelle. O viendo cuánto se desplaza otra masa tras chocar con ella a cierta velocidad. Todos ellos son procedimientos de determinación, unos de la distancia, otros de la masa, etc. Pues bien, si un concepto es T-no teórico, si es *anterior* a T, entonces tiene procedimientos de determinación *independientes* de T; en cambio si es T-teórico, si es propio de T, su determinación depende *siempre* de T. Un procedimiento de determinación se considera dependiente de la teoría T si presupone la aplicabilidad de T, la validez de sus leyes, esto es, si usa o presupone modelos actuales de T. La idea es que un concepto es T-teórico si no se puede determinar sin presuponer la aplicabilidad de T, si *todo* procedimiento para su determinación la presupone; y es T-no teórico si tiene *algún* procedimiento de determinación T-independiente, si es posible determinarlo sin suponer la aplicación de la teoría, por más que también tenga otros T-dependientes. En el caso de la mecánica que venimos usando como ejemplo, *espacio* y *tiempo* son MC-no teóricos, conceptos cinemáticos previos, mientras que *masa* y *fuerza* son conceptos MC-teóricos, los conceptos propiamente mecánicos, dinámicos.

La noción de T-teoricidad permite precisar el último componente del núcleo. Hemos visto que los modelos potenciales expresan el aparato conceptual de la teoría. Es conveniente ahora distinguir en el núcleo entre el aparato conceptual global de la teoría y el aparato conceptual específico de ella, pues de esta diferencia depende la adecuada caracterización de la base empírica. Esta distinción quedará patente en el núcleo incluyendo en K un nuevo conjunto de modelos, el conjunto M_{pp} de *modelos (potenciales) parciales*, que se obtienen de “recortar” de los modelos potenciales sus componentes T-teóricos. Se puede definir una *función recorte* r que genera los modelos parciales a partir de los potenciales: si los modelos potenciales de T son estructuras del tipo $x = \langle D_1, \dots, D_k, \dots, R_1, \dots, R_n, \dots, R_m \rangle$ y R_{n+1}, \dots, R_m son T-teóricos, entonces $r(x) = \langle D_1, \dots, D_k, \dots, R_1, \dots, R_n \rangle$. El conjunto M_{pp} de los modelos parciales es simplemente el conjunto de los modelos potenciales de los que hemos recortado las funciones T-teóricas; en nuestro ejemplo, los modelos parciales

son entidades del tipo $\langle P, t, s \rangle$, que no contienen parámetros MC-teóricos, contienen sólo parámetros cinemáticos; mientras que los modelos potenciales $\langle P, t, s, m, f \rangle$ incluyen además los parámetros dinámicos, los propiamente mecánico-teóricos.

Con ello concluimos la presentación del núcleo, la parte formal de los elementos teóricos. El núcleo K se expresa mediante la serie $K = \langle M_p, M, M_{pp}, GC \rangle$, donde M_p es el conjunto de modelos potenciales, M_{pp} el de los modelos parciales ($M_{pp} = r(M_p)$), M el de los modelos actuales ($M \subseteq M_p$) y GC la condición de ligadura global ($GC \subseteq \text{Pot}(M_p)$). En esta presentación prescindimos de momento de un elemento adicional que expresa las constricciones que se derivan de las relaciones de una teoría con otras (cf. más adelante la referencia a los vínculos interteóricos).

(3) *Aplicaciones intencionales.*

El núcleo K es el componente formal de la teoría, pero no el único. Como hemos visto en general en las concepciones semánticas, las teorías empíricas pretenden que las constricciones de K lo son de ciertas *partes de la realidad*: los sistemas empíricos a los que se pretende aplicar el núcleo. Estos sistemas empíricos se denominan en el estructuralismo, como en Adams, *aplicaciones pretendidas* (*propuestas* o *intencionales*; “*intended applications*”), y se denota su conjunto mediante “ I ”; en nuestro ejemplo de la mecánica clásica, son aplicaciones pretendidas cosas como el sistema Tierra-Luna, el sistema Solar, un trapecista en su balancín, dos bolas de billar chocando, una balanza, un esquiador deslizando por una pendiente, un niño saltando en una colchoneta elástica, un satélite de comunicaciones en órbita, etc. Respecto de la caracterización estructuralista de estas aplicaciones pretendidas, hay dos hechos que hay que tener especialmente en cuenta:

(3.1) Las aplicaciones pretendidas de una teoría T se individualizan y describen mediante el vocabulario previo a T , esto es, mediante el aparato conceptual T -no teórico. Así, en los ejemplos mecánicos mencionados, la descripción de las aplicaciones incluyen exclusivamente valores de las magnitudes *posición* y *tiempo*, es decir, son descripciones de los sistemas en términos puramente cinemáticos que presentan sus trayectorias espaciales a lo largo del tiempo. Por tanto, las aplicaciones pretendidas que conforman la base empírica de la teoría, los “datos” de la teoría, ciertamente están cargados de teoría, pero no de la teoría pa-

ra la que son datos, sino, en línea con las observaciones que hizo informalmente Lakatos, de otra previa o antecedente. Los datos de la mecánica, a los que se pretende aplicar y sobre los que se contrasta, están cinemáticamente cargados, pero no dinámicamente cargados. Cada aplicación pretendida es entonces un determinado *modelo parcial*, por tanto $I \subseteq M_{pp}$.

(3.2) La selección de las aplicaciones, la determinación de I , contiene elementos pragmáticos ineliminables, pues tal determinación es esencialmente *intencional* y *paradigmática*. La determinación es intencional porque lo que hace que un sistema específico sea una aplicación pretendida es que sea un objeto intencional de los usuarios de la teoría, que la comunidad científica *pretenda* que las constricciones-leyes se aplican a tal sistema. Y es paradigmática porque el conjunto I no se caracteriza presentando o listando todos y cada uno de los sistemas físicos que son aplicaciones pretendidas, sino *paradigmáticamente*, mediante su semejanza con aplicaciones-tipo o típicas aceptadas como tales. No sólo es una aplicación pretendida de la mecánica un cierto esquiador deslizándose por una pendiente determinada en cierto momento específico, sino cualquier esquiador en cualquier pendiente en cualquier momento; y, por supuesto no sólo los esquiadores, también los ciclistas, y los niños bajando por las barandillas, y los objetos deslizándose por una superficie inclinada, etc.

(4) *Elementos teóricos. Contenido y aserción empírica.*

Ahora podemos presentar ya la noción estructuralista mínima de teoría, la noción de *elemento teórico*. Un elemento teórico, una teoría en este sentido mínimo, está constituido por (1) una parte formal, que expresa los recursos conceptuales a diferentes niveles y las constricciones-leyes que según la teoría rigen su ámbito de estudio, y (2) una parte aplicativa, que especifica en términos no teóricos respecto de la teoría los sistemas empíricos a los que la teoría pretende aplicarse, de los que pretende que son regidos por sus constricciones-leyes. Así, un elemento teórico T se identifica con el par formado por el núcleo K , la parte formal, y el dominio de aplicaciones I , la parte aplicativa: $T = \langle K, I \rangle$.

Esta es la noción más simple de teoría, y como veremos resulta parcialmente inadecuada por su "rigidez", pero ya es suficientemente rica y

útil para expresar de modo preciso la naturaleza de la aserción empírica de una teoría. Para ello es conveniente presentar primero la noción de *contenido* de una teoría. Hemos visto que el núcleo K expresa la parte matemático-formal de la teoría. Es en ella donde se presentan las condiciones que, según la teoría, rigen las “partes de la realidad” de que ella trata. Estas condiciones consisten básicamente en las leyes propiamente dichas, por un lado, y las condiciones de ligadura, por otro, que en el núcleo se corresponden, respectivamente, con los conjuntos M y GC . Sin embargo, al aplicarse, la teoría no pretende que estas condiciones rijen aisladamente o separadas, sino que las aplicaciones satisfacen todas las restricciones a la vez, tanto las leyes como las condiciones de ligadura. Es conveniente, entonces, “juntar” ambos tipos de condiciones, presentando su efecto restrictivo conjunto. Esto se expresa mediante la noción de *contenido teórico*, Con_t , cuya caracterización conjuntista ($Con_t = Pot(M) \cap GC$) no vamos a comentar aquí.

La noción central para expresar la aserción empírica es la de *contenido empírico*, que se deriva de la de *contenido teórico*. El contenido empírico es el contenido teórico “visto T-no teóricamente”, esto es, el efecto a nivel empírico, T-no teórico, de las condiciones restrictivas de la parte formal de la teoría; en la versión tradicional, las consecuencias empíricas de la teoría. Si esa es la idea, entonces el contenido empírico Con será simplemente el resultado de recortar los componentes T-teóricos de los modelos que aparecen en Con_t . Los modelos que aparecen en Con son modelos parciales susceptibles de aumentar con componentes T-teóricos, de modo que se cumplan las restricciones; pero si las restricciones son efectivamente tales, no todo modelo parcial es aumentable de este modo.

Ahora podemos expresar de modo preciso la naturaleza que según el estructuralismo tiene la aserción empírica de una teoría. La teoría pretende que ciertos sistemas empíricos, descritos T-no teóricamente, satisfacen las condiciones impuestas por la teoría en el sentido siguiente: esos son los datos de experiencia que se deberían obtener, si la realidad se comportara como dice la teoría. Esta pretensión se expresa en la *aserción empírica* de la teoría, que tiene la forma “ $I \in Con$ ”, esto es, el dominio de aplicaciones pretendidas I es uno de los conjuntos de modelos parciales que las constricciones del núcleo K determinan a nivel empírico T-no teórico. Esta es la versión modelo-teórica precisa de la idea intuitiva de que las aplicaciones pretendidas satisfacen indivi-

dualmente las leyes y, además, satisfacen colectivamente las condiciones de ligadura. Mejor dicho, no que “ellas mismas” satisfacen esas condiciones, pues ellas son estructuras T-no teóricas y tales condiciones involucran esencialmente a constituyentes T-teóricos de los modelos. La aserción afirma que ciertos sistemas empíricos concretos, descritos T-no teóricamente, tienen el comportamiento que las restricciones legales determinan a nivel T-no teórico. Aplicada al ejemplo de la mecánica, la aserción, entendida en estos términos, expresa de modo sucinto lo siguiente: los sistemas físicos particulares intencionalmente seleccionados (planos, péndulos, muelles, poleas, órbitas, etc.), son tales que sus valores cinemáticos (posiciones, velocidad y aceleración en ciertos instantes) coinciden con los que deberían tener si en los sistemas estuvieran además presentes ciertos parámetros dinámicos (masas, fuerzas) interactuando con los cinemáticos del modo especificado en la mecánica.

(5) *Especialización*. Las teorías como *redes teóricas*.

Los elementos teóricos expresan la estructura sincrónica de las teorías sólo parcialmente, pues hay un aspecto estructuralmente relevante a nivel sincrónico que ellos no recogen. Se trata de un aspecto que habían enfatizado Kuhn y Lakatos, a saber: que las teorías contienen partes esenciales o inamovibles donde descansa su identidad y partes más accidentales que pueden perderse o modificarse permaneciendo, en un sentido diacrónico relevante, la misma teoría. La noción estructuralista que recoge esta idea es la de *red teórica*, que expresa la naturaleza sincrónica de las teorías en toda su riqueza estructural, y que el propio Kuhn ha reconocido como una buena precisión semiformal de los paradigmas o matrices-disciplinares en cierto momento de su evolución (Kuhn, 1976).

Una *red teórica* es un conjunto de elementos teóricos que guardan cierta relación entre sí. La idea es que el conjunto represente la estructura (sincrónica) de una teoría en sus diferentes estratos, esto es, en sus diversos niveles de “especificidad”. Tal conjunto, partiendo de elementos muy generales, se va concretando progresivamente en direcciones diversas cada vez más restrictivas y específicas, las “ramas” de la red-teoría. La relación que se debe dar entre los elementos teóricos para considerar el conjunto una red es de “concreción” o “especificación” o, como se dice en terminología estructuralista, *de especialización*. Podemos ilustrar esta si-

tuación con el ejemplo de la mecánica que hemos venido manejando. Volvamos a la definición de los modelos de la mecánica tal como vimos que la presentaba Suppes. Él exige que los modelos actuales de la mecánica satisfagan tanto el axioma (7), el segundo principio de Newton, como el (8), el principio de acción y reacción. Desde un punto de vista histórico eso es correcto, si por “mecánica” entendemos mecánica “newtoniana” y por “mecánica newtoniana” entendemos la que presentó y creía Newton. Pero, desde un punto de vista estructuralista, la estrategia es inadecuada. El segundo principio y la ley de acción y reacción no están al mismo nivel, y es importante que este hecho se refleje en la estructura de la teoría. En contra de lo que creía Newton, no todo sistema que se ajusta a su segundo principio satisface además esa ley de acción y reacción. Hay sistemas mecánicos que satisfacen el segundo principio pero que, sin embargo, son “no-newtonianos”, en el sentido de que incumplen dicha ley, p.e., sistemas que incluyen partículas moviéndose en un campo electromagnético (aunque este hecho quede algo oscurecido en la versión, como advertimos, técnicamente muy imperfecta que dimos de la ley). Así, mientras todo sistema mecánico satisface (7) —y por ello se considera que expresa la *ley fundamental*—, no todos ellos satisfacen (8) —que expresa una de las diversas *leyes especiales*—: sólo lo hacen algunos de ellos. Los modelos actuales que satisfacen (8) además de (7) son una “especialización” de los que sólo satisfacen (7). Los modelos actuales más generales de la mecánica son los que satisfacen (7). A partir de ahí se pueden abrir varias líneas de especialización. Algunos satisfarán además (8). Otros no satisfarán (8), pero satisfarán otro u otros principios específicos, etc. Y esto puede pasar también en niveles inferiores. Por ejemplo, no todos los sistemas de acción y reacción satisfacen otros principios adicionales. Unos satisfarán el principio de las fuerzas cuadrático-inversas de la distancia, otros el principio de oscilación, etc. A partir del segundo principio, general, la mecánica clásica se va especializando en diversas direcciones específicas, imponiendo progresivamente condiciones adicionales con la intención de dar cuenta de aplicaciones específicas.

Este es el panorama que pretende recoger y expresar la noción estructuralista de *red teórica*. La idea que hay tras la relación de especialización es sencilla de precisar tras el ejemplo visto. Un elemento teórico T es especialización de otro T' si T impone constricciones adicionales a las de T' . Ello supone que: (1) los conjuntos de modelos parciales y potencia-

les de ambos coinciden, e.e. su aparato conceptual es el mismo; (2) los conjuntos de modelos actuales y condiciones de ligadura de T están incluidos en los de T' , pues algunos modelos de T' no satisfarán las constricciones adicionales que añade T ; (3) el dominio de aplicaciones pretendidas de T está incluido en el de T' , esto es, el elemento más específico se pretende aplicar a algunas aplicaciones del más general. Una *red teórica* es entonces un conjunto de elementos teóricos conectados mediante la relación de especialización. Aunque puede haber en principio redes teóricas de muchas formas, en todos los casos reconstruidos hasta ahora la red ha resultado ser *arbórea*, con un único elemento teórico en la cúspide, a partir del cual se especializan los restantes en diferentes direcciones.

(6) *Evoluciones teóricas.*

Mediante el concepto de red teórica se captura la estructura de *una teoría en un momento dado* en toda su complejidad; este concepto expresa adecuadamente la naturaleza de las teorías desde un punto de vista sincrónico o estático. Las redes arbóreas corresponden a la estructura sincrónica de las teorías explicitada informalmente en los trabajos de Kuhn y Lakatos. Pero estos autores enfatizaron también, y fundamentalmente, la dimensión diacrónica de las teorías. En un sentido interesante de “teoría”, las teorías son entidades persistentes, que se extienden en el tiempo, pasando por diferentes versiones y conservándose, a pesar de ello, “la misma”; la Mecánica Clásica, p.e., es, en un sentido interesante, una misma teoría de Newton a Lagrange, a pesar de los cambios que sufre en ese período. Este fenómeno es lo que, imprecisamente, expresaban Kuhn y Lakatos mediante, respectivamente, las nociones de *ciencia normal* y *evolución de un programa de investigación*. Con ayuda del aparato visto, el estructuralismo pretende hacer algo más precisas estas ideas. La noción estructuralista que captura la naturaleza de las teorías en toda su complejidad, incluida su dimensión diacrónica, es la de *evolución teórica*. No vamos a ver aquí en detalle esta noción, que supone la inclusión de nuevos elementos pragmáticos fundamentales, principalmente comunidades científicas y períodos históricos. La idea básica es que una evolución teórica es una determinada sucesión de redes teóricas en la que se conservan determinados elementos constantes a lo largo de toda la sucesión. Las redes teóricas son los fotogramas, la imagen congelada de una teoría en un

momento dado; las evoluciones teóricas proporcionan la película entera de la teoría, son la imagen viva de su desarrollo histórico. Es importante apreciar que la posibilidad del análisis diacrónico depende esencialmente de la adecuación del análisis sincrónico. Las teorías como entidades persistentes resultan accesibles al análisis porque se dispone de una noción sincrónica suficientemente rica y dúctil. Es porque las teorías en tanto que redes teóricas tienen partes *esenciales* y otras *accidentales* por lo que se puede reconstruir su evolución como una secuencia de cambios accidentales conservando lo esencial. Esta es la verdad contenida en los estudios diacrónicos de Kuhn y Lakatos que el estructuralismo expresa de modo preciso, tan preciso como es posible.

(7) *Vínculos (“links”) y relaciones interteóricas.*

De acuerdo con la concepción estructuralista, es fundamentalmente inadecuado considerar a las teorías empíricas, en sus dimensiones sincrónica y diacrónica, como entidades aisladas. De hecho, la identidad de una teoría empírica dada (elemento teórico, red teórica o evolución teórica) sólo puede ser capturada si se toma en cuenta no sólo a ella, sino también a su “entorno” teórico, e.e. si se toman en cuenta sus relaciones con otras teorías. Siguiendo con el enfoque modelo-teórico, las relaciones interteóricas son interpretadas no como relaciones entre (conjuntos de) enunciados sino como relaciones entre (conjuntos de) modelos pertenecientes a teorías diferentes. A fin de analizar este tipo de relación modelo-teóricamente, ha sido introducido en la noción estructuralista de teoría el concepto de *vínculo* (“*link*”), que en particular se simboliza mediante “L” y su clase total por medio de “GL”.

Recordemos que, dentro de los conceptos que figuran en una teoría (elemento teórico, red teórica o evolución teórica), algunos son T-teóricos, en el sentido de ser propios de ella, de tener una determinación T-dependiente, que presupone para su determinación de la validez de sus leyes, mientras que otros son T-no teóricos, en el sentido de ser anteriores a ella, de tener una determinación T-independiente, que no presupone la validez de las leyes de la teoría. Pero que un concepto sea no teórico para una teoría T (que posee su aparato conceptual M_p) no significa que no lo sea para otra teoría, digamos T' (con su propio aparato conceptual M_p'). De este modo, la teoría T utiliza información proveniente de la teoría T'. Y esta “transmisión de información de una teoría a otra” es jus-

tamente una de las situaciones susceptibles de ser capturadas mediante los vínculos, que se definen como relaciones sobre los modelos potenciales M_p y M_p' de las dos teorías T y T' , respectivamente. Volviendo al caso ya comentado de la mecánica clásica de partículas, vínculos de este tipo lo constituyen aquellos que relacionan dicha teoría con, por ejemplo, la cronometría o la geometría física, a través de los conceptos de tiempo t y posición s ; estos conceptos se encuentran presentes en las teorías mencionadas, pero mientras que tiempo y posición son teóricos de la cronometría y geometría física, respectivamente, determinándose a través de ellas, son no teóricos respecto de la mecánica de partículas, que los toma “prestados” de dichas teorías. Los vínculos deben ser incluidos en un tratamiento completo de las teorías científicas (elementos teóricos, redes teóricas o evoluciones teóricas), constituyendo así un elemento más, el último, del núcleo K , de modo tal que éste queda ahora caracterizado mediante la serie $K = \langle M_p, M, M_{pp}, GC, GL \rangle$.

Para concluir sólo mencionaremos que las típicas relaciones globales entre teorías –tales como la reducción y la equivalencia– son consideradas dentro de la concepción estructuralista como constituidas por vínculos, aunque sin detenernos en la presentación de su tratamiento específico.

Referencias bibliográficas

- Ackermann, R.J., 1985, *Data, Instruments, and Theory*, Princeton: Princeton University Press.
- Adams, E.W., 1955, *Axiomatic Foundations of Rigid Body Mechanics*, tesis doctoral, Stanford University.
- Adams, E.W., 1959, “The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of Its Laws from Those of Particle Mechanics”, en Henkin, Suppes & Tarski, 1959, pp. 250-265.
- Balzer, W., 1978, *Empirische Geometrie und Raum-Zeit-Theorie in mengentheoretischer Darstellung*, Kronberg: Scriptor.
- Balzer, W., 1982, *Empirische Theorien: Modelle–Strukturen–Beispiele*, Braunschweig: Vieweg. Traducción castellana revisada: *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos*, Madrid: Alianza, 1997.
- Balzer, W., 1985, *Theorie und Messung*, Berlin: Springer.

- Balzer, W., Moulines, C.U. y J.D. Sneed, 1987, *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel.
- Balzer, W. y C.U. Moulines (eds.), 1996, *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*, Berlin: de Gruyter.
- Balzer, W., Moulines, C.U. y J.D. Sneed (eds.), 2000, *Structuralist Knowledge Representation: Paradigmatic Examples*, Amsterdam: Rodopi.
- Beth, E.W., 1948, *Natuurphilosophie*, Gorinchem: Noorduyt.
- Beth, E.W., 1960, "Semantics of Physical Theories", *Synthese* 12, 172-175.
- Birkhoff, G. y J. von Neumann, 1936, "The Logic of Quantum Mechanics", *Annals of Mathematics* 37, 823-843.
- Boyd, R., 1984, "The Current Status of the Issue of Scientific Realism", en Leplin, 1984, pp. 41-82.
- Buck, R.C. y R.S. Cohen (eds.), 1971, *PSA 1970, Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, Dordrecht: Reidel.
- Carnap, R., 1956, "The Methodological Character of Theoretical Concepts", en Feigl & Scriven, 1956, pp. 38-76. Traducción castellana: "El carácter metodológico de los términos teóricos", en Feigl & Scriven, 1967, pp. 53-93; en Olivé & Pérez Ransanz, 1989, pp. 70-115; y en Rolleri, 1986, pp. 69-111.
- Carnap, R., 1966, *Philosophical Foundations of Physics*, New York: Dover. Traducción castellana: *Fundamentación lógica de la física*, Buenos Aires: Sudamericana, 1969.
- Colodny, R. (ed.), 1965, *Beyond the Edge of Certainty*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Churchland, P., 1988, *Computational Philosophy of Science*, Cambridge: MIT Press/Bradford Books.
- Churchland, P.M., 1989, *A Neurocomputational Perspective*, Cambridge: MIT Press.
- Da Costa, N.C.A. y R. Chuaqui, 1988, "On Suppes' Set Theoretical Predicates", *Erkenntnis* 29: 95-112.
- Da Costa, N.C.A. y S. French, 1990, "The Model Theoretic Approach in Philosophy of Science", *Philosophy of Science* 57, 248-265.
- Dalla Chiara, M.L. y G. Toraldo de Francia, 1973, "A Logical Analysis of Physical Theories", *Rivista di Nuovo Cimento* 3, 1-20.
- Diederich, W., Ibarra, A. y Th. Mormann, 1989, "Bibliography of Structuralism I", *Erkenntnis* 30, 387-407.
- Diederich, W., Ibarra, A. y Th. Mormann, 1994, "Bibliography of Structuralism II (1989-1994 and Additions)", *Erkenntnis* 41, 403-418.
- Díez, J.A., 1989, "La 'revuelta historicista' en filosofía de la ciencia", *Arbor* 526, 69-96.

- Feigl, H. y M. Scriven (eds.), 1956, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1, Minneapolis: University of Minnesota Press. Traducción castellana: *Los fundamentos de la ciencia y los conceptos de la psicología y del psicoanálisis*, Santiago: Universidad de Chile, 1967.
- Feyerabend, P.K., 1965, "Problems of Empiricism", en Colodny, 1965, pp. 145-260.
- Feyerabend, P.K., 1970, "Against Method", en Radner & Winokur, pp. 17-30. Traducción castellana: *Contra el método*, Barcelona: Ariel, 1974.
- Feyerabend, P.K., 1981, *Realism, Rationalism, and Scientific Method*, New York: Cambridge University Press.
- Fleck, L., 1935, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, Basel: Benno Schwabe & Co.; reimpresión Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1980. Traducción castellana: *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Madrid: Alianza, 1986.
- Giere, R.N., 1979, *Understanding Scientific Reasoning*, New York: Holt, Reinhart and Winston, 3ª ed. revisada, 1991, 4ª ed., 1997.
- Giere, R.N., 1988, *Explaining Science. A Cognitive Approach*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hacking, I., 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press. Traducción castellana: *Representar e intervenir*, México: Paidós/Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.
- Haller, R., 1993, *Neopositivismus. Eine historische Einführung in die Philosophie des Wiener Kreises*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Hanson, N.R., 1958, *Patterns of Discovery*, Cambridge: Cambridge University Press. Traducción castellana: *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Madrid: Alianza, 1977.
- Hanson, N.R., 1971, *Observation and Explanation: A Guide to Philosophy of Science*, London: Harper & Row. Traducción castellana: *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Madrid: Alianza, 1977.
- Hempel, C.G., 1965, *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York: Macmillan. Traducción castellana: *La explicación científica*, Buenos Aires: Paidós, 1979.
- Hempel, C.G., 1966, *Philosophy of Natural Science*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. Traducción castellana: *Filosofía de la ciencia natural*, Madrid: Alianza, 1973.
- Hempel, C.G., 1973, "The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of the Standard Empiricist Construal", en Suppes, Henkin, Joja & Moisl, 1973, pp. 367-378. Traducción castellana: "El significado de los términos teóricos: una crítica de la concepción empirista estándar", en Olivé & Pérez Ransanz, 1989, pp. 439-453.

- Henkin, L. (ed.), 1974, *Proceedings of the Tarski Symposium*, Providence: American Mathematical Society.
- Henkin, L., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), 1959, *The Axiomatic Method*, Amsterdam: North Holland.
- Hoyningen-Huene, P., 1989, *Die Wissenschaftsphilosophie Thomas S. Kuhns*, Braunschweig-Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn.
- Hull, D., 1988, *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Kitcher, P., 1993, *The Advancement of Science*, New York: Oxford University Press. Traducción castellana: *El avance de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2001.
- Kuhn, T.S., 1962, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 2ª edición 1970. Traducción castellana: *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 1971.
- Kuhn, T.S., 1970, “Logic of Discovery or Psychology of Research?”, en Lakatos & Musgrave, 1970, pp. 1-23; réimpresso en Kuhn, 1977, pp. 266-292. Traducción castellana: “¿Lógica del descubrimiento o psicología de la investigación?”, en Lakatos & Musgrave, 1975, pp. 81-111; y “La lógica del descubrimiento o la psicología de la investigación”, en Kuhn, 1982, pp. 290-316.
- Kuhn, T.S., 1976, “Theory Change as Structure-Change: Comments on the Sneed Formalism”, *Erkenntnis* 10, 179-199. Traducción castellana: “El cambio de teoría como cambio de estructura: comentarios sobre el formalismo de Sneed”, *Teorema* 7, 1977, 141-165; reproducida en Rolleri, 1986, pp. 251-274.
- Kuhn, T.S., 1977, *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago: University of Chicago Press. Traducción castellana: *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México: Fondo de Cultura Económica, 1982.
- Lakatos, I., 1970, “Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes”, en Lakatos & Musgrave, 1970, pp. 91-195. Traducción castellana: “La falsación y la metodología de los programas de investigación científica”, en Lakatos & Musgrave, 1975, pp. 203-343.
- Lakatos, I., 1971, “History of Science and Its Rational Reconstructions”, en Buck & Cohen, 1971, pp. 174-182. Traducción castellana: “La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales”, en Lakatos & Musgrave, 1975, pp. 455-509; y en Lakatos, I., *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid: Tecnos, 1974, pp. 9-77.
- Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*, Cambridge: Cambridge University Press. Traducción caste-

- llana: *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona: Grijalbo, 1975.
- Laudan, L., 1977, *Progress and Its Problems*, Berkeley: University of California Press. Traducción castellana: *El progreso y sus problemas*, Madrid: Ediciones Encuentro, 1986.
- Laudan, L., Donovan, A., Laudan, R., Barker, P., Brown, H., Leplin, J., Thagard, P. y S. Wykstra, 1986, "Scientific Change: Philosophical Models and Historical research", *Synthese* 69, 141-223.
- Leplin, J. (ed.), 1984, *Scientific Realism*, Berkeley/Los Angeles: University of California Press.
- Lorenzano, C. y P. Lorenzano, 1996, "En memoria de Thomas S. Kuhn", *Redes* 7, 217-236.
- Ludwig, G., 1970, "Deutung des Begriffs 'Physikalische Theorie' und axiomatische Grundlegung der Hilbertraumstruktur der Quantenmechanik durch Hauptsätze des Messens", *Lecture Notes in Physics*, Bd. 4, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- Ludwig, G., 1974-1978, *Einführung in die Grundlagen der theoretischen Physik*, Braunschweig und Düsseldorf: Gütersloh.
- Ludwig, G., 1978, *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie*, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- Ludwig, G., 1985-1987, *An Axiomatic Basis for Quantum Mechanics*, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- Ludwig, G., 1989, "An Axiomatic Basis as a Desired Form of a Physical Theory", en Fenstad, J.E. et al. (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science VIII*, Amsterdam: Elsevier, pp. 447-457.
- McKinsey, J.C.C., Sugar, A.C. y P. Suppes, 1953, "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", *Journal of Rational Mechanics and Analysis* 2, 253-272. Traducción castellana: "Fundamentos axiomáticos para la mecánica de partículas clásica", Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1978.
- Morgenbesser, S. (ed.), 1967, *Philosophy of Science Today*, New York: Basic Books.
- Moulines, C.U., 1975, *Zur logischen Rekonstruktion der Thermodynamik*, tesis doctoral, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Moulines, C.U., 1982, *Exploraciones metacientíficas*, Madrid: Alianza.
- Moulines, C.U., 1991, *Pluralidad y recursión*, Madrid: Alianza.
- Nagel, E., 1961, *The Structure of Science*, New York: Harcourt, Brace & World. Traducción: *La estructura de la ciencia*, Buenos Aires: Paidós, 1968.
- Nagel, E., Suppes, P. y A. Tarski (eds.), 1962, *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*, Stanford: Stanford University Press.

- Neurath, O., 1979, *Wissenschaftliche Weltauffassung, Sozialismus und logischer Empirismus*, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Olivé, L. y A.R. Pérez Ransanz (eds.), 1989, *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, México: Siglo XXI/Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez Ransanz, A.R., 1999, *Kuhn y el cambio científico*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J., 1968, *Le structuralisme*, Paris: Presses Universitaires de France. Traducción castellana: *El estructuralismo*, Buenos Aires: Proteo, 1969.
- Popper, K., 1935, *Logik der Forschung*, Wien: Julius Springer Verlag. Traducción castellana de la primera edición inglesa: *La lógica de la investigación científica*, Madrid: Tecnos, 1962.
- Popper, K., 1963, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, London: Routledge & Kegan Paul. Traducción castellana: *El desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones*, Buenos Aires: Paidós, 1967.
- Przelecki, M., 1969, *The Logic of Empirical Theories*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Przelecki, M., Szaniawski, K. y R. Wójcicki (eds.), 1976, *Formal Methods in the Methodology of Empirical Sciences*, Dordrecht: Reidel.
- Radner, M. y S. Winokur (eds.), 1970, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. IV, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Reichenbach, H., 1938, *Experience and Prediction*, Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Reisch, G.A., 1991, "Did Kuhn Kill Logical Empiricism?", *Philosophy of Science* 58, 264-277.
- Rolleri, J.L. (ed.), 1986, *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sneed, J.D., 1971, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht: Reidel, 2ª ed. revisada, 1979.
- Stadler, F., 1997, *Studien zum Wiener Kreis. Ursprung, Entwicklung und Wirkung des Logischen Empirismus im Kontext*, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Stegmüller, W., 1969, *Wissenschaftliche Erklärung und Begründung*, Berlin: Springer.
- Stegmüller, W., 1970, *Theorie und Erfahrung*, Berlin: Springer. Traducción castellana: *Teoría y experiencia*, Barcelona: Ariel, 1979.
- Stegmüller, W., 1973, *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Heidelberg: Springer. Traducción castellana: *Estructura y dinámica de teorías*, Barcelona: Ariel, 1983.

- Stegmüller, W., 1979, *The Structuralist View of Theories*, Berlin: Springer. Traducción castellana: *La concepción estructuralista de las teorías*, Madrid: Alianza, 1981.
- Stegmüller, W., 1986, *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973*, Berlin-Heidelberg: Springer.
- Suppe, F., 1967, *The Meaning and Use of Models in Mathematics and the Exact Sciences*, tesis doctoral, University of Michigan.
- Suppe, F., 1972, "What is Wrong with the Received View on the Structure of Scientific Theories?", *Philosophy of Science* 39, 1-19.
- Suppe, F., 1974a, "The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories", en Suppe, 1974b, pp. 3-241. Traducción castellana: "En busca de una comprensión filosófica de las teorías científicas", en Suppe, 1979, pp. 15-277.
- Suppe, F. (ed.), 1974b, *The Structure of Scientific Theories*, Urbana: University of Illinois Press. Traducción castellana: Suppe, F. (ed.), 1979, *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional.
- Suppe, F., 1989, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana: University of Illinois Press.
- Suppes, P., 1954, "Some Remarks on the Problems and Methods in the Philosophy of Science", *Philosophy of Science* 21, 242-248. Traducción castellana: "Algunas consideraciones sobre los problemas y métodos de la filosofía de la ciencia", en Suppes, 1988, pp. 29-37.
- Suppes, P., 1957, *Introduction to Logic*, New York: Van Nostrand. Traducción castellana: *Introducción a la lógica simbólica*, México: C.E.C.S.A., 1966.
- Suppes, P., 1960, "A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences", *Synthese* 12, 287-301. Traducción castellana: "Una comparación del significado y los usos de los modelos en las matemáticas y las ciencias empíricas", en Suppes, 1988, pp. 109-123.
- Suppes, P., 1962, "Models of Data", en Nagel, Suppes & Tarski, 1962, pp. 252-261. Traducción castellana: "Modelos de datos", en Suppes, 1988, pp. 147-159.
- Suppes, P., 1967, "What is a Scientific Theory?", en Morgenbesser, 1967, pp. 55-67. Traducción castellana: "¿Qué es una teoría científica?", en Rolleri, 1986, pp. 167-178.
- Suppes, P., 1969, *Studies in the Methodology and Foundations of Science*, Dordrecht: Reidel.
- Suppes, P., 1970, *Set-theoretical Structures in Science*, Stanford: Stanford University.
- Suppes, P., 1974, "The Axiomatic Method in the Empirical Sciences", en

- Henkin, 1974, pp. 465-479. Traducción castellana: “El método axiomático en las ciencias empíricas”, en Suppes, 1988, pp. 39-58.
- Suppes, P., 1988, *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid: Alianza.
- Suppes, P., 1993, *Models and Methods in the Philosophy of Science: Selected Essays*, Dordrecht: Reidel.
- Suppes, P., Henkin, L., Joja A. y G.C. Moisil (eds.), 1973, *Logic, Methodology and Philosophy of Science IV*, Amsterdam: North-Holland.
- Toulmin, S., 1953, *The Philosophy of Science*, London: Hutchinson & Co. Traducción castellana: *La filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: Los libros del mirasol, 1964.
- Toulmin, S., 1961, *Foresight and Understanding*, London: Hutchinson & Co.
- Toulmin, S., 1972, *Human Understanding*, vol I, Oxford: Clarendon Press. Traducción castellana: *La comprensión humana*, Madrid: Alianza, 1977.
- Van Fraassen, B., 1970, “On the Extension of Beth’s Semantics of Physical Theories”, *Philosophy of Science* 37, 325-339.
- Van Fraassen, B., 1972, “A Formal Approach to the Philosophy of Science”, en Colodny, R. (ed.), *Paradigms and Paradoxes*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 303-366.
- Van Fraassen, B., 1976, “To Save the Phenomena”, *Journal of Philosophy* 73, 623-632.
- Van Fraassen, B., 1980, *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press. Traducción castellana: *La imagen científica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México/Paidós, 1996.
- Van Fraassen, B., 1987, “The Semantic Approach to Scientific Theories”, en Nersessian, N. (ed.), *The Process of Science*, Dordrecht: Nijhoff, pp. 105-124.
- Van Fraassen, B., 1989, *Laws and Symmetry*, Oxford: Clarendon Press/Oxford University Press.
- Von Neumann, J., 1932, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin: Springer.
- Wójcicki, R., 1976a, “Set Theoretical Representations of Empirical Phenomena”, *Journal of Philosophical Logic* 3, 337-343.
- Wójcicki, R., 1976b, “Some Problems of Formal Methodology of Science”, en Przelecki, Szaniawski & Wójcicki, 1976, pp. 9-18.
- Zilsel, E., 1976, *Die sozialen Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*, Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones, de José A. Díez y Pablo Lorenzano (editores),
se terminó de imprimir en el mes de abril de 2002,
con un equipo DocuTech 135,

 **Xerox Argentina I.C.S.A.**

del Centro de Copiado de la Universidad Nacional de Quilmes,
Roque Sáenz Peña 180, Bernal, Argentina